

ISSN 2658-6649

Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture

www.discover-journal.ru



Volume 15, Number 5
2023

ISSN 2658-6649 (print)
ISSN 2658-6657 (online)

Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture

Volume 15, Number 5
2023

Главный редактор:

Дентовская Светлана Владимировна, доктор медицинских наук,
профессор, ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии
и биотехнологии» (п. Оболенск, г.о. Серпухов, Московская обл., Россия)

Заместители главного редактора:

Медведев Леонид Несторович, доктор биологических наук, профессор,
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» (Красноярск, Россия)

Оказова Зарина Петровна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Чеченский государственный педагогический университет»
(Грозный, Россия)

Москаленко Ольга Леонидовна, кандидат биологических наук, НИИ МПС,
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный
исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения
Российской академии наук» (Красноярск, Россия)

Красноярск 2023

12+

Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture

Научно-практический рецензируемый журнал

Peer-reviewed scientific-practical journal

Периодичность. 6 номеров в год / Periodicity. 6 issues per year

Том 15, № 5, 2023 / Vol. 15, No 5, 2023

Учредитель и издатель:

ООО Научно-инновационный центр

Журнал основан в 2008 году

Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

Свидетельство регистрации
ПИ № ФС 77 - 71726 от 30.11.2017 г.

Издания, текущие номера которых или их переводные версии входят хотя бы в одну из международных реферативных баз данных и систем цитирования, определяемых в соответствии с рекомендацией ВАК, считаются включенными в перечень рецензируемых научных изданий, в соответствии с их профилем (п. 5 Правил, Приказ Минобрнауки России от 31.05.2023 № 534).

Индексирование и реферирирование:

Scopus

РИНЦ

Ulrich's Periodicals Directory

Cyberleninka

Google Scholar

VINITI РАН

DOAJ

BASE

EBSCO

WorldCat

OpenAIRE

ЭБС IPRbooks

ЭБС Znanium

ЭБС Лань

Адрес редакции, издателя и для корреспонденции:

Россия, 660127, Красноярский край,
г. Красноярск, ул. 9 Мая, 5 к. 192
E-mail: editor@discover-journal.ru
<http://discover-journal.ru/>

+7 (995) 080-90-42

Founder and publisher:

Science and Innovation Center
Publishing House

Founded 2008

Mass media registration certificate
PI № FS 77 - 71726,
issued November 30, 2017.

Journals whose current issues or their translated versions are included in at least one of the international reference databases and citation systems determined in accordance with the recommendation of the Higher Attestation Commission are considered included in the list of peer-reviewed scientific journals, in accordance with their profile (clause 5 of the Rules, Order Ministry of Education and Science of Russia dated May 31, 2023 No. 534).

Indexing and Abstracting:

Scopus

RSCI

Ulrich's Periodicals Directory

Cyberleninka

Google Scholar

VINITI Database RAS

DOAJ

BASE

EBSCO

WorldCat

OpenAIRE

IPRbooks

Znanium

Lan'

Editorial Board Office:

9 Maya St., 5/192, Krasnoyarsk,
660127, Russian Federation
E-mail: editor@discover-journal.ru
<http://discover-journal.ru/>

+7 (995) 080-90-42

Члены редакционной коллегии

- Александрова Оксана Юрьевна**, доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Национальный научно-исследовательский институт общественного здоровья имени Н.А. Семашко» (Москва, Россия)
- Ананьев Владимир Николаевич**, доктор медицинских наук, профессор, Государственный научный центр РФ - Институт медико-биологических проблем РАН (Москва, Россия)
- Анисимов Андрей Павлович**, доктор медицинских наук, профессор, Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии Роспотребнадзора (Оболенск, Россия)
- Ариничева Ирина Владимировна**, доктор биологических наук, доцент, Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина (Краснодар, Россия)
- Арутюнян Александр Вартанович**, доктор биологических наук, профессор, Научно-исследовательский институт акушерства, гинекологии и репродуктологии им. Д.О. Отта (Санкт-Петербург, Россия)
- Астарханова Тамара Саржановна**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Российский университет дружбы народов (Москва, Россия)
- Ашмарина Людмила Филипповна**, доктор сельскохозяйственных наук, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН (Новосибирск, Россия)
- Балабко Петр Николаевич**, доктор биологических наук, профессор, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия)
- Балакирев Николай Александрович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии - МВА им. К.И. Скрябина (Москва, Россия)
- Барабанов Анатолий Тимофеевич**, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии науки» (Волгоград, Россия)
- Батыrbекова Светлана Есимбековна**, доктор химических наук, профессор, Казахский национальный университет им. Аль-Фараби (Алматы, Республика Казахстан)
- Беленков Алексей Иванович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Российской государственный аграрный университет - Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева (Москва, Россия)
- Беляев Анатолий Аркадьевич**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Новосибирский государственный аграрный университет (Новосибирск, Россия)
- Берсенева Евгения Александровна**, доктор медицинских наук, профессор, ФГБУ «ВНИИМТ» Росздравнадзора (Москва, Россия)
- Буко Вячеслав Ульянович**, доктор биологических наук, профессор, Институт биохимии биологически активных соединений НАН Беларусь (Гродно, Республика Беларусь)
- Бяловский Юрий Юрьевич**, доктор медицинских наук, профессор, Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова (Рязань, Россия)
- Виноградов Дмитрий Валериевич**, доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО РГАТУ Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева (Рязань, Россия)
- Виткина Татьяна Исааковна**, доктор биологических наук, профессор РАН, Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания (Благовещенск, Россия)
- Волкова Галина Владимировна**, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, Федеральный научный центр биологической защиты растений (Краснодар, Россия)
- Волынкин Владимир Александрович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «МАГАРАЧ» (Ялта, Россия)
- Воронина Валентина Павловна**, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Волгоградский государственный аграрный университет (Волгоград, Россия)
- Гармаев Ендоn Жамъянович**, доктор географических наук, доцент, профессор РАН, член-корреспондент РАН, Байкальский институт природопользования СО РАН (Улан-Удэ, Россия)
- Гинс Мурат Сабирович**, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН, ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (п. ВНИИССОК, Россия)
- Глотов Александр Гаврилович**, доктор ветеринарных наук, профессор, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН (Новосибирск, Россия)
- Головин Сергей Евгеньевич**, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства (Москва, Россия)
- Голохваst Кирилл Сергеевич**, доктор биологических наук, член-корреспондент РАО, профессор РАН, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН (Новосибирск, Россия)

Гомбоев Баир Октябрьевич, доктор географических наук, профессор, Байкальский институт природопользования СО РАН (Улан-Удэ, Россия)

Гончаров Сергей Владимирович, доктор биологических наук, доцент, Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина (Краснодар, Россия)

Грязкин Анатолий Васильевич, доктор биологических наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова (Санкт-Петербург, Россия)

Денисов Сергей Александрович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Поволжский государственный технологический университет (Йошкар-Ола, Россия)

Дерягина Лариса Евгеньевна, доктор медицинских наук, профессор, Московский университет МВД РФ им. В.Я. Кикотя (Москва, Россия)

Дьякович Марина Пинхасовна, доктор биологических наук, профессор, Ангарский государственный технический университет (Ангарск, Россия)

Жмылев Павел Юрьевич, доктор биологических наук, доцент, Государственный университет «Дубна» (Москва, Россия)

Зайцев Владимир Владимирович, доктор биологических наук, профессор, Самарский государственный аграрный университет (Самара, Россия)

Залесов Сергей Вениаминович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Уральский государственный лесотехнический университет (Екатеринбург, Россия)

Зудилин Сергей Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Самарский государственный аграрный университет (Самара, Россия)

Иванова Майса Афанасьевна, доктор медицинских наук, профессор, ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Москва, Россия)

Иванченко Вячеслав Иосифович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского (Симферополь, Россия)

Иванцова Елена Анатольевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский государственный университет (Волгоград, Россия)

Казакова Алия Сабировна, доктор биологических наук, профессор, Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ (Зерноград, Россия)

Казыуб Нина Григорьевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина (Омск, Россия)

Калигин Алексей Николаевич, доктор медицинских наук, профессор, МВА, Иркутский государственный медицинский университет (Иркутск, Россия)

Карганов Михаил Юрьевич, доктор биологических наук, профессор, Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии (Москва, Россия)

Кашеваров Николай Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, академик РАН, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН (Новосибирск, Россия)

Клименко Виктор Павлович, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «МАГАРАЧ» (Ялта, Россия)

Ковалев Николай Николаевич, доктор биологических наук, старший научный сотрудник, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет (Владивосток, Россия)

Козлов Василий Владимирович, кандидат медицинских наук, доцент, Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Москва, Россия)

Колесников Сергей Ильич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Южный федеральный университет (Ростов-на-Дону, Россия)

Коробова Лариса Николаевна, доктор биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет» (Новосибирск, Россия)

Кузин Андрей Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина (Мичуринск, Россия)

Кузьмин Сергей Владимирович, доктор медицинских наук, профессор, Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана Роспотребнадзора (Мытищи, Россия)

Лесовская Марина Игоревна, доктор биологических наук, профессор, Красноярский государственный аграрный университет (Красноярск, Россия)

Лисник Анатолий Анатольевич, кандидат сельскохозяйственных наук, Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина (Харьков, Украина)

Лиховской Владимир Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук, Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «МАГАРАЧ» (Ялта, Россия)

Мазиров Михаил Арнольдович, доктор биологических наук, профессор, Российской государственный аграрный университет - Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева (Москва, Россия)

Манаенков Александр Сергеевич, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Федеральный научный центр агрокологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН (Волгоград, Россия)

Манчук Валерий Тимофеевич, доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, Красноярский научный центр СО РАН (Красноярск, Россия)

Марзанов Нурбий Сафарбиевич, доктор биологических наук, профессор, Федеральный исследовательский центр животноводства - ВИЖ им. акад. Л.К. Эрнста (Подольск, Россия)

Мельченко Александр Иванович, доктор биологических наук, доцент, Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина (Краснодар, Россия)

Меньшикова Лариса Ивановна, доктор медицинских наук, профессор, Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования (Москва, Россия)

Минигалиева Ильзира Амировна, доктор биологических наук, Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промышленных предприятий (Екатеринбург, Россия)

Мойсеенок Андрей Георгиевич, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларусь, Институт биохимии биологически активных соединений НАН Беларусь (Гродно, Республика Беларусь)

Монахос Сократ Григорьевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор РАН, Российской государственный аграрный университет - Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева (Москва, Россия)

Музурова Людмила Владимировна, доктор медицинских наук, профессор, Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского (Саратов, Россия)

Мухортов Дмитрий Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Поволжский государственный технологический университет (Йошкар-Ола, Россия)

Насыбуллина Галия Максутовна, доктор медицинских наук, профессор, Уральский государственный медицинский университет (Екатеринбург, Россия)

Науанова Айнаш Пауашовна, доктор биологических наук, профессор, Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина (Астана, Республика Казахстан)

Никитюк Дмитрий Борисович, доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи (Москва, Россия)

Остренко Константин Сергеевич, доктор биологических наук, Федеральный исследовательский центр животноводства - ВИЖ им. акад. Л.К. Эрнста (Подольск, Россия)

Панкрушин Алла Николаевна, доктор биологических наук, профессор, Тверской государственный университет (Тверь, Россия)

Паштецкий Владимир Степанович, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, член-корреспондент РАН, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма (Симферополь, Россия)

Полунин Валерий Сократович, доктор медицинских наук, профессор, Российской национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова (Москва, Россия)

Полунина Наталья Валентиновна, доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, Российской национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова (Москва, Россия)

Поползухина Нина Алексеевна, доктор сельскохозяйственных наук, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина (Омск, Россия)

Пронина Галина Иозеповна, доктор биологических наук, доцент, Российской государственный аграрный университет - Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева (Москва, Россия)

Пуликов Анатолий Степанович, доктор медицинских наук, профессор, отличник здравоохранения РФ, Красноярский научный центр СО РАН (Красноярск, Россия)

Рапопорт Жан Жозефович, доктор медицинских наук, профессор, отличник здравоохранения СССР, заслуженный изобретатель СССР, НИИ МПС (Россия/Израиль)

Рахимов Александр Имануилович, доктор химических наук, профессор, Волгоградский государственный технический университет (Волгоград, Россия)

Рахимова Надежда Александровна, доктор химических наук, профессор, Волгоградский государственный технический университет (Волгоград, Россия)

Родин Игорь Алексеевич, доктор ветеринарных наук, профессор, Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина (Краснодар, Россия)

Рожко Татьяна Владимировна, кандидат биологических наук, доцент, Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого (Красноярск, Россия)

Саввина Надежда Валерьевна, доктор медицинских наук, профессор, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова (Якутск, Россия)

Савельева Наталья Николаевна, доктор биологических наук, Федеральный научный центр им. И.В. Мичуринса (Мичуринск, Россия)

Сетков Николай Александрович, доктор биологических наук, профессор, Сибирский федеральный университет (Красноярск, Россия)

Смелик Виктор Александрович, доктор технических наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет (Санкт-Петербург, Россия)

Суханова Светлана Фанилевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Малыцева (Лесникиово, Россия)

Сычев Виктор Гаврилович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова (Москва, Россия)

Тармаева Инна Юрьевна, доктор медицинских наук, профессор, Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи (Москва, Россия)

Терещенко Сергей Юрьевич, доктор медицинских наук, профессор, Красноярский научный центр СО РАН (Красноярск, Россия)

Торопова Елена Юрьевна, доктор биологических наук, профессор, Новосибирский государственный аграрный университет (Новосибирск, Россия)

Трифонова Татьяна Анатольевна, доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, почётный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия)

Трунов Юрий Викторович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Мичуринский государственный аграрный университет (Мичуринск, Россия)

Тыщенко Елизавета Алексеевна, доктор технических наук, доцент, Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия (Кемерово, Россия)

Упадышев Михаил Тарьевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, член-корреспондент РАН, ФГБНУ Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства (Москва, Россия)

Черных Наталья Анатольевна, доктор биологических наук, профессор, Московский государственный институт международных отношений (университет) (Москва, Россия)

Чернявских Владимир Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Федеральный научный центр кормопроизводства и агрэкологии имени В.Р. Вильямса (Лобня, Россия)

Шнейдер Наталья Алексеевна, доктор медицинских наук, профессор, Национальный медицинский исследовательский центр психиатрии и неврологии им. В.М. Бехтерева (Санкт-Петербург, Россия)

Юшков Андрей Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина (Мичуринск, Россия)

Editorial Board Members

- Oksana Yu. Alexandrova**, Doctor of Medical Sciences, Professor, National Research Institute of Public Health named after N.A. Semashko (Moscow, Russia)
- Vladimir N. Ananiev**, Doctor of Medical Sciences, Professor, State Scientific Center of the Russian Federation - Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)
- Andrey P. Anisimov**, Doctor of Medical Sciences, Professor, State Research Center for Applied Microbiology and Biotechnology of Rospotrebnadzor (Obo-lensk, Russia)
- Irina V. Arinicheva**, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Krasnodar, Russia)
- Alexander V. Arutyunyan**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Research Institute of Obstetrics, Gynecology and Reproductology named after D. O. Ott (St. Petersburg, Russia)
- Tamara S. Astarhanova**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Peoples' Friendship University of Russia (Moscow, Russia)
- Lyudmila F. Ashmarina**, Doctor of Agricultural Sciences, Siberian Federal Scientific Center for Agro-biotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia)
- Petr N. Balabko**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia)
- Nikolai A. Balakirev**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology named after K. I. Skryabin (Moscow, Russia)
- Anatoly T. Barabanov**, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (Volgograd, Russia)
- Svetlana Ye. Batyrbekova**, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Republic of Kazakhstan)
- Aleksey I. Belenkov**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (Moscow, Russia)
- Anatoly A. Belyaev**, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)
- Evgenia A. Berseneva**, Doctor of Medical Sciences, Professor, All-Russian Research and Testing Institute of Medical Equipment (Moscow, Russia)
- Vyacheslav U. Buko**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Institute of Biochemistry of Biologically Active Compounds of the National Academy of Sciences of Belarus (Grodno, Republic of Belarus)
- Yury Yu. Byalovsky**, Doctor of Medical Sciences, Professor, Ryazan State Medical University named after academician I.P. Pavlova (Ryazan, Russia)
- Dmitry V. Vinogradov**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev (Ryazan, Russia)
- Tatyana I. Vitkina**, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Far Eastern Scientific Center for Physiology and Pathology of Respiration (Blagoveschensk, Russia)
- Galina V. Volkova**, Doctor of Biological Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Federal Scientific Center for Biological Plant Protection (Krasnodar, Russia)
- Vladimir A. Volynkin**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking "Magarach" (Yalta, Russia)
- Valentina P. Voronina**, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Volgograd State Agrarian University (Volgograd, Russia)
- Endon Zh. Garmayev**, Doctor of Geography, Associate Professor, Professor of the Russian Academy of Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Baikal Institute of Nature Management Siberian branch of the Russian Academy of Sciences (Ulan-Ude, Russia)
- Murat S. Gins**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Federal Scientific Center for Vegetable Growing (VNISSOK, Russia)
- Aleksandr G. Glotov**, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Siberian Federal Scientific Center for Agro-biotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia)
- Sergey E. Golovin**, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Federal Scientific Breeding and Technological Center for Horticulture and Nursery (Moscow, Russia)
- Kirill S. Golokhvast**, Doctor of Biological Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Education, Professor of the Russian Academy of Sciences, Siberian Federal Scientific Center for Agricultural Biotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia)
- Bair O. Gomboev**, Doctor of Geography, Professor, Baikal Institute of Nature Management Siberian branch of the Russian Academy of Sciences (Ulan-Ude, Russia)
- Sergey V. Goncharov**, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Krasnodar, Russia)
- Anatoly V. Gryazkin**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Saint-Petersburg State Forest Technical

University named after S.M. Kirova (St. Petersburg, Russia)

Sergey A. Denisov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volga State Technological University (Yoshkar-Ola, Russia)

Larisa E. Deryagina, Doctor of Medical Sciences, Professor, Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation named after V.Y. Kikot (Moscow, Russia)

Marina P. Dyakovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Angarsk State Technical University (Angarsk, Russia)

Pavel Yu. Zhmylev, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, State University "Dubna" (Moscow, Russia)

Vladimir V. Zaitsev, Doctor of Biological Sciences, Professor, Samara State Agrarian University (Samara, Russia)

Sergey V. Zalesov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Ural State Forest Engineering University (Yekaterinburg, Russia)

Sergey N. Zudilin, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Samara State Agrarian University (Samara, Russia)

Maisa A. Ivanova, Doctor of Medical Sciences, Professor, Federal State Budgetary Institution "Central Research Institute for the Organization and Informationization of Healthcare" of the Ministry of Health of the Russian Federation (Moscow, Russia)

Vyacheslav I. Ivanchenko, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, V.I. Vernadsky Crimean Federal University (Simferopol, Russia)

Elena A. Ivantsova, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State University (Volgograd, Russia)

Aliya S. Kazakova, Doctor of Biological Sciences, Professor, Azov-Chernomorsk Engineering Institute, Donskoy State Agrarian University (Zernograd, Russia)

Nina G. Kazydub, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Omsk State Agrarian University named after P. Stolygin (Omsk, Russia)

Aleksey N. Kalyagin, Doctor of Medical Sciences, Professor, MBA, Irkutsk State Medical University (Irkutsk, Russia)

Mikhail Yu. Karginov, Doctor of Biological Sciences, Professor, Research Institute of General Pathology and Pathophysiology (Moscow, Russia)

Nikolay I. Kashevarov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor Honored Worker of Science of the Russian Federation, Academician of the Russian Academy of Sciences, Siberian Federal Scientific Center for Agricultural Biotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia)

Viktor P. Klimenko, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking "Magarach" (Yalta, Russia)

Nikolai N. Kovalev, Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher, Far Eastern State Technical Fisheries University (Vladivostok, Russia)

Vasily V. Kozlov, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia)

Sergey I. Kolesnikov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Southern Federal University (Rostov-on-Don, Russia)

Larisa N. Korobova, Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher, Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Andrey I. Kuzin, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, I.V. Michurin Federal Research Center (Michurinsk, Russia)

Sergey V. Kuzmin, Doctor of Medical Sciences, Professor, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman (Mytishchi, Russia)

Marina I. Lesovskaya, Doctor of Biological Sciences, Professor, Krasnoyarsk State Agrarian University (Krasnoyarsk, Russia)

Anatoly A. Lisnyak, Candidate of Agricultural Sciences, V. N. Karazin Kharkiv National University (Kharkiv, Ukraine)

Vladimir V. Likhovskoy, Doctor of Agricultural Sciences, All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking "Magarach" (Yalta, Russia)

Mikhail A. Mazirov, Doctor of Biological Sciences, Professor, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (Moscow, Russia)

Alexander S. Manaenkov, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Federal Research Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (Volgograd, Russia)

Valery T. Manchuk, Doctor of Medical Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Krasnoyarsk, Russia)

Nurbiy S. Marzanov, Doctor of Biological Sciences, Professor, L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry (Podolsk, Russia)

Alexander I. Melchenko, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Krasnodar, Russia)

Larisa I. Menshikova, Doctor of Medical Sciences, Professor, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education (Moscow, Russia)

Ilzira A. Minigalieva, Doctor of Biological Sciences, Yekaterinburg Medical Research Center for Prevention and Health Protection of Industrial Workers (Yekaterinburg, Russia)

Andrei G. Moiseenok, Doctor of Biological Sciences, Professor, Corresponding Member of the National

Academy of Sciences of Belarus, Institute of Biochemistry of Biologically Active Compounds of the National Academy of Sciences of Belarus (Grodno, Republic of Belarus)

Sokrat G. Monakhos, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Russian Academy of Sciences, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (Moscow, Russia)

Lyudmila V. Muzurova, Doctor of Medical Sciences, Professor, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky (Saratov, Russia)

Dmitry I. Mukhortov, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Volga State Technological University (Yoshkar-Ola, Russia)

Galia M. Nasybullina, Doctor of Medical Sciences, Professor, Ural State Medical University (Yekaterinburg, Russia)

Ainash P. Nauanova, Doctor of Biological Sciences, Professor, S.Seifullin Kazakh AgroTechnical Research University (Astana, Republic of Kazakhstan)

Dmitry B. Nikityuk, Doctor of Medical Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety (Moscow, Russia)

Konstantin S. Ostrenko, Doctor of Biological Sciences, L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry (Podolsk, Russia)

Alla N. Pankrushina, Doctor of Biological Sciences, Professor, Tver State University (Tver, Russia)

Vladimir S. Pashtetsky, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Research Institute of Agriculture of the Crimea (Simferopol, Russia)

Valeriy S. Polunin, Doctor of Medical Sciences, Professor, Pirogov Russian National Research Medical University (Moscow, Russia)

Natalya V. Polunina, Doctor of Medical Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Pirogov Russian National Research Medical University (Moscow, Russia)

Nina A. Popolzukhina, Doctor of Agricultural Sciences, Omsk State Agrarian University named after P. Stolygin (Omsk, Russia)

Galina I. Pronina, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (Moscow, Russia)

Anatoly S. Pulikov, Doctor of Medical Sciences, Professor, Excellence in Public Health of the Russian Federation, Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Krasnoyarsk, Russia)

Zhan Zh. Rapoport, Doctor of Medical Sciences, Professor, Excellence in Public Health of the USSR, Honored Inventor of the USSR, Research Institute of the Ministry of Railways (Russia/Israel)

Alexander I. Rakhimov, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Volgograd State Technical University (Volgograd, Russia)

Nadezhda A. Rakhimova, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Volgograd State Technical University (Volgograd, Russia)

Igor A. Rodin, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Krasnodar, Russia)

Tatyana V. Rozhko, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Krasnoyarsk State Medical University named after Professor V.F. Voino-Yasenetsky (Krasnoyarsk, Russia)

Alexander S. Rulev, Doctor of Agricultural Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (Volgograd, Russia)

Nadezhda V. Savina, Doctor of Medical Sciences, Professor, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University in Yakutsk (Yakutsk, Russia)

Natalya N. Savelyeva, Doctor of Biological Sciences, I.V. Michurin Federal Research Center (Michurinsk, Russia)

Nikolai A. Setkov, Doctor of Biological Sciences, Professor, Siberian Federal University (Krasnoyarsk, Russia)

Viktor A. Smelik, Doctor of Technical Sciences, Professor, St. Petersburg State Agrarian University (St. Petersburg, Russia)

Svetlana F. Sukhanova, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev (Lesnikovo, Russia)

Viktor G. Sychev, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov (Moscow, Russia)

Inna Yu. Tarmaeva, Doctor of Medical Sciences, Professor, Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety (Moscow, Russia)

Sergey Yu. Tereshchenko, Doctor of Medical Sciences, Professor, Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Krasnoyarsk, Russia)

Elena Yu. Toropova, Doctor of Biological Sciences, Professor, Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Tatyana A. Trifonova, Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Worker of Science of the Russian Federation, Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia)

Yury V. Trunov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Michurinsk State Agrarian University (Michurinsk, Russia)

Elizaveta A. Tyshchenko, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Kuzbass State Agricultural Academy (Kemerovo, Russia)

Mikhail T. Upadyshev, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Federal State Budget Scientific Institution Federal Scientific Selection and Technological Center for Horticulture and Nursery (Moscow, Russia)

Natalya A. Chernykh, Doctor of Biological Sciences, Professor, Moscow State Institute of International Relations (University) (Moscow, Russia)

Vladimir I. Chernyavskikh, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology (Lobnya, Russia)

Natalya A. Schneider, Doctor of Medical Sciences, Professor, Bekhterev National Medical Research Center for Psychiatry and Neurology (St. Petersburg, Russia)

Andrey N. Yushkov, Doctor of Agricultural Sciences, I.V. Michurin Federal Research Center (Michurinsk, Russia)

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

BIOLOGICAL SCIENCES

DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-923

УДК 577.11:591.821



Научная статья

СОСТОЯНИЕ НЕСПЕЦИФИЧЕСКОЙ РЕЗИСТЕНТНОСТИ НЕТОПЫРЯ МАЛОГО (*PIPISTRELLUS PYGMAEUS LEACH, 1825*) В УСЛОВИЯХ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

Е.Н. Карпенко, А.Л. Харлан, Е.В. Зайцева

В настоящее время важной особенностью изучения рукокрылых млекопитающих является способность ими переносить возбудителей опасных вирусов, что имеет важное значение для эпидемиологии при анализе распространения инфекционных заболеваний. Поэтому исследование неспецифического иммунитета летучих мышей сможет позволить предположить их заболеваемость и способность переносить опасные для человека болезни. Цель исследования – изучение состояния неспецифической резистентности непотыря малого (*Pipistrellus pygmaeus Leach, 1825*) в условиях неблагоприятных антропогенных факторов территории Брянской области. В статье представлены результаты анализа показателей неспецифического иммунитета непотыря малого, обитающего на территориях с разной антропогенной нагрузкой: колония №1 – сельская местность, колония №2 – городская местность. Для определения естественной резистентности, физиологической реактивности и общей неспецифической резистентности у непотыря малого были проведены гематологические и биохимические исследования по стандартным методикам у самцов и самок двух колоний. Определялось содержание активность лизоцима сыворотки крови, бактерицидная активность, фагоцитарная активность, циркулирующие иммунные комплексы. В организме у самцов и самок непотыря малого, адаптация к новым условиям

негативной городской среды, сопряжена с адаптационно-компенсаторными процессами, проявляющимися в гиперактивности иммунитета, выраженнымими нарушениями иммунной системы и клеточного иммунитета.

Ключевые слова: нетопырь малый; неспецифическая резистентность; антропогенные факторы; Брянская область

Для цитирования. Карпенко Е.Н., Харлан А.Л., Зайцева Е.В. Состояние неспецифической резистентности нетопыря малого (*Pipistrellus pygmaeus* Leach, 1825) в условиях неблагоприятных антропогенных факторов // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. Т. 15, №5. С. 11-26. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-923

Original article

THE STATE OF NON-SPECIFIC RESISTANCE OF THE SMALL BAT (*PIPISTRELLUS PYGMAEUS LEACH, 1825*) UNDER ADVERSE ANTHROPOGENIC FACTORS

E.N. Karpenko, A.L. Kharlan, E.V. Zaitseva

At present, an important feature of the study of bats is their ability to carry pathogens of dangerous viruses, which is important for epidemiology when analyzing the spread of infectious diseases. Therefore, the study of the nonspecific immunity of bats will be able to suggest their morbidity and ability to endure diseases dangerous to humans. The purpose of the study is to consider the state of nonspecific resistance of the small bat (*Pipistrellus pygmaeus* Leach, 1825) under the conditions of unfavorable anthropogenic factors in the territory of the Bryansk region. The article presents the results of the analysis of indicators of nonspecific immunity of the small bat, living in areas with different anthropogenic pressure: colony №1 - rural area, colony №2 - urban area. To determine the natural resistance, physiological reactivity and general nonspecific resistance in the small bat, hematological and biochemical studies were conducted according to standard methods in males and females of two colonies. Blood serum lysozyme activity, bactericidal activity, phagocytic activity, circulating immune complexes were measured. In the body of males and females of the small bat, adaptation to new conditions of a negative urban environment is associated with adaptive-compensatory processes, manifested in hyperactivity of the immune system, pronounced disorders of the immune system and cellular immunity.

Keywords: *small bat; nonspecific resistance; anthropogenic factors; Bryansk region*

For citation. Karpenko E.N., Kharlan A.L., Zaitseva E.V. *The State of Non-Specific Resistance of the Small Bat (*Pipistrellus pygmaeus* Leach, 1825) under Adverse Anthropogenic Factors.* Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2023, vol. 15, no. 5, pp. 11-26. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-923

Введение

Глобальное изменение климата, загрязнение среды обитания, экологические трансформации и нарушение экосистем, увеличение техногенных факторов – сказываются на всей живой природе, в том числе на уменьшение количества и плотности расселения популяций летучих мышей [5].

Рукокрылые представляют теоретический и практический интерес как незаменимые объекты решения общебиологических научных и прикладных проблем [1]. Человеческая деятельность, включая антропогенное изменение климата, природные и техногенные катастрофы и эпидемии является не только основным фактором потерь в отряде рукокрылых, но и способствует возникновению в антропургической среде новых чрезвычайно опасных эпидемических зооантропонозов [5]. В настоящее время важной особенностью изучения рукокрылых млекопитающих является способность ими переносить возбудителей опасных вирусов, что имеет важное значение для эпидемиологии и эпизоотологии при анализе распространения инфекционных заболеваний [1]. Поэтому исследование неспецифического иммунитета летучих мышей сможет позволить предположить их заболеваемость и способность переносить опасные для человека и животных болезни.

За последние годы, несмотря на возросший интерес к изучению рукокрылых в Брянской области, касающихся общих вопросов, остаются пробелы, требующие проведения новых исследований с использованием современных методов, и в знаниях об эко-морфологическом статусе организма к воздействиям антропогенных факторов [2].

На состояние неспецифической резистентности влияют разные факторы, в том числе неблагоприятное состояние окружающей среды, что является наиболее актуально для территории Брянской области, подвергшейся радиационному загрязнению с фоном излучений $10,70137\text{Cs}$, $\text{Бк}/\text{м}^2$ [3]. Кроме того, в местах обитания рукокрылых имеется повышение гигиенических нормативов по диоксиду азота, оксиду углерода, углеводородам, формальдегиду, взвешенным веществам, попадающим в атмосферу в результате деятельности промышленных предприятий и автотранспорта [6].

В последние 20 лет нарастающий антропогенный пресс и отрицательное влияние на жизнедеятельность (функциональный статус), морфолого-анатомические и биоритмологические показатели популяций рукокрылых делает летучих мышей уязвимыми. Численность лесных видов, например в Британии, Нидерландах снизилась на 30-40 % по сравнению с 50-ми годами XX века, в настоящее время в Баварии, Западной Швейцарии размножение многих видов уже не отмечено. Таким образом, проживание представителей хироптерофауны в постоянно и динамически изменяющихся условиях местообитаний требует выявления особенностей морфолого-анатомических и ряда физиологических и биохимических показателей в зависимости от величины отрицательной нагрузки на организменный и популяционно-видовой уровень организации биосистем. Второй шаг – разработка мер и мероприятий по охране колоний и одиночных местообитаний представителей хироптерофауны на основе реабилитационных мероприятий в зависимости от эколого-популяционных показателей. Третья группа мероприятий – представление признаков по биоиндикации состояния сред обитания на основе нормы реакции морфолого-анатомических и физиолого-биохимических показателей особей, что требует специальных исследований в зависимости от географии и величины антропогенного стресса [13, 16].

Стрессовые экологические факторы изменяют эволюционно сложившиеся экологические ниши: их длину, ширину и, следовательно, адаптивные механизмы у самого животного [22]. Смена экониш у представителей хироптерофауны влечёт за собой по принципу обратной связи динамические изменения в трофической, пространственной структуре биогеоценозов как хорологических единиц биосферы. Поэтому в настоящее время наметился переход от фаунистических исследований к особенностям и возможностям экологической валентности рукокрылых как основе биоиндикационных, экомониторинговых разработок, а также эконормирования по экосистемным показателям [17, 18, 21].

Так, наблюдая высокую смертность у представителей хироптерофауны, анализируя биоиндикационные признаки, учёные с уверенностью делают заключение об экологических связях загрязнения, заболеваемости и смертности: стрессовые воздействия подавляют иммунную систему летучих мышей и повышенная распространённость болезней является следствием изменений среды [22].

Глубокий анализ изменения природной среды биосфера повлекло за собой появление широкого пласта работ, связанных с воздействием на по-

популяционно-видовую структуру хироптерофауны: показатели численности, особенностей размещения, биологии. На основе этих данных можно оценить и противодействовать неблагоприятным направлениям антропогенных воздействий и дополнить признаки экосистемных нормативов качества среды [22, 23]. Пространственное распределение рукокрылых определяется сочетанием ряда экологических факторов, среди которых ведущую роль играют: средняя температура самой теплой и самой холодной четвертей года, а также плотность людского населения. В последнее десятилетие показана огромная зависимость рукокрылых от изменения климата, так как большая поверхность тела зверей провоцирует обезвоживание, запасы воды необходимо возобновлять, но её общая нехватка является лимитирующим фактором для мышей. Эта зависимость от климата делает летучих мышей превосходными организмами-кандидатами для обозначения биотических реакций на изменение климата. Высокая чувствительность летучих мышей к изменениям температуры и доступности воды также делает летучих мышей потенциально отличными индикаторами изменения климата. В связи с широким спектром воздействия экофакторов на популяционно-видовые характеристики этих групп зверей отдельная тематика исследований позволила выявить лимитирующие факторы: изменение влажности из-за вырубки деревьев и сведения старовозрастных лесов; обновления лесов в результате сплошных рубок; фрагментация местообитаний; урбанизация и урбанизированность территорий; применение ядохимикатов: косвенно – рост спелеотуризма и изменение микроклимата пещер.

Летучие мыши в аспекте адаптивных преобразований биоразнообразия достаточно консервативны, что позволило им медленно, но с приобретением надёжных признаков адаптаций приспосабливаться к условиям искусственно созданной среды, ограничивающей естественное их развитие и функционирование.

В связи с вышеизложенным возрастает роль представителей хироптерофауны как биоиндикаторов сочетанного антропогенного воздействия. Одно из направлений исследований – выявление динамики концентраций элементов группы тяжёлых металлов (ТМ), пестицидов при загрязнении сельскохозяйственных территорий в тканях и органах рукокрылых [14]. За 10-летний период накоплены сведения о содержании ТМ представлены для 65 видов летучих мышей как плотоядных, так и нектароядных. Отмечено, что зависимость содержания ТМ в организмах особей отмечена для пола, возраста, типа пищи (пищевых гильдий). Выявлено, что насекомо-

ядные представители фауны имеют более низкие средние значения токсикантов в тканях, чем нектароядные виды. Число работ, подтверждающих прямое неблагоприятное воздействие и токсичность ТМ на рукокрылых невелико, однако задокументированы некоторые случаи воздействия и отравления, включая гепатопатию, повреждение ДНК, гемохроматоз, почечные включения, изменения холинергических функций [12, 15, 19, 20, 24]. Результаты исследований показывают, что последствия хронического сублетального воздействия загрязнения тяжелыми металлами могут быть более серьезной угрозой для популяций летучих мышей, поскольку представители отряда в естественных условиях окружающей среды часто подвергаются одновременному воздействию нескольких антропогенных стрессоров. Одной из основных задач, стоящих сегодня перед экотоксикологией летучих мышей, является подготовка стандартизованных программ мониторинга с использованием современных аналитических технологий, позволяющих получать более точные данные о загрязнении тяжелыми металлами. Интересно и содержание микроэлементов в тканях рукокрылых: современными исследованиями выявлены значимые положительные корреляции между содержанием свинца, меди, цинка и кадмия в мехе и перепонке крыльев. Летучие лисицы в Австралии – надёжные биоиндикаторы воздействия ТМ, однако оконцентрация свинца в почках и мехе животных в настоящее время были ниже, чем в образцах, взятых в 1990 году [10, 11].

Также с 1951 года по настоящее время опубликовано более 80 работ о воздействии пестицидов на хироптерофауну, в которых рассматривается временное и географическое распространение исследований, в основном в Северном полушарии. Все работы охватили 5 % видов в основном насекомоядных мышей семейства *Vespertilionidae* и воздействие на них хлорорганических пестицидов. Отмечается поражение печени и почек особей [11, 14, 19].

Цель исследования – изучение состояние неспецифической резистентности нетопыря малого (*Pipistrellus pygmaeus Leach, 1825*) в условиях неблагоприятных антропогенных факторов территории Брянской области.

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось с 2011 по 2022 годы в лабораториях биоиндикации и морфофизиологии человека и животных и научно-образовательного центра «Изучение биологических систем» кафедры биологии Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петров-

ского. За период с 2011-2019 годы всего было проведено 40 отловов нетопыря малого (*Pipistrellus pygmaeus Leach, 1825*) в количестве 481 особей, из них 100 отобрано для исследований. В Брянской области обнаружены несколько колоний *Pipistrellus pygmaeus Leach, 1825*. Две из колоний стали объектом наших исследований по влиянию антропогенных факторов на организм нетопыря малого, обитающего на территории Брянской области. Колония № 1 исследовалась в деревне Кукуевка Брянской области, Навлинского района, в ней насчитывалось 36 особей, из них: 25 женских и 11 мужских особей. Колония №2 изучалась в городе Мглин Брянской области, где насчитывалось 50 особей, из них 31 женских и 19 мужских особей [4]. В исследовании анализировались данные за 2 года наблюдения: 2014 и 2018. При работе с рукокрылыми полностью соблюдались Международные принципы Хельсинской декларации о гуманном отношении к животным.

У летучих мышей гематологические и биохимические исследования крови проводились с использованием общепринятых методик [7]. Биохимические исследования проводили на базе лаборатории ГАУЗ «Брянский клинико-диагностический центр» на автоматическом биохимическом анализаторе ARCHITECT в системе биотестов AEROSET. Оценку иммунного статуса проводили с использованием метода непрямой иммунофлюоресценции [8].

Для определения естественной резистентности, физиологической реактивности и общей неспецифической резистентности у нетопыря малого проводились гематологические и биохимические исследования у самцов и самок двух колоний: бактерицидная активность (%), фагоцитарная активность (%), циркулирующие иммунные комплексы.

Все результаты измерений подвергались вариационно-статистической обработке. Рассчитывались основные элементы вариационной статистики – средняя арифметическая (M) и ошибка средней арифметической ($\pm m$) – показывающая, насколько истинная средняя величина не совпадает с найденной средней (M), точности опыта ($p, \%$). Достоверность оценивали по Стьюденту (t) ($P=95\%$).

Результаты исследования

Проведено обследование состояния естественной резистентности, физиологической реактивности и общей неспецифической резистентности у нетопыря малого, обитающего в Брянской области, подверженного влиянию негативной антропогенной нагрузке и радиоактивных (ионизирующих) излучений.

Установлено, что лизоцимная активность в сыворотке крови нетопыря малого изменялись неравномерно и гетерохронно с 2014 по 2018 годы. При исследовании естественной резистентности, физиологической реактивности и общей неспецифической резистентности в крови у нетопыря малого выявили следующие:

- Разница по уровню лизоцимной активности в сыворотке крови у самок и самцов в первой колонии зверьков составили – 1,29% ($p<0,05$), во второй колонии – 1,22% ($p<0,05$).

Установлено, что бактерицидная активность, фагоцитарная активность гранулоцитов в сыворотке крови у нетопыря малого, что под влиянием антропогенной нагрузки, в период с 2014 по 2018 годы, равномерно увеличивались (табл.).

Установлено, что уровень лизоцимной активности в сыворотке крови у самок вида нетопырь малый в первой и второй колониях достоверно ниже, чем у самцов в первой и во второй колониях. Разница по уровню бактерицидной активности в сыворотке крови у самок и самцов в первой колонии зверьков составили - 1,24% и 1,04%, соответственно ($p<0,05$). Уровень бактерицидной активности в сыворотке крови достоверно ниже, чем у самцов второй колонии на 0,08 %, у самок – на 8,4%. Уровень фагоцитарной активности в сыворотке крови между самцами и самками первой и второй колонии нетопыря малого отличается на 1,21% и 1,09%, соответственно ($p<0,05$). Уровень фагоцитарной активности самцов и самок в первой колонии в сыворотке крови достоверно ($p<0,05$) ниже, чем у самцов и самок второй колонии на 0,6 % и 0,5%, соответственно.

Разница по уровню содержания ЦИК в сыворотке крови у самок и самцов в первой колонии зверьков составили - 1,00% ($p<0,05$), во второй колонии - 1,02% ($p<0,05$). В первой колонии у самцов и самок уровень содержания ЦИК в сыворотке крови достоверно ниже, чем у самцов второй колонии на 5,94 у.е., у самок - на 5,25 у.е. (табл.).

Содержание циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК) в плазме крови у самок и самцов в колонии №2, в г Мглин Брянской области, с общим фоном радиоактивных излучений $10,70^{137}\text{Cs}$, $\text{Бк}/\text{м}^2$ во временном аспекте возрастает.

Минимальное количество циркулирующих иммунных комплексов в плазме крови отмечено у самцов и самок нетопыря малого в первой колонии в 2014 году, и составило $22,11 \pm 0,15$ у.е. и $22,13 \pm 0,10$ у.е., соответственно. Самый высокий (максимальный) уровень содержание ЦИК в плазме крови отмечен у самцов и у самок во второй колонии зверьков в 2018 году, и соответственно составил $29,19 \pm 0,34$ у.е. и $28,17 \pm 0,22$ у.е.

Таблица
Параметры неспецифической резистентности нетопыря малого
за период с 2014 по 2018 годы, (n=100)

Год	Бактерицидная активность, %	Фагоцитарная активность, %	Лизоцимная активность, %	ЦИК, у.е.
	$M \pm m$			
Самки (колония № 1)				
2014	52,31±0,11	51,30±0,16	5,04±0,07	22,13±0,10
2018	52,36±0,05*	51,31±0,01*	5,01±0,03	22,28±0,02
Среднее значение	52,33±0,07*	51,30±0,08*	5,02±0,05	22,20±0,05*
Самки (колония № 2)				
2014	60,10±0,18	56,29±0,11	5,43±0,06	26,61±0,12
2018	61,37±1,27*	56,39±0,10	5,48±0,05	28,17±0,22*
Среднее значение	60,73± 0,72*	56,34±0,10	5,45±0,06	27,45±0,11*
Самцы (колония № 1)				
2014	65,18± 0,08	59,71±0,15	6,52±0,10	22,11±0,15
2018	65,36± 0,18*	60,53±0,82*	6,53±0,01*	22,30±0,02
Среднее значение	65,27± 0,13*	60,12±0,48*	6,52±0,05*	22,22±0,05*
Самцы (колония № 2)				
2014	65,31± 0,11	61,70±0,13	6,69±0,08	27,05±0,11
2018	65,39± 0,08	61,75±0,05*	6,67±0,02*	29,19±0,34*
Среднее значение	65,35± 0,09	61,72±0,14*	6,68±0,05*	28,16±0,25*

Примечание: статистические различия между самцами и самкам одной колонии: *- $p < 0,05$.

В результате исследования плазмы крови и органов, участвующих в белковом обмене, у особей нетопыря малого, под влиянием антропогенных факторов, в период с 2014 по 2018 годы [4], установлено, что модифицированные белки функционально неактивны, хотя и накапливаются в ткани почек. Функциональная неактивность белков, заключается в том, что в результате окислительной модификации нарушается ферментативная и регуляторная активность, нарушаются транспорт ионов и липидов, матричный синтез.

Наши данные согласуются с данными А. В. Силенка (2012), что в результате функциональной активности белки во время окислительной модификации, придают собственным белкам антигенные свойства, и образуют

низкомолекулярные и среднемолекулярные токсические циркулирующие иммунные комплексы (ЦИК). Не связываясь с системой комплемента, (ЦИК) долго циркулируют в кровеносном русле, и способны вызывать функциональные нарушения в тканях почек (участвующих в белковом обмене), сосудов и отчасти опорно-двигательного аппарата [9].

Таким образом, установлено, что по уровню концентрации циркулирующих иммунных комплексов, как интегрального показателя, можно судить об антигенном влиянии на иммунную систему организма.

Выводы

1. В организме у самцов и самок нетопыря малого, адаптация к негативным условиям городской среды, сопряжена с адаптационно-компенсаторными процессами, проявляющимися в гиперактивности иммунитета, выраженным нарушениями иммунной системы и клеточного иммунитета.

2. Лизоцимная активность в сыворотке крови изменялась неравномерно и гетерохронно с 2014 по 2018 годы. Уровень лизоцимной активности в сыворотке крови у самок нетопыря малого в первой и второй колониях ниже, чем у самцов в первой и во второй колониях.

3. В первой колонии у самцов и самок уровень бактерицидной активности в сыворотке крови достоверно ниже, чем у самцов и самок второй колонии.

4. В первой колонии у самцов и самок уровень фагоцитарной активности в сыворотке крови достоверно ниже, чем у самцов второй колонии.

5. Бактерицидная активность, фагоцитарная активность гранулоцитов в сыворотке крови у нетопыря малого под влиянием антропогенной нагрузки, в период с 2014 по 2018 годы, равномерно увеличивались.

6. ЦИК циркулируют в кровеносном русле, и способны вызывать функциональные нарушения в тканях почек (участвующих в белковом обмене), сосудов и отчасти опорно-двигательного аппарата. По уровню концентрации циркулирующих иммунных комплексов, как интегрального показателя, можно судить об антигенном влиянии на иммунную систему организма.

Список литературы

1. Бучацкий Л.П. Значение рукокрылых в эпидемиологии лиссавирусных инфекций // Ветеринарная патология. 2002. № 1. С. 26-31.
2. Горбачев А.А., Прокофьев И.Л., Зайцева Е.В. Факторы, влияющие на распространение летучих мышей по территории Брянской области // Вестник Брянского государственного университета. 2011. № 4. С. 128-133.

3. Зайцева Е.В., Харлан А.Л., Епихова О.Н., Зайцева Е.Н., Сенюкова Л.И., Чиграй О.Н. Гуморальные факторы неспецифической защиты организма цыплят-бройлеров ОАО птицефабрика «Снежка» // Ежегодник НИИ фундаментальных и прикладных исследований. 2014. № 1 (5). С. 72-76.
4. Карпенко Е.Н., Харлан А.Л. Обмен веществ у нетопыря малого под воздействием отрицательных экологических факторов Брянской области // Ученые записки Брянского государственного университета, 2022 (2). С. 40-47.
5. Макаров В.В., Лозовой Д.А. Новые особо опасные инфекции, ассоциированные с рукокрылыми. Владимир: РУДН, ФГБУ «ВНИИЭЖ», 2016. 160 с.
6. Мотылев С.В. Природные ресурсы и окружающая среда Брянской области: годовой доклад об экологической ситуации в Брянской области в 2015 году. Брянск: Департамент природных ресурсов и экологии Брянской области, 2016. 240 с.
7. Методы ветеринарной и клинической диагностики. Под ред. И.П. Кондрахина. М.: Изд-во «КолосС», 2004. 520 с.
8. Методы непрямой иммунофлюоресценции // Медицинская иммунология. 1999. Т. 1. №5. С. 24-28.
9. Силенок А.В. Влияние факторов окружающей среды на эколого-физиологические особенности организма птиц в условиях клеточного содержания: на примере цыплят-бройлеров кросса «Смена-7» в период раннего постnatalьного онтогенеза: автореф. дис. канд. биол. наук. Брянск, 2012. 24 с.
10. Åkerblom S, de Jong J. Mercury in fur of Daubenton's bat (*Myotis daubentonii*) in southern Sweden and comparison to ecotoxicological thresholds // Bull Environ Contam Toxicol. 2017. Vol. 99. P. 561–566. <https://doi.org/10.1007/s00128-017-2206-3>
11. Bayat S., Geiser, F., Kristiansen, P., Wilson, S.C., Organic contaminants in bats: trends and new issues // Environ. Int. 2014. Vol. 63, P. 40–52. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2013.10.009>
12. Flache L., Ekschmitt K., Kierdorf U., Czarnecki S., Düring R.A., Encarnação J.A. Reduction of metal exposure of Daubenton's bats (*Myotis daubentonii*) following remediation of pond sediment as evidenced by metal concentrations in hair // Sci. Total Environ. 2016. № 547. P. 182-189. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.131>
13. Guillen W. et al. Bats in the anthropogenic matrix: challenges and opportunities for the conservation of Chiroptera and their ecosystem services in agricultural landscapes // Voigt CC, Kingston T (eds) Bats in the Anthropocene: conserva-

- tion of bats in a changing world. Springer International AG, Cham. 2016. P. 151–178. https://doi.org/10.1007/978-3-319-25220-9_6
14. Guimarães C., Torquetti A., Bittencourt-Guimarães T., Soto-Blanco B. Exposure to pesticides in bats // *Science of The Total Environment*. 2021. Vol. 755. Part 1. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142509>
15. Heiker L.M., Adams R.A., Ramos C.V. Mercury bioaccumulation in two species of insectivorous bats from urban China: Influence of species, age, and land use type // *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 2018. Vol. 75. P. 585–593. <https://doi.org/10.1007/s00244-018-0547-5>
16. Jebb D., Huang Z., Pippel M., Devanna P. et al. Six reference-quality genomes reveal evolution of bat adaptations // *Nature*. 2020. № 23. P. 578-584. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2486-3>
17. Jones G., Rebelo H. Responses of bats to climate change: learning from the past and predicting the future // Adams RA, Pedersen SC (eds) *Bat evolution, ecology, and conservation*. Springer, New York, Berlin, 2013. P. 457–478. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7397-8_22
18. Kasso M., Balakrishnan M. Ecological and Economic Importance of Bats (Order Chiroptera) // *International Scholarly Research Notices*. 2013. Vol. 1. Article ID 187415. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/187415>
19. Korine C., Adams, A., Shamir, U., Gross, A. Effect of water quality on species richness and activity of desert-dwelling bats // *Mamm. Biol.* 2015. Vol. 80. P. 185–190. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2015.03.009>
20. Pulscher L.A., Gray R., McQuilty R., Rose K., Welbergen J., Phalen D.N. Investigation into the utility of flying foxes as bioindicators for environmental metal pollution reveals evidence of diminished lead but significant cadmium exposure // *Chemosphere*. 2020. Vol. 254. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126839>
21. Put J.E., Mitchell G.W., Fahrig L. Higher bat and prey abundance at organic than conventional soybean fields // *Biol. Cons.* 2018. Vol. 226. P. 177–185. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.06.021>
22. Russo D., Jones G. Bats as bioindicators // *Mamm. Biol.* 2015. Vol. 80. P. 157–246. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2015.03.005>
23. Timofieieva O., Świergosz-Kowalewska R., Laskowski R., Vlaschenko A. Wing membrane and Fur as indicators of metal exposure and contamination of internal tissues in bats // *Environmental Pollution*. 2021. Vol. 276. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116703>
24. Zukal J., Pikula J., Bandouchova H. Bats as bioindicators of heavy metal pollution: history and prospect // *Mamm Biol. Z Saugertierkd.* 2015. Vol. 80. P. 220–227. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2015.01.001>

References

1. Buchackij L.P. Znachenie rukokrylyh v epidemiologii lissavirusnyh infekcij [Significance of bats in the epidemiology of lyssavirus infections]. *Veterinarnaya patologiya* [Veterinary pathology], 2002, no. 1, pp. 26-31.
2. Gorbachev A.A., Prokof'ev I.L., Zajceva E.V. Faktory, vliyayushchie na rasprostranenie letuchih myshej po territorii Bryanskoy oblasti [Factors affecting the distribution of bats in the territory of the Bryansk region]. *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Bryansk State University], 2011, no. 4, pp. 128-133.
3. Zajceva E.V., Harlan A.L., Epikhova O.N., Zajceva E.N., Senyukova L.I., CHigraj O.N. Gumoral'nye faktory nespecificeskoy zashchity organizma cypliyat-brojlerov OAO pticefabrika "Snezhka" [Humoral factors of non-specific defense of the organism of broiler chickens of Poultry Farm "Snezhka"]. *Ezhegodnik NII fundamental'nyh i prikladnyh issledovanij* [Yearbook of the Research Institute for Fundamental and Applied Research], 2014, no. 1 (5), pp. 72-76.
4. Karpenko E.N., Harlan A.L. Obmen veshchestv u netopyrya malogo pod vozdejstviem oticatel'nyh ekologicheskikh faktorov Bryanskoy oblasti [Metabolism in the small bat under the influence of negative environmental factors in the Bryansk region]. *Uchenye zapiski Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta* [Scientific Notes of the Bryansk State University], 2022, no. 2, pp. 40-47.
5. Makarov V.V., Lozovoij D.A. *Novye osobno opasnye infekcii, associirovannye s rukokrylymi* [New especially dangerous infections associated with bats]. Vladimir: RUDN, FGBU «VNIIIZH», 2016, 160 p.
6. Motylev S.V. *Prirodnye resursy i okruzhayushchaya sreda Bryanskoy oblasti: godovoj doklad ob ekologicheskoy situacii v Bryanskoy oblasti v 2015 godu* [Natural resources and environment of the Bryansk region: annual report on the environmental situation in the Bryansk region in 2015]. Bryansk: Departament prirodnyh resursov i ekologii Bryanskoy oblasti, 2016, 240 p.
7. *Metody veterinarnoj i klinicheskoy diagnostiki* [Methods of veterinary and clinical diagnostics]. ed. I.P. Kondrahin. M.: Izd-vo «KolosS», 2004, 520 p.
8. Metody nepryamoj immunofluorescencii [Methods of indirect immunofluorescence]. *Medicinskaya immunologiya* [Medical immunology], 1999, vol. 1, no. 5, pp. 24-28.
9. Silenok A.V. *Vliyanie faktorov okruzhayushchej sredy na ekologo-fiziologicheskie osobennosti organizma ptic v usloviyah kletchnogo soderzhaniya: na primere cypliyat-brojlerov krossa „Smena-7” v period rannego postnatal'nogo*

- ontogeneza* [Influence of environmental factors on the ecological and physiological characteristics of the organism of birds in cage conditions: on the example of broiler chickens of the cross „Smena-7” in the period of early postnatal ontogeny]. Bryansk, 2012, 24 p.
10. Åkerblom S, de Jong J. Mercury in fur of Daubenton's bat (*Myotis daubentonii*) in southern Sweden and comparison to ecotoxicological thresholds. *Bull Environ Contam Toxicol*, 2017, vol. 99, pp. 561–566. <https://doi.org/10.1007/s00128-017-2206-3>
 11. Bayat S., Geiser, F., Kristiansen, P., Wilson, S.C., Organic contaminants in bats: trends and new issues. *Environ. Int.* 2014, vol. 63, pp. 40–52. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2013.10.009>
 12. Flache L., Ekschmitt K., Kierdorf U., Czarnecki S., Düring R.A., Encarnação J.A. Reduction of metal exposure of Daubenton's bats (*Myotis daubentonii*) following remediation of pond sediment as evidenced by metal concentrations in hair. *Sci. Total Environ.*, 2016, no. 547, pp. 182–189. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.131>
 13. Guillen W. et al. Bats in the anthropogenic matrix: challenges and opportunities for the conservation of Chiroptera and their ecosystem services in agricultural landscapes / Voigt CC, Kingston T (eds) *Bats in the Anthropocene: conservation of bats in a changing world*. Springer International AG, Cham. 2016, pp. 151–178. https://doi.org/10.1007/978-3-319-25220-9_6
 14. Guimarães C., Torquetti A., Bittencourt-Guimarães T., Soto-Blanco B. Exposure to pesticides in bats. *Science of The Total Environment*, 2021, vol. 755. Part 1. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142509>
 15. Heiker L.M., Adams R.A., Ramos C.V. Mercury bioaccumulation in two species of insectivorous bats from urban China: Influence of species, age, and land use type. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 2018, vol. 75, pp. 585–593. <https://doi.org/10.1007/s00244-018-0547-5/>
 16. Jebb D., Huang Z., Pippel M., Devanna P. et al. Six reference-quality genomes reveal evolution of bat adaptations. *Nature*, 2020, no. 23, pp. 578–584. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2486-3>
 17. Jones G., Rebelo H. Responses of bats to climate change: learning from the past and predicting the future / Adams RA, Pedersen SC (eds) *Bat evolution, ecology, and conservation*. Springer, New York, Berlin, 2013, pp. 457–478. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7397-8_22
 18. Kasso M., Balakrishnan M. Ecological and Economic Importance of Bats (Order Chiroptera). *International Scholarly Research Notices*, 2013, vol. 1. Article ID 187415. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/187415>
 19. Korine C., Adams, A., Shamir, U., Gross, A. Effect of water quality on species richness and activity of desert-dwelling bats. *Mamm. Biol.*, 2015, vol. 80, pp. 185–190. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2015.03.009>

20. Pulscher L.A., Gray R., McQuilty R., Rose K., Welbergen J., Phalen D.N. Investigation into the utility of flying foxes as bioindicators for environmental metal pollution reveals evidence of diminished lead but significant cadmium exposure. *Chemosphere*, 2020, vol. 254. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126839>
21. Put J.E., Mitchell G.W., Fahrig L. Higher bat and prey abundance at organic than conventional soybean fields. *Biol. Cons.*, 2018, vol. 226, pp. 177–185. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.06.021>
22. Russo D., Jones G. Bats as bioindicators. *Mamm. Biol.*, 2015, vol. 80, pp. 157–246. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2015.03.005>
23. Timofieieva O., Świergosz-Kowalewska R., Laskowski R., Vlaschenko A. Wing membrane and Fur as indicators of metal exposure and contamination of internal tissues in bats. *Environmental Pollution*, 2021, vol. 276. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116703>
24. Zukal J., Pikula J., Bandouchova H. Bats as bioindicators of heavy metal pollution: history and prospect. *Mamm Biol. Z Saugertierkd*, 2015, vol. 80, pp. 220–227. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2015.01.001>

ВКЛАД АВТОРОВ

Карпенко Е.Н.: лабораторные исследования, интерпретация результатов, подготовка текста статьи.

Харлан А.Л.: лабораторные исследования, интерпретация результатов, подготовка текста статьи.

Зайцева Е.В.: общее руководство направлением исследования, интерпретация результатов, подготовка текста статьи.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Elizaveta N. Karpenko: laboratory research, interpretation of results, preparation of the text of the article.

Alexey L. Kharlan: laboratory research, interpretation of results, preparation of the text of the article.

Elena V. Zaitseva: general direction of the research direction, interpretation of the results, preparation of the text of the article.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Карпенко Елизавета Николаевна, ассистент кафедры химии

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»

ул. Бежицкая, 14, г. Брянск, 241036, Российская Федерация
liza_zayceva22@mail.ru

Харлан Алексей Леонидович, кандидат биологических наук

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»

ул. Бежицкая, 14, г. Брянск, 241036, Российская Федерация

Зайцева Елена Владимировна, доктор биологических наук, профессор

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»

ул. Бежицкая, 14, г. Брянск, 241036, Российская Федерация

DATA ABOUT THE AUTHORS

Elizaveta N. Karpenko, Assistant of the Department of Chemistry

Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky

14, Bezhickaya Str., Bryarsk, 241036, Russian Federation

liza_zayceva22@mail.ru

SPIN-code: 6657-3300

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4765-7216>

Alexey L. Kharlan, PhD (Biology)

Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky

14, Bezhickaya Str., Bryarsk, 241036, Russian Federation

SPIN-code: 7930-9088

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1244-3058>

Elena V. Zaitseva, ScD (Biology), Professor

Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky

14, Bezhickaya Str., Bryarsk, 241036, Russian Federation

SPIN-code: 7930-9088

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1244-3058>

Поступила 15.02.2023

После рецензирования 15.03.2023

Принята 24.03.2023

Received 15.02.2023

Revised 15.03.2023

Accepted 24.03.2023

DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-924**УДК 581.5+635.92+712**

Научная статья

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ДЕКОРАТИВНОСТИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

**O.А. Гончарова, И.Н. Липпонен,
О.Е. Зотова, Е.Ю. Полоскова**

В литературе широко представлены методики, позволяющие оценить и сравнить декоративные качества древесных растений разных родов и семейств. Универсальной методики для оценки декоративных качеств древесных растений не существует, существующие методики неприменимы в условиях высоких широт.

Цель работы состояла в разработке подходов и методов оценки декоративности древесных растений в условиях Крайнего Севера. Использовали подходы: исключение описательной характеристики критерия, введение системы вопрос-ответ «да/нет», введение критерии, поддающихся измерению; учет не менее 3-5 летних данных по фенологическим наблюдениям. В оценку декоративных качеств древесных растений включили оценку архитектоники, листья, цветения и плодоношения. В оценку входят пониждающие коэффициенты, учитывающие объем повреждений органов растений. Общая оценка по объекту может быть представлена суммой всех оценок критерий или кривой декоративности. Достижествами предлагаемой методологии являются исключение описательной характеристики критерия и использование критериев, рассчитанных на основе реальных данных о растении, при этом предусмотрена возможность уточнения коэффициентов для других мест произрастания.

Ключевые слова: декоративность; древесные растения; Крайний Север; интродукция; архитектоника кроны; листва; цветение; плодоношение

Для цитирования. Гончарова О.А., Липпонен И.Н., Зотова О.Е., Полоскова Е.Ю. Методика оценки декоративности древесных растений в условиях Крайнего Севера // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. Т. 15, №5. С. 27-51. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-924

Original article

METHODOLOGY FOR ASSESSING THE ORNAMENTALITY OF WOODY PLANTS IN THE FAR NORTH

***O.A. Goncharova, I.N. Lippinen,
O.E. Zotova, E.Yu. Poloskova***

The literature widely presents methods that allow evaluating and comparing the decorative qualities of woody plants of different genera and families. But there is no universal method for assessing the decorative qualities of woody plants and the existing methods are not applicable to high latitudes.

The purpose of the work was to develop approaches and methods for assessing the decorativeness of woody plants in the Far North. The following approaches were used: the exclusion of the descriptive characteristics of the criterion, the introduction of a question-answer (yes or no) system, the introduction of measurable criteria; accounting of at least 3–5-year data of phenological observations. The assessment of the decorative qualities of woody plants consists of evaluating the crown architectonics, foliage, flowering and fruiting. It includes reduction coefficients that take into account the amount of plant organ damage. The overall assessment of the object can be represented by the sum of all criteria assessments or the decorativeness curve. The advantages of the proposed methodology are the exclusion of the descriptive characteristics of the criterion and the use of criteria calculated on the basis of real data on the plant, while providing the possibility of refining the coefficients for other places of growth.

Keywords: ornamentality; decorative qualities; woody plants; Far North; introduction; crown architectonics; foliage; bloom; fruiting

For citation. Goncharova O.A., Lippinen I.N., Zotova O.E., Poloskova E.Yu. Methodology for Assessing the Decorative Qualities of Woody Plants in the Conditions of the Far North. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2023, vol. 15, no. 5, pp. 27-51. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-924

Введение

Древесные породы играют значительную роль в формировании эстетического облика городской среды, составляя основу ландшафта и обеспечивая их структуру. Преимущества использования растительности

декоративного типа определяются эстетическими характеристиками, которыми они обладают. Привлекательность растения в безлистном состоянии в период покоя может обуславливаться за счет интересной структуры ствола и скелетных ветвей. Декоративные растения – это растения, имеющие декоративную ценность и выращиваемые в декоративных целях в общественных и частных ландшафтах [27, 29-32]. Под декоративностью понимают комплекс морфологических признаков растения, вариабельных во времени и пространстве под действием абиотических и биотических факторов среды, эстетичных для человеческого восприятия [5]. Знание декоративных качеств и свойств растений позволяет правильно размещать их в пространстве, тем самым значительно улучшать художественный облик ландшафтных композиций [18]. Бедность древесной флоры северных регионов ограничивает количество видов пригодных для озеленения, в связи с чем, важным условием создания эффективных зеленых насаждений в городах является выбор не только адаптированного ассортимента древесных растений, но и способного длительно сохранять декоративность.

Несмотря на то, что декоративность это эстетическое понятие, которое основывается на индивидуальной и субъективной оценке, у древесных растений всегда можно выделить качественные и количественные характеристики, поддающиеся объективной оценке [3], в связи с чем, поиск оптимальных методов и подходов не прекращается. Сегодня представлено достаточное разнообразие методик, позволяющие выполнять сравнительную оценку декоративности древесных растений, формирующих насаждения и относящихся к разным родам и семействам [2, 4, 6, 8, 10-12, 15-17, 20, 24, 25] и комплексную оценку декоративности городских насаждений [19, 21], однако унифицированной методики, применимой в северных широтах, нет. Преимущественно существующие методики оценки декоративности древесных растений можно отнести к балльным методикам. В некоторых введены коэффициенты, влияющие на общую декоративность, например, коэффициент весомости балльного признака [10]. В других декоративные качества отражают динамикой изменения декоративных качеств растения в течение вегетационного периода или года [9]. В ландшафтной архитектуре и садово-парковом строительстве довольно часто встречаются мониторинговые исследования на основе инвентаризации насаждений, включающие дендрометрические, морфологические, биологические, а так же ландшафтно-архитектурные оценки. Анализ литературы так

же показывает, что отсутствие универсальной методики для оценки декоративных качеств, для древесных растений [14, 22, 25, 26], обусловлено в первую очередь целями исследования. Сведение всех методик к максимально возможному перечню критериев, определило бы универсальность конечной методики, однако излишняя нерациональная перегруженность, не позволила бы ей стать востребованной. Ввиду этого аспекта, целесообразнее провести систематизацию существующих методик, дополнив ее алгоритмом выбора той или иной методики в соответствии с целями исследования. Такая систематизация может наглядно показать необходимость создания других, уточняющих методик. Например, уже сегодня можно сказать, что в условиях высоких широт многие существующие методики неприменимы или не полностью отвечают целям исследования. Несмотря на существующую субъективность оценки декоративности, отнесение растения к той или иной группе декоративности остается востребованным до сих пор, как в решении задач в зеленом строительстве, так и в целях расширения обзора в вопросах интродукции растений, наряду с классическими оценками перспективности и жизнеспособности растений.

Достигнуть полной объективности в вопросе оценки декоративности задача не выполнимая, конечно, до тех пор, пока для каждого растения не установится эталон, который принимался бы всем обществом как истинно декоративный. При существующем разнообразии это маловероятно. Однако, можно полагать, что снижая субъективность отдельных критериев (качественные и количественные признаков растения) – снижается субъективность оценки в целом.

Цель работы состояла в разработке подходов и методов оценки декоративности древесных растений в условиях Крайнего Севера на основе коллекции древесных растений Полярно-альпийского ботанического сада-института (ПАБСИ) – самого северного в России ($67^{\circ}38' \text{с.ш.}$) и самого крупного в мире за Полярным кругом.

На рисунке 1 представлена климадиаграмма по г. Апатиты за 2012 – 2022гг. по данным сайта gr5.ru.

Географическое положение ПАБСИ определяет суровость природных условий, которые в то же время из-за близости теплого течения Гольфстрим благоприятнее, чем в других заполярных районах. К неблагоприятным климатическим факторам можно отнести высокую вероятность весеннее-летних и осенних заморозков, возможных в любой летний месяц; частую повторяемость сильных ветров; значительные

колебания осадков и длительность засушливых периодов в вегетационный сезон, создающих дефицит влаги; недостаточную теплообеспеченность и непродолжительность вегетационного периода; низкий уровень суммарной солнечной радиации и ее неравномерное распределение в течение сезона; специфический световой режим суток.

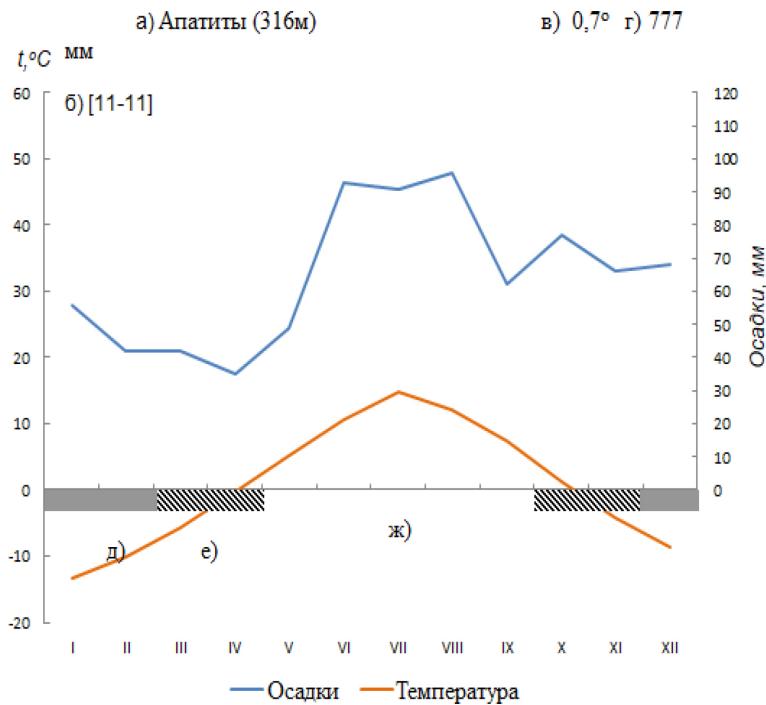


Рис. 1. Климатограмма для г. Апатиты:

- а) высота над уровнем моря, б) число лет наблюдений, в) средняя годовая температура, г) средняя годовая сумма осадков, д) месяцы со среднесуточным минимумом температуры ниже 0°C , е) месяцы с абсолютным минимумом температуры ниже 0°C , ж) безморозный период. По оси абсцисс – месяцы.

Предложена следующая совокупность подходов: 1. исключить описательную характеристику критерия: ввести систему простых вопросов, позволяющих дать односложные ответы «да/нет», ввести измеримый критерий; 2. если критерий невозможно оценить без описательной характеристики, описание должно быть приведено максимально точно

и не содержать субъективных суждений; 3. разрабатываемая методическая основа по оценке должна включать оценки, основанные на не менее 3-5 летних данных.

Коллекционный фонд древесных растений ПАБСИ в 2022г. включает в себя 26 семейств, 55 родов, 265 видов и 98 внутривидовых таксонов (24 подвида, 14 разновидностей, 15 форм, 26 сортов), 19 гибридов, всего 361 таксон, 788 образцов. Инвентаризация коллекционных фондов, включающая в себя подсчет экземпляров, образцов, видов, таксонов внутривидового ранга, родов, семейств проходит ежегодно в конце вегетационного сезона. В начале вегетационного сезона проводится оценка степени повреждения древесных растений отрицательными температурами. В течение вегетационного сезона ведутся фенологические наблюдения и оценка обилия цветения / плодоношения. ПАБСИ обладает длительными рядами наблюдений и значительным разнообразием состава коллекционного фонда деревьев и кустарников, что позволяет использовать коллекцию древесных растений в качестве репрезентативной группы для разработки методики оценки декоративности.

При разработке, адаптированной к использованию в условиях арктических зон, методической основы по оценке декоративных качеств древесных растений учитывали длительный низкотемпературный период и непродолжительный вегетационный период.

Результаты и обсуждение

Ранжированный (в порядке уменьшения важности) ряд критериев оценок составлен с учетом длительности восприятия критерия в течение года: архитектоника – листва – цветение – плодоношение.

Повреждения являются фактором, снижающим оценку декоративности. Принимается, что оценка должна снижаться на долю повреждения. Доля повреждения определяется в долях от 1. Так, например, мертвые скелетные побеги (их наличие определяется в период полного облиствения растения) будут снижать оценку критерия и оцениваться корректирующим коэффициентом. При этом в оценку некоторых подкритериев введены коэффициенты, которые учитывают среднемноголетние фенологические данные за растениями в условиях их фактического произрастания.

Фотоснимки древесных растений в различные периоды вегетационного сезона на территории экспериментального участка ПАБСИ,

показали, что необходим учет особенностей произрастания растения. К таким особенностям можно отнести – удаленность от наблюдателя и угол обзора [23], а так же тип посадки: произрастает растение в групповой посадке или как солитер. Архитектонику и плотность кроны растения можно оценить издалека, а вот особенности цветов, плодов, листвы лишь по мере приближения. При оценке окраски зрелой листвы необходимо понимать, что при массовых посадках общая декоративность растений с окраской листвы, отличной от зеленых оттенков, может снижаться. Стоит учитывать, что в групповых посадках могут быть использованы различные приемы композиций и сочетаний: массивы, куртины, группы, аллеи, изгороди, бордюры. Стоит отметить, что отдельные композиции в посадках воспринимаются по-разному в зависимости от расстояния и точки проведения оценки. Нормальным расстоянием для лучшего обзора объекта может приниматься расстояние равное двойной или тройной высоте объекта [7], поэтому в целях повышения объективности анализа значений полученных при ее использовании, следует точно описывать условия ее применения. Каждый объект, подлежащий оценке должен содержать набор параметров, обеспечивающих его полную идентификацию, гарантирующую его отделимость от других объектов. Минимальный набор параметров должен содержать: идентификационный (инвентарный) номер, наименование, возраст или отнесение к одной из групп (молодые – с не полностью развитыми кронами, не достигшие размеров взрослых растений, взрослые – полностью сформировавшиеся растения, нормальные для вида величины в данных климатических условиях, старые – растения с явными признаками старения, или обозначения класса возраста).

Перечень критериев для оценки декоративности представлен в таблице 1.

Общая оценка по объекту может быть представлена суммарной оценкой критериев или кривой декоративности А-Л-Ц-П.

В настоящей работе коэффициенты основаны на многолетних фенологических наблюдениях за сезонным развитием интродуцированных древесных растений коллекционного фонда ПАБСИ КНЦ РАН.

Листья: подкритерий – плотность и продолжительность облиствения: Ко=134 (365), где Ко – коэффициент оценки продолжительности облиствения кроны, 134 (365) – максимальное значение интервала, характерного для большинства растений, для листопадных (вечнозеленых) растений.

Таблица 1.

Перечень критериев для оценки декоративности древесных растений

АРХИТЕКТОНИКА (А)	ЛИСТВА (Л)
Габитус	Плотность и продолжительность облиствения ²
Характеристика кроны:	Характеристика зрелой листовой пластинки ¹
рост скелетных побегов	Осенняя окраска ⁻¹ :
типичность структуры	количество преобладающих тонов ⁻¹
формы кроны	окраска (спектр) ⁻¹
Характеристика ствола и скелетных ветвей ⁻¹ :	Продолжительность осенней окраски ⁻²
структура скелета ⁻¹	
цвет коры ⁻¹	
фактура коры ⁻¹	
ЦВЕТЕНИЕ (Ц)	ПЛОДОНОШЕНИЕ (П)
Продолжительность и обилие ^{-1,2}	Обилие плодоношения ^{-1,2}
Внешний вид цветов (соцветий) ⁻¹	Внешний вид плодов (соплодий) ⁻¹
Регулярность	Регулярность
	Удержание здоровых плодов

Прим.: ¹ – имеют корректирующий коэффициент, учитывающий объем повреждений органов, ² – коэффициенты среднемноголетних данных.

Листва: подкритерий – продолжительность осенней окраски: Кл=30, где Кл – коэффициент оценки продолжительности осенней окраски, 30 – максимальное значение интервала удержания листьев с осенней окраской.

Цветение: подкритерий – продолжительность и обилие: Кц=1000, где Кц – коэффициент продолжительности и обилия цветения, 1000 – рассчитан из условий 100% покрытия кроны цветками/соцветиями при продолжительности цветения, равной максимальному значению интервала цветения, характерного для большинства растений в условиях Кольского полуострова (6-10 дней).

Плодоношение: подкритерий – обилие плодоношения: Кп=2,32, где Кп – коэффициент коэффициент обилия плодоношения, 2,32 – среднее значение обилия плодоношения.

В таблице 2 приведены критерии оценки декоративных качеств.

Таблица 2.
Критерии оценки декоративных качеств древесных растений

Наименование критерия	Значение оценки	Коэффициент снижения оценки
КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ - АРХИТЕКТОНИКА (А)		
Габитус - A ₁ .	сохраняется	да - 3
	не сохраняется, но восстанавливается	да - 2
	не сохраняется, не восстанавливается	да - 1
Характеристика кроны - A ₂ =($\sum A_{21} - A_{22}$).		
Рост скелетных побегов - A ₂₁ .	прирост скелетных побегов нормальный (динамичный) для данной породы и возраста	да - 3
	прирост побегов замедленный	да - 2
	прирост побегов укорочен	да - 1
Типичность структуры формы кроны - A ₂₂ .	правильно сформирована (типична) для данной породы	да - 3
	нетипична, но искусственно привлекательно сформирована	да - 3
	сформирована неправильно, но привлекательна	да - 2
	сформирована неправильно с нарушениями	да - 1
Характеристика ствола и скелетных ветвей - A ₃ =($\sum A_{31}-A_{32}$)		
Структура скелета - A ₃₁ *k1.	ствол(ы) и скелетные побеги сформированы типично для данного вида	да - 3
<i>Прим: при многостволной форме растения стволы со скелетными побегами могут, оцениваться в совокупности как единое целое или по отдельности с последующим вычислением среднего значения.</i>	ствол(ы) и скелетные побеги сформированы не типично для данного вида, но внешнее восприятие не ухудшается, как если бы оно было сформировано типично	да - 3
	ствол(ы) и скелетные побеги сформированы не типично для данного вида, что ухудшает внешнее восприятие	да - 2
	ствол(ы) и скелетные побеги заметно деформированы и находятся в угнетенном состоянии	да - 1

Цвет коры - $A_{32} * k2$. <i>Прим:</i> если наблюдается более одной градации, то оценка определяется для каждого цвета с учетом доли от 1 с последующим вычислением среднего значения <i>Пример:</i> $3*0,2+2*0,5+1*0,3 = 1,9.$	чистые яркие тона (белая, желтая, желто-оранжевая, светло-коричневая, красная, пятнистая, зеленая) контрастная с листвой (хвойей)	да - 3	k2 - повреждения ствола. Оцениваются визуально явно-заметные повреждения/ деформации: морозобоины, сухобочины, дупла, трещины, признаки разложения древесины и прочее. Объем повреждения определяется соотношением: $(Sk - \sum Sd) / Sk$, где Sk - общая площадь боковой поверхности ствола, $\sum Sd$ сумма площадей всех повреждений. $Sk=1,85*H*D(1,3)$ где H - высота дерева, D(1,3) - диаметр ствола на уровне 1,3 метра [1]. Пример: дерево высотой 6 м и диаметром 0,15 м на стволе наблюдается сухобочка размером 0,1x0,05 м и дупло размером 0,02x0,03 м. Расчет: $k2=(1,85*6*0,15 - (0,1*0,05+0,02*0,02)) / 1,85*6*0,15$ Таким образом, $k2=0,996$.
	не яркие тона (светло-серая, коричневая, темно-коричневая, черная)	да - 2	
	невыразительная, грязных оттенков (бурая, темно-серая)	да - 1	
Фактура коры - $A_{33} * k2$.	правильно сформирована (типична) для данной породы		да - 1

КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ - ЛИСТВА (Л)

Плотность и продолжительность облиствения - L_1 .	$L_1 = So * Пок / Ko$, где So – оценка соотношения площадей облиствения и просветов $So1/So2$	Не определен	
	плотная крона, при $So \geq 1$	да - 3	
	средняя плотность кроны, при $So 1-1/3$	да - 2	
	сквозистая крона, при $So \leq 1/3$	да - 1	
	Пок – интервал между распусканием и опадением листьев, дни. $Ko=134$ (365 для вечнозеленых растений).		

<p>Характеристика зрелой листовой пластиинки - $L_2 * k_3$.</p> <p><i>Прим: основная оценка суммируются дополнительной.</i></p>	Основная оценка		<p>k3 - повреждения листа. Оцениваются визуально явно-заметные поврежденные листья (пятнистость в т.ч. ржавчина, хлороз, некроз, скручивание, повреждения листогрызущими вредителями, прочие повреждения, в т.ч. потеря пестролистности), а так же отмирающая листва/ хвоя для вечнозелёных, от общего объема листвы в долях от 1.</p>	
	зеленый	да - 1		
	отличный от зеленого	да - 2		
	Дополнительная оценка			
	явное отличие окраски молодой и зрелой листвы	да - 1		
	наличие пестролистности (в т.ч. окаймленности) у зрелого листа	да - 1		
	сложный лист, простой лист с листовой пластиинкой явно отличающейся от простых геометрических фигур (овал, эллипс)	да - 1		
	Осенняя окраска $L_3 = (\sum L_{31} - L_{32}) * k_3$.			
	один	да - 1		
	более одного	да - 2		
	более двух	да - 3		
<p>окраска - L_{32}.</p> <p><i>Прим:</i> <i>если наблюдается более одной градации, то оценка определяется для каждого цвета с учетом доли от 1 с последующим вычислением среднего значения</i></p> <p><i>Пример:</i> $3*0,2+2*0,5+1*0,3=1,9$.</p>	чистые яркие тона (желтые, желто-оранжевые, красные, бордовые, пурпурные)	да - 3	<p>k3 - повреждения листа. Оцениваются визуально явно-заметные поврежденные листья (пятнистость в т.ч. ржавчина, хлороз, некроз, скручивание, повреждения листогрызущими вредителями, прочие повреждения, в т.ч. потеря пестролистности), а так же отмирающая листва/ хвоя для вечнозелёных, от общего объема листвы в долях от 1.</p>	
	не яркие тона (светло-коричневые, светло-желтые и светло-оранжевые)	да - 2		
	невыразительные, грязные оттенки (бурые, темно-коричневая, коричневые)	да - 1		
<p>Продолжительность осенней окраски - L_4.</p> <p><i>Прим: не оценивается у вечнозелёных растений.</i></p>	$L_4 = 3 * Пл / Кл$, где Пл - интервал между появлением осенней окраски у листьев и листопадом, Кл = 30.		Не определен	
	КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ - ЦВЕТЕНИЕ (Ц)			
<p>Продолжительность и обилие - $\Pi_1 * k_4$.</p>	$\Pi_1 = 3 * (Oц * Пц) / Kц$, где Оц - процент покрытия кроны цветками/ соцветиями Оц = (Спокрытия цветами/соцветиями * 100) / Skроны Пц - интервал между фазами начало и окончание цветения; Кц=1000.		<p>k4 - повреждение цветков. Оцениваются визуально явно-заметные повреждений (деформация, усыхание и прочие повреждения) цветов, в долях от 1.</p>	
	яркие, контрастирующие с кроной	да - 3		
<p>Внешний вид цветов (соцветий) - $\Pi_2 * k_4$.</p> <p><i>Прим: оценивается у растений независимо от регулярности цветения.</i></p>	цветущие, до появления листвы	да - 2		
	тусклые, слабо заметные	да - 1		

Регулярность - Π_3 .	ежегодно	да - 3	Не определен
	закономерно периодично	да - 2	
	хаотично нерегулярно	да - 1	
КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ - ПЛОДОНОШЕНИЕ (П)			
Обилие плодоношения - $\Pi_1 * k_5$. <i>Прим: оценивается обилие плодов, пошедших фазу «незрелые плоды достигли размеров зрелых» или «зрелые плоды».</i>	$\Pi_1 = 3 * \text{Оп}/\text{Кп}$, где Оп – балл обилия по Капперу, Кп = 2,32.		k_5 – повреждения плодов. Оцениваются визуально явно-заметные повреждения (деформация, усыхание, гниение и прочие повреждения плодов, а так же поедание птицами и др.) плодов, в долях от 1.
Внешний вид плодов (соплодий), шишек, шишкоядов - $\Pi_2 * k_5$. <i>Прим: оценивается внешний вид зрелых плодов, не созревающие плоды не оцениваются.</i>	яркие, темные плоды с сочным околоплодником контрастирующие с кроной шишки хвойных растений слабо заметные плоды с сочным околоплодником плоды с сухим околоплодником	да - 3 да - 2 да - 1 да - 1	
Регулярность - Π_3 . <i>Прим: оценивается регулярность наступления всех фаз развития плодов.</i>	ежегодно закономерно периодично хаотично нерегулярно	да - 3 да - 2 да - 1	Не определен
Удержание здоровых плодов - Π_4 . <i>Прим: плоды неудерживающиеся до созревания (независимо от причины) не оцениваются.</i>	удерживаются удерживаются продолжительное время (более месяца)	да - 1 да - 2	Не определен

Если в год проведения оценки декоративности растение не цветет, то критерий Π_1 не подлежит оценке из-за невозможности оценить площадь покрытия кроны цветками (соцветиями), критерии Π_2 и Π_3 необходимо оценить по многолетним данным, оценка критериев Π_2 и Π_3 даст возможность понять, что цветение растения возможно. При оценке декоративности плодоношения следует учитывать следующее. В оценке критерия Π_1 учитываются плоды достигающие фенофаз «незрелые плоды достигли размеров зрелых» или «зрелые плоды», критерия Π_2 – только зрелые плоды, критерия Π_3 – регулярность наличия фенофаз развития плода. При оценке обилия цветения используется расчетное значение площади кроны покрытой цветками (соцветиями), а при оценке обилия плодоношения – балл обилия

плодоношения по шкале Каппера В.Г. [13], т.к. ранг критерия П в ряду важности декоративных показателей ниже, чем у Ц, и технически сложнее выделить площадь кроны покрытую плодами на разных стадиях их развития. Площади (в пикселях) определяются в программной среде Adobe Photoshop v.21.2.4 [28] по фотоснимкам растений. При этом следует учитывать, что фотоснимки для оценки критерия А необходимо делать после прохождения листопада, критерия Л – после прохождения фенофазы «зрелый лист», при фиксации фенофазы «осенняя окраска листвы», критерия Ц – в период маскового цветения, критерия П – при наблюдении фенофаз «незрелые плоды достигли взрослых размеров» и «зрелые плоды».

Рассмотрим применение предложенных критериев декоративности для оценки интродуцированных сосны кедровой европейской (*Pinus cembra L.*) и яблони ягодной (*Malus baccata* (L.) Borkh.). Сосна кедровая европейская находится в эксперименте с 1989 г., поступила в виде саженца культурного происхождения из Финляндии (арборетум г. Торнио), на момент проведения оценки сосна кедровая европейская является полностью сформировавшимся растением, нормального для вида величины в данных климатических условиях, оценка декоративности представлена в таблице 3.

Таблица 3.
Критерии оценки декоративных качеств растений *Pinus cembra*

Критерий	Оценка		Коэффициент снижения
	Описание	Значение	
АРХИТЕКТОНИКА. СУММАРНАЯ ОЦЕНКА КРИТЕРИЯ (А) – 14,7			
A ₁	сохраняется	3	-
A ₂	$\sum A_{21} - A_{22}$	6	-
A ₂₁	прирост скелетных побегов нормальный (динамичный) для данной породы и возраста	3	-
A ₂₂	правильно сформирована (типична) для данной породы	3	-
A ₃	$\sum A_{31} - A_{33}$	5,7	-
A ₃₁ *k1	ствол(ы) и скелетные побеги сформированы типично для данного вида	3	k1=1-0,1=0,9
A ₃₂ *k2	не яркие тона (светло-серая, коричневая, темно-коричневая, черная)	2	-
A ₃₃ *k2	правильно сформирована (типична) для данной породы	1	-

ЛИСТВА. СУММАРНАЯ ОЦЕНКА КРИТЕРИЯ (Л) - 7,5

L_1	$L_1 = So^*(Пок / Ko)$	3	-
			
	Пример выделения просветов		
		<p>Площадь кроны: $S = 4317836 \text{ px}$ $So_1 = 4102917 \text{ px} (95,1\%)$ $So_2 = 214919 \text{ px} (4,9\%)$ Расчет: $So = So_1 / So_2 = 95,1 / 4,9 = 19,1$ - кrona плотная, So=3; Пок=365; Ko=365.</p>	
L_2*k3	зеленый	0,9	
		1	$k3=1-0,1=0,9$
L_3*k3	$(\sum L_{31} - L_{32})*k3$	3,6	$k3=1-0,1=0,9$
L_{31}	один	1	-
L_{32}	чистые яркие тона (желтые, желто-оранжевые, красные, бордовые, пурпурные)	3	-
L_4	не оценивается	-	
ЦВЕТЕНИЕ. СУММАРНАЯ ОЦЕНКА КРИТЕРИЯ (Ц) - 5			
$Ц_1*k4$	невозможно рассчитать	-	
$Ц_2*k4$	яркие, контрастирующие с кроной	3	
$Ц_3$	закономерно периодично	2	
ПЛОДОНОШЕНИЕ. СУММАРНАЯ ОЦЕНКА КРИТЕРИЯ (П) - 4			
$П_1*k5$	нет данных	-	
$П_2*k5$	шишки хвойных растений	2	
$П_3$	закономерно периодично	2	
$П_4$	не оценивается	-	
А-Л-Ц-П: 14,7-7,5-5-4			

Оценку критерия Π_1 не представляется оценить в настоящее время в связи с отсутствием фотоматериала. В целом для хвойных растений данный вид оценки является затруднительным из-за незначительного размера стробил, расположения в верхней части кроны.

Яблоня ягодная находится в эксперименте с 1950 года, поступила в виде семян культурного происхождения из г. Иркутск, на момент проведения оценки яблоня ягодная представляет собой растение с явными признаками старения, оценка декоративных качеств представлена в таблице 4.

Таблица 4.
Критерии оценки декоративных качеств растений *Malus baccata*

Критерий	Оценка		Коэффициент снижения
	Описание	Значение	
1	2	3	4
АРХИТЕКТОНИКА. СУММАРНАЯ ОЦЕНКА КРИТЕРИЯ (А) – 11,7			
A ₁	сохраняется	3	-
A ₂	($\Sigma A_{11} - A_{22}$)	5	-
A ₂₁	прирост побегов замедленный	2	-
A ₂₂	правильно сформирована (типична) для данной породы	3	-
A ₃	($\Sigma A_{31} - A_{33}$)	3,7	
A ₃₁ *k1	ствол(ы) и скелетные побеги заметно деформированы и находятся в угнетенном состоянии	1	k1=1-0,3=0,7
A ₃₂ *k2	не яркие тона (светло-серая, коричневая, темно-коричневая, черная)	2	-
A ₃₃ *k2	правильно сформирована (типична) для данной породы	1	-
ЛИСТВА. СУММАРНАЯ ОЦЕНКА КРИТЕРИЯ (Л) – 8,6			
L ₁	L ₁ =So*(Пок/Ко) Площадь кроны (S) = 2959859 px So ₁ = 2344524 px (79,2%) So ₂ = 615335 px (21,8%) Расчет: So = So ₁ /So ₂ = 79,2 / 21,8 = 3,8 - крона плотная, So = 3; Пок=118; Ко=134.	2,6	
L ₂ *k3	зеленый	0,8	
L ₃ *k3	($\Sigma L_{31} - L_{32}$) *k3	3,2	k3=1-0,2=0,8

Π_{31}	более одного	2	
Π_{32}	не яркие тона (светло-коричневые, светло-желтые и светло-оранжевые)	2	
Π_4	$\Pi_4 = 3 * (\Pi_l / K_l)$	2	-
	$\Pi_l = 20; K_l = 30.$		-
ЦВЕТЕНИЕ. СУММАРНАЯ ОЦЕНКА КРИТЕРИЯ (Π) – 8,6			
$\Pi_1 * k4$	$\Pi_1 = 3 * (\Pi_l * \Pi_c) / K_c$	2,6	-
			
	Кrona во время массового цветения Площадь листьев в кроне во время цветения: S покрытия соцветиями = 2305330 px S кроны = 2959859 px Расчет: $\Pi_l = 2305330 \text{ px} * 100 / 2959859 \text{ px} = 77,8$ $\Pi_l = 77,8; \Pi_c = 11; K_c = 1000.$		
$\Pi_2 * k4$	яркие, контрастирующие с кроной	3	-
Π_3	ежегодно	3	-
ПЛОДОНОШЕНИЕ. СУММАРНАЯ ОЦЕНКА КРИТЕРИЯ (Π) – 10,55			
$\Pi_1 * k5$	$\Pi_1 = 3 * \Pi_p / K_p$	3,7	$k5 = 1 - 0,05 = 0,95$
	$\Pi_p = 3; K_p = 2,32.$		
$\Pi_2 * k5$	яркие, темные плоды с сочным околоплодником контрастирующие с кроной	2,85	
		3	$k5 = 1 - 0,05 = 0,95$
Π_3	закономерно периодично	2	-
Π_4	удерживаются продолжительное время (более месяца)	2	-
А-Л-Щ-П: 11,7-8,6-8,6-10,55			

Декоративность сосны и яблони имеет соответственно оценки А-Л-Ц-П: 14,7-7,5-5-4 и 11,7-8,6-8,6-10,5, суммарная оценка декоративных показателей имеет значение 31,2 у сосны и 39,4 у яблони.

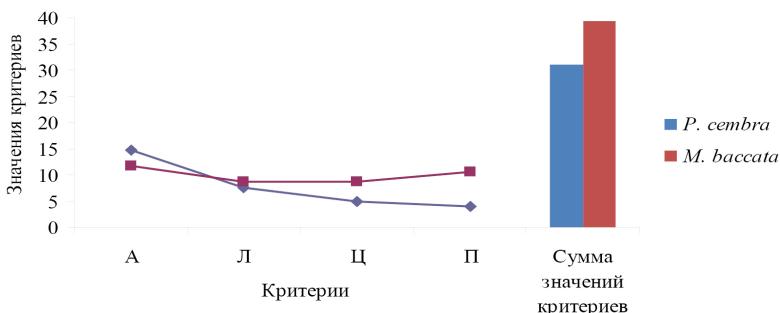


Рис. 1. Кривые декоративности *P. cembra* и *M. baccata* в ПАБСИ (г. Апатиты)

Кривая декоративности на рисунке 1 демонстрирует, что сосна имеет преимущество по показателю архитектоники кроны, незначительно проигрывая по листве, что связано с отсутствием оценки за продолжительность удержания листвы с осенней окраской. Яблоня имеет более высокие оценки за критерии Ц и П. Более низкая оценка архитектоники кроны у яблони объясняется возрастным фактором.

Заключение

Таким образом, анализ декоративных качеств древесных растений включает в себя указание идентификационных данных о растении, условиях и сроках проведения оценки. Использование методики предполагает проведение оценки в различные сезоны года. При разработке оценки декоративных качеств старались отойти от фиксации формы частей и органов древесного растения, т.к. в большинстве случаев морфологические особенности связаны с таксономической принадлежностью. Это помогло избежать присуждения более высокой оценки растениям, имеющим, например, крупную плотную крону, крупные яркие цветки или соцветия, сложные и крупные листовые пластины и т.п. Преимущества предложенной методики заключаются в исключении описательной характеристики критерия и наличии критерии, рассчитываемых на реальных данных о растении, что позволяет избежать субъективности, дает возможность сравнения разных видов по архитектонике кроны, характеристикам листвы, цветения и плодоношения.

Впервые предложена система критериев для описания декоративных качеств древесных растений интродуцированных в условия Крайнего Севера, учитывающая оценку архитектоники, листья, цветения и плодоношения растения, основанная на среднемноголетних данных фенологического развития в условиях Арктической зоны России. В целях снижения субъективности при оценке декоративных качеств введены объективные понижающие коэффициенты, учитывающие наличие повреждений органов растения. Общую оценку по объекту целесообразно представить суммой оценок критериев или кривой декоративности.

Новизна предложенной методики для оценки декоративных качеств заключается в первую очередь учетом среднемноголетних фенологических данных древесных растений и наличием повреждений органов растений.

Работы выполнены на УНУ «Коллекции живых растений Полярно-альпийского ботанического сада института», рег. № 499394, в рамках темы «Комплексный анализ методик оценки декоративности и их применения к древесным растениям Крайнего Севера (на примере коллекции интродуцированных древесных растений ПАБСИ КНЦ РАН)», № гос. регистрации 1021071612833-7-1.6.11. Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку статьи для публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Анучин Н. П. Лесная таксация: учебник. М.: Лесная промышленность, 1982. 552 с.
2. Бабич Н.А., Залывская О.С., Травникова Г.И. Интродуценты в зеленом строительстве северных городов. Архангельск: Архангельский гос. технический ун-т, 2008. 143 с.
3. Байкова Е.В., Фершалова Т.Д. Методика оценки декоративности представителей рода *Begonia* L. при интродукции // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2009. №8. С.27-34.
4. Варданян Ж.А. Методологические аспекты оценки декоративности древесных растений // Доклады НАН Армении. 2017. Т. 117. № 4. С. 340-349.
5. Вечер Л.Ф. Декоративность интродуцированных древесных и кустарниковых растений в зависимости от повреждающих листья насекомых и грибных болезней // Декоративное садоводство Сибири : сб. науч. тр. / РАСХН Сибирское отд-ние НИИСС им. М.А. Лисавенко. Барнаул, 2005. С. 59-69
6. Головач А.Г. Деревья, кустарники и лианы ботанического сада БИН АН СССР. Л.: Наука, 1980. 188с.

7. Голубева Е. И., Король Т. О. Эстетика и дизайн ландшафта: учебное пособие. М.: КноРус, 2010. 448с.
8. Гришко В.Н., Плюто З.Н., Столяренкова З.Н. Разработка методики оценки состояния древесных растений в условиях городской среды // Ботанические сады: состояние и перспективы сохранения, изучения, использования биологического разнообразия растительного мира: Тезисы докладов Международной научной конференции, посвященной 70-летию со дня основания Центрального ботанического сада НАН Беларуси, Минск, Беларусь, 30–31 мая 2002 года. Минск: Учреждение образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка», 2002. С. 74-76.
9. Емельянова О.Ю., Масалова Л.И., Фирсов А.Н. Оценка степени декоративности древесных растений: методические указания. Орел: ВНИИСПК, 2020. 20 с.
10. Емельянова, О. Ю. К методике комплексной оценки декоративности древесных растений // Современное садоводство. 2016. № 3(19). С. 54-74.
11. Жданов В. В. Изучение устойчивости к вредителям и болезням в связи с адаптацией к условиям среды // Программа и методика сортонизуемания плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур. [Под общ. ред. Е. Н. Седова и Т. П. Огольцовой]. 1999. С. 102-113.
12. Залывская О.С., Бабич Н.А. Шкала комплексной оценки декоративности деревьев и кустарников в городских условиях на Севере // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2012. № 1 (15). С. 96-104.
13. Каппер В. Г. Об организации ежегодных систематических наблюдений над плодоношением древесных пород // Труды по лесному опытному делу. Вып. 8. Л.: ГосНИИЛХ, 1930. С. 103–139.
14. Клемешова К. В., Бударин А.А., Карпун Н.Н. Методика комплексной оценки декоративности садово-парковых роз из функциональной группы плетистые в условиях влажных субтропиков России // Субтропическое и декоративное садоводство. 2021. № 76. С. 33-45. <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2021-76-33-45>
15. Колесников, А. И. Декоративная дендрология // 2-е изд., испр. и доп. М.: Лесная промышленность. 1974. 704с.
16. Коляда, Н. А. К методике оценки декоративности некоторых видов кустарников дендрария Горнотаежной станции Дальневосточного отделения РАН // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2011. № 9-10(222). С. 57-65.

17. Коляда Н. А. К методике оценки декоративности плодов древесных лиственных растений в дендрарии ГТС ДВО РАН // Вестник ИрГСХА. 2011. № 44-1. С. 80-85.
18. Kocharyan K.S. Эколого-экспериментальные основы зеленого строительства в крупных городах Центральной части России (на примере Москвы). М.: Наука, 2000. 184 с.
19. Кузьмина Н.М. Сравнительная характеристика декоративности коры *Padus maackii* в зависимости от места произрастания в урбанизированной среде города Ижевска // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2019. № 18. С. 511-515. <https://doi.org/10.14258/pbssm.2019107>
20. Мурзабулатова Ф.К., Полякова Н.В. О методике оценки декоративности гортензий (*Hydrangea L.*) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 1. С. 266-270.
21. Панина Г. А., Иванова О.А., Чайка Е.С. Сравнительная характеристика декоративности интродукентов и аборигенных видов древесно-кустарниковых растений в городских условиях // Сборник статей победителей III Международной научно-практической конференции «Современные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации», 17 апреля 2017, Пенза. 2017, С. 238-243.
22. Пирогова К.И. К вопросу оценки декоративности древесно-кустарниковых растений // Вестник ландшафтной архитектуры, 2017. № 12. С. 37-40.
23. Рубцов Л. И. Проектирование садов и парков: учебное пособие для техников. М.: Строй-Издат, 1979. С. 111.
24. Тамберг Т. Г, Ульянова Т.Н. Методические указания по изучению коллекции декоративных культур. Л.: НИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова. 1969. 19с.
25. Ханина М.В., Довганюк А.И. Разработка шкалы оценки декоративности деревьев и кустарников в зимний период // Вестник ландшафтной архитектуры. 2015. № 5. С. 95-99.
26. Чибирева М.А., Сунгурова Н.Р. Сравнительный анализ шкал оценки декоративности древесных и кустарниковых растений // Научный альманах. 2020. № 12-2 (74). С. 93-95
27. Arie Altman, Stephen Shennan, John Odling-Smeet Ornamental plant domestication by aesthetics-driven human cultural niche construction // Trends in Plant Science. 2022. Volume 27. Issue 2. 2022. P. 124-138. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2021.09.004>
28. Babaev R. N. Application of the Adobe Photoshop software package in leaf blade area measurement of woody plants // Russian Forestry Journal. 2021. No. 5 (383). P. 185–191.

29. Francini A, Romano D, Toscano S, Ferrante A. The Contribution of Ornamental Plants to Urban Ecosystem Services // Earth. 2022. 3(4). P. 1258-1274. <https://doi.org/10.3390/earth3040071>
30. K.J. Willis, G. Petrokofsky The natural capital of city trees // Science, 2017. 356 (6336). P. 374-376. <https://doi.org/10.1126/science.aam9724>
31. Twohig-Bennett C., Jones A. The health benefits of the great outdoors: A systematic review and meta-analysis of greenspace exposure and health outcomes // Environ. Res. 2018. 166. P. 628–637.
32. Zhuang J., Qiao L., Zhang X., Su Y., Xia Y. Effects of Visual Attributes of Flower Borders in Urban Vegetation Landscapes on Aesthetic Preference and Emotional Perception. // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021. 18(17). P. 9318. <https://doi.org/10.3390/ijerph18179318>

References

1. Anuchin N. P. *Lesnaya taksatsiya: uchebnik* [Forest inventory: textbook]. M.: Timber industry, 1982, 552 p.
2. Babich N.A., Zalyvskaya O.S., Travnikova G.I. *Introdutsenty v zelenom stroitel'stve severnykh gorodov* [Introducers in green building of northern cities]. Arkhangel'sk: Arkhangelsk state technical university, 2008, 143 p.
3. Baykova E.V., Fershalaeva T.D. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki* [Siberian Bulletin of Agricultural Science], 2009, no. 8, pp. 27-34.
4. Vardanyan Zh.A. *Doklady NAN Armenii* [Reports of the National Academy of Sciences of Armenia], 2017, vol. 117, no. 4, pp. 340-349.
5. Vecher L.F. *Dekorativnoe sadovodstvo Sibiri : sb. nauch. tr.* [Ornamental gardening in Siberia: a collection of scientific papers]. Barnaul, 2005, pp. 59-69.
6. Golovach A.G. *Derev'ya, kustarniki i liany botanicheskogo sada BIN AN SSSR* [Trees, shrubs and lianas of the botanical garden BIN AS USSR]. L.: Nauka, 1980, 188 p.
7. Golubeva E. I., Korol' T. O. *Estetika i dizayn landshafta: uchebnoe posobie* [Aesthetics and Landscape Design: A Study Guide]. M.: KnoRus, 2010, 448 p.
8. Grishko V.N., Plyuto Z.N., Stolyarenkova Z.N. *Botaniche-skie sady: sostoyanie i perspektivy sokhraneniya, izucheniya, ispol'zovaniya bio-logicheskogo raznoobraziya rastitel'nogo mira: Tezisy dokladov Mezhdunarod-noy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 70-letiyu so dnya osnovaniya Tsentral'-nogo botanicheskogo sada NAN Belarusi, Minsk, Belarus'*, 30–31 maya 2002 goda [Botanical gardens: the state and prospects for the conservation, study, use of the biological diversity of the plant world: Abstracts of the International Scien-

- tific Conference dedicated to the 70th anniversary of the founding of the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, May 30–31, 2002]. Minsk, 2002, pp. 74-76.
- 9. Emel'yanova O.Yu., Masalova L.I., Firsov A.N. *Otsenka stepeni de-korativnosti drevesnykh rasteniy: metodicheskie ukazaniya* [Assessment of the degree of decorativeness of woody plants: guidelines]. Orel: All-Russian Research Institute of Fruit Crops Breeding, 2020, 20 p.
 - 10. Emel'yanova, O. Yu. *Sovremennoe sadovodstvo* [Modern gardening]. 2016, no. 3 (19), pp. 54-74.
 - 11. Zhdanov V. V. *Programma i metodika sortoizucheniya plo-dovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur* [Program and methodology for variety study of fruit, berry and nut crops]. Orel; All-Russian Research Institute of Fruit Crops Breeding, 1999, pp. 102-113.
 - 12. Zalyvskaya O.S., Babich N.A. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie* [Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Forest. Ecology. Nature management], 2012, no. 1 (15), pp. 96-104.
 - 13. Kapper V. G. *Trudy po lesnomu opytnomu delu. Vyp. 8.* [Proceedings on forest experimental business. Issue. 8]. L.: State Research Institute of Forestry, 1930, pp. 103–139.
 - 14. Klemeshova K. V., Budarin A.A., Karpun N.N. *Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo* [Subtropical and ornamental gardening], 2021, no. 76, pp. 33-45. <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2021-76-33-45>
 - 15. Kolesnikov A. I. *Dekorativnaya dendrologiya* [Decorative dendrology]. M.: Timber industry. 1974. 704 p.
 - 16. Kolyada, N. A. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki*. [Siberian Bulletin of Agricultural Science], 2011, no. 9-10(222), pp. 57-65.
 - 17. Kolyada N. A. *Vestnik IrGSKhA* [Vestnik IrGSCHA], 2011, no. 44-1, pp. 80-85.
 - 18. Kocharyan K.S. *Ekologo-eksperimental'nye osnovy zelenogo stroi-tel'stva v krupnykh gorodakh Tsentral'noy chasti Rossii (na primere Moskvy)* [Ecological and experimental foundations of green building in large cities of the Central part of Russia (on the example of Moscow)]. M.: Nauka, 2000, 184 p.
 - 19. Kuz'mina N.M. *Problemy botaniki Yuzhnoy Sibiri i Mongolii*. [Problems of Botany of Southern Siberia and Mongolia], 2019, no. 18, pp. 511-515. <https://doi.org/10.14258/pbssm.2019107>
 - 20. Murzabulatova F.K., Polyakova N.V. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. [Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2014, vol. 16, no. 1, pp. 266-270.

21. Panina G. A., Ivanova O.A., Chayka E.S. *Sbornik statey pobediteley III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sovremennye nauchnye issledovaniya: aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovatsii»* [Collection of articles of the winners of the III International Scientific and Practical Conference “Modern Scientific Research: Topical Issues, Achievements and Innovations”]. Penza, 2017, pp. 238-243.
22. Pirogova K.I. *Vestnik landshaftnoy arkhitektury* [Herald of Landscape Architecture], 2017, no. 12, pp. 37-40.
23. Rubtsov L. I. *Proektirovanie sadov i parkov: uchebnoe posobie dlya tekhnikumov* [Designing gardens and parks: a textbook for technical schools]. M.: Stroy-Izdat, 1979, p. 111.
24. Tamberg T. G, Ul'yanova T.N. *Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu kolleksii dekorativnykh kul'tur* [Guidelines for the study of the collection of ornamental crops]. L.: Research Institute of Plant Industry named after N.I. Vavilov, 1969, 19 p.
25. Khanina M.V., Dovganyuk A.I. *Vestnik landshaftnoy arkhitektury* [Herald of Landscape Architecture], 2015, no. 5, pp. 95-99.
26. Chibireva M.A., Sungurova N.R. *Nauchnyy al'manakh*, 2020, no. 12-2 (74), pp. 93-95.
27. Arie Altman, Stephen Shennan, John Odling-Smee Ornamental plant domestication by aesthetics-driven human cultural niche construction. *Trends in Plant Science*, 2022, vol. 27, issue 2, pp. 124-138. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2021.09.004>
28. Babaev R. N. Application of the Adobe Photoshop software package in leaf blade area measurement of woody plants. *Russian Forestry Journal*, 2021, no. 5 (383), pp. 185–191.
29. Francini A, Romano D, Toscano S, Ferrante A. The Contribution of Ornamental Plants to Urban Ecosystem Services. *Earth*, 2022, vol. 3(4), pp. 1258-1274. <https://doi.org/10.3390/earth3040071>
30. K.J. Willis, G. Petrokofsky The natural capital of city trees. *Science*, 2017, vol. 356 (6336), pp. 374-376. <https://doi.org/10.1126/science.aam9724>
31. Twohig-Bennett C., Jones A. The health benefits of the great outdoors: A systematic review and meta-analysis of greenspace exposure and health outcomes. *Environ. Res.*, 2018, vol. 166, pp. 628–637.
32. Zhuang J., Qiao L., Zhang X., Su Y., Xia Y. Effects of Visual Attributes of Flower Borders in Urban Vegetation Landscapes on Aesthetic Preference and Emotional Perception. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, vol. 18(17), pp. 9318. <https://doi.org/10.3390/ijerph18179318>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Гончарова Оксана Александровна, с.н.с., к.б.н.

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Авrorины - обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской Академии наук мкр. Академгородок, 18A, г. Анапиты, 1984209, Российская Федерация goncharovaao@mail.ru

Липпонен Ирина Николаевна, аспирант

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Авrorины - обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской Академии наук мкр. Академгородок, 18A, г. Анапиты, 1984209, Российская Федерация lipponen-in@yandex.ru

Зотова Олеся Евгеньевна, м.н.с., аспирант

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Авrorины - обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской Академии наук мкр. Академгородок, 18A, г. Анапиты, 1984209, Российская Федерация ol-sha@mail.ru

Полоскова Елена Юрьевна, врио директора, к.б.н.

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Авrorины - обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской Академии наук мкр. Академгородок, 18A, г. Анапиты, 1984209, Российская Федерация poloskova_eu@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Oxana A. Goncharova, Senior Researcher, Ph.D.

Polar Alpine Botanical Garden-Institute named after Avrorina is a separate subdivision of the Federal State Budgetary Institution of Science of the Federal Research Center “Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

18A, Akademgorodok, Apatity, 1984209, Russian Federation
goncharovaoa@mail.ru
SPIN code: 8490-9968
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8881-8522>

Irina N. Lipponen, postgraduate student

Polar Alpine Botanical Garden-Institute named after Avrorina is a separate subdivision of the Federal State Budgetary Institution of Science of the Federal Research Center “Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

18A, Akademgorodok, Apatity, 1984209, Russian Federation
lipponen-in@yandex.ru
SPIN-code: 7711-8920
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4315-7644>

Olesya E. Zotova, junior researcher, postgraduate student

Polar Alpine Botanical Garden-Institute named after Avrorina is a separate subdivision of the Federal State Budgetary Institution of Science of the Federal Research Center “Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

18A, Akademgorodok, Apatity, 1984209, Russian Federation
ol-sha@mail.ru
SPIN-code: 1022-8820
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4986-606X>

Elena Yu. Poloskova, Acting Director, Ph.D.

Polar Alpine Botanical Garden-Institute named after ON THE. Avrorina is a separate subdivision of the Federal State Budgetary Institution of Science of the Federal Research Center “Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

18A, Akademgorodok, Apatity, 1984209, Russian Federation
poloskova_eu@mail.ru
SPIN-code: 5532-1051
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5322-1507>

Поступила 23.03.2023

После рецензирования 10.04.2023

Принята 30.04.2023

Received 23.03.2023

Revised 10.04.2023

Accepted 30.04.2023

DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-925

УДК 611.136.42+612.412



Научная статья

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП – «ОПТИМАЛЬНЫХ» И «НЕОПТИМАЛЬНЫХ» ДИХОТОМИЙ ВНУТРИОРГАННОГО АРТЕРИАЛЬНОГО РУСЛА СЕЛЕЗЕНКИ ЧЕЛОВЕКА

А.Ш. Дадашев, О.К. Зенин, И.С. Милтых, Э.С. Кафаров

Обоснование. Применение малоинвазивной хирургии требует детального знания об особенностях внутриорганного артериального русла селезенки. Перспективным направлением такого анализа является количественное исследование внутриорганного сосудистого русла паренхиматозных органов как фрактальной или квазифрактальной системы.

Цель работы: установить морфометрические особенности разных групп дихотомий («оптимальные»/«неоптимальные») внутриорганного артериального русла селезенки у лиц разного пола и возраста.

Материалы и методы. На коррозионных препаратах внутриорганного артериального русла селезенки (ВАРС) (67-ти людей, 1-го и 2-го периода зрелого возраста, обоего пола) были исследованы морфометрические особенности «оптимальных» и «неоптимальных» дихотомий (критерии оптимальности C.D. Murray и H. B. M. Ulings).

Результаты. Установлено, что «оптимальные» дихотомии в соответствии с критерием Murray C. D. составляли 1%, а в соответствии с критерием Ulings H. B. M. «оптимальные» дихотомии составляли 9% общего количества исследованных дихотомий коррозионных препаратов ВАРС. Относительное количество «оптимальных» дихотомий в составе ВАРС лиц мужского пола несколько больше, чем у женщин. Относительное количество «оптимальных» дихотомий в составе ВАРС лиц 1-го периода зрелого возраста меньше, чем у лиц 2-го периода зрелого возраста. «Оптимальные» дихотомии располагаются, в основном, на проксимальных генерациях и уровнях деления ВАРС, имеют большие размеры и являются менее симметричными по сравнению с «неоптимальными» дихотомиями.

Заключение. Величины морфометрических показателей разных групп дихотомий ВАРС представителей разного пола, а также лиц 1-го и 2-го периода зрелого возраста значимо отличаются, что следует учитывать при численном моделировании структуры ВАРС.

Ключевые слова: селезенка; внутриорганное артериальное русло; дихотомии; принцип оптимальности Ру

Для цитирования. Дадашев А.Ш., Зенин О.К., Мильных И.С., Кафаров Э.С. Сравнительный морфометрический анализ различных групп – «оптимальных» и «неоптимальных» дихотомий внутриорганного артериального русла селезенки человека // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. Т. 15, №5. С. 52-73. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-925

Original article

A COMPARATIVE MORPHOMETRIC ANALYSIS OF DIFFERENT GROUPS – “OPTIMAL” AND “NON-OPTIMAL” DICHOTOMIES IN SPLENIC ARTERIAL VASCULATURE OF HUMANS

A.Sh. Dadashev, O.K. Zenin, I.S Miltikh, E.S. Kafarov

Background. Detailed knowledge of the splenic arterial vasculature is essential for the minimally invasive surgery. A promising area of research in this regard is the quantitative analysis of the vasculatures of parenchymatous organs as a fractal or quasi-fractal system.”

Purpose. To determine the morphometric features in different groups of dichotomies ('optimal'/'non-optimal') of the splenic arterial vasculature in individuals of different sex and age.

Materials and methods. The morphometric features of 'optimal' and 'non-optimal' dichotomies (according to C.D. Murray's and H.B.M Ulings' criteria) were studies using corrosion casts of splenic arterial vasculature (67 individuals, 1st and 2nd adulthood period, both sexes).

Results. The 'optimal' dichotomies equaled 1% according to C.D. Murray's criteria and 9% by H.B.M. Ulings criteria out of total number of dichotomies investigated in splenic arterial vasculature corrosion casts. The relative amount of 'optimal' dichotomies is slightly higher in men than in female. Whereas relative number of 'optimal' dichotomies is lower in 1st adulthood period than in 2nd

adulthood. ‘Optimal’ dichotomies are mainly located at the proximal generation and division level of splenic arterial vasculature. They are bigger in size, less symmetrical in comprising with ‘non-optimal’ ones.

Conclusion. Morphometric parameters vary significantly in different sex and age groups which should be considered for numerical modelling of splenic arterial vasculature.

Keywords: spleen; arterial vasculature; dichotomies; Roux’s optimality principle

For citation. Dadashev A.Sh., Zenin O.K., Miltikh I.S., Kafarov E.S. A Comparative Morphometric Analysis of Different Groups – “Optimal” and “Non-optimal” Dichotomies in Splenic Arterial Vasculature of Humans. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2023, vol. 15, no. 5, pp. 52-73. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-925

Селезенка является паренхиматозным органом, сравнимым по размеру с почкой и одним из самых больших лимфоидных органов человека. Ткань селезенки обильно васкуляризована и, поэтому является сложным в оперативном смысле объектом, ее практически невозможно спицать. Обычно после повреждения селезенки проводят тотальную спленэктомию. Это приводит к снижению иммунитета и изменению гематологических показателей [15, 20, 25]. Появились работы, свидетельствующие о том, что можно выполнить частичную спленэктомию [25]. Применение малоинвазивной хирургии требует детального знания об особенностях внутриорганных артериальных русла селезенки [36].

Перспективным направлением современной морфологии является количественное исследование внутриорганного сосудистого русла паренхиматозных органов как фрактальной или квазифрактальной системы. Структурным элементом такой системы является бифуркация (дихотомия) в соответствии с дихотомической концептуальной моделью [6, 16, 17]. Морфометрическое исследование артериальных дихотомий имеет теоретическое и практическое значение, еще и потому что, повреждения артерий, как правило, находятся в местах бифуркации (дихотомии) [3, 22]. Авторы работ [28, 38] указывают на то, что внутриорганные артериальные русла состоят из структурно неоднородных элементов – дихотомий, которые составляют различные группы («оптимальные»/«неоптимальные») и типы [2, 9].

В биологии существует принцип «оптимальности», основанный на минимизации затрат биологического материала и энергии при функционировании сосудистой дихотомии [12]. Принцип «оптимальности» Вельгельма

Ру» лежит в основе теоретических построений «оптимального» артериального дерева. Предполагается, что основной функцией сосудистого разветвления является проведение крови с минимальными затратами энергии и биологического материала. По мнению многих авторов [12, 23, 30, 41], его реализация достигается путем согласования диаметров артериальных сегментов составляющих дихотомию.

Были проведены исследования, направленные на определение оптимального соотношения внутренних диаметров сосудистых сегментов с помощью математических методов [23, 38] и проведена проверка на практике [4, 23, 26]. Исследования проводились как для макроскопической части сосудистого русла (внутренний диаметр артерий более 2-3 мм) [23], так и для микроскопической (внутренний диаметр артерий менее 100 мкм) [4]. В дальнейшем была предпринята попытка численного моделирования артериального русла на основании теоретически разработанных показателей и практически установленных цифровых значений этих показателей [30].

Однако в этих исследованиях не был рассмотрен большой участок артериального русла селезенки, где внутренний диаметр артерий находился в пределах от 2-3 мм до 0,1 мм и входил в состав сети.

Это и явилось **целью работы** – установить морфометрические особенности разных групп дихотомий («оптимальные»/«неоптимальные») внутриорганного артериального русла селезенки у лиц разного пола и возраста.

Материалы и методы

Были изготовлены (по стандартной методике [9]) и подвергнуты морфометрическому исследованию коррозионные препараты (слепки) ВАРС 67-ти людей, умерших от случайных причин. Лиц 1-го периода зрелого возраста было 33; 2-го периода зрелого возраста – 34. Мужчин 34 и женщин 33. Исследования выполнены в соответствии с европейскими нормами [18] и законодательством Российской Федерации. Пользовались возрастной периодизацией 1965 года [7].

Для изготовления коррозионных препаратов забор секционного материала проводили в соответствии со следующими **критериями включения:** селезенки, полученные на аутопсии, мужчины и женщины в возрасте от 21 до 60 (женщины 21-55, мужчины 22-60) лет, без патологии селезенки, масса 150—190 гр., отсутствие внешних повреждений. **Критерии исключения:** возраст умерших меньше 21 и больше 60 лет; механические повреждения органа; в анамнезе заболевания селезенки; визуально обна-

руженные деформации и аномалии сосудистого русла. Регистрировали: пол, возраст, дату смерти, дату вскрытия, дату эксперимента, вес органа, № протокол вскрытия, причину смерти. ВАРС рассматривали как дерево, где точки дихотомий - вершины, а артериальным сегменты – ветви [5]. Измеряли: D – диаметр сегмента (мм), L – его длину (мм) – кратчайшее расстояние между двумя дихотомиями. Точностью измерения до 0,01 мм. Минимальный диаметр составлял 0,1 мм. Полученные данные заносились в специальные таблицы (Microsoft Office Excel): первый столбец базы – номер протокола; 2 – возрастная группа; 3 – пол; 4 – условный адрес начала сегмента; 5 - условный адрес конца сегмента; 6 – D (мм); 7 – L (мм).

Определяли величины следующих показателей [5]:

1. Gr – номер генерации;

2. i – уровень деления;

3. FF1 – фактор формы, $FF1 = \frac{2L}{D}$;

4. η – коэффициент ветвления, $\eta = \frac{d_{max}^2 + d_{min}^2}{D^2}$;

5. γ – коэффициент асимметрии, $\gamma = \left(\frac{d_{min}}{d_{max}} \right)^2$.

Для получения представительной выборки использовали методикой Автандилова Г. Г. [1]. Определяли оптимальный объем выборки с использованием известного уравнения [10].

Статистический анализ включал определение медианы, средней величины, квартилей, доверительного интервала, минимального и максимального значения, дисперсии, среднего квадратичного отклонения, ошибки среднего. Для оценки характера распределения величин исследуемых показателей использовали критерии Shapiro-Wilk's W-test и Колмогорова-Смирнова. В зависимости от результата, применяли параметрические или непараметрические методы [10, 11]. Статистический анализ проведен с использованием языка R, с применением пакетов ggplot2, ggstatplot, Clinicopath module [14, 31, 34, 40].

Результаты исследования

Общее число исследованных артериальных дихотомий составило 6840 шт. Они составляли 8 генераций и располагались на 20 уровнях деления. Для дальнейшего статистического анализа использовали непараметрические методы т.к. было установлено, что характер распределения значений изучаемых показателей отличается от нормального закона распределения.

Дихотомии были разделены на 2 группы: «оптимальные» (ОДМ) и «неоптимальные» (НДМ) (С.Д. Murray, ОДМ – $\xi = 2,55 - 3,02$ (уравнение 1)). А также на: «оптимальные» (ОДУ) и «неоптимальные» (НДУ) (Н. В. М. Ulings, ОДУ – $1 < \eta \leq 1,26$ (уравнение 2)). Установлено, что «оптимальные» дихотомии – ОДМ в соответствии с критерием Murray С. D. составляли 1% от общего количества исследованных дихотомий коррозионных препаратов ВАРС. В соответствии с критерием Ulings Н. В. М. «оптимальные» дихотомии (ОДУ) составляли 9% от общего количества исследованных дихотомий коррозионных препаратов ВАРС.

Результаты сравнительного анализа относительного количества «оптимальных» и «неоптимальных» дихотомий у лиц разного пола и возрастной группы (1-го и 2-го периодов зрелого возраста) представлены в табл. 1.

Таблица 1.
Относительное количество «оптимальных» и «неоптимальных»
дихотомий входящих в состав коррозионных препаратов ВАРС лиц разного
поля и возрастной группы (n=67)

Показатель	Относительное количество дихотомий разных групп ВАРС			
	Пол		Возраст	
	Мужчины	Женщины	1-й зрелый	2-й зрелый
ОДМ $\xi=2,55-3,02$ (%)	2	1	2	1
НДМ $\xi\neq2,55-3,02$ (%)	98	99	98	99
Всего (%)	100	100	100	100
ОДУ ($1 < \eta \leq 1,26$) (%)	10	8	8	9
НДУ ($1 > \eta$ и $\eta > 1,26$) (%)	90	92	92	91
Всего (%)	100	100	100	100

Примечание: ОДМ, «оптимальные» дихотомии; НДМ, «неоптимальные» дихотомии; ОДУ, «оптимальные» дихотомии; НДУ, «неоптимальные» дихотомии; n, количество коррозионных препаратов.

Как следует из приведенного (табл. 1), относительное количество «оптимальных» (ОДМ и ОДУ) дихотомий в составе ВАРС лиц мужского пола (ОДМ – 2% и ОДУ – 10%) несколько больше, чем у женщин: ОДМ – 1% и ОДУ – 8%. В противоположность этому, относительное количество «оптимальных» дихотомий ОДУ в составе ВАРС лиц 1-го периода зрелого возраста (ОДУ – 8%) меньше, чем у лиц 2-го периода зрелого возраста: ОДУ – 9%.

На следующем этапе исследования, использовали критерий Mann-Whitney U Test для проверки гипотезы о равенстве средних независимых

выборок, (табл. 2). Анализ полученных результатов (табл. 2), позволяет утверждать, что относительное количество «оптимальных» (ОДМ и ОДУ) дихотомий в составе ВАРС больше на начальных номерах генерации и уровнях деления, чем «неоптимальных». Величины диаметров у сегментов, составляющих «оптимальные» (ОДМ и ОДУ) дихотомии значимо ($p=0.001$) больше, чем у сегментов, составляющих «неоптимальные» дихотомии. Значения ($Me\ (95\%DI)$, мм) длин сегментов, составляющих «оптимальные» (ОДМ) – $L=2,8$ (2,7; 3,9) дихотомии значимо ($p=0,021$) меньше, чем у сегментов, составляющих «неоптимальные» дихотомии (НДМ) – $L=3,0$ (3,0; 3,1). В противоположность этому, величины ($Me\ (95\%DI)$, мм) длин сегментов, составляющих «оптимальные» (ОДУ) – $L=3,1$ (3; 3,4) дихотомии значимо ($p=0,001$) больше, чем у сегментов, составляющих «неоптимальные» дихотомии (НДУ) – $L=2,9$ (2,9; 3). Значения относительных показателей у «оптимальных» (ОДМ и ОДУ) дихотомий – FF1, значимо ($p=0,001$) меньше, а η значимо ($p=0,001$) больше, чем у «неоптимальных». Величина γ – коэффициента асимметрии дочерних ветвей $\gamma = \left(\frac{d_{min}}{d_{max}} \right)^2$ у «оптимальных» (ОДУ) дихотомий значимо ($p=0,001$) меньше, чем у «неоптимальных». У «неоптимальных» (НДУ) дихотомий разница между величинами d_{max} и d_{min} , меньше, чем у «оптимальных», т.е. они более «симметричны».

Таблица 2.
Значения медиан двух независимых выборок исследуемых показателей коррозионных препаратов ВАРС (n=67)

Переменная	Критерии оптимальности дихотомии					
	Критерий Murray C. D.			Критерий Ulings H. B. M.		
	ОДМ $\xi=2,55-3,02$ (N=1%)	НДМ $\xi\neq2,55-3,02$ (N=99%)	<i>p</i>	ОДУ (1< $\eta\leq1,26$) (N=9%)	НДУ (1> η и $\eta>1,26$) (N=91%)	<i>p</i>
Gr $Me\ (95\%DI)$	2 (2; 3)	3 (3; 4)	0,001	3 (3; 4)	3 (3; 4)	0,001
i $Me\ (95\%DI)$	6 (6; 7)	7 (7; 8)	0,001	7 (7; 8)	7 (7; 8)	0,001
D (мм) $Me\ (95\%DI)$	1,4 (1,3; 1,6)	0,4 (0,4; 0,5)	0,001	1,0 (0,9; 1,1)	0,4 (0,4; 0,5)	0,001
d_{max} (мм) $Me\ (95\%DI)$	1,3 (1,3; 1,5)	0,3 (0,3; 0,4)	0,001	0,9 (0,9; 1,0)	0,3 (0,3; 0,4)	0,001

Переменная	Критерии оптимальности дихотомии					
	Критерий Murray C. D.			Критерий Ulings H. B. M.		
	ОДМ $\xi=2,55-3,02$ (N=1%)	НДМ $\xi\neq2,55-3,02$ (N=99%)	p	ОДУ (1< $\eta\leq1,26$) (N=9%)	НДУ (1> η и $\eta>1,26$) (N=91%)	p
dmin (мм) Me (95%ДИ)	0,9 (0,8; 1,1)	0,2 (0,2; 0,3)	0,001	0,6 (0,6; 0,7)	0,2 (0,2; 0,3)	0,001
L (мм) Me (95%ДИ)	2,8 (2,7; 3,9)	3,0 (3,0; 3,1)	0,021	3,1 (3; 3,4)	2,9 (2,9; 3)	0,001
FF1 Me (95%ДИ)	4,86 (4,15; 5,75)	12,0 (12,0; 12,57)	0,001	6,67 (6; 7,29)	12,40 (12; 13)	0,001
h Me (95%ДИ)	1,19 (1,18; 1,2)	0,56 (0,56; 0,59)	0,001	1,13 (1,13; 1,14)	0,56 (0,56; 0,59)	0,001
g Me (95%ДИ)	0,56 (0,51; 0,67)	0,44 (0,44; 0,51)	0,22	0,4 (0,38; 0,44)	0,51 (0,44; 0,56)	0,001

Примечание: D, диаметр проксимального сегмента (мм); dmax, диаметр большего дистального сегмента (мм); dmin, диаметр меньшего дистального сегмента (мм); L, длина сегмента (мм); FF1, фактор формы (length-to-radius ratio): FF1=L/R; η , коэффициент ветвления: $\eta = \frac{d_{max}^2 + d_{min}^2}{D^2}$; γ , коэффициент асимметрии дистальных ветвей: $\gamma = \left(\frac{d_{min}}{d_{max}}\right)^2$; N – относительное количество дихотомий; n, количество коррозионных препаратов; Me, медиана; ДИ95%, доверительный интервал; p, уровень значимости (Mann-Whitney U Test).

На заключительном этапе было проведено исследования расположения «оптимальных» дихотомий ОДМ (рис. 1) и ОДУ (рис. 2) на разных номе-рах генерации и уровнях деления ВАРС.

Обсуждение

Положение о том, что природа всегда стремится к «оптимальности», является одним из основных, незыблемых научных принципов биологии и медицины. Понятие «оптимальный» и «нормальный» как правило, тождественно. При этом понятие оптимальности соответствует понятию экономичности. Ученые, говоря об оптимальности, подразумевают стремление к экономии. Изучение «оптимальности», как форма сравнения величин неких показателей, возможна только коли-чественными методами.

Применительно к цели настоящего исследования, сравнительный анализ морфометрических особенностей «оптимальных» и «неоптимальных» дихотомий ВАРС человека, осуществляется путем выделения некоторого класса конкурирующих решений рассматриваемой проблемы. В нашем случае это величины изучаемых морфометрических показателей. Это позволяет сравнивать значения морфометрических показателей дихотомий различных групп («оптимальных» и «неоптимальных») и делать выводы о соответствии достигнутых решений некоему декларируемому принципу в данном случае принципу «оптимальности Вильгельма Ру».

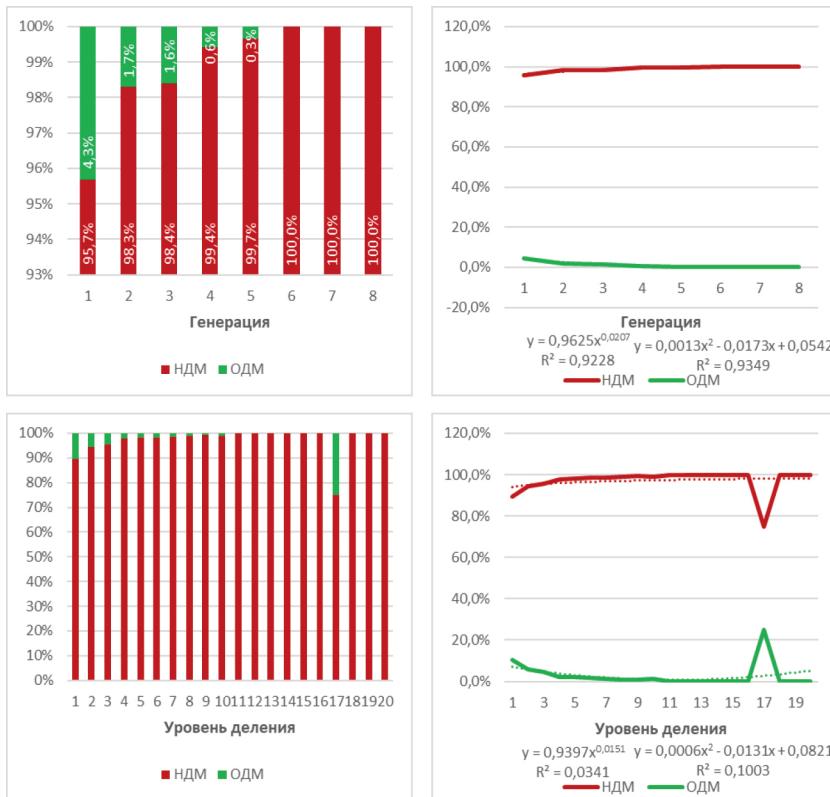


Рис. 1. Распределение разных групп дихотомий по номерам генерации, результаты морфометрии коррозионных препаратов ВАРС. Где: ОДМ, «оптимальные» дихотомии в соответствии с критерием Murray C. D.; НДМ, «неоптимальные» дихотомии в соответствии с критерием Murray C. D.

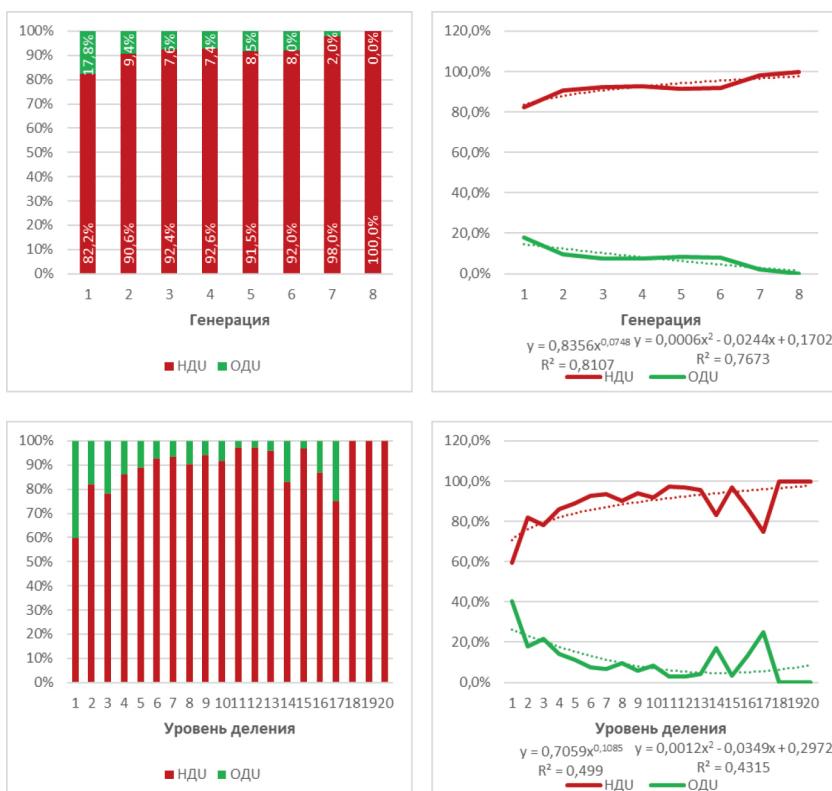


Рис. 2. Распределение разных групп дихотомий по уровням деления, результаты морфометрии коррозионных препаратов ВАРС. Где: ОДИ, «оптимальные» дихотомии в соответствии с критерием Ulings H. B. M.; НДИ, «неоптимальные» дихотомии в соответствии с критерием Ulings H. B. M.

Понятие о морфометрической норме ВАРС человека, является одним из главных вопросов морфологии сосудистого русла. Под нормальным строением подразумевают такую форму морфологической организации, которая обеспечивает наиболее эффективное (наименее затратное, экономное) т.е. оптимальное функционирование морфологической единицы как части целой структуры. Важно также заметить, что в органическом мире оптимальные решения являются наиболее устойчивыми и, следовательно, наиболее вероятными, т.е. наиболее часто встречающимися.

Вопросы, касающиеся «оптимальности» морфологической и функциональной организации артериальных дихотомий неоднократно обсуждались биологами, анатомами и физиологами [8, 13, 19, 29, 35, 39]. Вильгельмом Ру было предложено – принцип оптимальности Вильгельма Ру о том, что основной функцией артериальной бифуркации (дихотомии) (как структурно-функциональной единицы артериального русла) является проведение крови с минимальными затратами энергии. Реализация данного принципа осуществляется путем согласования диаметров сегментов артерий, составляющих бифуркацию (дихотомию) [27, 32, 33, 37].

Murray C. D. предложил уравнение, описывающее реализацию принципа оптимальности Ру для бифуркаций аорты и ряда других крупных, внеорганных артерий в виде:

$$D^\xi = d_{\max}^\xi + d_{\min}^\xi, \quad \text{где} \quad (1)$$

D , d_{\max} , d_{\min} – диаметры материнской артерии и дочерних ветвей, имеющих больший и меньший внутренние радиусы соответственно, $\xi=2,55$ - $3,02$.

Для внеорганных артерий эластического и мышечно-эластического типов $\xi=2,33$, для мышечного типа значения $\xi=1-1,5$ [24]. Величина $\xi=2,55$ обеспечивает оптимальное соотношение между диаметрами артериальных сегментов, составляющих дихотомию в условиях турбулентного тока крови, а $\xi=3,02$ – ламинарного. Значение $\xi=3$ обеспечивает оптимальное функционирование систем венечных артерий млекопитающих, что демонстрирует хорошее согласование с законом Murray C. D. при, причем чем выше находится организм на эволюционной лестнице тем лучше соответствие [21]. Однако, как было показано ранее, в условиях реального сосудистого русла рассчитать величину ξ не всегда представляется возможным, так как существуют различные типы дихотомий (бифуркаций): полная асимметрия $D \neq d_{\max} \neq d_{\min}$; боковая асимметрия $D = d_{\max}$, $d_{\max} \neq d_{\min}$; односторонняя симметрия $D \neq d_{\max}$; $d_{\max} = d_{\min}$; полная симметрия $D = d_{\max} = d_{\min}$ [6].

H. B. M. Ulings для оценки оптимальности использовал более универсальный показатель, который подходит для большего числа артериальных дихотомий - коэффициент ветвления: η – area ratio.

$$\eta = \frac{d_{\max}^2 + d_{\min}^2}{D^2}, \quad \text{где} \quad (2)$$

D – диаметр материнского сегмента, d_{\max} и d_{\min} - диаметр большей и меньшей дочерних ветвей.

У «оптимальных» дихотомий, по утверждению H. B. M. Ulings, величина η находится в пределах $1 < \eta \leq 1,26$ [38].

В нашем исследовании артериальных дихотомий, удовлетворяющих критерию Murray C. D. (т.е. оптимальных) было обнаружено 1% от общего количества, а критерию Ulings H. B. M. (т.е. оптимальных) – 9%?! Трудно представить работу системы на 91-99% состоящую из «неоптимальных» элементов. Отличие в относительном количестве ОДМ (1%) и ОДУ (9%) объясняется разной методики расчета этих критериев и различной степенью строгости в определении принципов оптимальности для разных критериев. Критерий Ulings H. B. M. можно считать более универсальным, чем критерий Murray C. D., т.к. он может быть использован для оценки оптимальности симметричных и несимметричных дихотомий.

Полученные данные позволяют утверждать следующее, «оптимальные» в соответствии с критериями Murray C. D. и Ulings H. B. M. артериальные дихотомии ВАРС располагаются на проксимальных генерациях и уровнях деления ВАРС, имеют большие размеры и являются менее симметричными по сравнению с «неоптимальными» дихотомиями.

В порядке дискуссии. Установленные факты, возможно, касаются только ВАРС человека. Как известно, функции селезенки, и особенно ВАРС, существенно отличаются от функций других паренхиматозных органов – печени и почек. Поэтому, принципы оптимальности для дихотомий ВАРС могут отличаться от таковых дихотомий, составляющих внутриорганные артериальные русла других органов. Можно ожидать, что конфигурации и морфометрические характеристики артериальных дихотомий, составляющих внутриорганные артериальные русла функционально-различных органов, значимо отличаются, т.к. ориентированы на выполнение специфических для разных органов функций. Т.е. артериальные дихотомии различных органов обладают таким свойством как «органоспецифичность», а принцип оптимальности В. Ру не является универсальным. Сказанное нацеливает на проведение подобного рода исследований в отношении дихотомий артериальных русел различных внутренних органов человека. Поэтому, сегодня делать какие-то общие выводы и намечать глобальные перспективы использования принципа оптимальности В. Ру для численного моделирования артериальных дихотомий и внутриорганных артериальных русел функционально-различных внутренних органов в целом рано. Только после этого, возможно, формулирования универсального морфофункционального принципа оптимальности и утверждение морфометрического эталона артериальных дихотомий, который в будущем

можно будет использовать как «морфометрический критерий нормы» артериальных дихотомий конкретного органа.

Выводы

1. Путем морфометрического исследования подтверждено наличие двух групп дихотомий ВАРС – «оптимальных» и «неоптимальных». Структурные отличия артериальных дихотомий различных групп, вероятно, определяют различия выполняемых ими функций.
2. Артериальные дихотомии ВАРС находящиеся на разных уровнях деления и входящие в состав различных генераций, вероятно, выполняют разные функции, не только проведение крови с минимальными затратами, но и ее распределение между участками селезенки, а также функцию опоры – «мягкого скелета» селезенки.
3. Принцип оптимальности должен формулироваться в соответствии с различиями выполняемых артериальными дихотомиями ВАРС функций.

Заключение

Резюмируя представленный материал, в соответствии с целью нашей работы установлено, наличие значимых отличий между величинами морфометрических показателей разных групп дихотомий ВАРС представителей разного пола, а также лиц 1-го и 2-го периода зрелого возраста. Необходимо сформулировать новые принцип оптимальности строения артериального русла селезенки, с учетом функциональных особенностей присущих отдельным его участкам. Обнаруженные морфометрические закономерности ВАРС можно использовать и необходимо учитывать при численном моделировании его структуры и решении вопроса о «норме» строения.

Таким образом, считаем, что поставленная цель достигнута.

Информация о конфликте интересов. Конфликт интересов отсутствует.

Информация о спонсорстве. Данное исследование выполнено при поддержке гранта Фонда содействия развитию институтов гражданского общества в ПФО (грантополучатель: Милтых И.С., 2020 г.).

Список литературы

1. Автандилов Г.Г. Основы количественной патологической анатомии : Учебное пособие / Г.Г. Автандилов. М.: Медицина, 2002. 240 с.

2. Аналитическая и трехмерная (3D) анатомия сосудистого русла почки человека : монография / О.К. Зенин [и др.]. Грозный: Изд-во Чеченского гос. ун-та, 2021. 218 с.
3. Ахмедов В.А. Современные взгляды на факторы возникновения и прогрессирования атеросклероза / В.А. Ахмедов, А.С. Шевченко, А.С. Исаева // РМЖ. Медицинское обозрение. 2019. Т. 3. № 1. С. 57-62.
4. Глотов В.А. Структурный анализ микрососудистых бифуркаций (микрососудистый узел и гемодинамический фактор) / В.А. Глотов. Смоленск: Ампипресс, 1995. 251 с.
5. Зенин О.К. Морфометрическая характеристика артериального русла головного мозга человека в соответствии с дихотомической моделью его строения / О.К. Зенин, А.В. Дмитриев, Ю.В. Довгялло // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. 2019. № 4 (52). С. 111-118.
6. Зенин О.К. Морфометрический анализ применимости уравнений Murray C.D. для численного моделирования сосудистых дихотомий почки человека / О.К. Зенин, И.С. Милтых, А.В. Дмитриев // Siberian Journal of Life Science and Agriculture. 2022. Т. 13. № 3. С. 170-192. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-3-170-192>
7. Комиссарова Е.Н. Морфологические критерии возрастной гигиены / Е.Н. Комиссарова, П.В. Родичкин, Л.А. Сазанова. СПб, 2014. 64 с.
8. Ляпунов А.А. Проблемы теоретической и прикладной кибернетики / А.А. Ляпунов Citation Key: 1980. М.: Наука, 1980.
9. Мамисашвили В.А. Критерий оптимального функционирования подсистем крупных и мелких пищальных артерий / В.А. Мамисашвили, М.К. Бабунашвили // Физиологический журнал СССР. 1975. Т. 61. № 10. С. 1501-1506.
10. Основы компьютерной биостатистики: анализ информации в биологии, медицине и фармации статистическим пакетом MedStat / Ю.Е. Лях [и др.]. Донецк: Папакица Е. К., 2006. 214 с.
11. Реброва О.Ю. Описание статистического анализа данных в оригинальных статьях. Типичные ошибки / О.Ю. Реброва // Флебология. 2011. № 3. С. 74-77.
12. Розен Р. Принцип оптимальности в биологии / Р. Розен. М.: Мир, 1969. 215 с.
13. Черноусько Ф.Л. Некоторые оптимальные конфигурации ветвящихся стержней / Ф.Л. Черноусько // Изв. АН СССР. МТТ. 1979. № 3. С. 174-181.
14. Balci S. ClinicoPath Jamovi Module / S. Balci. 2022. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/9SZUD>

15. Cooper M.J. Splenectomy: Indications, hazards and alternatives / M.J. Cooper, R.C.N. Williamson // British Journal of Surgery. 2005. Vol. 71. Splenectomy. № 3. P. 173-180. <https://doi.org/10.1002/bjs.1800710302>
16. Dmitriev A. Conceptional models of the tree-shape arterial bed / A. Dmitriev, Yu. Dovgiallo, O. Zenin // Scripta scientifica medica. 2008. Vol. 40. P. 23.
17. Dokoumetzidis A. A model for transport and dispersion in the circulatory system based on the vascular fractal tree / A. Dokoumetzidis, P. Macheras // Ann. Biomed Eng. 2003. Vol. 31. № 3. P. 284-293.
18. Explanatory report on the European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and Other Scientific Purposes / ed. Council of Europe. Strasbourg : Croton, N.Y: The Council ; Manhattan Pub. Co. [distributor], 1986. 75 p.
19. Fractal Properties of Perfusion Heterogeneity in Optimized Arterial Trees / R. Karch [et al.] // The Journal of General Physiology. 2003. Vol. 122. № 3. P. 307-322. <https://doi.org/10.1085/jgp.200208747>
20. Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice / ed. S. Standring. 42. London: Elsevier, 2021. 1606 p.
21. Kajiyama F. Cardiac Hemodynamics, Coronary Circulation and Interventional Cardiology / F. Kajiyama, M. Zamir, S. Carlier // Annals of Biomedical Engineering. 2005. Vol. 33. № 12. P. 1728-1734. <https://doi.org/10.1007/s10439-005-8777-x>
22. Kalpana R. A Study On Principal Branches of Coronary Arteries In Humans / R. Kalpana // Journal of the Anatomical Society of India. 2003. Vol. 52. № 2.
23. Kamiya A. Theoretical relationship between the optimal models of the vascular tree / A. Kamiya, T. Togawa, A. Yamamoto // Bulletin of Mathematical Biology. 1974. Vol. 36. № 3. P. 311-323.
24. Kassab G.S. Functional hierarchy of coronary circulation: direct evidence of a structure-function relation / G.S. Kassab // American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology. 2005. Vol. 289. № 6. P. H2559-H2565. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00561.2005>
25. Kehila M. [Partial splenectomy requiring ligation of splenic vessels. Apropos of 40 cases] / M. Kehila, T. Abderrahim // Annales De Chirurgie. 1993. Vol. 47. № 5. P. 433-435.
26. Kizilova N. Computational Approach to Optimal Transport Network Construction in Biomechanics / N. Kizilova // Computational Science and Its Applications – ICCSA 2004 / coll. T. Kanade [et al.]; eds. A. Laganá [et al.]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2004. Vol. 3044. P. 476-485.
27. Marxen M. Branching tree model with fractal vascular resistance explains fractal perfusion heterogeneity / M. Marxen, R.M. Henkelman // American

- Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology. 2003. Vol. 284. № 5. P. H1848-H1857. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00510.2002>
28. Murray C.D. The physiological principle of minimum work applied to the angle of branching of arteries / C.D. Murray // Journal of General Physiology. 1926. Vol. 9. № 6. P. 835-841. <https://doi.org/10/dq9qn9>
29. Nerem R.M. Role of mechanics in vascular tissue engineering / R.M. Nerem // Biorheology. 2003. Vol. 40. № 1-3. P. 281-287.
30. Numerical Simulation and Experimental Validation of Blood Flow in Arteries with Structured-Tree Outflow Conditions / M.S. Olufsen [et al.] // Annals of Biomedical Engineering. 2000. Vol. 28. № 11. P. 1281-1299.
31. Patil I. statsExpressions: R Package for Tidy Dataframes and Expressions with Statistical Details / I. Patil // Journal of Open Source Software. 2021. Vol. 6. № 61. P. 3236. <https://doi.org/10.21105/joss.03236>
32. Pries A.R. Remodeling of Blood Vessels: Responses of Diameter and Wall Thickness to Hemodynamic and Metabolic Stimuli / A.R. Pries, B. Reglin, T.W. Secomb // Hypertension. 2005. Vol. 46. № 4. P. 725-731. <https://doi.org/10.1161/01.HYP.0000184428.16429.be>
33. Pries A.R. Control of blood vessel structure: insights from theoretical models / A.R. Pries, T.W. Secomb // American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology. 2005. Vol. 288. № 3. P. H1010-H1015. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00752.2004>
34. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing / R Core Team tex.organization: R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria, 2021. <https://www.R-project.org/>
35. Stańczyk M. Discrete vessel heat transfer in perfused tissue—model comparison / M. Stańczyk, G.M.J.V. Leeuwen, A.A.V. Steenhoven // Physics in Medicine and Biology. 2007. Vol. 52. № 9. P. 2379-2391. <https://doi.org/10.1088/0031-9155/52/9/004>
36. Surgical anatomy of the human spleen / H.P. Redmond [et al.] // British Journal of Surgery. 2005. Vol. 76. № 2. P. 198-201. <https://doi.org/10.1002/bjs.1800760230>
37. The Mechanical Properties of Infrainguinal Vascular Bypass Grafts: Their Role in Influencing Patency / S. Sarkar [et al.] // European Journal of Vascular and Endovascular Surgery. 2006. Vol. 31. № 6. P. 627-636. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2006.01.006>
38. Uylings H.B.M. Optimization of diameters and bifurcation angles in lung and vascular tree structures / H.B.M. Uylings // Bulletin of Mathematical Biology. 1977. Vol. 39. № 5. P. 509-520. <https://doi.org/10/db7vdb>

39. West G.B. The Fourth Dimension of Life: Fractal Geometry and Allometric Scaling of Organisms / G.B. West, J.H. Brown, B.J. Enquist // Science. 1999. Vol. 284. № 5420. P. 1677-1679.
40. Wickham H. *ggplot2: Elegant graphics for data analysis*. Springer-Verlag New York, 2016. <https://ggplot2.tidyverse.org>
41. Zamir M. Distributing and delivering vessels of the human heart // Journal of General Physiology. 1988. Vol. 91. № 5. P. 725-735.

References

1. Avtandilov G.G. *Osnovy kolichestvennoy patologicheskoy anatomii : Uchebnoe posobie* [Fundamentals of quantitative pathological anatomy: Textbook]. Moscow.: Meditsina, 2002, 240 p.
2. *Analiticheskaya i trekhmernaya (3D) anatomiya sosudistogo rusla pochki cheloveka : monografiya* [Analytical and three-dimensional (3D) anatomy of the human kidney vasculature: monograph] / O.K. Zenin [et al.]. Grozny: Izd-vo Chechenskogo gos. un-ta, 2021, 218 p.
3. Akhmedov V.A. Sovremennye vzglyady na faktory vozniknoveniya i progresirovaniya ateroskleroza [Modern perspective on the factors of occurrence and progression of atherosclerosis] / V.A. Akhmedov, A.S. Shevchenko, A.S. Isaeva. *RMZh. Meditsinskoe obozrenie*, 2019, vol. 3, no. 1, pp. 57-62.
4. Glotov V.A. *Strukturnyy analiz mikrososudistykh bifurkatsiy (mikrososudistyy uzel i gemodinamicheskiy faktor)* [Structural analysis of microvascular bifurcations (microvascular node and hemodynamic factor)]. Smolensk: Apmipress, 1995, 251 p.
5. Zenin O.K. Morfometricheskaya kharakteristika arterial'nogo rusla golovnogo mozga cheloveka v sootvetstviu s dikhotomicheskoy model'yu ego stroeniya [Morphometric characteristics of the arterial vasculature of the human brain in accordance with the dichotomous model of its structure] / O.K. Zenin, A.V. Dmitriev, Yu.V. Dovgallyo. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Meditsinskie nauki*, 2019, no. 4 (52), pp. 111-118.
6. Zenin O.K., Miltykh I.S., Dmitriev A.V. Morphometric analysis of C.D. Murray's law appliance for numerical modeling of vascular dichotomies of kidneys. *Siberian Journal of Life Science and Agriculture*, 2022, vol. 13 (3), pp. 170-192. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-3-170-192>
7. Komissarova E.N. *Morfologicheskie kriterii vozrastnoy gigieny* [Morphological criteria for age-related hygiene] / E.N. Komissarova, P.V. Rodichkin, L.A. Sazanova. Saint-Petersburg, 2014, 64 p.
8. Lyapunov A.A. *Problemy teoreticheskoy i prikladnoy kibernetiki* [Problems of theoretical and applied cybernetics]. Moscow: Nauka, 1980.

9. Mamisashvili V.A. Kriteriy optimal'nogo funktsionirovaniya podsistem krupnykh i melkikh pial'nykh arteriy [The criterion for the optimal functioning of subsystems of large and small pial arteries] / V.A. Mamisashvili, M.K. Babunashvili. *Fiziologicheskiy zhurnal SSSR* [Physiological Journal of the USSR], 1975, vol. 61, no. 10, pp. 1501-1506.
10. *Osnovy komp'yuternoy biostatistiki: analiz informatsii v biologii, meditsine i farmatsii statisticheskim paketom MedStat* [Fundamentals of computer biostatistics: analysis of information in biology, medicine and pharmacy using the MedStat statistical package] / Yu.E. Lyakh [et al.]. Donetsk: Papakitsa E. K., 2006, 214 p.
11. Rebrova O.Yu. Opisanie statisticheskogo analiza dannykh v original'nykh stat'yakh. Tipichnye oshibki [Description of statistical data analysis in original articles. Typical mistakes] / O.Yu. Rebrova. *Flebologiya* [Phlebology], 2011, no. 3, pp. 74-77.
12. Rosen R. *Printsip optimal'nosti v biologii* [Optimality principle in biology]. Moscow: Mir, 1969, 215 p.
13. Chernous'ko F.L. Nekotorye optimal'nye konfiguratsii vetyvashchikhsya sterzheley [Some optimal configurations of branching rods]. *Izv. AN SSSR. MTT* [Izv. Academy of Sciences of the USSR. MTT], 1979, no. 3, pp. 174-181.
14. Balci, Serdar. ClinicoPath Jamovi Module. 2022. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/9SZUD>
15. Cooper M J, Williamson R C N. Splenectomy: Indications, Hazards and Alternatives. *British Journal of Surgery*, 2005, vol. 71 (3), pp. 173–180. <https://doi.org/10.1002/bjs.1800710302>
16. Dmitriev A., Dovgiallo Yu., Zenin O. Conceptional Models of the Tree-Shape Arterial Bed. *Scripta Scientifica Medica*, 2008, vol. 40, 23.
17. Dokoumetzidis A., Macheras P. A Model for Transport and Dispersion in the Circulatory System Based on the Vascular Fractal Tree. *Ann. Biomed Eng.*, 2003, vol. 31 (3), pp. 284–293.
18. Council of Europe, ed. *Explanatory Report on the European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and Other Scientific Purposes*. Strasbourg : Croton, N.Y: The Council ; Manhattan Pub. Co. [distributor]. 1986.
19. Karch, Rudolf, Friederike Neumann, Bruno K. Podesser, Martin Neumann, Paul Szawlowski, and Wolfgang Schreiner. Fractal Properties of Perfusion Heterogeneity in Optimized Arterial Trees. *The Journal of General Physiology*, 2003, vol. 122 (3), pp. 307–322. <https://doi.org/10.1085/jgp.200208747>
20. Standring, Susan, ed. *Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice*. 42nd ed. London: Elsevier, 2021.

21. Kajiyama, Fumihiko, Mair Zamir, and Stéphane Carlier. Cardiac Hemodynamics, Coronary Circulation and Interventional Cardiology. *Annals of Biomedical Engineering*, 2005, vol. 33 (12), pp. 1728–1734. <https://doi.org/10.1007/s10439-005-8777-x>
22. Kalpana RA. A Study On Principal Branches of Coronary Arteries In Humans. *Journal of the Anatomical Society of India*, 2003, vol. 52 (2).
23. Kajiyama F. Cardiac Hemodynamics, Coronary Circulation and Interventional Cardiology. *Annals of Biomedical Engineering*, 2005, vol. 33 (12), pp. 1728–1734.
24. Kassab Ghassan S. Functional Hierarchy of Coronary Circulation: Direct Evidence of a Structure-Function Relation. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 2005, vol. 289 (6), pp. H2559–H2565. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00561.2005>
25. Kehila, M., and T. Abderrahim. Partial Splenectomy Requiring Ligation of Splenic Vessels. Apropos of 40 Cases. *Annales De Chirurgie*, 1993, vol. 47 (5), pp. 433–435.
26. Kizilova N. Computational Approach to Optimal Transport Network Construction in Biomechanics. *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2004*, 2004, vol. 3044, pp. 476–485.
27. Marxen, M., and R. M. Henkelman. Branching Tree Model with Fractal Vascular Resistance Explains Fractal Perfusion Heterogeneity. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 2003, vol. 284 (5), pp. H1848–H1857. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00510.2002>
28. Murray C.D. The Physiological Principle of Minimum Work Applied to the Angle of Branching of Arteries. *Journal of General Physiology*, 1926, vol. 9 (6), pp. 835–841. <https://doi.org/10.dq9qn9>
29. Nerem Robert M. Role of Mechanics in Vascular Tissue Engineering. *Biorheology*, 2003, vol. 40 (1–3), pp. 281–287.
30. Olufsen M.S. Numerical Simulation and Experimental Validation of Blood Flow in Arteries with Structured-Tree Outflow Conditions. *Annals of Biomedical Engineering*, 2000, vol. 28(11), pp. 1281–1299.
31. Patil Indrajeet. StatsExpressions: R Package for Tidy Dataframes and Expressions with Statistical Details. *Journal of Open Source Software*, 2021, vol. 6 (61), 3236. <https://doi.org/10.21105/joss.03236>
32. Pries Axel R., Bettina Reglin, and Timothy W. Secomb. Remodeling of Blood Vessels: Responses of Diameter and Wall Thickness to Hemodynamic and Metabolic Stimuli. *Hypertension*, 2005, vol. 46 (4), pp. 725–731. <https://doi.org/10.1161/01.HYP.0000184428.16429.be>
33. Pries A. R., and T. W. Secomb. Control of Blood Vessel Structure: Insights from Theoretical Models. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory*

- Physiology*, 2005, vol. 288 (3), pp. H1010– H1015. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00752.2004>
34. R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Manual. Vienna, Austria, 2021. <https://www.R-project.org/>
35. Stańczyk Maciej, Gerard M J Van Leeuwen, and Anton A Van Steenhoven. Discrete Vessel Heat Transfer in Perfused Tissue—Model Comparison. *Physics in Medicine and Biology*, 2007, vol. 52 (9), pp. 2379–2391. <https://doi.org/10.1088/0031-9155/52/9/004>
36. Redmond H P, J M Redmond, B P Rooney, J P Duignan, and D J Boucher-Hayes. Surgical Anatomy of the Human Spleen. *British Journal of Surgery*, 2005, vol. 76 (2), pp. 198–201. <https://doi.org/10.1002/bjs.1800760230>
37. Sarkar S., H.J. Salacinski, G. Hamilton, and A.M. Seifalian. The Mechanical Properties of Infrainguinal Vascular Bypass Grafts: Their Role in Influencing Patency. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, 2006, vol. 31 (6), pp. 627–636. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2006.01.006>
38. Uylings H. B. M. Optimization of Diameters and Bifurcation Angles in Lung and Vascular Tree Structures. *Bulletin of Mathematical Biology*, 1977, vol. 39 (5), pp. 509–520. <https://doi.org/10/db7vdb>
39. West Geoffrey B., James H. Brown, and Brian J. Enquist. The Fourth Dimension of Life: Fractal Geometry and Allometric Scaling of Organisms. *Science*, 1999, vol. 284 (5420), pp. 1677–1679. <https://doi.org/10.1126/science.284.5420.1677>
40. Wickham Hadley. *Ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York, 2016. <https://ggplot2.tidyverse.org>
41. Zamir M. Distributing and delivering vessels of the human heart. *Journal of General Physiology*, 1988, vol. 91(5), pp. 725-735.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Дадашев Али Шарудневич, ассистент кафедры «Нормальная и топографическая анатомия с оперативной хирургией»

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Чеченский государственный университет»
ул. Шерипова, 32, 364093, г. Грозный, Российская Федерация
mukulatura95@mail.ru*

Зенин Олег Константинович, д-р мед. наук, профессор кафедры «Анатомия человека»

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пензенский государственный университет»
ул. Красная, 40, г. Пенза, 440026, Российской Федерации
zen.olegz@gmail.com*

Милтых Илья Сергеевич, студент

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пензенский государственный университет»
Российская Федерация
ilia@miltikh.com*

Кафаров Эдгар Сабирович, д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой «Нормальная и топографическая анатомия с оперативной хирургией»

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Чеченский государственный университет»
ул. Шерипова, 32, 364093, г. Грозный, Российской Федерации
Edgar-kafaroff@yandex.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Ali Sh. Dadashev, Assistant at the Department of Gross and Topographic Anatomy with Operative Surgery

*Chechen State University
32, Sheripova Str., Grozny, 364093, Russian Federation
mukulatura95@mail.ru
SPIN-code: 7195-0066
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8502-0841>*

Oleg K. Zenin, Dr. Sc. (Medicine), Professor of Human anatomy

*Penza State University
40, Krasnaya Str., Penza, 440026, Russian Federation
SPIN-code: 3159-1346
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5447-1989>
ResearcherID: O-7965-2015
Scopus Author ID: 57198085128*

Ilia S. Miltikh, Student

Penza State University

40, Krasnaya Str., Penza, 440026, Russian Federation

ilia@miltikh.com

SPIN-code: 9363-6873

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9130-3255>

ResearcherID: AFO-0934-2022

Scopus Author ID: 57299786900

Edgar S. Kafarov, Dr. Sc. (Medicine), Professor, Head of the Department of Gross and Topographic Anatomy with Operative Surgery

Chechen State University

32, Sheripova Str., Grozny, 364093, Russian Federation

Edgar-kafaroff@yandex.ru

SPIN-code: 5423-8289

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9735-9981>

ResearcherID: K-1138-2017

Scopus Author ID: 39461511200

Поступила 18.02.2023

Received 18.02.2023

После рецензирования 18.03.2023

Revised 18.03.2023

Принята 06.04.2023

Accepted 06.04.2023

DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-927

УДК 631.41:581.5



Научная статья

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА РАСТИТЕЛЬНОСТИ И СВОЙСТВ ПОЧВ В ХОДЕ ИХ ПОСТАГРОГЕННОГО РАЗВИТИЯ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ ПРИБАЙКАЛЬЯ

*С.Ю. Зорина, Л.Г. Соколова,
С.Г. Казановский, Н.В. Дорофеев*

Цель. Изучить особенности восстановления растительных сообществ и некоторых свойств серых лесных почв, включая гумусное состояние, в ходе их постагротрансформации в условиях лесостепной зоны Прибайкалья.

Материалы и методы. Исследования проводили в сукцессионном хроноряду, включающем пашню, разновозрастные залежи и естественные ценозы (луг и лес). Для изучения видового состава растительности использовали традиционные методы фитоценологии. Смешанные образцы почв из трех прикопок отбирали из бывшего пахотного слоя 0-20 см. Определяли содержание органического углерода (*Сорг*), общего азота (*N*), отношение *C/N*. Измеряли плотность почв, что позволило оценить запасы *Сорг*. Определяли величину *pH(H₂O)* и *pH(KCl)*. Обработку результатов выполняли с использованием однофакторного дисперсионного анализа (программа *Sigma Plot from Windows Version 14.0*).

Результаты. Показано, что после выведения почв из сельскохозяйственного использования происходит восстановление естественной растительности, характерной для лесостепной зоны исследуемого региона. При этом стоит отметить длительное сохранение в составе растительности ряда рудеральных видов, которые могут сдерживать формирование терминальных фитоценозов. Наряду с изменением растительности в ряду исследуемых почв выявлено значительное повышение содержания органического углерода. Его запасы на более поздних стадиях постагротрансформации в 1,5 раза превосходили запасы *Сорг* в пахотной почве. С увеличением возраста залежи возрастало содержание гумуса, но кардинальных изменений в его качественном составе не наблюдалось. Данные свидетельствуют о стабильном функционировании почвенных систем.

онировании системы гумусовых веществ в серых лесных почвах лесостепной зоны Прибайкалья в ходе их постагрогенного развития.

Заключение. Изучение процессов восстановления постагрогенных почв важно в свете прогноза их развития при различных сценариях землепользования в конкретных природно-климатических условиях.

Ключевые слова: залежи; постагрогенное развитие; *Luvic Retic Phaeozem*; гумус; растительность; лесостепь Прибайкалья

Для цитирования. Зорина С.Ю., Соколова Л.Г., Казановский С.Г., Дорофеев Н.В. Изменение состава растительности и свойств почв в ходе их постагрогенного развития в лесостепной зоне Прибайкалья // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. Т. 15, №5. С. 74-96. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-927

Original article

PLANT COMPOSITION AND SOIL PROPERTIES DURING POSTAGROGENIC EVOLUTION IN THE CIS-BAIKAL FOREST-STEPPE ZONE

*S.Yu. Zorina, L.G. Sokolova,
S.G. Kazanovsky, N.V. Dorofeev*

Purpose. The purpose of the study was to examine the features of the restoration of plant communities and some properties of gray forest soils, including the humus state, during their post-agrogenic transformation in the conditions of the Cis-Baikal forest-steppe zone.

Materials and methods. The study was carried out using the post-agrogenic chronosequences, including arable land, abandoned soils of different ages, and natural cenoses (meadow and forest). Traditional methods of phytocenology were applied to study the plant composition. Mixed soil samples from three trenches were collected from the former arable layer of 0–20 cm. The content of organic carbon (Corg), total nitrogen (N), and the C/N ratio, the pH(H₂O) and pH(KCl) values, as well as soil density and the reserves of Corg were determined. The statistical processing of data was performed using One Way ANOVA (Sigma Plot from Windows Version 14.0).

Results. It was shown that plant vegetation being typical for the Baikal forest-steppe zone was recovering after the cessation of plowing. At the same time, the several ruderal species were preserved in the plant composition during a long

period. This specific phenomenon could be the cause for inhibition of terminal phytocenoses formation. Along with the change in the vegetation, a significant increase in the organic carbon content was revealed in the soils of chronosequences. At the later stages of post-agrogenic succession the carbon reserves in soil were 1.5 times higher than those in arable soil. The humus content in the soils increased with age of the abandoned lands, but no cardinal changes in its qualitative composition were observed. The data indicated the stable functioning of the system of humus substances in the gray forest soils of the Baikal forest-steppe zone during their post-agrogenic evolution.

Conclusion. *The results can be used for the forecast of post-agrogenic soil changes under various scenarios of land use in conditions of the Baikal region.*

Keywords: abandoned lands; post-agrogenic evolution; Luvic Retic Phaeozem; humus; vegetation; Baikal forest-steppe zone

For citation. Zorina S.Yu., Sokolova L.G., Kazanovsky S.G., Dorofeev N.V. Plant Composition and Soil Properties During Postagrogenic Evolution in the Cis-Baikal Forest-Steppe Zone. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2023, vol. 15, no. 5, pp. 74-96. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-927

Введение

Понимание закономерностей самовосстановления постагрогенных почв представляет интерес в связи с определением перспективы их дальнейшего использования в каждом конкретном регионе, с учетом особенностей почвенно-климатических условий, на фоне которых протекает процесс восстановления растительности и почвенного плодородия.

Особое внимание в этом аспекте уделяется исследованиям изменения свойств почв, которые в условиях как активного агротехнического воздействия, так и при выведении почв из сельскохозяйственного оборота в залежь, позволяют выявить направленность процессов почвообразования, в значительной степени определяющих уровень плодородия почв.

Согласно данным Министерства сельского хозяйства Иркутской обл. фонд выведенных из сельскохозяйственного использования пахотных почв в настоящий момент составляет порядка 640 тыс. га или 40% от всего пахотного фонда. Возраст половины из них не достигает 10 лет, остальные старше. Со временем на возрастных залежных участках происходит активное естественное лесовосстановление. Имеющиеся в литературе данные показывают, что при выведении почв из сельскохозяйственного оборота запускается процесс формирования естественных типов экосистем, приуроченных к данной природно-климатической зоне [4, 11, 33]. При этом

ведущую роль в процессе постагротенной трансформации почв играет характер смены растительности [39, 28, 37, 36]. Зарастанье бывших пахотных почв естественной растительностью сопровождается изменением основных физико–химических, химических и биологических свойств [35, 28, 7, 30]. Наиболее заметные изменения почвенных свойств отмечаются в пределах верхней старопахотной толщи [28, 37].

Однако необходимо учитывать, что направленность и величина самих изменений свойств почв в процессе их восстановления может быть разной с учетом влияния многочисленных факторов в пределах конкретной природной биоклиматической зоны [12, 37, 40]. Отсутствие достаточных сведений об исходном состоянии залежей исследуемого региона, включая особенности формирования естественной растительности и ее видового состава, изменения почвенных свойств по мере зарастания бывших пахотных почв, не позволяют в полной мере оценить интенсивность и направленность процессов трансформации почв в ходе их постагротенного развития.

Цель исследования

Изучение особенностей восстановления растительных сообществ и некоторых свойств серых лесных почв, включая гумусное состояние, в ходе их постагротенной трансформации в условиях лесостепной зоны Прибайкалья.

Материалы и методы

Исследования проводили в лесостепной зоне Прибайкалья, характеризующейся умеренно сухим резко континентальным климатом [2]. Годовое количество осадков составляет 270–450 мм, большая часть которых приходится на вегетационный сезон. Невысокая теплообеспеченность (сумма активных температур 1531–2165 °C за последние 30 лет), а также небольшая мощность снежного покрова и длительно сезонная мерзлота обусловливают особенности формирования состава природной растительности, развития процессов почвообразования и свойства почв. Для исследуемой территории с полого-волнистым рельефом характерно чередование хвойно-мелколиственных лесов, под которыми формируются серые лесные почвы с участками остепненных лугов [10]. Данный тип почвы широко развит в пределах исследуемого региона и составляет значительную долю в составе сельскохозяйственных угодий [15].

Исследования изменений растительности и свойств серых лесных почв (Luvic Retic Phaeozem (Loamic, Aric) [27], в разное время выведенных из

сельскохозяйственного оборота, проводили в июле–августе 2020 г. на территории Заларинского района. В настоящее время на данной территории имеется значительный фонд залежных земель с разнообразным флористическим составом растительности. Основанием для выбора исследуемых объектов послужила сформированность почв на однородных аллювиально–делювиальных отложениях Юрского периода, в пределах близкого элемента мезорельефа, а также непосредственная близость их расположения (0,1 – 8 км).

Объектами исследования служили: молодая залежь (4 года) с преобладанием сорно-рудеральных растений; залежь 10–15 лет под разнотравным лугом; залежь 15–18 лет с возобновлением древесной на фоне луговой растительности (табл. 1). Старопахотный (~100 лет) участок пашни и естественные ценозы (лес – 90–110 лет и луг – 50–70 лет) служили двухсторонним контролем. Пашня представлена посевом яровой пшеницы, возделываемой на протяжении последних тридцати лет в зернопаровом севообороте.

Таблица 1.
Местоположение и общая характеристика объектов исследования

Реперный участок	Возраст, лет	Растительность
Пашня	> 100	Посевы пшеницы
Залежь 1	4	Злаково-полынно-разнотравная рудеральная ассоциация
Залежь 2	10-15	Кострецово-пастернаково-короставниково-разнотравный луг
Залежь 3	15-18	Кипрейно-горлюхово-разнотравная ассоциация с признаками начала формирования березово-сосного леса
Луг	50-70	Кострецово-пьрейно-разнотравный луг
Лес	90-110	Сосновый вейниково-осоково - разнотравный лес

На каждой пробной площади (100 м^2) исследуемых залежей выполнялось описание растительного и почвенного покрова. Для изучения растительности применяли стандартные геоботанические методы [21, 8]. Обилие видов растений на пробной площади оценивалось глазомерно по шкале обилия Друде с дополнениями А.А. Уранова и П.Д. Ярошенко [22, 21].

Для уточнения морфогенетической характеристики почв на каждом участке залежи закладывали три прикопки глубиной 0,5 м. Образцы почв отбирали из бывшего пахотного слоя 0–20 см, с целью изучения изме-

нения их свойств в ходе постагротенного развития. Анализ физических и химических свойств, включая качественный состав гумуса, проводили общепринятыми методами [1]. Содержание углерода в почвах определяли мокрым сжиганием почвы по методу Тюрина, а азот – методом Кельдаля. Величину pH (KCl и H₂O) оценивали потенциометрически в почвенной суспензии при отношении почва : раствор = 1:2,5. Плотность почв в 3-кратной повторности в слое 0–20 см определяли методом Качинского. Анализ фракционно-группового состава гумуса почвы проводили по схеме Тюрина в модификации Пономаревой – Плотниковой [14].

Обработка результатов выполнена с использованием однофакторного дисперсионного анализа (программа Sigma Plot from Windows Version 14.0.). Нормальность распределения в выборках данных оценивали с помощью критерия Шапиро–Уилка. Различия статистически значимыми принимали при $p < 0,05$. На рисунке данные представлены в виде боксов, обозначена средняя арифметическая, грани боксов 25% и 75% процентили, а также минимумы и максимумы.

Результаты и обсуждение

Состав растительности молодой залежи (4 года) представлен преимущественно низкоконкурентными сорно–рудеральными растениями (25 видов). Значительный вклад вносят полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.), кострец безостый (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub), бодяк щетинистый (*Cirsium setosum* M.Bieb.). Встречаются также виды, характерные для соседнего луга: пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), тысячелистник азиатский (*Achillea asiatica* Serg.), лапчатка серебристая (*Potentilla argentea* L.), мелколепестник едкий (*Erigeron acris* L.), люцерна хмелевидная (*Medicago lupulina* L.). Таким образом, на молодой залежи формируется злаково–полынно–разнотравная рудеральная ассоциация.

На залежи 10–15 лет образуется полноценное луговое сообщество с сохранением ряда заносных и рудеральных видов (22 вида). Так, заносный вид пастернак лесной (*Pastinaca sylvestris* Mill.) даже входит в число доминантов, как и кострец безостый (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub). Рудеральные виды уже не играют существенной ценотической роли и представлены единичными экземплярами, такими как осот полевой (*Sonchus arvensis* L.) и полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.). Активно начинают внедряться в фитоценоз и другие виды растений: короставник полевой (*Knautia arvensis* (L.) J.M.Coult.), тысячелистник азиатский (*Pastinaca sylvestris* Mill.) и репейничек волосистый (*Agrimonia pilosa* Ledeb.). Видо-

вой состав растительности свидетельствует о формировании на данном залежном участке кострецово–пастернаково–короставниково–разнотравного луга.

Существенно отличается от предыдущих участков 15–18-летняя залежь, где происходит появление древесной растительности. Отмечено возобновление сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и березы повислой (*Betula pendula* Roth). Кустарниковый ярус представлен невысокими растениями шиповника иглистого (*Rosa acicularis* Lindl.). Травянистый ярус данной залежи имеет более богатый видовой состав по сравнению с предыдущими залежами (32 вида). Доминирует кипрей узколистный (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Holub), произрастающий в более увлажненных и тенистых участках сообщества, а также горлюха даурская (*Picris davurica* Fisch.), предпочитающая более открытые и сухие места. В числе субдоминантов отмечены осот полевой (*Sonchus arvensis* L.), гравилат алеппский (*Geum aleppicum* Jacq.), тысячелистник азиатский (*Achillea asiatica* Serg.), бодяк щетинистый (*Cirsium setosum* M.Bieb.), хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.). Наблюдается формирование кипрейно–горлюхово–разнотравной ассоциации с тенденцией развития березово–соснового леса, который является представителем зонального типа растительного покрова в данном регионе.

Естественный кострецово–пырейно–разнотравный луг (50–70 лет), являющийся одним из контролей, представляет типичную ассоциацию сухоольного настоящего луга с доминированием корневищных злаков, таких как кострец безостый (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub) и пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski). В качестве субдоминантов выступают корневищные злаки в виде овсяницы луговой (*Festuca pratensis* Huds.) и мяты сибирского (*Poa sibirica* Roshev.). Значительную группу представляют крупные многолетние травы, такие как зопник клубненосный (*Phlomis tuberosa* L.), жабрица порезниковая (*Seseli libanotis* (L.) W.D.J. Koch), кровохлебка лекарственная (*Sanguisorba officinalis* L.). Большое участие в сложении данного сообщества (28 видов) принадлежит растениям лесостепного комплекса – землянике зеленой (*Fragaria viridis* Duch.), прострелу многораздельному (*Pulsatilla multifida* (G. Pritzel) Juz.), ноне русской (*Nonnea rossica* Steven).

Древесный ярус естественного леса (90–110 лет) в основном представлен сосновой обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). В подросте локально встречаются осина (*Populus tremula* L.) и береза (*Betula pendula* Roth). В разреженном подлеске шиповник майский (*Rosa cinnamomea* L.) и спи-

рея средняя (*Spiraea media* F.Schmidt). В травяном покрове преобладают вейник притупленный (*Calamagrostis obtusata* Trin.), осока большевостая (*Carex macroura* Meinch.). Значительную роль в фитоценозе играют также горошек однопарный (*Vicia unijuga* A.Br.), костяника (*Rubus saxatilis* L.), прострел желтеющий (*Pulsatilla flavaescens* (Zucc.) Juz.). В результате формируется сосновый вейниково–осоково–разнотравный лес (30 видов).

Как видно из вышеуказанных описаний, после прекращения распашки идет постепенное восстановление естественной растительности луговых и лесных сообществ, характерных для лесостепной зоны исследуемого региона. При этом в изученном ряду разновозрастных залежей имеет место длительное сохранение в составе растительности ряда рудеральных растений, характерных для ранних стадий развития залежей. Отдельные ее представители (кипрей узколистный, горлюха даурская и пастернак лесной в качестве доминирующих видов на залежах 25–30-летнего возраста) могут выступать в виде растений–блокираторов, сдерживающих формирование терминальных фитоценозов [9].

На начальном этапе восстановления естественной растительности, в отсутствии механического воздействия, наблюдалось уплотнение бывшего пахотного слоя (рис. 1). Величина показателя плотности в слое 0–20 см на залежах 4–х и 10–15 лет, отличающихся формированием разнотравной ассоциации, характерной для луговой стадии сукцессии достигала 1,29 г/см³, относительно пашни (1,20 г/см³). По–видимому, это связано с пахотным прошлым почвы, которое до сих пор несет отпечаток довольно продолжительной интенсивной сельскохозяйственной обработки почв, на что указывает присутствие плужной подошвы. И только со временем, начиная с 15–18-летнего возраста, намечалась тенденция постепенного снижения плотности сложения верхнего слоя залежи. В почве леса величина данного показателя составила 0,99 г/см³ и оказалась довольно близкой к оптимальному значению плотности, характерной для суглинистых почв [3]. Как показано в ряде работ [18, 36], сравнительно низкая плотность верхнего горизонта лесных почв обусловлена концентрацией значительного количества живых и мертвых корней, их разрыхляющего действия и содержания органического вещества.

В процессе самовосстановления пахотных почв изменения актуальной и потенциальной кислотности были незначительными (см. рис.1). Лишь на залежи 4–х-летнего возраста отмечалось значимое повышение pH, относительно пашни, что может быть связано с заменой монокультуры на естественную растительность, а следовательно, разным составом поступающих в почву растительных остатков.

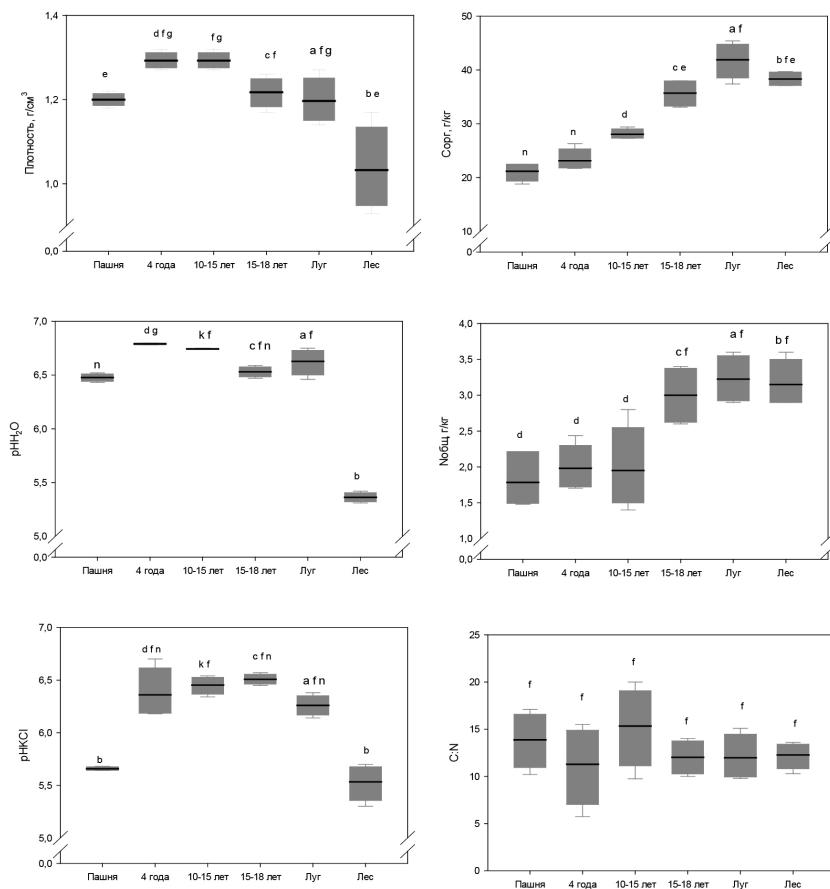


Рис. 1. Изменение величин плотности сложения, pH_{KCl} и $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, С орг., Нобщ. и соотношения C:N в процессе постагротического развития серых лесных почв. Разными буквами отмечены выборки данных, имеющие статистически значимые различия при $p \leq 0.05$, одинаковыми – те, для которых такие различия не обнаружены.

Тем не менее, величина pH водной вытяжки как на пашне, так и на всех залежах, независимо от их возраста, варьировала в пределах градации «слабо кислые» [13], а величина pH солевой вытяжки – «близкие к нейтральной» [20]. Отсутствие значительных различий в кислотности в ходе развития сукцессии могло быть связано с продолжительным после-

действием окультуривания почв. Также известно, что накопление зольных элементов в луговой растительности может способствовать нейтрализации органических кислот [38]. Заметно более кислая среда почвенного раствора (до 5,4 и 5,5 ед. pH, соответственно водной и солевой вытяжки) наблюдалось лишь в почве лесного ценоза, как результат подкисляющего действия разлагающегося растительного опада, преимущественно хвойных пород, и формирования лесной подстилки. Изменения кислотно–основных свойств в ходе зарастания пашни лесом, причем на примере исследований, проведенных в разных природно–климатических зонах, отмечались и другими авторами [12, 37].

По мере зарастания пашни наблюдалось увеличение содержания C_{орг} в слое 0–20 см. Однако, если в первые четыре года на стадии молодой залежи увеличение углерода в почве было еще не значимо, то в дальнейшем изменения содержания углерода демонстрировали четкий тренд. Так, в почве 15–18-летней залежи, содержание углерода возрастало почти в 2 раза, относительно пашни. В ходе развития естественной растительности (по направлению к лугу и лесу) содержание углерода постепенно увеличивалось, вследствие формирования высокопродуктивного травостоя,участвующего в образовании дернины и полноценной лесной подстилки (см. рис.1.). Увеличивались и запасы углерода, которые достигали на заключительных для наших исследований стадиях сукцессии величин, по абсолютным значениям превышающих пахотный вариант (45,5 т/га) практически в 2 раза. Подобная картина накопления углерода в бывшем пахотном слое является закономерным этапом развития залежных почв по мере увеличения поступления свежего органического материала в виде растительного и корневого опада при отсутствии отчуждения биомассы в виде урожая [24, 25, 28, 32, 23, 36, 6, 31].

Содержание общего азота в верхнем горизонте почв исследуемого ряда залежей заметно варьировало в пределах 0,16–0,33%, что, связано, по–видимому, с различиями видового состава растительных ассоциаций, отличающихся биомассой и химическим составом растений (надземных органов и корней), органическое вещество которых в ходе непрерывной трансформации обеспечивает поступление биогенных элементов в почву, включая азот. Высоким его содержанием, как и в случае с C_{орг.} отличалась 15–18-летняя залежь, характеризующаяся разнообразием видового состава растительности со значительной биомассой, а также почвы естественных ценозов. Тем не менее, значимых различий в соотношении C:N между пахотной и залежными почвами не отмечалось. Обогащенность органиче-

ского вещества азотом (C:N) в исследуемом ряду почв в целом, оставалась «низкой», что предполагает невысокую степень разложения органического вещества данных почв.

Различия в количестве и качестве поступающих органических остатков в почвы в результате смены растительности в ходе сукцессионных изменений не могли не оказывать влияния на их гумусное состояние, оцениваемое согласно классификации [13]. Спустя четыре года пребывания почвы в залежном состоянии отмечалось некоторое повышение содержания гумуса, которое, тем не менее, оставалось в пределах уровня «низкое», характерного для пахотной почвы (табл. 2). Наряду с этим наблюдались изменения и в качественном составе гумуса, характеризующиеся возрастанием суммарного содержания фульвокислот (ФК) при одновременном уменьшении гуминовых кислот (ГК) и гумина (ГМ). Можно предположить, что это связано с изменением характера растительности на начальном этапе формирования залежи, поставляющей более кислые продукты разложения по сравнению с monocультурой. При этом, тип гумуса оставался фульватно–гуматным, а степень гумификации («высокой»), как и в пахотной почве.

Спустя 10–15 лет нахождения почвы в залежном режиме при активном формировании травянистой растительности отмечалось заметное повышение содержания гумуса до уровня «ниже среднего», что сопоставимо с состоянием органического вещества почвы естественного кострецово–пырейно–разнотравного луга. Подобная особенность луговой растительности обеспечивать благоприятные условия для поступления в почву большого количества легкогумифицируемых растительных остатков и дальнейшего их участия в преобразовании и накоплении гумуса, хорошо известна в литературе [34, 5, 16]. В почве данной луговой залежи, как и естественного луга, содержание ГМ, включающего в себя как специфические гумусовые вещества и не полностью гумифицированные вещества, так и свежие органические остатки, было более чем в 1,5 раза выше, по сравнению с пашней и молодой (4 года) залежью. Содержание как ГК, так и ФК было сравнительно меньше, тем не менее, гуминовые кислоты преобладали над фульвокислотами в составе гумуса. Соответственно, тип гумуса данной залежи сохранялся в рамках фульватно–гуматного, тогда как почве луга был гуматный. Степень гумификации «средняя» и «высокая», соответственно этим почвам.

К 15–18 годам по мере изменения флористического состава травостоя и появления древесной растительности содержание гумуса повышалось до 6,15%, достигая более высокого уровня «среднее». Наряду с этим от-

мечались изменения и в качественном составе гумуса, связанные с относительно большим накоплением доли ГК, по сравнению с предыдущей залежью. В результате показатель Сгк:Сфк увеличивался до 1,40, но не вышел за пределы фульватно–гуматного типа гумуса. Степень гумификации оставалась «высокой».

Таблица 2.
Некоторые показатели гумусного состояния почв (n=3)

Реперный участок	C _{opr} %	% от C _{opr}			Сгк:Сфк
		Сгк	Сфк	Сгм	
Пашня > 100 лет	2,12	39	28	33	1,41
Залежь, 4 года	2,31	35	30	35	1,17
Залежь, 10-15 лет	2,81	27	21	52	1,29
Залежь, 15-18 лет	3,57	37	26	37	1,40
Луг, 50-70 лет	3,85	33	18	49	1,79
Лес, 90-110 лет	3,83	36	33	31	1,10

Почва лесного ценоза характеризовалась сравнительно высокой гумусированностью (6,60%; уровень «средний»). Это и неудивительно, учитывая особенности характера биологического круговорота в лесных почвах, складывающегося из поступления большего количества как надземной, так и подземной фитомассы, включая тонкие корни деревьев, а также продуктов разложения лесной подстилки [26, 4, 17]. Замещение луговой растительности на лесную неизбежно оказало влияние на изменение условий гумификации, определяющих формирование определенного качественного состава гумуса. Так, лесная почва отличалась по составу гумуса сравнительно большим содержанием углерода в ГК, но, особенно, в ФК, что может быть связано, прежде всего, с кислой природой опада. В результате чего величина показателя Сгк:Сфк составила 1,10. Согласно использованной градации, тип гумуса оставался в рамках фульватно–гуматного, а степень гумификации «высокой».

Выявленные особенности формирования качественного состава гумуса в результате смены растительности в ходе сукцессионных изменений отмечались нами ранее на примере небольшого ряда залежных почв [6]. В рамках настоящего исследования, проведенного на расширенном ряду разновозрастных залежей, также наблюдалось повышение содержания гумуса. По сравнению с пахотным вариантом, его содержание в слое 0–20 см на залежи 10–15 лет увеличивалось в 1,3 раза, а на 15–18-летней залежи в

1,7 раз, постепенно приближаясь к значениям величин гумуса, характерным для почв естественных ценозов. Изменения его качественного состава были менее значительны. На всех стадиях восстановления залежей сохранилось преобладание в составе гумуса доли гуминовых кислот, которые, как известно, играют существенную роль в поддержании потенциальной устойчивости органического вещества почв.

Заключение

После выведения серых лесных почв из сельскохозяйственного использования наблюдалось постепенное восстановление естественной растительности, характерной для лесостепной зоны исследуемого региона. При этом в изученном ряду разновозрастных залежей имело место длительное сохранение в составе растительности рядаrudеральных видов, характерных для ранних стадий развития залежей, которые сдерживают формирование терминальных фитоценозов.

Смена растительных сообществ в ряду исследуемых залежей оказало существенное влияние на некоторые физико–химические свойства верхней части бывшего пахотного слоя почв (0–20 см). Так, заметное разуплотнение отмечалось спустя 15–18 лет нахождения почвы в состоянии залежи, достигая оптимальной величины в почвах естественных ценозов (луг и лес).

По мере увеличения поступления свежего органического материала в виде растительного и корневого опада, в ходе восстановления естественной растительности, наблюдалось значительное повышение содержания органического углерода. Запасы углерода на более поздних стадиях постагротеневой сукцессии в 1,5 раза превосходили запасы Сорг в пахотной почве.

Несмотря на возрастание содержания гумуса в исследуемом ряду почв (пашня–разновозрастные залежи–естественные ценозы), тип гумуса оставался фульватно–гуматным, а степень гумификации «средняя» и «высокая», что свидетельствует о стабильном функционировании системы гумусовых веществ в серых лесных почвах лесостепной зоны Прибайкалья в ходе их постагротенного развития.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о спонсорстве. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области в рамках научного проекта № 20–416–380004 р_а.

Список литературы

1. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 655 с.
2. Атлас. Иркутская область: экологические условия развития. М.; Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2004. 90 с.
3. Бондарев А.Г. Физические свойства почв как теоретическая основа прогноза их уплотнения сельскохозяйственной техникой // Влияние сельскохозяйственной техники на почву: Науч. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева, М., 1981. С. 3–9.
4. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. / Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Т. М.: ГЕОС, 2010. 416 с.
5. Завьялова Н.Е. Гумус и азот дерново–подзолистой почвы различных сельскохозяйственных угодий Пермского края // Почвоведение. 2016. № 11. С. 1347–1354.
6. Зорина С.Ю., Соколова Л.Г., Дорофеев Н.В., Казановский С.Г. Гумусное состояние разновозрастных залежей лесостепной зоны Прибайкалья // Вестник ИрГСХА. 2020. Вып. 96. С.16 – 24.
7. Изменение растительного покрова и биологических свойств черноземов в постагrogenный период / Азаренко М.А. (Мясникова), Казеев К.Ш., Ермолова О.Ю., Колесников С.И. // Почвоведение. 2020. № 11. С. 1412–1422. <https://doi.org/10.31857/S0032180X20110039>
8. Ипатов В.С., Мирин Д.М. Описание фитоценоза: Методические рекомендации. Учебно–методическое пособие. СПб. 2008. 71 с.
9. Казановский С.Г., Дорофеев Н.В., Зорина С.Ю., Соколова Л.Г. Растительность залежей разного возраста в лесостепной зоне Прибайкалья // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2022. Т. 21. С. 54–58. <https://doi.org/10.14258/pbssm.2022054>
10. Колесниченко В.Т. Озимая пшеница Заларинка в Иркутской области (результаты полевых опытов). М.: Промэкбезопасность, 2003. 306 с.
11. Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Мостовая А.С., Овсепян Л.А., Телеснина В.М., Личко В.И., Баева Ю.И. Влияние процессов естественного лесовосстановления на микробиологическую активность пост–агрогенных почв Европейской части России // Лесоведение. 2018. № 1. С. 3–23. <https://doi.org/10.7868/S0024114818010011>
12. Литвинович А.В., Плылова И.А. Изменение кислотно–основных свойств дерново–подзолистой суглинистой почвы в процессе постагrogenной эволюции // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования СПб., 2009. С. 160–164.

13. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение. 2004. № 8. С. 918–926.
14. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Методика и некоторые результаты фракционирования гумуса черноземов // Почвоведение. 1968. № 11. С. 104–117.
15. Почвенная карта Иркутской области масштаба 1:1500 000 / под ред. В.Т. Колесниченко, К.А. Уфимцевой. М.: ГУГК СССР, 1988. 2 л.
16. Телеснина В.М. Динамика свойств почв во взаимосвязи с растительностью при естественном постагрогенном зарастании сенокосов (Костромская область) // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2021. № 2. С.18–28.
17. Телеснина В.М. Постагогенная динамика растительности и свойств почвы в ходе демутационной сукцессии в южной тайге // Лесоведение. 2015. № 4. С. 293–306.
18. Телеснина В.М., Ваганов И.Е., Карлсен А.А., Иванова А.Е., Жуков М.А., Лебедев С.М. Особенности морфологии и химических свойств постагрогенных почв Южной тайги на легких отложениях (Костромская область) // Почвоведение. 2016. № 1. С. 115–129. <https://doi.org/10.7868/S0032180X16010111>
19. Флора Сибири. Новосибирск: Наука, 1987–1997. Т. 1–14.
20. Химический анализ почв. Учеб. пособие / Растворова О.Г., Андреев Д.П., Гагарина Э.И., Касаткина Г.А., Федорова Н.Н. СПб.: Изд–во СПбГУ, 1995. 264 с.
21. Шенников А.П. Введение в геоботанику. Л.: Изд–во ЛГУ, 1964. 447 с.
22. Ярошенко П.Д. Геоботаника: (Основные понятия, направления и методы). М.: Просвещение, 1961. 200 с.
23. Artemyeva Z., Žigová A., Šťastný M., Kirillova N. Dynamics of organic matter in soils following a change in landuse on Permo–Carboniferous rocks in the Cesky Brod area (Czech Republic) // Acta Geodyn. Geomater., 2018, vol. 15, no. 4 (192), pp. 339–348. <https://doi.org/10.13168/AGG.2018.0025>
24. Collins H.P., Elliot E.T., Paustian K., Bundy L.G., Dick W.A., Huggins D.R., Smucker A.J.M., Paul E.A. Soil carbon pools and fluxes in long–term corn belt agroecosystems // Soil Biol. Biochem., 2000, vol. 32, no. 2, pp. 157–168.
25. Guo L.B., Gifford R.M. Soil carbon stock and land use change a meta analysis // Global Change Biol., 2002, vol. 8(4), pp. 345–360. <https://doi.org/10.1046/j.1354-1013.2002.00486.x>
26. Guo L. B., Bek E., Gifford R. M. Woody debris in a 16–year old *Pinus radiata* plantation in Australia: Mass, carbon and nitrogen stocks, and turnover // Forest Ecology and Management, 2006, vol. 228 (1–3), pp. 145–151. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.02.043>

27. IUSS Working Group WRB: World Reference Base for Soil Resources 2014, Update 2015. World Soil Resources Reports 106. Rome: FAO, 2015.
28. Kalinina O., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Lyuri D.I., Najdenko L., Giani L. Self-restoration of post-agrogenic sandy soils in the southern taiga of Russia: Soil development, nutrient status, and carbon dynamics // *Geoderma*, 2009, vol. 152, pp. 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.05.014>
29. Kurganova I.N., Lopez de Guérenu V.O. Assessment and prediction of changes in the reserves of organic carbon in abandoned soils of European Russia in 1990–2020 // *Eurasian Soil Science*, 2008, T. 4, no.13, pp. 1371–1377. <https://doi.org/10.1134/S1064229308130048>
30. Kurganova I.N., Telesnina V.M., Lopez de Guérenu V.O., Lichko V.I., Karavanova E.I. The dynamics of carbon pools and biological activity of retic albic podzols in southern taiga during the post-agrogenic evolution // *Eurasian Soil Science*, 2021, vol. 54, no. 3, pp. 337–351. <https://doi.org/10.1134/S1064229321030108>
31. Kurganova I.N., Telesnina V.M., Lopez de Guérenu V.O., Lichko V.I., L.A. Ovsepyan Changes in carbon stocks, microbial and enzymatic activity of agro-soddy-podzols of the southern taiga during post-agrogenic evolution // *Eurasian Soil Science*, 2022, vol. 55, no. 7, pp. 895–910. <https://doi.org/10.1134/S1064229322070079>
32. Novara A., Gristina L., Sala G., Galati A., Crescimanno M., Cerda A., Badaamenti E., La Mantia T. Agricultural land abandonment in Mediterranean environment provides ecosystem services via soil carbon sequestration // *Science of The Total Environment*, 2017, vol. 576, pp. 420–429. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.123>
33. Ovsepyan L., Kurganova I., Lopes de Gerenu V., Kuzyakov Ya. Recovery of organic matter and microbial biomass after abandonment of degraded agricultural soils: the influence of climate // *Land Degr. Dev.*, 2019, vol. 30, pp. 1861–1874. <https://doi.org/10.1002/lqr.3387>
34. Paul E.A. Dynamics of organic matter in soils // *Plant and Soil*, 1984, vol. 76, pp. 275–285.
35. Poulton P.R., Pye E., Hargreaves P.R., Jankinson D.S. Accumulation of carbon and nitrogen by old arable land reverting to woodland // *Global Change Biol.*, 2003, vol. 9 (6), pp. 942–955. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2003.00633.x>
36. Ryzhova I.M., Telesnina V.M., Sitnikova A.A. Dynamic of soil properties and carbon stock structure in postagrogenic ecosystems of southern taiga during natural reforestation // *Eurasian Soil Science*, 2020, vol. 53, no. 2, pp. 240–252. <https://doi.org/10.1134/S1064229320020106>

37. Telesnina V.M., Kurganova I.N., Lopes de Gerenu V.O., Ovsepyan L.A., Lichko V.I., Ermolaev A.M., Mirin D.M. Dynamics of soil properties and plant composition during postagrogenic evolution in different bioclimatic zones // Eurasian Soil Science, 2017, vol. 50, no. 1, pp. 1515–1534. <https://doi.org/10.1134/S1064229317120109>
38. Telesnina V.M., Zhukov M.A. The influence of agricultural land use on the dynamics of biological cycling and soil properties in the course of postagrogenic succession (Kostroma oblast) // Eurasian Soil Science, 2019, vol. 52, no. 9, pp. 1122–1136. <https://doi.org/10.1134/S1064229319070135>
39. Vesterdal L., Ritter E., Gundersen P. Change in soil organic carbon following afforestation of former arable land // Forest ecology and Management, 2002, vol. 169 (1–2), pp. 137–147.
40. Zorina S.Yu., Sokolova L.G., Dorofeev N.V., Kazanovsky S.G. and Belousova E.N. Transformation of organic matter of Cisbaikal forest-steppe abandoned lands // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: The VIII Congress of the Dokuchaev Soil Science Society (CDSSS 2021), Russian Federation. 2021, vol. 862, pp. 012115. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/862/1/012115>

References

1. *Agrokhimicheskiye metody issledovaniya pochv* [Agrochemical research methods of soil]. M.: Nauka, 1975, 655 p.
2. *Atlas. Irkutskaya oblast': ekologicheskie usloviya razvitiya* [Atlas. Irkutsk Oblast: Ecological Conditions of Development]. Moscow–Irkutsk: Publishing House of IG SB RAS Ministry of Transport of the Russian Federation. Federal agency if geodesy and cartography, 2004, 90 p.
3. Bondarev A.G. Fizicheskie svojstva pochv kak teoretycheskaya osnova prognoza ih uplotneniya sel'skohozyajstvennoj tekhnikoj [Physical properties of soils as a theoretical basis for predicting their compaction by agricultural machinery]. *Vliyanie sel'skohozyaystvennoy tekhniki na pochvu: Nauch. tr. Pochv. in-ta im. V.V. Dokuchaeva* [Influence of agricultural machinery on the soil]. M., 1981, pp. 3–9.
4. Lyuri D.I., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Denisenko E.A., Nefedova T.T. *Dinamika sel'skohozyajstvennyh zemel' Rossii v XX veke i postagrogennoe vostanovlenie rastitel'nosti i pochv* [Dynamics of agricultural lands of Russia in XX century and postagrogenic restoration of vegetation and soils]. M.: GEOS, 2010, 416 p.
5. Zav'yalova N.E. *Gumus i azot dernovo–podzolistoj pochvy razlichnyh sel'skohozyajstvennyh ugodij Permskogo kraja* [Humus and nitrogen in soddy-podzolic

- soils of different agricultural lands in Perm region]. *Pochvovedenie* [Soil Science], 2016, no. 11, pp. 1347–1354.
6. Zorina S.YU., Sokolova L.G., Dorofeev N.V., Kazanovskij S.G. Gumusnoe sostoyanie raznovozrastnyh zalezhej lesostepnoj zony Pribajkal'ya [A humus status of abandoned lands of different ages in the Baikal forest-steppe zone]. *Vestnik IrGSKHA*, 2020, no. 96, pp.16–24.
 7. Azarenko M.A. (Myasnikova), Kazeev K.Sh., Yermolayeva O.Yu., Kolesnikov S.I. Izmenenie rastitel'nogo pokrova i biologicheskikh svojstv chernozemov v postagrogennyyj period [Change of vegetation cover and biological properties of chernozems in the postagrogenic period]. *Pochvovedenie* [Soil Science], 2020, no. 11, pp. 1412–1422. <https://doi.org/10.31857/S0032180X20110039>
 8. Ipatov V.S., Mirin D.M. *Opisanie fitocenoza: Metodicheskie rekomendacii. Uchebno–metodicheskoe posobie* [Description of Phytocenoses: Methodological Recommendations]. St. Petersburg: St. Petersburg State University Press, 2008, 71 p.
 9. Kazanovskij S.G., Dorofeev N.V., Zorina S.Yu., Sokolova L.G. Rastitel'nost' zalezhej raznogo vozrasta v lesostepnoj zone Pribajkal'ya [Vegetation of different ages fallows in the forest-steppe zone Cisbaikal region]. *Problemy botaniki Yuzhnogo Sibiri i Mongolii* [Problems of botany of south Siberica and Mongolia], 2022, vol. 21, pp. 54–58. <https://doi.org/10.14258/pbssm.2022054>
 10. Kolesnichenko V.T. *Ozimaya pshenica Zalarinka v Irkutskoj oblasti (rezul'taty polevyh opytov)* [Winter wheat “zalarinka” in the Irkutsk region (results of field experiments)]. M.: Promecosafety, 2003, 306 p.
 11. Kurganova I.N., Lopes de Gerenu V.O., Mostovaya A.S., Ovsepyan L.A., Telesnina V.M., Lichko V.I., Baeva Yu.I. Vliyanie processov estestvennogo lesovosstanovleniya na mikrobiologicheskuyu aktivnost' post-agrogennyh pochv Evropejskoj chasti Rossii [Effect of reforestation on microbiological activity of postagrogenetic soils in European Russia]. *Lesovedenie* [Contemporary Problems of Ecology], 2018, no. 1, pp. 3–23. <https://doi.org/10.7868/S0024114818010011>
 12. Litvinovich A.V., Plylova I.A. Izmenenie kislotno–osnovnyh svojstv dernovo–podzolistoj suglinistoj pochvy v processe postagrogennoj evolyucii [Changes in acid–base properties of sod–podzolic loamy soil in the process of postagrogenic evolution]. *Nauchnoe obespechenie razvitiya APK v usloviyah reformirovaniya* [Scientific support for the development of the agro-industrial complex in the context of reform], SPb., 2009, pp. 160–164.
 13. Orlov D.S., Biryukova O.N., Rozanova M.S. Dopolnitel'nye pokazateli gumus-nogo sostoyaniya pochv i ih geneticheskikh gorizontov [Revised system of the

- humus status parameters of soils and their genetic horizons]. *Pochvovedenie* [Soil Science], 2004, no. 8, pp. 918–926.
14. Ponomareva V.V., Plotnikova T.A. Metodika i nekotorye rezul'taty frakcionirovaniya gumusa chernozemov [Metodika and some results of fractionation of humus chernozems]. *Pochvovedenie* [Soil Science], 1968, no. 11, pp. 104–117.
15. *Pochvennaya karta Irkutskoj oblasti masshtaba 1:1500 000* [Soil map of the Irkutsk region; 1:1500 000]. V.T. Kolesnichenko, K.A. Ufimcevoj (editors). M.: GUGK USSR, 1988, 2 p.
16. Telesnina V.M. Dinamika svojstv pochv vo vzaimosvyazi s rastitel'nost'yu pri estestvennom postagrogennom zarastanii senokosov (Kostromskaya oblast') [Soil features dynamic in connection with vegetation due to natural post-agro-genic hayfields overgrowing (Kostroma region)]. *Vestn. Mosk. Un-ta*. [Moscow University Soil Science Bulletin], Ser.17, Soil Science, 2021, no. 2, pp. 18–28.
17. Telesnina V.M. Postagrogenaya dinamika rastitelnosti i svojstv pochv v khode demutatsionnoy suktsessii v yuzhnay tayge [Postagrogenic dynamics of vegetation and soil properties during demutational succession in south taiga]. *Lesovedeniye* [Contemporary Problems of Ecology], 2015, no. 4, pp. 293–306.
18. Telesnina V.M., Vaganov I.E., Karlsen A.A., Ivanova A.E., Zhukov M.A., Lebedev S.M. Osobennosti morfologii i himicheskikh svojstv postagrogenykh pochv Yuzhnoj tajgi na legkih otlozheniyah (Kostromskaya oblast') [Specific features of the morphology and chemical properties of coarse-textured postagrogenic soils of the southern taiga, Kostroma oblast]. *Pochvovedenie* [Soil Science], 2016, no. 1, pp. 115–129. <https://doi.org/10.7868/S0032180X16010111>
19. *Flora Sibiri* [Flora Sibiriae]. Novosibirsk: Nauka, 1987–1997, vol. 1–14.
20. *Himicheskij analiz pochv. Ucheb. posobie* [Chemical analysis of soils. Study guide] / O.G. Rastvorova, D.P. Andreev, E.I. Gagarina, G.A. Kasatkina, N.N. Fedorova (editors). St. Petersburg: St. Petersburg State University Press, 1995, 264 p.
21. Shennikov A.P. *Vvedenie v geobotaniku* [Introduction to Geobotany]. L.: Publishing house LGU, 1964, 447 p.
22. Yaroshenko P.D. *Geobotanika: (Osnovnye ponyatiya, napravleniya i metody)* [Geobotany: (Basic concepts, directions and methods)]. M.: Publishing house Enlightenment, 1961, 200 p.
23. Artemyeva Z., Žigová A., Šťastný M., Kirillova N. Dynamics of organic matter in soils following a change in landuse on Permo-Carboniferous rocks in the Cesky Brod area (Czech Republic). *Acta Geodyn. Geomater.*, 2018, vol. 15, no. 4 (192), pp. 339–348. <https://doi.org/10.13168/AGG.2018.0025>

24. Collins H.P., Elliot E.T., Paustian K., Bundy L.G., Dick W.A., Huggins D.R., Smucker A.J.M., Paul E.A. Soil carbon pools and fluxes in long-term corn belt agroecosystems // *Soil Biol. Biochem.*, 2000, vol. 32, no. 2, pp. 157–168.
25. Guo L.B., Gifford R.M. Soil carbon stock and land use change a meta analysis. *Global Change Biol.*, 2002, vol. 8(4), pp. 345–360. <https://doi.org/10.1046/j.1354-1013.2002.00486.x>
26. Guo L. B., Bek E., Gifford R. M. Woody debris in a 16-year old *Pinus radiata* plantation in Australia: Mass, carbon and nitrogen stocks, and turnover. *Forest Ecology and Management*, 2006, vol. 228 (1–3), pp. 145–151. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.02.043>
27. IUSS Working Group WRB: *World Reference Base for Soil Resources* 2014, Update 2015. World Soil Resources Reports 106. Rome: FAO, 2015.
28. Kalinina O., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Lyuri D.I., Najdenko L., Giani L. Self-restoration of post-agrogenic sandy soils in the southern taiga of Russia: Soil development, nutrient status, and carbon dynamics. *Geoderma*, 2009, vol. 152, pp. 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.05.014>
29. Kurganova I.N., Lopez de Guérénou V.O. Assessment and prediction of changes in the reserves of organic carbon in abandoned soils of European Russia in 1990–2020. *Eurasian Soil Science*, 2008, vol. 4, no.13, pp. 1371–1377. <https://doi.org/10.1134/S1064229308130048>
30. Kurganova I.N., Telesnina V.M., Lopez de Guérénou V.O., Lichko V.I., Karavanova E.I. The dynamics of carbon pools and biological activity of retic albic podzols in southern taiga during the post-agrogenic evolution. *Eurasian Soil Science*, 2021, vol. 54, no. 3, pp. 337–351. <https://doi.org/10.1134/S1064229321030108>
31. Kurganova I.N., Telesnina V.M., Lopez de Guérénou V.O., Lichko V.I., L.A. Ovsepyan Changes in carbon stocks, microbial and enzymatic activity of agro-soddy-podzols of the southern taiga during post-agrogenic evolution. *Eurasian Soil Science*, 2022, vol. 55, no. 7, pp. 895–910. <https://doi.org/10.1134/S1064229322070079>
32. Novara A., Gristina L., Sala G., Galati A., Crescimanno M., Cerda A., Badaamenti E., La Mantia T. Agricultural land abandonment in Mediterranean environment provides ecosystem services via soil carbon sequestration. *Science of The Total Environment*, 2017, vol. 576, pp. 420–429. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.123>
33. Ovsepyan L., Kurganova I., Lopes de Gerenu V., Kuzyakov Ya. Recovery of organic matter and microbial biomass after abandonment of degraded agricultural soils: the influence of climate. *Land Degr. Dev.*, 2019, vol. 30, pp. 1861–1874. <https://doi.org/10.1002/ldr.3387>

34. Paul E.A. Dynamics of organic matter in soils. *Plant and Soil*, 1984, vol. 76, pp. 275–285.
35. Poulton P.R., Pye E., Hargreaves P.R., Jankinson D.S. Accumulation of carbon and nitrogen by old arable land reverting to woodland. *Global Change Biol.*, 2003, vol. 9 (6), pp. 942–955. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2003.00633.x>
36. Ryzhova I.M., Telesnina V.M., Sitnikova A.A. Dynamic of soil properties and carbon stock structure in postagrogenic ecosystems of southern taiga during natural reforestation. *Eurasian Soil Science*, 2020, vol. 53, no. 2, pp. 240–252. <https://doi.org/10.1134/S1064229320020106>
37. Telesnina V.M., Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O., Ovsepyan L.A., Lichko V.I., Ermolaev A.M., Mirin D.M. Dynamics of soil properties and plant composition during postagrogenic evolution in different bioclimatic zones. *Eurasian Soil Science*, 2017, vol. 50, no. 1, pp. 1515–1534. <https://doi.org/10.1134/S1064229317120109>
38. Telesnina V.M., Zhukov M.A. The influence of agricultural land use on the dynamics of biological cycling and soil properties in the course of postagrogenic succession (Kostroma oblast). *Eurasian Soil Science*, 2019, vol. 52, no. 9, pp. 1122–1136. <https://doi.org/10.1134/S1064229319070135>
39. Vesterdal L., Ritter E., Gundersen P. Change in soil organic carbon following afforestation of former arable land. *Forest ecology and Management*, 2002, vol. 169 (1–2), pp. 137–147.
40. Zorina S.Yu., Sokolova L.G., Dorofeev N.V., Kazanovsky S.G. and Belousova E.N. Transformation of organic matter of Cisbaikal forest-steppe abandoned lands. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*: The VIII Congress of the Dokuchaev Soil Science Society (CDSSS 2021), Russian Federation. 2021, vol. 862, pp. 012115. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/862/1/012115>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Зорина Светлана Юрьевна, к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории физиолого-биохимической адаптации растений
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук
ул. Лермонтова, 132, г. Иркутск, 664033, Российская Федерация
zorina@sifibr.irk.ru

Соколова Лада Георгиевна, к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории физиолого-биохимической адаптации растений

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук
ул. Лермонтова, 132, г. Иркутск, 664033, Российской Федерации
sokolova.lada@sifibr.irk.ru*

Казановский Сергей Григорьевич, к.б.н., доцент, старший научный сотрудник отдела Биоразнообразие и биологические ресурсы

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук

*ул. Лермонтова, 132, г. Иркутск, 664033, Российской Федерации
kazan@sifibr.irk.ru*

Дорофеев Николай Владимирович, к.б.н., зам. директора по прикладной и инновационной работе СИФИБР СО РАН, заведующий лабораторией физиолого-биохимической адаптации растений

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук

*ул. Лермонтова, 132, г. Иркутск, 664033, Российской Федерации
nikolay.v.dorozeev@gmail.com*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Svetlana Yu. Zorina, Cand. Sc. (Biology), Senior Researcher of the Laboratory of Physiological and Biochemical Adaptation of Plants

Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

132, Lermontov Str., Irkutsk, 664033, Russian Federation

zorina@sifibr.irk.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7587-981X>

ResearcherID: J-4411-2018

Scopus Author ID: 6701562960

Lada G. Sokolova, Cand. Sc. (Biology), Senior Researcher of the Laboratory of Physiological and Biochemical Adaptation of Plants

Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

132, Lermontov Str., Irkutsk, 664033, Russian Federation
sokolova.lada@sifibr.irk.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5178-1404>
ResearcherID: J-3446-2018
Scopus Author ID: 55770688800

Sergey G. Kazanovsky, Cand. Sc. (Biology), Senior Researcher of the Department of Biodiversity and Biological Resources
Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
132, Lermontov Str., Irkutsk, 664033, Russian Federation
kazan@sifibr.irk.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4453-0006>
ResearcherID: J-8016-2018
Scopus Author ID: 57193074859

Nikolai V. Dorofeev, Cand. Sc. (Biology), Deputy Director for Applied and Innovative Work of SIPPB SB RAS, Head of the Laboratory of Physiological and Biochemical Adaptation of Plants
Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
132, Lermontov Str., Irkutsk, 664033, Russian Federation
nikolay.v.dorofeev@gmail.com
SPIN-code: 5727-2339
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0005-0134>
ResearcherID: J-3427-2018
Scopus Author ID: 6603839198

Поступила 18.03.2023

Received 18.03.2023

После рецензирования 05.04.2023

Revised 04.04.2023

Принята 10.04.2023

Accepted 10.04.2023

DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-928

УДК 612.018: 616.441-008.63



Научная статья

ТИРЕОИДНЫЙ СТАТУС ЖЕНЩИН РЕПРОДУКТИВНОГО ВОЗРАСТА, ПРОЖИВАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ЗОБНОЙ ЭНДЕМИИ

E.M. Степанова

Цель. С целью установления тиреоидного статуса женщин репродуктивного возраста, не имеющих установленной патологии щитовидной железы и проживающих в зоне вторичного йодного дефицита, обследовано 25 женщин в возрасте 18–35 лет (средний возраст $27,28 \pm 0,23$).

Материалы и методы. Сывороточный уровень маркеров функционального состояния щитовидной железы определяли иммунохемипоминесцентным методом с использованием парамагнитных частиц на анализаторе Dx1800, Beckman Coulter. Ультразвуковое исследование щитовидной железы (ЩЖ) проводили на аппарате Toshiba Aplio 500 линейным датчиком.

Результаты. Анализ функционального состояния гипофизарно-тиреоидной системы у обследованных женщин не выявил грубых нарушений. Из 25 обследованных женщин – у 8 человек (32%) обнаружен нормально высокий уровень ТТГ (2,0–4,2 мМЕ/л), что может свидетельствовать о минимальной тиреоидной недостаточности, ранней по срокам возникновения и наиболее легкой по степени тяжести. Анализируя содержание гормонов в зависимости от уровня ТТГ можно отметить статистически значимое снижение интегрального тиреоидного индекса (ИТИ) ($p=0,0001$) у женщин с нормально высоким уровнем ТТГ, что также свидетельствует о начальной стадии гипотиреоза, несмотря на то, что индивидуальные показатели содержания йодтиронинов в сыворотке крови обследованных укладывались в референсные диапазоны. Тенденция к повышению концентрации св. T_3 при снижении св. T_4 указывает на усиление процессов периферической конверсии йодтиронинов у лиц с более высокими уровнями ТТГ.

По результатам ультразвукового исследования щитовидной железы у 18 женщин (72%) структурных нарушений и патологии не выявлено, у 5 (20%) – выявлены единичные или множественные кисты в разных локализациях.

циях органа, у 2 (8%) – щитовидная железа имеет признаки аутоиммунного тиреоидита с гиперплазией I степени и у 1 (4%) – узел щитовидной железы.

Заключение. Полученные данные указывают на необходимость исследования функционального состояния щитовидной железы в группах особого риска по формированию йоддефицитных заболеваний, особенно у женщин репродуктивного возраста, планирующих беременность и проживающих в условиях умеренного йодного дефицита.

Ключевые слова: щитовидная железа; тиреоидные гормоны; гипотиреоз; женщины; репродуктивный возраст; север

Для цитирования. Степанова Е.М. Тиреоидный статус женщин репродуктивного возраста, проживающих в условиях зобной эндемии // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. Т. 15, №5. С. 97-116. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-928

Original article

THYROID STATUS IN WOMEN OF REPRODUCTIVE AGE LIVING UNDER MILD IODINE DEFICIENCY CONDITIONS

E.M. Stepanova

Purpose. This study aimed to examine thyroid picture in twenty-five women of reproductive age (18-35 years old, mean age 27.28 ± 0.23 yrs) living in conditions of moderate iodine deficiency but being not diagnosed with obvious thyroid.

Materials and Methods. A Beckman Coulter Dx1800 analyzer was applied to perform a serum marker test for thyroid gland performance level with the immunochemiluminescent method using paramagnetic particles. A Toshiba Aplio 500 unit was used for thyroid gland ultrasound examination with a linear sensor.

Results. The pituitary-thyroid analysis showed no severe impairment in the examined women. Of all the 25 subjects, 8 women (32%) reported a normally high level of TSH (2.0–4.2 mME/L), which may indicate minimal thyroid insufficiency seen in its early, mild stage. We analyzed the content of hormones depending on the TSH variables, and found a statistically significant decrease in the integral thyroid index ITI ($p=0.0001$) in examinees with normally high TSH levels, which also indicated the initial stage of hypothyroidism, in spite of the individual blood serum iodothyronines lying within the reference ranges. The tendency to the raised free T_3 concentration with a fall in free T_4 showed a strong link to an increase in

the processes of peripheral conversion of iodothyronines in subjects with higher TSH levels.

By the thyroid gland ultrasound examination we revealed no structural disorders or pathologies in 18 of 25 women (72%); 5 women (20%) exhibited single or multiple cysts in different localities of the organ; 2 women (8%) demonstrated signs of autoimmune thyroiditis with grade 1 hyperplasia; and 1 woman (4%) had a nodule of the thyroid gland.

Conclusion. The research showed the necessity to conduct assessment studies on thyroid performance in groups at special risk for developing iodine deficit diseases, especially in women of reproductive age who are planning pregnancy and living in conditions of moderate iodine deficiency.

Keywords: thyroid gland; thyroid hormones; hypothyroidism; women; reproductive age; north

For citation. Stepanova E.M. Thyroid Status in Women of Reproductive Age Living under Mild Iodine Deficiency Conditions. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2023, vol. 15, no. 5, pp. 97-116. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-928

Введение

Постановлением Правительства Магаданской области № 1026-пп от 23.12.2021 г. утвержден Региональный проект Магаданской области «Репродуктивное здоровье», целью которого является обеспечение устойчивого прироста численности населения, в том числе посредством сохранения репродуктивного здоровья мужчин и женщин и повышения репродуктивного потенциала нации.

Репродуктивная система прямо взаимосвязана с функцией щитовидной железы [19, 30] общими центральными механизмами регуляции [2, 14, 22], с одной стороны, и присутствием специфических рецепторов тиреоидных гормонов в яичнике – с другой [6, 29, 33-34]. Дефицит тиреоидных гормонов приводит к выраженным изменениям синтеза, транспорта и периферических эффектов половых гормонов. При длительном дефиците гормонов щитовидной железы повышается уровень пролактина, что приводит к бесплодию, обусловленному хронической ановуляцией, нарушению процессов метаболизма эстрогенов, изменению менструального цикла, самопроизвольному прерыванию беременности [19]. Избыток гормонов щитовидной железы так же крайне неблагоприятно влияет на репродуктивную систему [3]. Имеется ряд работ, демонстрирующих неблагоприятное влияние повышенных уровней тиреотропного гормона,

даже в пределах нормативных значений, на репродуктивное здоровье женщин [6, 26, 28, 31]. Особое значение это имеет для женщин, проживающих в северной части России, к которой относится Магаданская область – зонноэндемичный регион [4, 9, 11, 25], где комплексное воздействие экстремальных природно-климатических факторов приводит к перенапряжению тиреоидной функции, снижению компенсаторных возможностей щитовидной железы и формированию гипотиреоидного статуса [25]. При этом пусковым звеном, создающим напряжение тиреоидной функции, служит йодный дефицит.

На сегодняшний день практически вся территория Российской Федерации является геохимической провинцией с разной степенью дефицита йода, и связано это, главным образом, с дефицитом микронутриента в рационе питания [10, 16, 18].

Исходя из аналитического отчета за период 2009-2018 гг. о динамике эпидемиологических показателей тиреоидной патологии у населения Российской Федерации, представленного в работе Е.А. Трошиной с соавт. [23] наблюдается статистически значимый рост распространенности различных форм зоба, тиреотоксикоза, синдрома йодной недостаточности, что рассматривается авторами, как компенсаторная реакция на сохраняющийся дефицит йода на территории страны. При этом географическая близость проживания человека к морю (наличие морских продуктов богатых йодом и насыщенность биосфера йодом) не является гарантией йодного благополучия. По данным [8] у населения некоторых островных и прибрежных государств отмечено нарушение функции щитовидной железы и проявление йоддефицитных заболеваний, что справедливо и для приморских территорий Магаданской области.

В работе И.В. Аверьяновой с соавт. [1] проведен сравнительный анализ макро- и микронутриентного профиля рациона питания юношей прибрежных зон Магаданской области и Чукотского автономного округа (ЧАО), который показал выраженный дефицит поступления с пищей йода (в рационе у 95% магаданцев и 55% европеоидов ЧАО), что связано, по предположению авторов, с уменьшением в рационе питания доли морепродуктов, прежде всего рыбы, а также выраженным дефицитом в рационе питания селена (у 98% магаданцев и 100% жителей ЧАО) – кофактора усвоения йода, играющего важную роль в оптимальном функционировании щитовидной железы [27]. Аналогичную картину демонстрируют результаты анонимного онлайн-анкетирования на платформе «Yandex Forms» Центра управления регионом в рамках реализации мероприятий по регионально-

му проекту «Репродуктивное здоровье» жителей Магаданской области, в котором приняли участие 183 респондента (163 женщины и 20 мужчин). Согласно опросу 50% и 44% респондентов всего несколько раз в месяц включают в рацион питания рыбу и морепродукты местного производства, соответственно, 38 и 23% – несколько раз в неделю, 7 и 6% – ежедневно, и 5 и 27% – не употребляют вовсе. Водоросли и продукты из морского зверя не употребляют в пищу 60 и 84% респондентов, соответственно, включают в рацион питания несколько раз в месяц – 32 и 13%, несколько раз в неделю – 7 и 3%, ежедневно в рационе всего 1% респондентов встречаются только водоросли. При этом, ранее проведенными нами исследованиями было показано, что морские гидробионты и растения акватории Охотского моря в пределах Магаданской области являются ценнейшим источником макро- и микроэлементов, удовлетворяющим в отдельных химических элементах более 100% суточной потребности, в том числе йода и селена [15, 32]. Все сказанное позволяет говорить о существовании повышенного риска недостаточного потребления йода у жителей Магаданской области.

Цель исследования – выявить особенности содержания гормонов гипоталамо-тиреоидной системы (ГГС) при разных уровнях тиреотропного гормона у женщин-северянок репродуктивного возраста, проживающих в зоне вторичного йодного дефицита (г. Магадан).

Материалы и методы

Работа выполнена в рамках реализации целей и задач проекта, поддержанного Правительством Магаданской области на конкурсе грантов в форме субсидий из областного бюджета молодым ученым. Группа обследуемых лиц была сформирована по принципу «максимального соматического здоровья», и включала в себя женщин репродуктивного возраста, проживающих в г. Магадане, согласно современной классификации возрастных категорий [17], находящихся в возрасте наивысшей репродуктивной активности 20–34 лет (средний возраст $27,28 \pm 0,23$ лет). Ценность исследования состояла именно в том, что все женщины, принявшие участие в исследовании, не имели установленной патологии репродуктивной и эндокринной систем организма, не выражали жалоб на репродуктивную сферу, у 60% есть дети периода первого и второго детства (4–12 лет), 40% лиц не задумывались еще о деторождении. Критериями исключения из исследования являлись: эндокринные и гинекологические заболевания, обострение хронических заболеваний, прием гормональных контрацептивов, препаратов, влияющих на функцию щитовидной железы, беременность, кормление грудью.

Исследование проведено в соответствии принципами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации 1964 г. с изменениями и дополнениями 2013 г., ФЗ N 323 «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» от 21.11.2011 г., ФЗ N 152 «О персональных данных» от 27.07.2006 г. Все обследуемые лица принимали участие в исследовании, подписывая добровольное информированное согласие. На основе анкетирования оценивали социально-демографический портрет обследуемых женщин (возраст, социальное положение, уроженец Севера, приезжий или коренной житель), определяли антропометрические данные (длина тела, масса тела), физиологическое состояние женщин (стадия менструального цикла, наступление менархе, длительность менструального цикла). Отмечали также некоторые социально значимые факторы, способные вызвать струмогенный эффект (например, профессиональное занятие спортом, курение и его стаж).

Иммунохемилюминесцентным методом с использованием парамагнитных частиц на анализаторе Dx1800, Beckman Coulter определяли сывороточный уровень маркеров функционального состояния щитовидной железы – тиреотропного гормона (ТТГ, референтные пределы 0,4-4,0 мкМЕ/мл), антител к рецептору ТТГ (АтТТГ, референтные пределы <1-отрицательный, ≥1-положительный), тироксина свободного (св. Т₄, референтные пределы 7,73-16,16 пмоль/л), тироксина (Т₄, референтные пределы 78,38-157,4 нмоль/л), трийодтиронина свободного (св. Т₃, референтные пределы 3,8-6,0 пмоль/л), трийодтиронина (Т₃, референтные пределы 1,34-2,73 нмоль/л), маркеров функционального состояния репродуктивной сферы – прогестерона (референтные пределы – 3,0-68,0 нмоль/л), эстрadiола (референтные пределы – 82,0-422,2 пмоль/л).

Ультразвуковое исследование щитовидной железы (ЩЖ) проводили на аппарате Toshiba Aplio 500 линейным датчиком. Предположение о наличии аутоиммунного тиреоидита делали при сочетании у обследуемого лица, по крайней мере, двух из трех диагностических критериев: диффузные изменения эхоструктуры ЩЖ, содержание ТТГ и/или антител к рецептору ТТГ, превышающее референсные величины для этих показателей.

Тиреоидный объем (ТО) рассчитывали по формуле J. Brunn (1981):

TO = ([длина*ширина*толщина] левой доли + [длина*ширина*толщина] правой доли) * 0,479 (в мл или см³). Согласно эпидемиологическим исследованиям в различных странах зобом у взрослых считается увели-

чение объема ЩЖ (по данным УЗИ) более 18 см³ для женщин и 25 см³ для мужчин [5, 12].

Для комплексной оценки тиреоидного статуса рассчитывали индексы, отражающие риски возникновения нарушений функционального состояния щитовидной железы [6, 13, 24]:

– интегральный тиреоидный индекс (ИТИ) – показатель баланса гормонов щитовидной железы по оси «гипофиз – железа – клетка», отношение уровней самих гормонов щитовидной железы к их гипофизарному регулятору:

$$\text{ИТИ} = (\text{св.}T_3 + \text{св.}T_4) / \text{TTГ};$$

– индекс периферической конверсии йодтиронинов (ИПК) – показатель тканевой конверсии тироксина (T₄) в трийодтиронин (T₃) определяли как отношение общих йодтиронинов:

$$\text{ИПК} = T_4 / T_3;$$

– индекс прогрессирующей периферической конверсии йодтиронинов (ИППК) – показатель тканевой конверсии свободных тироксина (T₄) в трийодтиронин (T₃) определяли как отношение свободных форм йодтиронинов:

$$\text{ИППК} = \text{св.}T_4 / \text{св.}T_3;$$

– T₃ / св. T₃ – доля свободной фракции трийодтиронина на фоне его общего содержания;

– T₄ / св. T₄ – доля свободной фракции тироксина на фоне его общего содержания;

– св. T₄/TTГ – индекс соответствия функции щитовидной железы функции гипофиза.

Для анализа содержания гормонов и линейных параметров щитовидной железы при разных уровнях ТТГ выделены следующие группы: 1-ая группа (n=17) – женщины со значениями ТТГ 0,5-2,0 мМЕ/л (низко нормальный уровень ТТГ) и 2-ая группа (n=8) – лица со значениями ТТГ 2,0-4,2 мМЕ/л (высоко нормальный уровень ТТГ).

Характер распределения определяли по критерию Колмогорова-Смирнова. В соответствии с характером распределения был выбран параметрический метод статистического анализа. Результаты представляли в виде средних величин стандартного отклонения (M±σ), минимального значения (min) и максимального значения в выборке (max). При парном сравнении показателей применяли t-критерий Стьюдента. Уровень значимости различий считали достоверным при p<0,05. Для изучения степени взаимосвязи параметров рассчитывали коэффициент корреляции Пирсона.

Результаты и обсуждение

Анализ функционального состояния гипофизарно-тиреоидной системы у женщин-северянок репродуктивного возраста, не имеющих установленной патологии щитовидной железы и проживающих в зоне вторичного йодного дефицита. Из 25 обследованных женщин репродуктивного возраста уровни ТТГ более 2,0 мМЕ/л обнаружены у 8 (32%), что может свидетельствовать о минимальной тиреоидной недостаточности, ранней по срокам возникновения и наиболее легкой по степени тяжести, 17 человек (68%) имели низко нормальный уровень ТТГ.

Статистические показатели информативных маркеров состояния гипофизарно-тиреоидной системы в зависимости от значения уровня ТТГ представлены в таблице.

Таблица 1.
Тиреоидный статус женщин репродуктивного возраста г. Магадана

Гормоны ГТС	1-ая группа			2-я группа		
	M±σ	min	max	M±σ	min	max
ТТГ*	1,5±0,3	1,1	2,0	2,9±0,7	2,1	4,1
АтТТГ	0,4±0,3	0,1	1,0	0,3±0,3	0,1	0,8
T ₃	1,8±0,2	1,4	2,3	1,9±0,2	1,5	2,2
св.T ₃	5,0±0,5	4,0	6,2	5,3±0,8	4,4	6,4
T ₄	110,5±17,2	74,1	143,4	108,6±20,2	88,9	152,3
св.T ₄	10,8±1,4	8,5	13,4	10,5±1,6	8,1	14,0
ИТИ* (св.T ₃ +св.T ₄)/ТТГ	10,6±2,5	7,0	15,2	5,9±1,5	3,5	8,3
ИПК (T ₄ /T ₃)	61,4±11,2	46,3	87,5	58,6±7,4	49,3	69,2
ИпПК (св.T ₄ /св.T ₃)	2,2±0,3	1,7	2,8	2,1±0,2	1,7	2,4
св.T ₄ /ТТГ*	7,3±1,7	4,8	10,5	4,0±1,0	2,2	5,6
T ₄ /св.T ₄	10,3±1,7	6,4	13,8	10,1±2,0	8,1	13,3
T ₃ /св.T ₃	0,4±0,0	0,3	0,4	0,4±0,0	0,3	0,4

Примечание: здесь и далее ГТС – гипофизарно-тиреоидная система, ТТГ – тиреотропный гормон, АтТТГ – антитела к рецептору ТТГ, T₃ – трийодтиронин, св.T₃ – трийодтиронин свободный, T₄ – тироксин, св. T₄ – тироксин свободный, ИТИ – интегральный тиреоидный индекс, ИПК – индекс периферической конверсии йодтиронинов, ИпПК – индекс прогрессирующей периферической конверсии йодтиронинов, M – среднее значение, σ – среднеквадратическое отклонение, min – минимальное групповое значение, max – максимальное групповое значение, * – значения статистически значимы при p=0,0001.

Как видно из представленных в таблице данных, у женщин с высоко нормальным уровнем ТТГ характерны более низкие значения ИТИ, ИПК,

ИпПК, чем у лиц с низко нормальным уровнем ТТГ, что может свидетельствовать о снижении периферической конверсии йодтиронинов в тканях у женщин с более высоким уровнем ТТГ. При этом ИТИ у них также ниже нормативного диапазона (7,04–27,21), что может являться одним из механизмов приспособительной компенсации тиреоидной системы к эндемическому дефициту йода в пищевом рационе.

Основная доля средне групповых определяемых сывороточных показателей находилась в границах референсных интервалов, и не находила межгрупповых статистически значимых различий. На индивидуальном уровне во 2-ой группе выявлен высокий уровень T_3 у одной женщины, в 1-ой группе – высокий уровень T_4 у одной женщины и ниже нормы – у одной.

Определенный интерес представляют расчетные индексы, которые выступают как информативные маркеры функционального состояния гипофизарно-тиреоидной системы. У 88% женщин с показателем ТТГ больше 2,0 мМЕ/л наблюдались низкие значения интегрального тиреоидного индекса, при этом среднегрупповое значение было также статистически значимо ниже показателя в группе женщин с низко нормальным уровнем ТТГ ($p=0,0001$). Индекс соответствия функции щитовидной железы функции гипофиза (св. T_4 /ТТГ) также статистически значимо ниже у женщин во 2-ой группе ($p=0,0001$). Доля свободных фракций T_3 и T_4 на фоне их общего содержания, не имеет статистически значимых различий, но очевидна тенденция к повышению концентрации св. T_3 , при снижении св. T_4 , что также отражает начальные стадии гипотиреоза, с одной стороны, и соотносится с необходимостью адаптации к более экстремальным климато-географическим условиям проживания человека на севере, с другой [5, 12, 20].

В таблице 2 представлены структурные линейные параметры щитовидной железы у обследованных женщин.

У всех обследуемых щитовидная железа была расположена в типичном месте, имела двух долевое строение, с ровными четкими контурами, нормальной ваккуляризации. Статистически значимых межгрупповых различий в линейных параметрах щитовидной железы у женщин с разным уровнем ТТГ не выявлено. Вместе с тем, на индивидуальном уровне, у женщин с низко нормальным уровнем ТТГ в 3-х случаях выявлены единичные и множественные кисты, в одном случае – узел в левой ножке перешейка, в 2-х – обнаружена гиперплазия щитовидной железы с признаками аутоиммунного тиреоидита, у 2-х женщин при отсутствии структурных изменений в щитовидной железе отмечена ее гипотрофия ($V<6,0 \text{ см}^3$). В группе обследуемых с высоко нормальным уровнем ТТГ в 2-х случаях отмечены кисты правой доли щитовидной железы.

Таблица 2.

**Структурные параметры щитовидной железы у женщин
репродуктивного возраста г. Магадана ($M \pm \sigma$)**

Линейные параметры	1-я группа	2-я группа
Правая доля		
– толщина, см	1,5±0,3	1,5±0,2
– длина, см	4,7±0,8	4,5±0,4
– ширина, см	1,6±0,3	1,5±0,2
– объем, см ³	6,1±2,4	5,4±1,5
Левая доля		
– толщина, см	1,3±0,3	1,4±0,2
– длина, см	4,6±0,8	4,2±0,2
– ширина, см	1,6±0,3	1,4±0,2
– объем, см ³	5,4±1,0	4,3±0,7
Перешеек, см	0,3±0,1	0,3±0,1
Тиреоидный объем, см ³	11,3±5,2	9,7±2,1

Анализ корреляционных взаимосвязей между изучаемыми параметрами гипофизарно-тиреоидной системы, тиреоидным объемом (ТО) и расчетными индексами у женщин репродуктивного возраста представлены на рисунке.

1-я группа

2-я группа

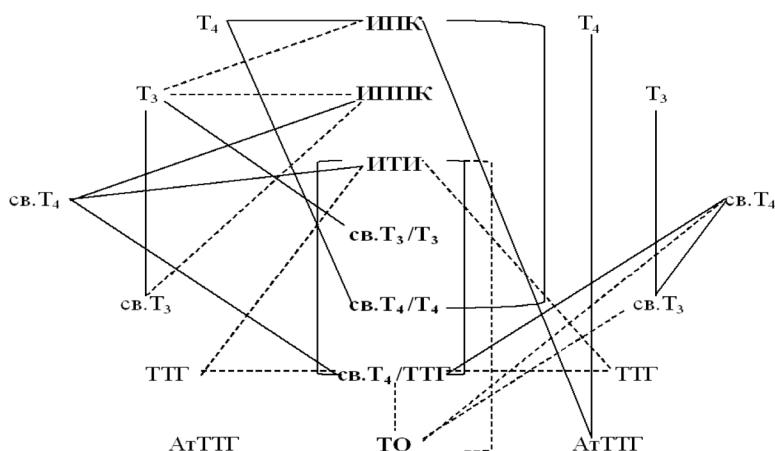


Рис. Матрица корреляционных взаимосвязей между изучаемыми параметрами гипофизарно-тиреоидной системы, тиреоидным объемом (TO) и расчетными индексами у женщин репродуктивного возраста

В структуре корреляционных взаимоотношений выявлены как сходства, так и различия у женщин с разным уровнем ТТГ. Так, в обеих группах наблюдалась корреляционные связи уровня ТТГ с ИТИ ($r=-0,898$, $p<0,001$ и $r=-0,911$, $p<0,001$ в 1-ой и 2-й группах, соответственно) и соотношением св. T_4 /ТТГ ($r=-0,837$, $p<0,001$ и $r=-0,893$, $p<0,001$), ИТИ с соотношением св. T_4 /ТТГ ($r=0,979$, $p<0,001$ и $r=0,993$, $p<0,001$), св. T_3 со св. T_3 ($r=0,558$, $p<0,05$ и $r=0,723$, $p<0,05$), св. T_4 с соотношением св. T_4 /ТТГ ($r=0,660$, $p<0,001$ и $r=0,711$, $p<0,001$). В 1-ой группе, в отличие от 2-й группы, ИТИ, ИПК, ИпПК, св. T_4 /ТТГ образуют сильные связи с общими и свободными фракциями йодтиронинов: ИТИ со св. T_4 ($r=0,541$, $p<0,05$), ИПК с св. T_3 и св. T_4 ($r=-0,513$, $p<0,05$ и $r=0,641$, $p<0,001$, соответственно), ИпПК со св. T_3 и св. T_4 ($r=-0,541$, $p<0,05$ и $r=0,724$, $p<0,001$, соответственно), св. T_4 /ТТГ с св. T_4 и св. T_4 ($r=0,721$, $p<0,001$ и $r=-0,488$, $p<0,05$, соответственно). Во 2-ой же группе, выявлена тесная положительная статистически значимая на уровне $p<0,001$ корреляционная связь между АтТТГ, св. T_4 ($r=0,842$) и ИПК ($r=0,736$); св. T_3 и св. T_4 ($r=0,726$); ИПК со св. T_4 /ТТГ ($r=0,726$). Следует отметить, что корреляционные связи изучаемых антител (АтТТГ) и гормонов гипофизарно-тиреоидной системы обнаружены только в группе женщин, уровень ТТГ которых был высоко нормальным. У них же в структуре корреляционных взаимоотношений обнаружено наличие тесной обратной статистически значимой (при $p<0,05$) связи тиреоидного объема щитовидной железы со свободными фракциями йодтиронинов: св. T_3 и св. T_4 ($r=-0,734$ и $r=-0,732$, соответственно), и ИТИ и соотношением св. T_4 /ТТГ ($r=-0,735$ и $r=-0,731$).

Выводы

1. Анализ функционального состояния гипофизарно-тиреоидной системы у женщин г. Магадана, проживающих в зоне вторичного йодного дефицита, не выявил грубых нарушений. Однако у 32% обнаружен нормально высокий уровень ТТГ (2,0-4,2 мМЕ/л), что может свидетельствовать о минимальной тиреоидной недостаточности, ранней по срокам возникновения и наиболее легкой по степени тяжести. Статистически значимое снижение ИТИ у этих женщин также свидетельствует о начальной стадии гипотиреоза, несмотря на то, что индивидуальные показатели содержания йодтиронинов в сыворотке крови обследованных укладывались в референсные диапазоны. Тенденция к повышению концентрации св. T_3 при снижении св. T_4 указывает на усиление процессов перифирической конверсии йодтиронинов у лиц с более высокими уровнями ТТГ.

2. Результаты проведенного исследования позволяют считать расчетные показатели ИТИ, ИПК, ИпПК и соотношения св. T_4 /ТТГ, Т₄/св.Т₄, Т₄/св.Т₄ целесообразными параметрами для определения гомеостаза щитовидной железы.

3. Наши результаты по большей части согласуются с научными данными других авторов и указывают на необходимость исследования функционального состояния щитовидной железы в группах особого риска по формированию йоддефицитных заболеваний, особенно у женщин репродуктивного возраста, планирующих беременность и проживающих в зоне вторичного йодного дефицита. Необходимым условием для проведения скрининга асимптоматической гипотироксинемии у таких женщин является сужение диапазона нормы для уровня ТТГ до 2,0 мМЕ/л.

4. Полученные данные будут доведены до сведения Министерства здравоохранения и демографической политики с обоснованием необходимости включения, в рамках реализации мероприятий по Региональному проекту «Репродуктивное здоровье», в Сертификат молодоженов помимо определения сывороточных концентраций антимюллевова гормона, ТТГ и пролактина, еще и свободных фракций йодтиронинов (св. Т₃ и св. Т₄), а также для оценки структурно-объемных параметров тиреоидной ткани – ультразвукового исследования щитовидной железы.

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Магаданской области: конкурс грантов в форме субсидий из областного бюджета молодым ученым.

Список литературы

1. Аверьянова И.В., Вдовенко С.И. Сравнительный анализ макро- и микро- нутриентного профиля рациона питания юношей северо-востока России // Социальные аспекты здоровья населения. 2021. № 67(2). <https://doi.org/10.21045/2071-5021-2021-67-2-13>
2. Бесплодие и гипотиреоз / Перминова С.Г., Ибрагимова М.Х., Назаренко Т.А., Каширова Т.В., Фадеев В.В. // Проблемы женского здоровья. 2008. № 3(2). С. 65-75.
3. Варламова Т.М., Соколова М.Ю. Репродуктивное здоровье женщины и недостаточность функции щитовидной железы // Гинекология. 2004. Т.6, №1. С.29-31.
4. Горбачев А.Л., Ефимова А.В., Луговая Е.А. Эндемический зоб у детей г. Магадана. Эпидемиология, экологические факторы. Магадан: Изд-во СМУ, 2004. 106 с.

5. Горенко И.Н., Киприянова К.Е., Типисова Е.В. Тиреоидные гормоны и уровень антител у здоровых жителей Архангельской области // Экология человека. 2018. № 9. С. 36-41. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2018-9-36-41>
6. Гормональный профиль жительниц Европейского Севера с разными уровнями тиреотропного гормона / Елфимова А.Э., Типисова Е.В., Молодовская И.Н., Аликина В.А. // Проблемы репродукции. 2021. № 27(3). С. 49-57. <https://doi.org/10.17116/repro20212703149>
7. Дедов В.И., Дедов И.И., Степаненко В.Ф. Радиационная эндокринология. М., 1993. 20 с.
8. Дефицит йода – угроза здоровью и развитию детей России. Пути решения проблемы / Дедов И.И., Мельниченко Г.А., Трошина Е.А. и др. // Национальный доклад. М., 2006. 124 с.
9. Инвариантны морфометрической нормы щитовидной железы у взрослого населения Магаданского региона / Максимов А.Л., Горбачев А.Л., Ефимова А.В., Курьянов А.В. // Науч.-практ. рекомендации. Магадан: МНИЦ «Арктика» СВНЦ ДВО РАН, 2000. 51 с.
10. Йододефицитные заболевания щитовидной железы в Российской Федерации: современное состояние проблемы. Аналитический обзор публикаций и данных официальной государственной статистики (Росстат) / Мельниченко Г.А., Трошина Е.А., Платонова Н.М. и др. // Consilium Medicum. 2019. № 21(4). С. 14-20. <https://doi.org/10.26442/20751753.2019.4.190337>
11. Йодный дефицит и эндемический зоб у детей различных районов Магаданской области / Горбачев А.Л., Луговая Е.А., Пермякова И.Ю. Агеенко К.И. // Вестник СВГУ. 2012. № 18. С. 36-40.
12. Касаткина Э.П., Шилин Д.Е., Ибрагимова Г.В. Анализ современных рекомендаций и критериев Всемирной организации здравоохранения по оценке йоддефицитных состояний // Проблемы эндокринологии. 1997. Т. 43, № 4. С. 3-6.
13. Лабораторная диагностика заболеваний щитовидной железы. Информационное письмо для врачей ЛПУ ХМАО – Югры. URL: http://www.okd.ru/doctor/informational_letter/doc/letter_1.pdf (дата обращения: 05.06.2023).
14. Леонова З.А., Флоренсов В.В. Синтез и функции женских половых гормонов // Сибирский медицинский журнал. 2013. № 117(2). С. 10-13.
15. Луговая Е.А., Степанова Е.М. Оценка нутриентной обеспеченности жителей Севера с учетом содержания макро- и микроэлементов в пищевых продуктах // Вопросы питания. 2015. № 84 (2). С. 44-52.
16. Похилюк Н.В., Горбачев А.Л., Киричук А.А. Особенности развития эндемии зоба у жителей приморских районов Магаданской области // Современ-

- ная наука: актуальные проблемы теории и практики». Серия: Естественные и технические науки. 2023. №5. С. 158-162. <https://doi.org/10.37882/2223-2966.2023.05.27>
17. Рахматова Д., Кароматов И.Д. Фитотерапия в профилактике и лечении предменструального синдрома // Биология и интегративная медицина. 2018. № 11 (28). С. 93-104.
18. Роль питания в профилактике и коррекции йододефицитных состояний на эндемичной территории / Суплотова Л.А., Макарова О.Б., Шарухо Г.В., Ковальжина Л.С. // Вопросы питания. 2018. № 87(5). С. 27-36. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10050>
19. Семенея И.Н. Функциональное значение щитовидной железы // Успехи физиологических наук. 2004. Т. 32., № 2. С.41-56.
20. Соотношение гормонов гипофизарно-тиреоидной системы, дофамина и цАМФ у жителей Европейского и Азиатского Севера / Горенко И.Н., Типисова Е.В., Попкова В.А., Елфимова А.Э. // Журнал медико-биологических исследований. 2019. Т. 7, № 2. С. 140-150. <https://doi.org/10.17238/issn2542-1298.2019.7.2.140>
21. Сошникова Н.В., Куделькина Н.А., Зинчук С.Ф. Особенности и факторы риска тиреоидной патологии у железнодорожников Западной Сибири (клинико-эпидемиологическое исследование) // Бюлл. СО РАМН. 2007. № 6. 84-90.
22. Тотоян Э.С. Репродуктивная функция женщин при патологии щитовидной железы // Акушерство и гинекология. 1994. № 70(1). С. 8-11.
23. Трошина Е.А., Платонова Н.М., Панфилова Е.А. Аналитический обзор результатов мониторинга основных эпидемиологических характеристик йододефицитных заболеваний у населения Российской Федерации за период 2009–2018 гг. // Проблемы эндокринологии. 2021. Т. 67. №2. С. 10-19. <https://doi.org/10.14341/probl12433>
24. Чудинова Е.Л. Закономерности изменений функционального состояния системы нейроэндокринной регуляции у женщин репродуктивного возраста, больных вирусными гепатитами: Дис. ... канд. мед. наук. Иркутск, 2015. 119 с.
25. Эффективность пептидного биорегулятора при коррекции пониженной функции щитовидной железы у жителей Магаданского региона / Горбачев А.Л., Луговая Е.А., Рыжак Г.А., Хавинсон В.Х. // Успехи геронтол. 2005. Вып. 16. С. 80-87.
26. Donor TSH level is associated with clinical pregnancy among oocyte donation cycles / Karmon A.E., Cardozo E.R., Souter I., Gold J., Petrozza J.C., Styer A.K.

- // Journal of Assisted Reproduction and Genetics. 2016. no. 33(4). P. 489-494.
<https://doi.org/10.1007/s10815-016-0668-6>
27. Duntas L.H., Mantzou E., Koutras D.A. Effects of six-month treatment selenium in patients with autoimmune thyroiditis // European Journal of Endocrinology. 2003. No (148). P. 389-393.
28. Hypothyroidism among infertile women in Finland / Arojoki M, Jokimaa V, Juuti A, Koskinen P, Irlala K, Anttila L. // Gynecological Endocrinology. 2000. no. 14(2). P. 127-131. <https://doi.org/10.3109/09513590009167671>
29. Molecular basis of thyrotropin and thyroid hormone action during implantation and early development / Colicchia M, Campagnolo L, Baldini E, Ulisse S, Valensise H, Moretti C. // Human Reproduction Update. 2014 no. 20(6). P. 884-904. <https://doi.org/10.1093/humupd/dmu028>
30. Redmond G.P. Thyroid dysfunction and women's reproductive health // Thyroid. 2006. no 1. Pp. 5-15.
31. Serum prolactin and TSH in an in vitro fertilization population: is there a link between fertilization and thyroid function / Cramer D.W., Sluss P.M., Powers R.D., McShane P., Ginsburgs E.S., Hornstein M.D., Vitonis A.F., Barbieri R.L. // Journal of Assisted Reproduction and Genetics. 2003. no. 20(6). P. 210-215. <https://doi.org/10.1023/a:1024151210536>
32. Stepanova E.M., Lugovaya E.A. Macro- and microelements in some species of marine life from the Sea of Okhotsk // Foods and Raw Materials. 2021. T. 9. № 2. P. 302-309. DOI: 10.21603/2308-4057-2021-2-302-309
33. Thyroid hormones in human follicular fluid and thyroid hormone receptors in human granulosa cells / Wakim A.N., Polizotto S.L., Buffo M.J., Marrero M.A., Burholt D.R. // Fertility and Sterility. 1993. no. 59(6). P. 1187-1190. [https://doi.org/10.1016/s0015-0282\(16\)55974-3](https://doi.org/10.1016/s0015-0282(16)55974-3)
34. Triiodothyronine (T3) modulates hCG1 regulated progesterone secretion, cAMP accumulation and DNA content in cultured human luteinized granulosa cells / Goldman S., Dirnfeld M., Abramovici H., Kraiem Z. // Molecular and Cellular Endocrinology. 1993. no. 96(1-2). P.125-131. [https://doi.org/10.1016/0303-7207\(93\)90102-p](https://doi.org/10.1016/0303-7207(93)90102-p)

References

1. Averyanova I.V., Vdovenko S.I. Sravnitel'nyj analiz makro- i mikronutrientnogo profilya raciona pitaniya yunoshej severo-vostoka Rossii [Comparative analysis of macro- and micronutrient profile of young males in the Russian northeast]. *Social'nye aspekty zdorov'ya naseleniya* [Social aspects of population health] [serial online], 2021, vol. 67, no. 2. <https://doi.org/10.21045/2071-5021-2021-67-2-13>

2. Besplodie i gipotireoz [Infertility and hypothyroidism.] / Perminova S.G., Ibragimova M.X., Nazarenko T.A., Kashirova T.V., Fadeev V.V. *Problemy zhenskogo zdorov'ya* [Problems of women health], 2008, no. 3(2), pp. 65-75.
3. Varlamova T.M., Sokolova M.Yu. Reproduktivnoe zdorov'e zhenshhiny' i nedostatochnost' funktsii shhitovidnoj zhelezy' [Reproductive health of a woman and insufficiency of thyroid function]. *Ginekologiya* [Gynecology], 2004, vol. 6, no. 1, pp. 29-31.
4. Gorbachev A.L., Efimova A.V., Lugovaya E.A. *Endemicheskij zob u detej g. Magadana. Epidemiologiya, ekologicheskie faktory* [Endemic goiter in children of the city of Magadan. Epidemiology, environmental factors]. Magadan: Publishing House of the NIU, 2004, 106 p.
5. Gorenko I.N., Kipriyanova K.E., Tipisova E.V. Tireoidny'e gormony' i uroven' antitel u zdorovyx zhitelej Arxangel'skoj oblasti [Thyroid Hormones and Antibody Level in Healthy Residents of the Arkhangelsk Region]. *E'kologiya cheloveka* [Human Ecology], 2018, no. 9, pp. 36-41. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2018-9-36-41>
6. Gormonal'nyj profil' zhitelej Evropejskogo Severa s raznymi urovnyami tireotropnogo gormona [Hormonal profile of residents of the European North with different TSH levels / Elfimova A.E., Tipisova E.V., Molodovskaya I.N., Alikina V.A. *Problemy Reproduktsii* [Russian Journal of Human Reproduction], 2021, no. 27(3), pp. 49-57. <https://doi.org/10.17116/repro20212703149>
7. Dedov V.I., Dedov I.I., Stepanenko V.F. *Radiacionnaya endokrinologiya* [Radiation Endocrinology], M., 1993, 20 p.
8. Deficit joda – ugroza zdorov'yu i razvitiyu detej Rossii. Puti resheniya problemy [Iodine deficiency is a threat to the health and development of Russia's children. Ways to solve the problem] / Dedov I.I., Melnichenko G.A., Troshina E.A. et al. *Nacional'nyj doklad* [National Report], M., 2006, 124 p.
9. Invariante morfometricheskoy normy shhitovidnoj zhelezy u vzroslogo naseleniya Magadanskogo regiona [Invariants of the thyroid gland morphometric norm in the adult population of the Magadan Region] / Maximov A.L., Gorbachev A.L., Efimova A.V., Kuryanov A.V. *Nauch.-prakt. rekomendacii* [Sci. Pract. Recommendations]. Magadan: ISRC "Arktika", NESC FEB RAS, 2000, 51 p.
10. Jododeficitnye zabolevaniya shhitovidnoj zhelezy v Rossijskoj Federacii: sovremennoe sostoyanie problemy. Analiticheskij obzor publikacij i dannyyh oficial'noj gosudarstvennoj statistiki (Rosstat) [Iodine deficiency thyroid disease in the Russian Federation: the current state of the problem. Analytical review of publications and data of official state statistics (Rosstat)] / Melnichenko G.A.,

- Troshina E.A., Platonova N.M. et al. *Consilium Medicum*, 2019, vol. 21, no. (4), pp. 14-20. <https://doi.org/10.26442/20751753.2019.4.190337>
11. Jodnyj deficit i endemicheskij zob u detej razlichnyh rajonov Magadanskoj oblasti [Iodine deficiency and endemic goiter in children of different districts of the Magadan Region] / Gorbachev A.L., Lugovaya E.A., Permyakova I.Yu. Ageenko K.I. *Vestnik SVGU* [Vestnik NESU], 2012, no. 18, pp. 36-40.
12. Kasatkina E.P., Shilin D.E., Ibragimova G.V. Analiz sovremennoj rekomenedacij i kriteriev Vsemirnoj organizacii zdravooxraneniya po ocenke joddeficitnyj sostoyanij [An analysis of the current recommendations and criteria of the World Health Organization in assessing of iodine deficiency disorders]. *Problemy e`ndokrinologii* [Problems of Endocrinology], 1997, vol. 43, no. 4, pp. 3-6.
13. *Laboratornaya diagnostika zabolevanij shhitovidnoj zhelezы*. Informacionnoe pis'mo dlya vrachej LPU XMAO – Yugry' [Laboratory diagnostics of thyroid gland diseases. Informational letter for the doctors of the medical institution of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra], URL: http://www.okd.ru/doctor/informational_letter/doc/letter_1.pdf
14. Leonova Z.A., Florensov V.V. Sintez i funkciij zhenskix polovyj gormonov [Synthesis and functions of female sex hormones.]. *Sibirskij medicinskij zhurnal* [Siberian Medical Journal], 2013, no. 117(2), pp. 10-13.
15. Lugovaya E.A., Stepanova E.M. Ocenka nutrientnoj obespechennosti zhitelej Severa s uchetom soderzhaniya makro- i mikroelementov v pishchevyh produktah [Assessment of Nutritional Provision of the Inhabitants of the North Accounting for the Amount of Macro- and Microelements in Food Products]. *Voprosy pitaniya* [Nutrition Issues], 2015, vol. 84, no. 2, pp. 44-52.
16. Pokhilyuk N.V., Gorbachev A.L., Kirichuk A.A. Osobennosti razvitiya endemii zoba u zhitelej primorskikh rajonov Magadanskoj oblasti [Specific features of the development of endemic goiter in residents of the coastal districts of the Magadan Region]. *Modern science: relevant problems of theory and practice. Series: Natural and Technical Sciences*, 2023, no. 5, pp. 158-162. <https://doi.org/10.37882/2223-2966.2023.05.27>
17. Raxmatova D., Karomatov I.D. Fitoterapiya v profilaktike i lechenii predmenstrual'nogo sindroma [Phytotherapy in prevention and treatment of the premenstrual syndrome]. *Biologiya i integrativnaya medicina* [Biology and Integrative Medicine], 2018, no. 11 (28), pp. 93-104.
18. Rol' pitaniya v profilaktike i korrekcijsj jododeficitnyh sostoyanij na endemichnoj territorii [The role of food in prevention and correction of iodine deficiency in the endemic territory] / Suplotova L.A., Makarova O.B., Sharukho G.V.,

- Kovalzhina L.S. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition], 2018, vol. 87, no. (5), pp. 27-36. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10050>
19. Semenaya I.N. Funkcional'noe znachenie shhitovidnoj zhelezy` [Functional Significance of the Thyroid Gland]. *Uspexi fiziologicheskix nauk* [Phys. Usp.], 2004, vol. 32, no. 2, pp. 41-56.
20. Sootnoshenie gormonov gipofizarno-tireoidnoj sistemy`, dofamina i czAMF u zhitej Evropejskogo i Aziatskogo Severa [Ratios of the Hormones of the Pituitary–Thyroid Axis, Dopamine and cAMP in Residents of the European and Asian North of Russia] / Gorenko I.N., Tipisova E.V., Popkova V.A., El'fimova A.E. *Zhurnal mediko-biologicheskix issledovanij* [Journal of Medical and Biological Research], 2019, vol. 7, no. 2, pp. 140-150. <https://doi.org/10.17238/issn2542-1298.2019.7.2.140>
21. Soshnikova N.V., Kudel'kina N.A., Zinchuk S.F. Osobennosti i faktory` riska tireoidnoj patologii u zheleznodorozhnikov Zapadnoj Sibiri (kliniko-epidemiologicheskoe issledovanie) [Features and risk factors of thyroid pathology in a railroadworker population (klinic-epidemiological study)]. *Byull. SO RAMN* [Siberian Scientific Medical Journal], 2007, no. (6), pp. 84-90.
22. Totoyan E.S. Reproduktivnaya funkciya zhenshhin pri patologii shhitovidnoj zhelezy` [Reproductive function of women with thyroid pathology]. *Akusherstvo i ginekologiya* [Obstetrics and Gynecology], 1994, no. 70(1), pp. 8-11.
23. Troshina EA, Platonova NM, Panfilova EA. Analiticheskij obzor rezul'tatov monitoringa osnovnyh epidemiologicheskikh harakteristik jododeficitnyh zabolevanij u naseleniya Rossijskoj Federacii za period 2009–2018 gg. [Dynamics of epidemiological indicators of thyroid pathology in the population of the Russian Federation: analytical report for the period 2009–2018]. *Problemy endokrinologii* [Problems of Endocrinology], 2021, vol. 67, no. 2, pp. 10-19. <https://doi.org/10.14341/probl12433>
24. Chudinova E.L. *Zakonomernosti izmenenij funkcionarnogo sostoyaniya sistemy` nejroe`ndokrinnoj reguljacyii u zhenshhin reproduktivnogo vozrasta, bol`nyx virusnyx mi hepatitami* [Patterns of changes in the functional state of the neuroendocrine regulation system in women of reproductive age diagnosed with viral hepatitis: Dis. Candidate of Medical Sciences]. Irkutsk, 2015, 119 p.
25. Effektivnost' peptidnogo bioregulyatora pri korrekciyi ponizhennoj funkciyi shhitovidnoj zhelezy u zhitej Magadanskogo regiona [Peptide bioregulator efficacy in the correction of reduced thyroid gland function in the residents of Magadan region] / Gorbachev A.L., Lugovaya E.A., Ryzhak G.A., Havinson V.H. *Uspekhi gerontologii* [Adv. Gerontol.], 2005, vol. 16, pp. 80-87.

26. Donor TSH level is associated with clinical pregnancy among oocyte donation cycles / Karmon A.E., Cardozo E.R., Souter I., Gold J., Petrozza J.C., Styer A.K. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*, 2016, no. 33(4), pp. 489-494. <https://doi.org/10.1007/s10815-016-0668-6>
27. Duntas L.H., Mantzou E., Koutras D.A. Effects of six-month treatment selenium in patients with autoimmune thyroiditis. *European Journal of Endocrinology*, 2003, no (148), pp. 389-393.
28. Hypothyroidism among infertile women in Finland / Arojoki M, Jokimaa V, Juuti A, Koskinen P, Irjala K, Anttila L. *Gynecological Endocrinology*, 2000, no. 14(2), pp. 127-131. <https://doi.org/10.3109/09513590009167671>
29. Molecular basis of thyrotropin and thyroid hormone action during implantation and early development / Colicchia M, Campagnolo L, Baldini E, Ulisse S, Valensise H, Moretti C. *Human Reproduction Update*, 2014, no. 20(6), pp. 884-904. <https://doi.org/10.1093/humupd/dmu028>
30. Redmond G.P. Thyroid dysfunction and women's reproductive health. *Thyroid*, 2006, no. 1, pp. 5-15.
31. Serum prolactin and TSH in an in vitro fertilization population: is there a link between fertilization and thyroid function / Cramer D.W., Sluss P.M., Powers R.D., McShane P., Ginsburgs E.S., Hornstein M.D., Vitonis A.F., Barbieri R.L. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*, 2003, no. 20(6), pp. 210-215. <https://doi.org/10.1023/a:1024151210536>
32. Stepanova E.M., Lugovaya E.A. Macro- and microelements in some species of marine life from the Sea of Okhotsk. *Foods and Raw Materials*, 2021, vol. 9, no. 2, pp. 302-309. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2021-2-302-309>
33. Thyroid hormones in human follicular fluid and thyroid hormone receptors in human granulosa cells / Wakim A.N., Polizotto S.L., Buffo M.J., Marrero M.A., Burholt D.R. *Fertility and Sterility*, 1993, no. 59(6), pp. 1187-1190. [https://doi.org/10.1016/s0015-0282\(16\)55974-3](https://doi.org/10.1016/s0015-0282(16)55974-3)
34. Triiodothyronine (T3) modulates hCG1 regulated progesterone secretion, cAMP accumulation and DNA content in cultured human luteinized granulosa cells / Goldman S., Dirmfeld M., Abramovici H., Kraiem Z. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 1993, no. 96(1-2), pp. 125-131. [https://doi.org/10.1016/0303-7207\(93\)90102-p](https://doi.org/10.1016/0303-7207(93)90102-p)

ДАННЫЕ ОБ АВТОРЕ

Степанова Евгения Михайловна, научный сотрудник группы биоэлементологии и функциональной морфологии
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Национально-исследовательский центр «Арктика» Дальневосточного отделения Российской академии наук

np. K. Marksа, 24, г. Магадан, 685000, Российская Федерация
at-evgenia@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHOR

Evgenia M. Stepanova, Researcher, Bioelementology and Functional Morphology Group

Scientific Research Center «Arktika» Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences

24, Karl Marks Str., Magadan, 685000, Russian Federation
at-evgenia@mail.ru

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2223-1358>

ResearcherID: AAR-7209-2020

Scopus Author ID: 56727790700

Поступила 01.09.2023

Received 01.09.2023

После рецензирования 20.10.2023

Revised 20.10.2023

Принята 30.10.2023

Accepted 30.10.2023

DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-929

УДК 612.8:615.2



Научная статья

ИЗУЧЕНИЕ СТРЕСС-ПРОТЕКТИВНОГО И АНКСИОЛИТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЙ ЭКСТРАКТА SCUTELLARIA BAICALENSIS GEORGI В УСЛОВИЯХ «СОЦИАЛЬНОГО» СТРЕССА

B. В. Уранова, Н. А. Ломтева, О. Н. Кулешова

Обоснование. Поиск природных адаптогенов является перспективным за счет возможности расширения спектра лекарственных средств, которые способствуют адаптации организма к неблагоприятным факторам внешней среды.

Цель. Провести изучение стресс-протективного и анксиолитического действия экстракта *Scutellaria baicalensis Georgi* в условиях «социального» стресса.

Материалы и методы. В работе использовали экстракт *Scutellaria baicalensis Georgi*. Изучение стресс-протекторного и анксиолитического действия экстракта проводили на 84 самцах нелинейных крыс в возрасте 7-9 месяцев. Первый этап эксперимента предполагал изучение фармакологических действий в отсутствии стресса, а на втором в условиях «социального» стресса на животных определяли ожидаемые эффекты, в группах которых были выявлены особи доминантного и субмиссивного типов поведения. Определение содержания кортикостерона, адреналина и норадреналина (нмоль/л) проводили иммуноферментным методом.

Результаты. Установлено, что в норме экспериментальные группы, получавшие экстракт *Scutellaria baicalensis Georgi*, ЛП «Мебикар®» и «Фезам®», показали достоверное уменьшение уровня кортикостерона по сравнению с контрольной группой. На втором этапе исследования в группах при моделировании «социального» стресса, установили, что имелись достоверные различия между концентрацией стресс-гормонов у животных доминантного и субмиссивного типов. Введение экстракта *Scutellaria baicalensis Georgi* снижало уровень гормонов как для агрессоров, так и для жертв относительно контрольной группы в стрессе. Наблюдали снижение концентрации кортико-

стерона в 1,5 и 1,5 ($p<0,05$) раза, уровня адреналина в 3,2 и 3,1 ($p<0,05$) раза, содержание норадреналина в 1,6 и 1,6 ($p<0,05$) раза для особей доминантного и субмиссивного типов соответственно. Наличие нивелирующего эффекта экстракта *Scutellaria baicalensis Georgi* доказывает его анксиолитическое и стресс-протективное действие.

Заключение. Экстракт *Scutellaria baicalensis Georgi* в дозе 100 мг/кг/сут при воздействии «социального» стресса оказывает стресс-протективное и анксиолитическое действие, уменьшая выраженность стресс-индуцированных изменений, ограничивая гиперактивацию центральных стресс-реализующих систем, корrigируя эндогенную антиоксидантную систему организма.

Ключевые слова: биологически активные вещества; растительное сырье; *Scutellaria baicalensis Georgi*; флавоноиды; «социальный» стресс; стресс-протективный эффект; анксиолитическое действие; агрессоры; жертвы

Для цитирования. Уранова В.В., Ломтева Н.А., Кулешова О.Н. Изучение стресс-протективного и анксиолитического действия экстракта *Scutellaria baicalensis Georgi* в условиях «социального» стресса // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. Т. 15, №5. С. 117-136. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-929

Original article

STUDY OF STRESS-PROTECTIVE AND ANXIOLYTIC ACTIONS OF SCUTELLARIA BAICALENSIS GEORGI EXTRACT UNDER “SOCIAL” STRESS

V.V. Uranova, N.A. Lomteva, O.N. Kuleshova

Background. The search for natural adaptogens is promising due to the possibility of expanding the range of drugs that contribute to the adaptation of the body to adverse environmental factors.

Purpose. To study the stress-protective and anxiolytic action of the extract of *Scutellaria baicalensis Georgi* under conditions of “social” stress.

Materials and methods. We used an extract of *Scutellaria baicalensis Georgi*. The study of the stress-protective and anxiolytic effects of the extract was carried out on 84 male non-linear rats aged 7-9 months. The first stage of the experiment involved the study of pharmacological actions in the absence of stress, and at the second stage, under conditions of “social” stress, the expected effects were deter-

mined on animals, in the groups of which individuals of dominant and submissive types of behavior were identified. Determination of the content of corticosterone, adrenaline and noradrenaline (nmol/l) was carried out by enzyme immunoassay.

Results. It was established that in the norm, the experimental groups that received the extract of *Scutellaria baicalensis* Georgi, medicinal products "Mebikar®" and "Phezam®" showed a significant decrease in the level of corticosterone compared with the control group. At the second stage of the study in groups when modeling "social" stress, it was found that there were significant differences between the concentration of stress hormones in animals of dominant and submissive types. Administration of *Scutellaria baicalensis* Georgi extract reduced hormone levels for both aggressors and victims relative to the stressed control group. We observed a decrease in the concentration of corticosterone by 1.5 and 1.5 ($p<0.05$) times, the level of adrenaline by 3.2 and 3.1 ($p<0.05$) times, the content of norepinephrine by 1.6 and 1.6 ($p<0.05$) times for individuals of dominant and submissive types, respectively. The presence of the leveling effect of the *Scutellaria baicalensis* Georgi extract proves its anxiolytic and stress-protective effect.

Conclusion. *Scutellaria baicalensis* Georgi extract at a dose of 100 mg/kg/day, when exposed to "social" stress, has a stress-protective and anxiolytic effect, reducing the severity of stress-induced changes, limiting hyperactivation of the central stress-realizing systems, correcting the endogenous antioxidant system of the body.

Keywords: biologically active substances; plant materials; *Scutellaria baicalensis* Georgi; flavonoids; "social" stress; stress-protective effect; anxiolytic effect; aggressors; victims

For citation. Uranova V.V., Lomteva N.A., Kulyashova O.N. Stress-Protective and Anxiolytic Effects of *Scutellaria baicalensis* Georgi Extract under Conditions of "Social" Stress. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2023, vol. 15, no. 5, pp. 117-136. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-929

Введение

Растения, повсеместно признанные жизненно важной составляющей окружающей среды, обеспечивают удовлетворение основных потребностей человека в продуктах питания, средствах первой необходимости, биологически активных веществах (БАВ) и лекарственных формах (ЛФ), созданных на их основе [15, с. 147]. Направление науки, занимающееся изучением растительных объектов, активно развивается на сегодняшний день, а знания в данной области расширяются с каждым годом [7, с. 40].

Широкий спектр фармакологической активности растений (антиоксидантной, противовоспалительной, обезболивающей, антимикробной, противодиабетической, противоопухолевой и др.) обусловлен их разнообразным химическим составом [2, с. 667].

Многолетнее растение *Scutellaria baicalensis Georg* относится к семейству *Lamiaceae* [17, с. 77-85]. Известно, что особенностью ботанической характеристики *Scutellaria* является наличие длинного, толстого и мясистого корневища округлой формы; прямых стеблей ветвистых от основания, покрытых легким пушком, высотой около 50 см; ланцетовидных остроконечных, реснитчатых по краям сидячих и парных листьев; корневища, покрытого многочисленными бороздками; синих цветков с волосистыми чашечками, собранных в однобокую кисть [5, с. 95-96].

На сегодняшний день из растительного сырья *Scutellaria baicalensis Georgi* было выделено и идентифицировано более 40 соединений, среди которых флавоноиды, терпеноиды, летучие масла, полисахариды и др. [8, с. 29-30]. Доказан широкий спектр фармакологической активности соединений, выделенных из *Scutellaria baicalensis Georgi* [9, с. 66-69]. Установлено иммуностимулирующее, гепатозащитное, противоопухолевое, антибактериальное, антиоксидантное и противовирусное действие экстрактов веществ, полученных из растения [1, с. 82-83]. Обосновано применение *Scutellaria baicalensis Georgi* в составе многокомпонентных лекарственных сборов при заболеваниях легких, диабете, гепатите А и др., а также в качестве седативных, общеукрепляющих, гипотензивных, жаропонижающих и диуретических средств [10, с. 89; 18, с. 27-30]. Охарактеризовано использование *Scutellaria baicalensis Georgi* в народной медицине нашей страны для нормализации работы сердца и при гипертонии [6, с. 87-88].

Одним из актуальных направлений в современной медицине является изучение стресса, а именно видов, механизмов его развития, а также способов предотвращения и лечения его последствий [19, с. 84-85]. Самыми распространёнными реакциями на стресс являются тревога и депрессия. Согласно данным ВОЗ на земле этим расстройствам подвержены более 300 миллионов человек [16, с. 687-691]. Тревожно-депрессивные расстройства предусматривают такое состояние, при котором у организма в равной мере имеются симптомы тревоги и депрессии, приводящие, зачастую, к суициdalным мыслям и действиям. Данное заболевание не имеет возрастных ограничений [15, с. 147]. В терапии тревожно-депрессивных расстройств применяют ЛС, проявляющие анксиолитические и нейропротективные эффекты [11, с. 11-15]. Особое внимание в условиях стремительного развития

интеллектуальной и информационной среды на сегодняшний день заслуживает «социальный» стресс, который возникает при осознании человеком своего положения в социуме [22, с. 238-246]. Доказано, что стресс различной этиологии, оказывает влияние на терапевтическое действие лекарственных средств (ЛС), применяемых для лечения различных функциональных систем, в том числе и на ЦНС [20, с. 379-391]. Обоснована необходимость изучения стресс-протекторной и анксиолитической активностей БАВ при моделировании тревожно-депрессивных расстройств, что является перспективным направлением современной медицинской науки [13, с. 450-453].

Одним из основных направлений изучения стресс-протекторного и анксиолитического действия различных лекарственных веществ (ЛВ) на доклиническом этапе является исследование уровня стресс-гормонов, которое проводят на лабораторных животных в норме и при моделировании стресса [12, с. 331-335], так как их эффекты реализуются за счет их влияния на работу трех гормональных каскадов ЦНС: норадреналинэнергического (кортикостерон, адреналин, норадреналин), дофаминэнергического (дофамин) и серотонинэнергического (серотанин) [21, с. 224-230]. Установлено, что БАВ, проявляющие анксиолитическое и стресс-протекторное действие, способны влиять на межнейрональную передачу нервных импульсов в дизэнцефалоне и спинном мозге, а также снижать активность подкорковых областей головного мозга и редуцировать уровни кортико-стрерона, адреналина и норадреналина [14, с. 70-75].

Цель работы

Авторами поставлена цель провести изучение стресс-протекторного и анксиолитического действия экстракта *Scutellaria baicalensis Georgi* в условиях «социального» стресса.

Научная новизна

Впервые было определено действие экстракта *Scutellaria baicalensis Georgi* в норме и при моделировании «социального» стресса с целью выявления стресс-протекторного и анксиолитического эффектов.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являлись подземные части *Scutellaria baicalensis Georgi*. Растение было культивировано в с. Замьяны Енотаевского района Астраханской области в середине марта 2019 года, с помощью посева семян в грунт, который подготовили осенью 2018 года,

путем внесения компоста в почву. Посев семян проводился в заделки глубиной 1,5 см, после чего присыпан слоем грунта и песка. Площадь засева до появления всходов регулярно увлажняли и не допускали образования корки, а после появления всходов частый полив прекращали в избежание загнивания корней. Далее в период вегетации и цветения систематически проводили полив, рыхление земли и удаление сорняков. Дополнительные средства роста и подпитки, за исключением компоста, в культивации не были использованы. Шлемник байкальский проявляет засухоустойчивые и морозостойкие свойства, что характерно для климатических условий Астраханской области. В сентябре 2021 года после цветения и созревания семян были заготовлены подземные части (корни) *Scutellaria baicalensis Georgi*. Сбор и сушка проводились согласно требованиям общей фармакопейной статьи (ОФС) 1.5.1.0001.15 «Лекарственное растительное сырье»; хранение – в соответствии с ОФС.1.1.0011.15 «Хранение лекарственного растительного сырья и лекарственных растительных препаратов». Приготовление экстракта осуществляли после измельчения сырья до размера частиц 3 мм, следуя рекомендациям ОФС «Экстракты», методом мацерации. Удаление этилового спирта из экстракта проводили путем выпаривания с использованием ротационного испарителя под вакуумом при температуре не выше 60°C, учитывая возможность закипания глицерина, присутствующего в аппаратном оснащении. Показатель влажности сырья определяли методом гравиметрии по способу отгонки (ОФС 1.5.3.0007.15 «Определение влажности лекарственного растительного сырья»), установленное значение которого ($9,16 \pm 0,51, \%$) использовано впоследствии для расчета содержания экстрактивных веществ в соответствии с требованиями ОФС ОФС.1.5.3.0006.15 «Определение содержания экстрактивных веществ в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах». Найденная величина позволила рассчитать дозировку экстракта ($27,43 \pm 2,25, \%$) методом однократной экстракции [3].

Исследования были проведены на 84 самцах нелинейных крыс средней массой 251,3 г, которых содержали в стандартных условиях вивария при свободном доступе к воде и пище. Эксперимент проводился в два этапа, в связи с чем животные были разделены на группы: содержащиеся в норме и подвергающиеся «социальному» стрессу, – моделирование которого на животных проводили на втором этапе исследования с учетом его направленности на развитие межсамцовых конfrontаций в условиях парного сенсорного контакта. Далее были определены типы поведения животных – «агрессор – жертва», после чего их разделили на восемь групп [7, с. 42].

В качестве ЛС сравнения использовали лекарственные препараты (ЛП) «Мебикар®» (Татхимфармпрепараты АО, Россия) и «Фезам®» (Балкан-фарма Дупница АД, Болгария). Выбор ЛП «Мебикар®» был обусловлен тем, что данное ЛС проявляет стресс-протекторное, анксиолитическое и ноотропное действие. ЛП «Фезам®» рассматривали с учетом того, что в состав входят два активных компонента пирацетам и циннаризин. Установлено, что последнее вещество ингибитирует поступление в клетки ионов кальция и уменьшает их содержание в депо плазмолеммы. Доказано, что циннаризин снижает тонус гладкой мускулатуры артериол, уменьшает их реакцию на биогенные сосудосуживающие вещества, такие как адреналин и норадреналин.

Первый этап эксперимента предполагал получение растворов внутрижелудочно один раз в день на протяжении 14 дней животными четырех сформированных групп, которые находились в условиях отсутствия стресса. Представителям первой группы животных вводили воду для инъекций (Гротекс ООО, Россия); второй – экстракт *Scutellaria baicalensis* Georgi (100 мг/кг/сут); третьей – ЛП «Мебикар®» (25 мг/кг/сут) и четвертой – ЛП «Фезам®».

Исследование, проводимое на втором этапе эксперимента, сводилось к созданию условий «социального» стресса на животных, в группах которых были определены особи доминантного и субмиссивного типов поведения. Первая и вторая группа особей с доминантным и субмиссивным типом поведения получали воду для инъекций; третьей группе агрессоров и четвертой – жертвам, вводили экстракт *Scutellaria baicalensis* Georgi в дозировке (100 мг/кг/сут); пятая и шестая группы животных (агрессоры и жертвы) подвергались воздействию лекарственного препарата «Мебикар®» (25 мг/кг/сут); седьмая и восьмая с доминантным и субмиссивным типами – «Фезама®» (45 мг/кг/сут).

Для моделирования «социального» стресса животных попарно помещали в экспериментальные клетки, разделенные пополам прозрачной перегородкой с отверстиями, которая позволяет осуществлять сенсорный контакт друг с другом, предотвращая их физическое взаимодействие. Ежедневно во второй половине дня перегородку убирали, что приводило к межсамцовским конфронтациям. Первые три теста позволяли проводить дифференцировку животных, относящихся к жертвам и агрессорам, с учетом их поведенческих особенностей при взаимодействии с одним и тем же партнером. Впоследствии жертву перемещали в новую клетку к незнакомому агрессивному партнеру, лишая особей физического контакта с сохранением сенсорного.

Создаваемая модель социального поражения, основанная на конфликтной ситуации, в ходе которой одно животное приобретает доминирующий статус, а другое – субмиссивный. Доминантные особи (агрессоры) обладали повышенной агрессивностью, что проявлялось в нападении, опрокидывании, подчинении, боковых стойках и принудительной чистке резкими движениями парной особи и выкусыванием в районе холки (агрессивный груминг), а также в более активном исследовании окружающей среды. Особи субмиссивного типа (жертвы) показывали сниженный уровень агрессивности и повышенный уровень тревожности по отношению к агрессорам, что выражалось в снижении количества социальных контактов, уменьшении активности познавательной деятельности, увеличении числа кратковременного груминга и количества дефекаций [7, с. 40-46].

Все проводимые манипуляции с животными выполняли согласно с Межгосударственным стандартом «Принципы надлежащей лабораторной практики» (ГОСТ 33044-2014). Изучение поведения проводилось в зимний период во второй половине дня на половозрелых животных в возрасте 7-9 месяцев.

Забор крови осуществлялся путем действия эфирного наркоза методом декапитации в норме или после воздействия стресса в зависимости от этапа анализа. Кровь собирали в стеклянные центрифужные пробирки, содержащие гепарин [4, с. 93-94]. Далее кровь центрифугировали и отбирали плазму, которую применяли для дальнейшего исследования. Определение содержания кортикостерона, адреналина и норадреналина (нмоль/л) проводили иммуноферментным анализом (ручная постановка) с инкубированием в термошайке «PST-60HL-4» с использованием промывателя планшетов автоматического PW-40. Анализ гормонов проводили с использованием тест-наборов с последующим измерением оптической плотности на фотометре «Bio-Rad» при длине волны 450 нм. Исследование уровня гормонов (нмоль/л) проводили с применением диагностических наборов Immunodiagnostic Systems (IDS) Ltd, AC-14F1 (кортикостерон), Rat Epinephrine/Adrenaline, EPI ELISA Kit., CSB-E08678G (адреналин), 3-RAT ELISA Fast Track (Labor Diagnostika Nord (LDN)) (норадреналин). Каждая проба была поставлена в дубликатах.

Статистическую обработку данных выполняли с использованием пакета «Statistica 10». Вычисляли среднее арифметическое значение (M), ошибку среднего арифметического значения (m) и представляли в виде доверительного интервала среднего $M \pm m$. Различия между показателями в группах оценивали с помощью непараметрического анализа сравнения

совокупностей по количественным признакам критерия Манна-Уитни. Различия между показателями групп признавались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты исследования

Регуляцию иммунологического и метаболитического гомеостаза в норме и при воздействии стресса в организме крыс осуществляют основной глюкокортикоид – кортикостерон, определяющий синтез энергии соответственно силе стрессового влияния. Установлено, что кортикостерон связывает и активирует определенные ядерные рецепторы, что влечет за собой транскрипцию генов. Вследствие чего, в работе представлены данные по содержанию кортикостерона в плазме особей, согласно экспериментальным группам (табл. 1).

Таблица 1.
Содержание кортикостерона в плазме крыс

Группы	Содержание кортикостерона, нмоль/л			
	I этап		II этап	
	Норма (n=7)	«Социальный» стресс		
Контрольная группа (вода для инъекций)	221,9±10,07	362,6±17,26 *	449,5±20,31 *▲	
Экстракт <i>Scutellaria baicalensis Georgi</i>	184,3±8,41 *	237,2±15,09 🌀	301,7±17,24 ***▲	
ЛП «Мебикар®»	169,7±9,03 *	214,5±12,67 🌀	264,1±11,49 ***▲	
ЛП «Фезам®»	191,4±9,05 *	264,9±16,74 *🌀	339,8±19,74 ***▲	

Источник: «Составлено авторами»

Примечание: * - достоверность различий относительно контрольной группы в норме * - при $p < 0,05$; ◘ - достоверность различий относительно контрольной группы «социального» стресса особей агрессивного типа ◘ - при $p < 0,05$; ** - достоверность различий относительно контрольной группы «социального» стресса особей доминантного типа ** - при $p < 0,05$; ▲ - достоверность различий групп «социальный» стресс агрессоры относительно группы «социальный» стресс жертвы ▲ - при $p < 0,05$.

Данные таблицы 1, показывают влияние «социального» стресса на секреторную активность коры надпочечников в организме крыс, используя

в качестве индикатора уровень кортикостерона, который изменяется за счет активации гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси. На первом этапе эксперимента наблюдали, что в контрольной группе содержание кортикостерона было достоверно выше, чем в экспериментальных группах относительно экстракта *Scutellaria baicalensis Georgi* на 17,0% ($p<0,05$), ЛП «Мебикар®» на 23,5% ($p<0,05$) и ЛП «Фезам®» на 13,7% ($p<0,05$). Концентрация кортикостерона экспериментальных групп относительно друг друга отличаются незначительно.

На втором этапе эксперимента наблюдали, что «социальный» стресс сопровождался активацией симпато-адренокортичальной и гипоталамо-гипофизарно-адренокортичальной систем, что подтверждает повышение уровней гормонов стресса: кортикостерона (табл. 1), адреналина (табл. 2) и норадреналина (табл. 3) в плазме крыс контрольной группы стресс относительно группы контроля в норме. Уровень кортикостерона в плазме контрольной группы, на которую воздействовали «социальному» стрессом, у особей доминантного типа выше на 63,4% ($p<0,05$), а субмиссивного – на 102,6% ($p<0,05$) относительно контроля в норме. Наблюдали достоверное увеличение содержания кортикостерона в экспериментальных группах, подверженных стрессу, относительно контрольной в норме для экстракта на 36,0% ($p<0,05$) (жертвы), для ЛП «Мебикар®» на 19,0% ($p<0,05$) (жертвы), для ЛП «Фезам®» на 19,4% ($p<0,05$) (агрессоры) и на 53,1% ($p<0,05$) (жертвы) (табл. 1).

Сравнение уровней кортикостерона экспериментальных групп особей доминантного типа, подвергшихся «социальному» стрессу, относительно контрольной группы в стрессе, показало, что происходит его уменьшение для экстракта *Scutellaria baicalensis Georgi* на 34,6% ($p<0,05$), для ЛП «Мебикар®» на 40,8% ($p<0,05$), для ЛП «Фезам®» на 26,9% ($p<0,05$). Концентрация кортикостерона, изучаемых на втором этапе групп, относительно контроля того же этапа животных субмиссивного типа, снизилась на 32,9% ($p<0,05$) для экстракта, на 41,2% ($p<0,05$) для ЛП «Мебикар®», на 24,4% ($p<0,05$) для ЛП «Фезам®» (табл. 1). Представленные данные, свидетельствуют о выраженнем стресс-протекторном действии экстракта и ЛП сравнения.

Анализ данных содержания кортикостерона на втором этапе исследования показал, что для групп особей агрессивного типа относительно жертв происходит достоверное увеличение его на 19,3% ($p<0,05$) для контрольной группы, на 24,4% ($p<0,05$) для группы животных, получавших экстракт, на 18,8% ($p<0,05$) для группы ЛП «Мебикар®», на 22,0% ($p<0,05$) для группы ЛП «Фезам®» (табл. 1).

Адреналин, как и кортикострерон, является гормоном, который синтезируется надпочечниками в ответ на реакцию стресса. Он увеличивает частоту сердечных сокращений, усиливает силу сердечных сокращений и сердечный выброс, повышает кровяное давление и открывает бронхиолы в легких, а также повышает уровень глюкозы и липидов в крови. Выделение адреналина является частью реакции человека на острую стрессовую ситуацию, например, на страх, предполагаемую угрозу или панику.

Уровень адреналина в плазме крови крыс в норме был ниже на 18,9% ($p<0,05$) для экстракта, на 24,5% ($p<0,05$) для ЛП «Мебикар®» и на 17,0% ($p<0,05$) для ЛП «Фезам®». Данные экспериментальных групп значимого изменения в концентрации адреналина относительно друг друга не показали (табл. 2).

Таблица 2.
Содержание адреналина в плазме крыс

Группы	Содержание адреналина, нмоль/л		
	I этап	II этап	
	Норма (n=7)	«Социальный» стресс	Жертвы (n=7)
Контрольная группа (вода для инъекций)	5,3±0,38	20,3±1,43 *	33,5±2,03 *▲
Экстракт <i>Scutellaria baicalensis Georgi</i>	4,3±0,21 *	6,3±0,57 *∅	10,9±0,46 **▲
ЛП «Мебикар®»	4,0±0,33 *	5,5±0,41 ∅	9,4±0,54 **▲
ЛП «Фезам®»	4,4±0,14 *	17,9±1,27 *	27,9±1,67 **▲

Источник: «Составлено авторами»

Примечание: * - достоверность различий относительно контрольной группы в норме * - при $p<0,05$; ∅ - достоверность различий относительно контрольной группы «социального» стресса особей агрессивного типа ∅ - при $p<0,05$; ** - достоверность различий относительно контрольной группы «социального» стресса особей доминантного типа ** - при $p<0,05$; ▲ - достоверность различий групп «социальный» стресс агрессоры относительно группы «социальный» стресс жертвы ▲ - при $p<0,05$.

Сравнение содержания адреналина в группах, подвергавшихся «социальному» стрессу, относительно контроля в норме для животных различного типа показало, что для группы контроля, получавших инъекционную воду, произошло его увеличение в 3,8 раза ($p<0,05$) для агрессоров, а для

жертв – в 6,3 раза ($p<0,05$), для группы экстракта *Scutellaria baicalensis Georgi* – в 1,5 раза ($p<0,05$) (агрессоры) и 2,5 раза (жертвы), для групп ЛП «Мебикар®» и «Фезам®» – в 1,4 и 4,1 раза для агрессоров и 2,4 и 6,3 раза для жертв соответственно (табл. 2).

Установили, что существуют достоверные отличия концентраций адреналина при сравнении групп особей доминантного характера относительно субмиссивного типа на втором этапе исследования. При воздействии «социального» стресса установили, что уровень адреналина был выше в группах субмиссивного типа на 39,4% ($p<0,05$) для контрольной группы, на 42,2% ($p<0,05$) для группы экстракта *Scutellaria baicalensis Georgi*, на 41,5% ($p<0,05$) для группы ЛП «Мебикар®» и на 35,8% ($p<0,05$) ЛП «Фезам®» (табл. 2).

Доказали, что в группах экстракта и ЛП «Мебикар®» относительно контроля при моделировании «социального» стресса содержание адреналина достоверно ниже в 3,2 и 3,7 раза для агрессоров и в 3,1 и 3,6 для жертв соответственно. Для группы животных, получавших ЛП «Фезам®», значимых различий относительно контроля при воздействии стресса не наблюдали. Результаты подтверждают наличие устойчивости организма к воздействию «социального» стресса при применении экстракта *Scutellaria baicalensis Georgi* и ЛП «Мебикар®» (табл. 2).

Норадреналин является гормоном и нейромедиатором. Выполняя функцию медиатора, норадреналин помогает передавать нервные сигналы через нервные окончания к другой нервной или мышечной клетке. Имея гормональную природу, он синтезируется организмом в надпочечниках, которые представляют собой небольшие парные железы, расположенные над верхними полюсами каждой почки. Как нейротрансмиттер, норадреналин синтезируется из дофамина. Норадреналин вырабатывается нервными клетками в областях ствола головного мозга и около спинного мозга. Норадреналин является неотъемлемой частью симпатической нервной системы, являющейся сегментом системы экстренного реагирования организма на опасность – острая стрессовая реакция.

Установили, что на первом этапе исследования в экспериментальных группах уровень норадреналина был ниже, чем у особей контрольной группы. Для группы, получавшей экстракт *Scutellaria baicalensis Georgi*, – на 18,0% ($p<0,05$), для группы ЛП «Мебикар®» – на 19,8% ($p<0,05$), для группы животных, принимающих ЛП «Фезам®», – на 16,5% ($p<0,05$) (табл. 3).

Доказали, что при сравнении групп второго этапа анализа относительно группы контроля в норме наблюдалось резкое увеличение содержания

норадреналина для групп с субмиссивным типом поведения, а для агрессоров повышение было достоверно, но менее выражено, чем у жертв. В группе особей, принимавших воду для инъекций и прибывающих под воздействием «социального» стресса, уровень норадреналина возрос в 1,8 раз ($p<0,05$) для агрессоров и 2,3 раза для жертв; в группе экстракта *Scutellaria baicalensis Georgi* в 1,1 раза ($p<0,05$) (агрессоры) и 1,4 раза ($p<0,05$) (жертвы); в группах, принимавших ЛП «Мебикар®» и «Фезам®» возрастание концентрации было в 1,2 и 1,5 раз для особей доминантного типа и в 1,6 и 2,0 раза для животных субмиссивного типа относительно контрольной группы в норме (табл. 3).

Содержание норадреналина в плазме крыс

Таблица 3.

Группы	Содержание норадреналина, нмоль/л			
	I этап		II этап	
	Норма (n=7)	«Социальный» стресс	Агрессоры (n=7)	Жертвы (n=7)
Контрольная группа (вода для инъекций)	81,3±5,23	142,2±10,23 *	183,0±12,11 *▲	
Экстракт <i>Scutellaria baicalensis Georgi</i>	66,7±4,09 *	88,4±6,17 *	116,3±7,02 *▲	
ЛП «Мебикар®»	65,2±4,97 *	97,6±5,84 *	118,7±7,47 *▲	
ЛП «Фезам®»	67,9±3,51 *	127,9±7,27	165,3±11,69 ▲	

Источник: «Составлено авторами»

Примечание: * - достоверность различий относительно контрольной группы в норме * - при $p<0,05$; ▲ - достоверность различий относительно контрольной группы «социального» стресса особей агрессивного типа ▲ - при $p<0,05$; ** - достоверность различий относительно контрольной группы «социального» стресса особей доминантного типа ** - при $p<0,05$; ▲ - достоверность различий групп «социальный» стресс агрессоры относительно группы «социальный» стресс жертвы ▲ - при $p<0,05$.

Анализ данных таблицы 3 на втором этапе анализа показал, что имеются достоверные различия в концентрации норадреналина между особями доминантного и субмиссивного типов. Выяснили, что у животных агрессоров уровень норадреналина ниже относительно жертв в контрольной на 22,3% ($p<0,05$), экстракта на 24,0% ($p<0,05$), ЛП «Мебикар®» и «Фезам®» на 17,8% ($p<0,05$) и 22,6% ($p<0,05$) соответственно (табл. 3).

Второй этап анализа показал, что введение экстракта и ЛП экспериментальным животным снижает содержание норадреналина в плазме относительно контрольной группы при моделировании «социального» стресса у особей доминантного и субмиссивного типов на 37,8% ($p<0,05$) и 36,5% ($p<0,05$) для группы, получающей экстракт; на 31,4% ($p<0,05$) и 35,1% ($p<0,05$) для группы ЛП «Мебикар®». В группе животных, которые принимали ЛП «Фезам®», достоверных различий не наблюдали. Установили, что применение экстракта *Scutellaria baicalensis Georgi* и ЛП «Мебикар®» предотвращало гиперактивацию гипotalамо-гипофизарно-адренокортичальной системы, что указывает на снижение концентрации норадреналина в плазме особей по сравнению с показателями контрольной группы.

Обсуждение

В настоящем исследовании было определено, что в норме экспериментальные группы, получавшие экстракт *Scutellaria baicalensis Georgi*, ЛП «Мебикар®» и «Фезам®», показали достоверное уменьшение уровня кортикостерона по сравнению с контрольной группой. На втором этапе исследования в группах при моделировании «социального» стресса, установили, что имелись достоверные различия между концентрацией стресс-гормонов у животных доминантного и субмиссивного типов. В контрольной группе воздействие стресса увеличило содержания гормонов для агрессоров и жертв в 1,6 и 2,0 раза ($p<0,05$) (кортикостерона), в 3,8 и 6,3 раза ($p<0,05$) (адреналина), 1,8 и 2,3 раза ($p<0,05$) (норадреналина). Введение экстракта *Scutellaria baicalensis Georgi* снижало уровень гормонов как для агрессоров, так и для жертв относительно контрольной группы в стрессе. Наблюдали снижение концентрации кортикостерона в 1,5 и 1,5 ($p<0,05$) раза, уровня адреналина в 3,2 и 3,1 ($p<0,05$) раза, содержание норадреналина в 1,6 и 1,6 ($p<0,05$) раза для особей доминантного и субмиссивного типов соответственно. Наличие нивелирующего эффекта экстракта *Scutellaria baicalensis Georgi* доказывает его анксиолитическое и стресс-протективное действие. Определено, что анксиолитик, стресс-протектор и ноотроп «Мебикар®» в условиях 14-дневного введения в дозе 25 мг/кг/сут, в соответствии с ожидаемым эффектом, снижал концентрацию гормонов стресса в плазме животных при моделировании тревожно-депрессивного состояния.

Заключение

Стресс-протективный и анксиолитический эффекты могут быть связаны с наличием в изучаемом экстракте *Scutellaria baicalensis Georgi* рас-

тительных полифенолов, в частности, флавоноидов, которые оказывают влияние на реакции стресса. Они оказывают различное воздействие на клеточные системы и структуры организма, и было доказано, что они защищают биологические мембранны от окислительного повреждения, вызванного свободными радикалами. Кроме того, флавоноиды оказывают ингибирующее действие на функции тромбоцитов и лейкоцитов. Флавоноиды могут оказывать терапевтическое воздействие на болезненные состояния, вызванные окислительным стрессом, такие как депрессия, коронарный атеросклероз, ишемическое повреждение, сахарный диабет, процессы старения и рак. Флавоноиды снижают риск развития ишемической болезни сердца и коронарного атеросклероза, ингибируя окисление липопротеинов низкой плотности. Употребление флавоноидов улучшает кислородное обеспечение тканей миокарда. Кроме того, флавоны нормализуют нарушенный электролитный баланс крови, содержание ионов калия в плазме, эритроцитах и клетках миокарда [5, с. 95-104; 8, с. 29-37; 10, с. 89-98; 18, с. 27-9-35].

Благодаря этим механизмам применение экстракта *Scutellaria baicalensis* Georgi, содержащего флавоноиды, может оказывать стресс-протекторное и анксиолитическое действия. Наличие данных эффектов у экстракта *Scutellaria baicalensis* Georgi определяет перспективность дальнейшего детального изучения его возможных видов фармакологического действия, что может быть использовано при разработке новых эффективных лекарственных средств анксиолитиков (транквилизаторов).

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Асякина Л. К. Оптимизация параметров экстракции корневых культур *in vitro* шлемника байкальского, шлемника обыкновенного и лапчатки белой / Асякина Л. К., Федорова А. М., Дышлюк Л. С. // Пищевая промышленность. 2021. № 10. С. 82-85. <https://doi.org/10.52653/PPI.2021.10.10.001>
2. Влияние сухого экстракта из корней шлемника Байкальского (*Scutellaria baicalensis* Georgi) на развитие окислительного стресса, вызванного циклофосфаном / Потапова А. А., Доркина Е. Г., Сергеева Е. О., Саджая Л. А. // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6. С. 667.
3. Государственная фармакопея XIV издание. 2018. <http://femb.ru/femb/pharmacopea.php> (дата обращения 22.11.2022).

4. Диатроптова М. А. Корреляция многодневных ритмов процентного содержания нейтрофилов периферической крови и уровня стероидных гормонов у крыс-самцов Вистар / Диатроптова М. А., Диатроптов М. Е., Кондашевская М. В. // Вестник Российской университета дружбы народов. Серия: Медицина. 2012. № S7. С. 93-94.
5. Дудецкая Н. А. Состав и содержание фенольных соединений в надземной части *Scutellaria galericulata* (Lamiaceae) / Дудецкая Н. А., Теслов Л. С., Сипкина Н. Ю. // Растительные ресурсы. 2011. Т. 47, № 4. С. 95-104.
6. Изучение антиоксидантного действия сухого экстракта шлемника Байкальского / Потапова А. А., Кобин А. А., Доркина Е. Г. [и др.] // Фармация и фармакология. 2015. №1. С. 87-88.
7. Изучение влияния экстракта *Astragalus physodes* L. на психоэмоциональное состояние животных в условиях «социального» стресса / Мурталиева В. Х., Цибизова А. А., Сергалиева М. У. [и др.] // Дальневосточный медицинский журнал. 2022. № 3. С. 40-46. <https://doi.org/10.35177/1994-5191-2022-3-7>
8. Исследование содержания физиологически активных флавонов в культурах *in vitro* шлемника байкальского (*Scutellaria baicalensis* Georgi) / Олина А. В., Соловьева А. И., Соловченко А. Е. [и др.] // Биотехнология. 2017. Т. 33, № 3. С. 29-37. <https://doi.org/10.21519/0234-2758-2017-33-3-29-37>
9. Маняхин А. Ю. Биологическая активность сухого экстракта шлемника Байкальского / Маняхин А. Ю., Зорикова С. П., Зорикова О. Г. // Тихоокеанский медицинский журнал. 2010. № 2(40). С. 66-69.
10. Оленников Д. Н. Фенольные соединения шлемника байкальского (*Scutellaria Baicalensis* Georgi) / Оленников Д. Н., Чирикова Н. К., Танхаева Л. М. // Химия растительного сырья. 2009. № 4. С. 89-98.
11. Особенности стресс-индуцированных изменений сердечного ритма, адренореактивности эритроцитов и свободнорадикальных процессов в крови на фоне стимуляции центральных нейромедиаторных систем / Курьянова Е. В., Трясучев А. В., Ступин В. О., Теплый Д. Л. // Сибирский научный медицинский журнал. 2017. Т. 37. № 1. С. 11-20.
12. Павлова И. В. Влияние обогащенной среды и социальной изоляции на условнорефлекторный страх у крыс, перенесших ранний провоспалительный стресс / Павлова И. В., Брошевицкая Н. Д. // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. 2021. Т. 57. № 4. С. 331-343. <https://doi.org/10.31857/S0044452921040057>
13. Роль окислительного стресса в патогенезе социально значимых заболеваний человека и пути его медикаментозной коррекции / Олефир Ю. В., Ро-

- манов Б. К., Кукес В. Г. [и др.] // Медицинский вестник Северного Кавказа. 2021. Т. 16. № 4. С. 450-455. <https://doi.org/10.14300/mnnc.2021.16109>
14. Смолева Е. О. Измерение социального стресса: анализ методик и опыта исследований // Социально-гуманитарные технологии. 2020. № 3(15). С. 70-79.
15. Соотношение анксиолитического действия селанка и уровня серотонина в отдельных структурах мозга при моделировании алкогольной абstinенции у крыс / Надорова А. В., Колик Л. Г., Клодт П. М. [и др.] // Нейрохимия. 2014. Т. 31. № 2. С. 147. <https://doi.org/10.7868/S1027813314020083>
16. Социальные и когнитивные нарушения у потомства после воздействия ультразвукового стресса на крыс во время беременности / Абрамова О. В., Зубков Е. А., Зоркина Я. А. [и др.] // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2019. Т. 168. № 12. С. 687-691.
17. Уранова В. В. Исследование содержания важнейших макро- и микроэлементов в растительном сырье *Scutellaria baicalensis* Georgi и *Scutellaria galericulata* L., произрастающих на территории Астраханской области / Уранова В. В., Ломтева Н. А., Близняк О. В. // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2022. Т. 14, № 5. С. 77-94. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2022-14-5-77-94>
18. Уранова В. В. Обзор антиоксидантной активности флавоноидов растительного сырья рода шлемник (*Scutellaria*) / Уранова В. В., Ломтева Н. А., Близняк О. В. // Естественные науки. 2021. № 4(5). С. 27-35.
19. Хмель А. А. Развитие теоретических взглядов на воздействие социального стресса как фактора риска здоровью в начале XXI века // Инновации и инвестиции. 2020. № 7. С. 84-88.
20. Behavioral despair in rats: a new model sensitive to antidepressant treatment / Porsolt RD., Anton G., Blavet N., Jalfre M. // Eur J Pharmacol. 1978. №47(4). pp. 379-391.
21. Glyprolines as modulators of immunoreactivity within conditions of “social” stress / Samottrueva M. A., Yasenyavskaya A. L., Bashkina O. A. [et al.] // Pharmacy & Pharmacology. 2019. Vol. 7. No 4. pp. 224-230. <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2019-7-4-224-230>
22. Influence of experimental context on the development of anhedonia in male mice exposed to chronic social stress // Zhurnal Vysshei Nervnoi Deyatelnosti Imeni I.P. Pavlova. 2008. Vol. 58, No. 2. pp. 238-246

References

1. Asyakina L. K., Fedorova A. M., Dyshlyuk L. S. *Pishchevaya promyshlennost'*, 2021, no. 10, pp. 82-85. <https://doi.org/10.52653/PPI.2021.10.10.001>

2. Potapova A. A., Dorkina E. G., Sergeeva E. O., Sadzhaya L. A. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2013, no. 6, p. 667.
3. State Pharmacopoeia XIV edition. 2018. <http://femb.ru/femb/pharmacopea.php> (accessed 11/22/2022).
4. Diatropova M. A., Diatropov M. E., Kondashevskaya M. V. *Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Medicina*, 2012, no. S7, pp. 93-94.
5. Dudetskaya N. A., Teslov L. S., Sipkina N. Yu. *Rastitel'nye resursy*. 2011, vol. 47, no. 4, pp. 95-104.
6. Potapova A. A., Kobin A. A., Dorkina E. G. et al. *Farmatsiya i farmakologiya*, 2015, no. 1, pp. 87-88.
7. Murtalieva V. Kh., Tsibizova A. A., Sergalieva M. U. et al. *Dal'nevostochnyj medicinskij zhurnal*, 2022, no. 3, pp. 40-46. <https://doi.org/10.35177/1994-5191-2022-3-7>
8. Olina A. V., Solov'eva A. I., Solovchenko A. E. et al. *Biotehnologiya*, 2017, vol. 33, no. 3, pp. 29-37. <https://doi.org/10.21519/0234-2758-2017-33-3-29-37>
9. Manyakhin A. Yu., Zorikova S. P., Zorikova O. G. *Tikhookeanskiy meditsinskiy zhurnal*, 2010, no. 2(40), pp. 66-69.
10. Olennikov D. N., Chirikova N. K., Tankhaeva L. M. *Ximiya rastitel'nogo syr'ya*, 2009, no. 4. pp. 89-98.
11. Kuryanova E. V., Tryasuchev A. V., Stupin V. O., Tepliy D. L. *Sibirskij nauchnyj medicinskij zhurnal*, 2017, vol. 37, no. 1. pp. 11-20.
12. Pavlova I. V., Broshevitskaya N. D. *Zhurnal e'volucionnoj bioximii i fiziologii*, 2021, vol. 57, no. 4. pp. 331-343. <https://doi.org/10.31857/S0044452921040057>
13. Olefir Yu. V., Romanov B. K., Kukes V. G. et al. *Medicinskij vestnik Severnogo Kavkaza*, 2021, vol. 16, no. 4, pp. 450-455. <https://doi.org/10.14300/mnnc.2021.16109>
14. Smoleva E. O. *Social'no-gumanitarny'e texnologii*, 2020, no. 3(15), pp. 70-79.
15. Nadorova A. V., Kolik L. G., Klodt P. M. et al. *Nejroxi miya*, 2014, vol. 31, no. 2, pp. 147. <https://doi.org/10.7868/S1027813314020083>
16. Abramova O. V., Zubkov E. A., Zorkina Ya. A. et al. *Byulleten' eksperimental'noj biologii i mediciny*, 2019, vol. 168, no. 12, pp. 687-691.
17. Uranova V. V., Lomteva N. A., Bliznyak O. V. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2022, vol. 14, no. 5, pp. 77-94. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2022-14-5-77-94>
18. Uranova V. V., Lomteva N. A., Bliznyak O. V. *Estestvenny'e nauki*, 2021, no. 4(5), pp. 27-35.
19. Khmel A. A. *Innovacii i investicii*, 2020, no. 7, pp. 84-88.

20. Porsolt RD., Anton G., Blavet N., Jalfre M. Behavioral despair in rats: a new model sensitive to antidepressant treatment. *Eur J Pharmacol.*, 1978, vol. 47(4), pp. 379-391.
21. Samottrueva M. A., Yasenyavskaya A. L., Bashkina O. A. et al. Glyprolines as modulators of immunoreactivity within conditions of “social” stress. *Pharmacy & Pharmacology*, 2019, vol. 7, no. 4, pp. 224-230. <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2019-7-4-224-230>.
22. Influence of experimental context on the development of anhedonia in male mice exposed to chronic social stress. *Zhurnal Vysshei Nervnoi Deyatelnosti Imeni I.P. Pavlova*, 2008, vol. 58, no. 2, pp. 238-246.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Уранова Валерия Валерьевна, ассистент кафедры химии фармацевтического факультета
Астраханский государственный медицинский университет
ул. Бакинская, 121, г. Астрахань, 414000, Российская Федерация
fibi_cool@list.ru

Ломтева Наталья Аркадьевна, и. о. заведующего кафедрой физиологии, морфологии, генетики и биомедицины, доктор биологических наук, доцент
Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева
ул. Татищева, 20А, г. Астрахань, 414056, Российская Федерация
molecula01@yandex.ru

Кулешова Ольга Николаевна, доцент кафедры физиологии, морфологии, генетики и биомедицины, кандидат биологических наук
Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева
ул. Татищева, 20А, г. Астрахань, 414056, Российская Федерация
pozdniakova_olga@list.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Valeria V. Uranova, Assistant of the Chemistry Department at the Faculty of Pharmacy
Astrakhan State Medical University
121, Bakinskaya Str, Astrakhan, 414000, Russian Federation
fibi_cool@list.ru
SPIN-code: 3601-7336
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2114-1286>

Natalia A. Lomteva, Acting Head of the Department of Physiology, Morphology, Genetics and Biomedicine, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor

*Astrakhan State University named after V.N. Tatischchev
20A, Tatischcheva Str., Astrakhan, 414056, Russian Federation
molecula01@yandex.ru*

*SPIN-code: 1629-6211
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8336-7726>*

Olga N. Kuleshova, Associate Professor of the Department of Physiology, Morphology, Genetics and Biomedicine, Candidate of Biological Sciences

*Astrakhan State University named after V.N. Tatischchev
20A, Tatischcheva Str., Astrakhan, 414056, Russian Federation
pozdniakova_olga@list.ru
SPIN-code: 4363-8447
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1348-4636>*

Поступила 21.03.2023

Received 21.03.2023

После рецензирования 09.04.2023

Revised 09.04.2023

Принята 12.04.2023

Accepted 12.04.2023

DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-930**УДК 796.015.6**

Научная статья

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КИСЛОТНО-ОСНОВНОГО РАВНОВЕСИЯ У ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ ОРИЕНТИРОВЩИКОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ГЛЮКОЗОЭЛЕКТРОЛИТНОГО НАПИТКА С ДОБАВЛЕНИЕМ РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ

*Е.А. Бирюкова, Д.Р. Хусаинов, Е.В. Бурцева,
Н.П. Мишин, Н.С. Трибрат*

В реальных условиях высокоинтенсивной тренировочной и соревновательной нагрузки спортсменов важнейшее значение для спортивной успешности имеет сохранение показателей энергетического метаболизма и кислотно-основного равновесия в диапазоне гомеостатической нормы. Одним из возможных способов поддержания кислотно-щелочного баланса спортсмена может выступать применение гомеостатических электролитных напитков, которые могут оказывать достаточно быстрый эффект. В связи с этим, в настоящей работе мы определили следующую цель исследования: провести анализ возможности использования функционального напитка «Алустон» (ФНА) производства АО «Алуштинский эфиро-масличный завод» для поддержания кислотно-щелочного баланса спортсменов и возможного повышения работоспособности, продолжительности тренировки, устойчивости спортсменов к длительным физическим нагрузкам высокой интенсивности.

Методы: использовали протокол ступенчато повышающейся нагрузки на велоэргометре Kettler (Hmbq, Германия). Зabor капиллярной крови у спортсменов осуществляли в состоянии покоя перед началом нагрузки и сразу после ее завершения с помощью капилляра Eros (Epochal Inc., Канада). Биохимические показатели крови pH, содержание CO_2 и O_2 , $[\text{Na}^+]$, $[\text{K}^+]$, $[\text{Ca}^{2+}]$, $[\text{Cl}^-]$, $[\text{HCO}_3^-]$, Лактат, Глюкоза, Crea, Hct, Hb, BE(ecf), BE(b) регистрировались анализаторами Epochreader и Epochost (Epochal Inc., Канада). **Показано**, что ФНА способствует стабилизации анионных интервалов, уменьшает выра-

женностю смещения стандартного (*BE-ecf*) и истинного (*BE-b*) избытка оснований в отрицательный диапазон, что можно расценивать как более выраженную сохранность «прочности» буферных систем крови, способствовал уменьшению напряженности в паре ацидоз-алкалоз. Кроме того, прием *FNA*, вероятно, смещает фазу ферментации креатина на более поздние нагрузочные этапы.

Последний экспериментальный факт требует дальнейших исследований, а также, остается актуальным модификационные изменения состава, концентрационного соотношения активных компонентов в напитке «Алустон».

Ключевые слова: кислотно-основное равновесие; катионно-анионное равновесие; спортсмены; спортивное ориентирование; глюкозо-электролитный напиток

Для цитирования. Бирюкова Е.А., Хусаинов Д.Р., Бурцева Е.В., Мишин Н.П., Трибрат Н.С. Изменение показателей кислотно-основного равновесия у высококвалифицированных спортсменов ориентировщиков под влиянием глюкозоэлектролитного напитка с добавлением растительных экстрактов // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. Т. 15, №5. С. 137-152. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-930

Original article

THE ACID-BASE CHANGES IN HIGHLY QUALIFIED ORIENTER SPORTSMEN UNDER THE INFLUENCE OF GLUCOSE ELECTROLYTE DRINK WITH THE PLANT EXTRACTS ADDITION

*E.A. Biryukova, D.R. Khusainov, E.V. Burtseva,
N.P. Mishin, N.S. Tribrat*

In real conditions of high-intensity training and competitive load of athletes, the most important for sports success is the preservation of energy metabolism indicators, and, in particular, the acid-base balance in the range of homeostatic normal values. One of the possible ways to maintain the acid-base balance of an athlete is the use of homeostatic electrolyte drinks, which can have a fairly rapid effect. In this regard, for our work we have identified the following goal of the study: to analyze the possibility of using the functional drink "Aluston" (FDA) produced by JSC "Alushta Essential Oil Plant" to maintain the acid-base balance

of athletes and a possible increase in performance, training duration, resistance of athletes to long-term physical activity of high intensity.

Methods: Stepwise loading protocol was used on a Kettler bicycle ergometer (Hmbq, Germany). Capillary blood sampling from athletes was carried out at rest before the start of the load and immediately after it was completed using an Epoch capillary (Epochal Inc., Canada). Biochemical parameters of blood like pH, concentration of CO_2 and O_2 , $[\text{Na}^+]$, $[\text{K}^+]$, $[\text{Ca}^{2+}]$, $[\text{Cl}^-]$, $[\text{HCO}_3^-]$, Lactate, Glucose, Crea, Hct, Hb, BE(ecf), BE(b) were recorded by the Epochreader and Epochost analyzers (Epochal Inc., Canada). It was shown that FDA contributes to the stabilization of anion gaps, reduces the severity of the shift of the standard (BE-ecf) and true (BE-b) excess bases into the negative range, which can be regarded as a more pronounced preservation of the "strength" of blood buffer systems, and contributed to a decrease in tension in the pair acidosis-alkalosis. In addition, FDA supplementation likely shifts the phase of creatine fermentation to later loading stages.

The last experimental fact requires further research, and also, modification changes in the composition, concentration ratio of active components in the "Aluston" drink remain relevant.

Keywords: acid-base state; cation-anion balance; athletes; sports orienteering; glucose-electrolyte drink

For citation. Biryukova E.A., Khusainov D.R., Burtseva E.V., Mishin N.P., Tribrat N.S. The Acid-Base Changes in Highly Qualified Orienter Sportsmen under the Influence of Glucose Electrolyte Drink with the Plant Extracts Addition. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2023, vol. 15, no. 5, pp. 137-152. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-930

Введение

В реальных условиях высокоинтенсивной тренировочной и соревновательной нагрузки спортсменов важнейшее значение для спортивной успешности имеет сохранение показателей энергетического метаболизма в диапазоне гомеостатической нормы [6, 11, 13]. При этом ключевое значение для достижения спортивной результативности отводят показателям кислотно-основного равновесия крови (КОР) капиллярной крови [13, 16] как маркеров выносливости, тренированности и готовности спортсмена к физическим нагрузкам [3, 15]. Некоторые авторы [2, 4, 8] отмечают высокую вариативность активности ферментативных систем, участвующих в поддержании нормального КОС крови даже у высококвалифицированных спортсменов. По результатам цикла предыдущих исследований нами пока-

зана информативная значимость таких показателей, как катионно-анионный состав, кислотно-основной баланс; содержание лактата, креатинина и газового состава в смешанной венозной крови квалифицированных спортсменов ориентировщиков [7, 14]. На значимость перечисленных маркеров указывают многие авторы, особо подчеркивая значимость системы креатинфосфокиназы и лактатного пути [1, 2, 4, 6, 10, 17]. Поддержание этих показателей в пределах нормы является существенной составляющей для эффективной спортивной деятельности, в том числе и спортсменов ориентировщиков. В литературе предлагаются различные варианты сохранности кислотно-щелочного баланса: особая структура питания спортсменов [9, 12, 13], правильная тренировочная интенсивность и объём нагрузки [18]. Одним из возможных способов поддержания кислотно-щелочного баланса спортсмена может выступать применение гомеостатических электролитных напитков, которые могут оказывать достаточно быстрый эффект. В связи с этим, в настоящей работе мы определили следующую **цель исследования:** провести анализ возможности использования функционального напитка «Алустон» (ФНА) производства АО «Алуштинский эфиро-масличный завод» для поддержания КОР спортсменов и возможного повышения работоспособности, продолжительности тренировки, устойчивости спортсменов к длительным физическим нагрузкам высокой интенсивности.

Материалы и методы

Экспериментальное исследование проведено на базе Центра колективного пользования «Экспериментальная физиология и биофизика» и научно-клинического центра «Технологии здоровья и реабилитации» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского». В исследовании приняли участие 12 квалифицированных спортсменов-ориентировщиков мужского пола (сборная команда Республики Крым по спортивному ориентированию; 6 мастеров и 6 кандидатов в мастера спорта по спортивному ориентированию бегом). Возраст спортсменов находился в диапазоне от 18 до 31 года, вес – от 60 до 80 кг, рост – от 170 до 205 см. Исследование проведено в течение базового мезоцикла подготовительного периода тренировочного процесса. Все спортсмены дали добровольное информированное согласие на участие в исследовании согласно этическим стандартам научных исследований в спорте и физической активности 2022 г. (выписка из протокола №1, заседания Комитета по этике ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского» от 25.01.2022).

Изучение эффекта приема ФНА на биохимические показатели крови спортсменов было выстроено в несколько последовательных этапов.

1 этап – плацебо: биохимический анализ крови до, в процессе выполнения и после физической нагрузки до отказа на фоне однократного приема напитка плацебо (бутылированная вода с добавлением ароматизатора, имитирующего органолептические свойства исследуемого напитка – 200 мл за 15 мин до выполнения нагрузочного тестирования).

2 этап – основной этап (не ранее 14, но не позднее 21 дня после первого этапа): биохимический анализ крови до, в процессе выполнения и после физической нагрузки до отказа на фоне однократного приема функционального напитка «Алустон» (200 мл 15 мин до выполнения нагрузочного тестирования).

Для определения изменения биохимических показателей крови спортсменов в условиях физической нагрузки использовали протокол ступенчато повышающейся нагрузки на велоэргометре Kettler (Hmbq, Германия) с начальной величиной нагрузки 50 Вт., с последующим увеличением на 50 Вт, каждые 3 минуты с максимумом 400 Вт в течении трех минут, если отказ не последует ранее [5].

Забор капиллярной крови у спортсменов осуществляли в состоянии покоя перед началом нагрузки с подушечки пальца с помощью специализированного капилляра Ерос (производство Epcal Inc., Канада), а также сразу после завершения нагрузки. Регистрация биохимических показателей крови осуществлялась с использованием системы анализа крови Epochreader и Epochost (производство Epcal Inc., Канада), для этого, образец не позднее чем, через 30 секунд после забора, вводили в специальную тест карту. Рассчитывались следующие показатели крови: pH, содержание CO₂ и O₂, [Na⁺], [K⁺], [Ca²⁺], [Cl⁻], [HCO₃⁻], Лактат, Глюкоза, Crea, Hct, Hb, BE(ecf), BE(b).

В состав функционального напитка «Алустон» входит природный минеральный комплекс в виде морской соли Черного моря, полученный природным выпариванием в акватории озера Сасык-Сиваш; природный витаминный комплекс растительного происхождения в виде водных экстрактов плодов шиповника и листа крапивы. Основные электролиты, входящие в состав морской соли: натрий (Na⁺ – 37,6 мг/100 мл напитка), калий (K⁺ – 21,2 мг/100 мл напитка), кальций (Ca²⁺ – 1,6 мг/100 мл напитка). Витамины С (0,2 г/100мл), В1 (1,6 мкг/100 мл), В2 (3,2 мкг/100 мл), В4 (0,6 мг/100 мл), В5 (22 мкг/100 мл), В6 (3,52 мкг/100 мл), В9 (0,6 мкг/100 мл), РР (28,9 мкг/100 мл), К1 (22 мкг/100 мл) и витамин Н (0,008 мкг/100 мл).

В качестве источника энергии в состав функционального напитка входят углеводы мальтодекстрин 6 г/100мл и глюкоза 2 г/100мл.

Результаты обрабатывали с использованием пакета программ Statistica 10.0. Проверка соответствия статистических данных закону нормального распределения проводилась с помощью критерия Шапиро-Уилка. Статистически значимые различия определялись с помощью критерия Дана. И в разделе результатов работы рассмотрены только те биохимические показатели крови спортсменов, которые достигали достоверного уровня значимости отличий (от $p \leq 0,05$).

Результаты и их обсуждение

Результаты велозергометрического тестирования у квалифицированных спортсменов-ориентировщиков свидетельствуют о увеличении толерантности к интенсивной физической нагрузке в условиях применения ФНА, так общий объём выполненной работы в серии «плацебо» составил $1329,10 \pm 149,18$ Вт, а в условиях применения ФНА – увеличился на 9,5% ($p \leq 0,05$) в сравнении с группой, принимавшей плацебо и составил $1455,00 \pm 148,60$ Вт.

Изменение концентрации ионов. Первыми опишем изменения показателей концентрации ионов в крови спортсменов (табл. 1). В содержании катионов проявлялось увеличение концентрации ионов натрия и калия после приема ФНА. Концентрация ионов натрия возрастила всего на 1,14%, но при этом уровень отличий достигал достоверной значимости при $p \leq 0,05$.

Таблица 1.

Изменение концентрации катионов и анионов в крови спортсменов-ориентировщиков под влиянием функционального напитка «Алустон» ($M \pm m$) ($n = 12$).

Показатель ммоль/л	Плацебо		Функциональный напиток «Алустон»	
	До нагрузки	После нагрузки	До нагрузки	После нагрузки
HCO ₃ ⁻	$25,50 \pm 0,54$	$22,52 \pm 0,82$ ($p \leq 0,05$)	$24,63 \pm 0,51$	$22,99 \pm 0,59$ ($p \leq 0,05$)
Na+	$141,91 \pm 0,68$	$142,91 \pm 0,56$	$140,55 \pm 0,61$	$142,1 \pm 0,38$ ($p \leq 0,05$)
K+	$4,59 \pm 0,18$	$5,54 \pm 0,16$ ($p \leq 0,01$)	$4,58 \pm 0,16$	$5,70 \pm 0,23$ ($p \leq 0,01$)

Примечание: p – уровень достоверности изменений относительно фона.

Без приема ФНА концентрация ионов натрия оставалась примерно на фоновом уровне.

В ситуации с ионами калия также наблюдалось увеличение их концентрации в крови у спортсменов ориентировщиков после нагрузочной пробы на велоэргометре: на 20,6% ($p \leq 0,01$) в группе «плацебо» и на 24,4% ($p \leq 0,01$) при приеме ФНА.

В содержании анионов достоверный уровень отличий продемонстрировали только анионы угольной кислоты, концентрация которых уменьшалась на 12% в группе плацебо на 6,6% в группе ФНА при $p \leq 0,05$ в обоих случаях (табл. 1).

Изменение анионного разрыва. Как видно из таблицы 2 показатель Agap после нагрузки в условиях приема плацебо достоверно увеличивался на 19,5 % при $p \leq 0,05$. На фоне приема ФНА этот показатель не демонстрировал достоверных изменений (табл. 2).

Предсказуемо AgapK значимо увеличивался как в случае плацебо, так и при приеме ФНА: на 14,5% ($p \leq 0,05$) и на 19,2% ($p \leq 0,05$), соответственно.

Таблица 2.

Изменение анионного разрыва у спортсменов ориентировщиков под влиянием функционального напитка «Алустон». ($M \pm m$) ($n = 12$).

Показатель ммоль/л	Плацебо		Функциональный напиток «Алустон»	
	До нагрузки	После нагрузки	До нагрузки	После нагрузки
Agap	$10,80 \pm 0,47$	$12,91 \pm 1,12$ ($p \leq 0,05$)	$10,70 \pm 0,45$	$12,09 \pm 0,68$
AGapK	$15,80 \pm 0,59$	$18,18 \pm 1,11$ ($p \leq 0,05$)	$15,10 \pm 0,38$	$17,73 \pm 0,68$ ($p \leq 0,05$)

Примечание: p – уровень достоверности изменений относительно фона.

Таким образом, после нагрузочной пробы на велоэргометре на фоне приема ФНА у спортсменов ориентировщиков достоверно увеличивается концентрация ионов натрия в отличие от группы «плацебо». Но, при этом интегративные показатели анионной разницы между группами не отличаются и в числовом отношении в группе ФНА они смещаются, даже, менее выраженно. Остальные концентрационные показатели ионов крови в группе спортсменов с ФНА полностью совпадают с таковыми группы «плацебо» и у обоих групп находятся в пределах нормы, которая для ионов натрия составляет 136 – 145 ммоль/л, калия – 3,5 – 5,5 ммоль/л, HCO_3^- – 20 – 27 ммоль/л; показателя Agap в норме находится в пределах 8-16 ммоль/л; для AGapK – до 20 ммоль/л.

Следовательно, прием ФНА не должен вызывать существенных отклонений в ионном составе крови спортсменов. Полностью подтверждают озвученную мысль изменения интегративных показателей анионного состава крови спортсменов, которые на фоне приема ФНА не демонстрировали существенных отличительных отклонений от соответствующих показателей группы «плацебо».

Изменение показателей избытка оснований и рН крови. Показатели стандартного (BE-ecf) и истинного (BE-b) избытка оснований демонстрировали выраженное и достоверное смещение в отрицательную сторону. BE-ecf от интервала 3,4 – -1,1 (фон) до 1,0 – -8,5; BE-b от 2,2 – -1,3 (фон) до 0,8 – -8,8 при $p \leq 0,01$ для обоих показателей в группе плацебо (табл. 3).

В группе приема ФНА BE-ecf смещался от интервала 3 – -3,3 (фон) до -0,1 – -6,3; BE-b от 2,2 – -2,8 (фон) до -0,6 – -5,8 при $p \leq 0,001$ в обоих случаях.

Наблюдается снижение значения рН крови спортсменов в группе «плацебо» на 0,25 % при $p \leq 0,054$, что можно расценивать как слабое закисление крови, но только на уровне тенденции (табл. 3).

Смещение описанных показателей в отрицательную сторону указывает на дефицит оснований в крови спортсменов; чем более выражено их отрицательное значение, тем существеннее этот дефицит. Следует отметить, что в группе ФНА показатели стандартного (BE-ecf) и истинного (BE-b) избытка оснований смещались в отрицательную сторону заметно менее выраженно в отличие от «плацебо». И важным фактом является то, что в группе ФНА отрицательное смещение находились на нижнем пределе нормы для нагрузочных проб (-5 – -6 у.е.), а в группе «плацебо» заметно удалялись от этой границы.

Действительно, достоверное смещение интервалов показателей избытка оснований у спортсменов ориентировщиков в сторону отрицательных значений может указывать на закисление крови после нагрузочной пробы, особенно в группе «плацебо». Но отличий между группами «плацебо» и ФНА в описанных показателях не наблюдалось, а также рН не демонстрировал достоверных отклонений. Поэтому говорить о значимом закислении вряд ли представляется возможным.

Изменение газового состава крови. В группе «плацебо» возрастало парциальное давление кислорода от $75,13 \pm 3,06$ ммHg до $83,65 \pm 2,65$ ммHg (на 11,3 % при $p \leq 0,01$). В случае приема ФНА значение этого показателя хоть и возрастало от $71 \pm 1,5$ ммHg до $75,3 \pm 2,4$ ммHg (на 6 %), но изменение не достигало достоверного уровня.

Таблица 3.

Изменение концентрации катионов и анионов в крови спортсменов ориентировщиков под влиянием функционального напитка «Алустон» ($M \pm m$) ($n = 12$).

Показатель у.е.	Плацебо		Функциональный напиток «Алустон»	
	До нагрузки	После грузки	До нагрузки	После нагрузки
pH	7,39±0,01	7,34±0,02 ($p \leq 0,054$)	7,39±0,01	7,36±0,01
BE(ecf)	3,4 – -1,1	1,0 – -8,5 ($p \leq 0,01$)	3 – -3,3	0,1 – -6,3 ($p \leq 0,001$)
BE(b)	2,2 – -1,3	0,8 – -8,8 ($p \leq 0,01$)	2,2 – -2,8	-0,6 – -5,8 ($p \leq 0,001$)

Примечание: p – уровень достоверности изменений относительно фона.

Концентрация углекислого газа снижалась, как в группе «плацебо», так и в группе ФНА. В первом случаев этот показатель сдвигался от 26,79±0,58 ммоль/л до 23,79±0,86 ммоль/л (на 11,2 % при $p \leq 0,01$), во втором – от 25,85±0,53ммоль/л до 24,28±0,61 ммоль/л (на 6,1 % при $p \leq 0,05$).

Выявленные отличия в парциальном давлении кислорода между группами «плацебо» и ФНА возможно указывают на менее выраженный дыхательный алкоголоз в группе ФНА.

Крайне интересные результаты получены при анализе концентрации глюкозы, креатинина и лактата в крови. Из рисунков 1 и 2 видно, что в группе плацебо параллельно с использованием глюкозы задействуются и другие «быстрые» запасные энергетические активы, что выражается в достоверном приросте концентрации креатинина и лактата. Концентрация глюкозы снижается на 12 % ($p \leq 0,05$), креатинин возрастает на 32 % ($p \leq 0,01$), лактат – на 173 % от фонового уровня ($p \leq 0,01$).

В случае приема ФНА снижается содержание глюкозы на 18 % ($p \leq 0,05$) и возрастает концентрация лактата на 107 % ($p \leq 0,01$), но содержание креатинина не изменяется. Отмеченный феномен может указывать на сохранность креатина, что может стать залогом пролонгации энергетической готовности организма к дальнейшим нагрузкам.

По описанным результатам можно резюмировать, что в условиях приема ФНА может изменяться приоритет энергетического баланса, в результате которого первично тратиться глюкоза и лактат, а ферментация креатина становится выраженным резервным механизмом. Но это предположение требует дальнейшей детальной экспериментальной проверки, в силу того,

что в группе ФНА могли сыграть дополнительные факторы, оказавшие влияние на энергетический баланс.

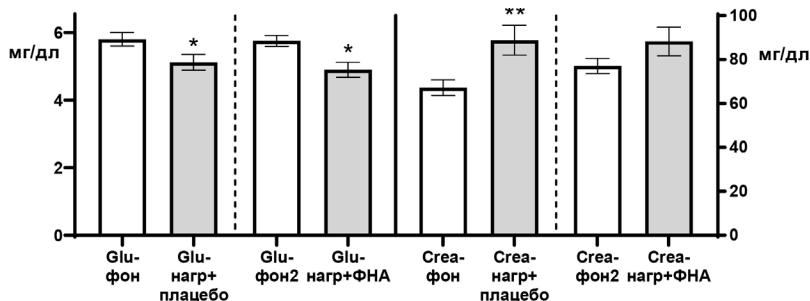


Рис. 1. Сравнение содержания глюкозы (Glu) и креатинина (Crea) в крови у спортсменов ориентировщиков после нагрузочной пробы (нагр) на велоэргометре без (плацебо) и на фоне приема функционального напитка «Алустон» (ФНА).

Примечания: * – отличия от фоновых показателей при $p \leq 0,05$, ** – отличия от фоновых показателей при $p \leq 0,01$.

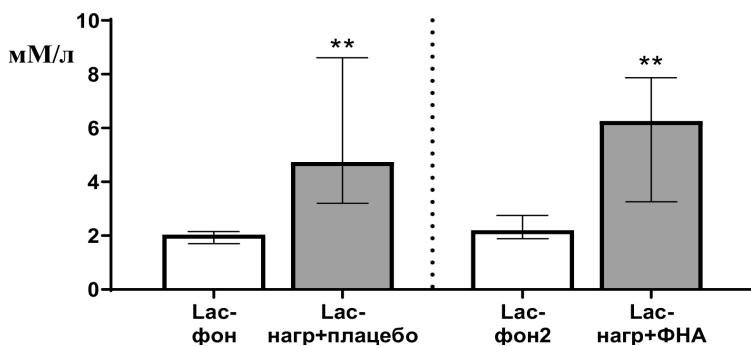


Рис. 2. Сравнение содержания лактата (Lac) в крови у спортсменов ориентировщиков после нагрузочной пробы на велоэргометре без и на фоне приема функционального напитка «Алустон» (представлены медиана и квартили).

Примечания: обозначения те же, что и на рис. 1

Заключение

По результатам настоящего исследования можно заключить, что ФНА способствует стабилизации анионных интервалов и, в первую очередь, анионного интервала по натрию (Agap). Уменьшает выраженность смещения стандартного (BE-ecf) и истинного (BE-b) избытка оснований в отрицательный диапазон, что можно расценивать как более выраженную

сохранность «прочности» буферных систем крови. Также, прием ФНА способствовал уменьшению напряженности в паре ацидоз-алкалоз.

В целом, функциональный напиток «Алустон» продемонстрировал с разной степенью выраженности позитивное воздействие на все исследованные показатели и может рассматриваться как перспективный способ гомеостатической сохранности КОР спортсменов ориентировщиков. Также, следует сказать, что остается актуальным модификационные изменения состава, концентрационного соотношения и др. в напитке «Алустон» и этот поиск может стать основанием для последующих комплексных исследований.

Конфликт интересов: между авторами и авторами статьи с Алуштинским эфиро-масличным заводом конфликт интересов отсутствует.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, программа «Приоритет-2030» №075-15-2021-1323

This study was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Priority-2030 program №075-15-2021-1323

Список литературы

1. Гунина Л., Безуглая В., Носач Е. Синдром перенапряжения у спортсменов: миокардиальные биохимические маркеры // Наука в олимпийском спорте. 2017. № 4. С. 27-35.
2. Динамика изменения показателей креатинфосфокиназы в микроцикле подготовки у элитных тяжелоатлетов / Сивохин И.П., Марденова Г.Б., Огиенко Н.А., Бекмухамбетова Л., Белегов А.Н., Калашников А.П. // Современные вопросы биомедицины. 2020. Т4 (3). С. 89-102.
3. Применение омиксных технологий в системе спортивной подготовки / Семенова Е.А., Валеева Е.В., Булыгина Е.А., Губайдуллина С.И., Ахметов И.И. // Ученые записки Казанского университета. Серия естественные науки. 2017. Т. 159, кн. 2. С. 232-247.
4. Раджабкадиев Р.М. Биохимические маркеры адаптации высококвалифицированных спортсменов к различным физическим нагрузкам // Наука и спорт: современные тенденции. 2019. Т. 7, №2. С. 81-91.
5. Тавровская Т.В. Велоэргометрия. Практическое пособие для врачей. СПб.: Кафедра факультетской терапии Алтайского государственного медицинского университета, 2007. 138 с. http://raznopolezno.narod.ru/med/met_vem.pdf.
6. Тамбовцева Р.В., Войтенко Ю.Л., Плетнева Е.В. Метаболические эффекты анаэробной функции при кратковременных повторных нагрузках // Теория и практика физической культуры. 2015. № 12. С. 30-33.

7. Физиологические особенности процессов компенсации метаболических сдвигов в организме квалифицированных ориентировщиков при воздействии соревновательной нагрузки / Бирюкова Е.А., Хусаинов Д.Р., Мишин Н.П., Погодина С.В., Чуян Е.Н. // Теория и практика физической культуры. 2021. Том 5. С. 26-28.
8. Шамитова Е.Н., Александрова Н.Л., Михайлова К.Н. Биохимический контроль реакции организма на повышенную физическую нагрузку // Научное обозрение. Биологические науки. 2018. № 2. С. 27-31.
9. Alkaline water improves exercise-induced metabolic acidosis and enhances anaerobic exercise performance in combat sport athletes / Chycki J., Kurylas A., Maszczyk A., Golas A., Zajac A. // PLoS ONE 2018. Vol. 13(11). P. 7-9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205708>
10. Changes in the acid-base balance and lactate concentration in the blood in amateur ultramarathon runners during a 100-km run / Jastrzębski Z., Żychowska M., Konieczna A., Ratkowski W., Radzimiński Ł. // Biol. Sport. 2015. Vol. 32. P. 261-265. <https://doi.org/10.5604/20831862.1163372>
11. Deb S.K., Gough L.A., Sparks S. Sodium bicarbonate supplementation improves severe-intensity intermittent exercise under moderate acute hypoxic conditions // European Journal of Applied Physiology. 2018. Vol. 118(3). P. 607-615. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-3801-7>
12. Dietary Acid Load: Mechanisms and evidence of its health repercussions / Osuna-Padilla I.A., Leal-Escobar G., Garza-García C.A., Rodríguez-Castellanos F.E. // Nefrologia. 2019. Vol. 39. P. 343–354. <https://doi.org/10.1016/j.nefroe.2019.08.001>
13. Dietary acid-base balance in high-performance athletes / Marius Baranauskas, Valerija Jablonskiene, Jonas Algim Abaravičius, Laimute Samsonien and Rimantas Stukas // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2020. Vol. 17(15), 5332. <https://doi.org/10.3390/ijerph17155332>
14. Effects of sodium bicarbonate, caffeine, and their combination on repeated 200-m freestyle performance / Pruscino C.L., Ross M.L., Gregory J.R., Savage B. // International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism. 2020. Vol. 18(2). P. 116-130. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.18.2.116>
15. Features of metabolic support of physical performance in highly trained cross-country skiers of different qualifications during physical activity at maximum load / Parshukova O.I., Varlamova N.G., Potolitsyna N.N., Lyudinina A.Y., Bojko, E.R. // Cells. 2021. Vol. 11(1), 39. <https://doi.org/10.3390/cells11010039>
16. Nam S. Effects of endurance exercise under hypoxia on acid-base and ion balance in healthy males // Physical Activity and Nutrition. 2020. Vol. 24(3). P. 7-12. <https://doi.org/10.20463/pan.2020.0015>

17. Park H.Y., Lim K. Intermittent hypoxic training for 6 weeks in 3000 m hypobaric hypoxia conditions enhances exercise economy and aerobic exercise performance in moderately trained swimmers // *Biology of Sport*. 2018. Vol. 35. P. 49-56. <https://doi.org/10.5114/biolspor.2018.70751>
18. The effects of sodium bicarbonate ingestion on cycling performance and acid base balance recovery in acute normobaric hypoxia / Gough L.A., Deb S., Brown D., Sparks S. // *Journal of Sports Sciences*. 2019. V. 37. P. 1464-1471. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1568173>

References

1. Gunina L., Bezuglaya V., Nosach E. *Nauka v olimpiyskom sporte*, 2017, no 4, pp. 27-35.
2. Sivokhin I.P., Mardenova G.B., Ogiyenko N.A., Bekmukhambetova L., Belegov A.N., Kalashnikov A.P. *Sovremennyye voprosy biomeditsiny* [Modern Issues of Biomedicine], 2020, V. 4, no 3, pp. 89-102.
3. Semenova E.A., Valeyeva E.V., Bulygina E.A., Gubaydullina S.I., Akhmetov I.I. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*, 2017, V. 159, book 2, pp. 232-247.
4. Radzhabkadiyev R.M. *Nauka i sport: sovremennyye tendentsii* [Science and sport: modern tendencies], 2019, V. 7, no 2, pp. 81-91.
5. Tavrovskaya T.V. *Veloergometriya. Prakticheskoye posobiye dlya vra-chey*. SPb.: Kafedra fakul'tetskoy terapii Altayskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta, 2007, 138 p. http://raznopolezno.narod.ru/med/met_vem.pdf.
6. Tambovtseva R.V., Voytenko YU.L., Pletneva E.V. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2015, no 12, pp. 30-33.
7. Biryukova E.A., Khusainov D.R., Mishin N.P., Pogodina S.V., Chuyan E.N. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2021, no 5, pp. 22-24.
8. Shamitova E.N., Aleksandrova N.L., Mikhaylova K.N. *Nauchnoye obozreniye. Biologicheskiye nauki*, 2018, no 2, pp. 27-31.
9. Alkaline water improves exercise-induced metabolic acidosis and enhances anaerobic exercise performance in combat sport athletes / Chycki J., Kurylas A., Maszczyk A., Golas A., Zajac A. *PLOS ONE*, 2018, vol. 13(11), pp. 7-9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205708>
10. Changes in the acid-base balance and lactate concentration in the blood in amateur ultramarathon runners during a 100-km run / Jastrzębski Z., Żychowska M., Konieczna A., Ratkowski W., Radzimiński Ł. *Biol. Sport*, 2015, vol. 32, pp. 261-265. <https://doi.org/10.5604/20831862.1163372>
11. Deb S.K., Gough L.A., Sparks S. Sodium bicarbonate supplementation improves severe-intensity intermittent exercise under moderate acute hypoxic

- conditions. *European Journal of Applied Physiology*, 2018, vol. 118(3), pp. 607-615. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-3801-7>
12. Dietary Acid Load: Mechanisms and evidence of its health repercussions / Osuna-Padilla I.A., Leal-Escobar G., Garza-Garcia C.A., Rodriguez-Castellanos F.E. *Nefrologia*, 2019, vol. 39, pp. 343–354. <https://doi.org/10.1016/j.nefroe.2019.08.001>
13. Dietary acid-base balance in high-performance athletes / Marius Baranauskas, Valerija Jablonskiene, Jonas Algimantas Abaravicius, Laimute Samsonien and Rimantas Stukas. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2020, vol. 17(15), 5332. <https://doi.org/10.3390/ijerph17155332>
14. Effects of sodium bicarbonate, caffeine, and their combination on repeated 200-m freestyle performance / Pruscino C.L., Ross M.L., Gregory J.R., Savage B. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 2020, vol. 18(2), pp. 116-130. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.18.2.116>
15. Features of metabolic support of physical performance in highly trained cross-country skiers of different qualifications during physical activity at maximum load / Parshukova O.I., Varlamova N.G., Potolitsyna N.N., Lyudinina A.Y., Bojko, E.R. *Cells*, 2021, vol. 11(1), 39. <https://doi.org/10.3390/cells11010039>
16. Nam S. Effects of endurance exercise under hypoxia on acid-base and ion balance in healthy males. *Physical Activity and Nutrition*, 2020, vol. 24(3), pp. 7-12. <https://doi.org/10.20463/pan.2020.0015>
17. Park H.Y., Lim K. Intermittent hypoxic training for 6 weeks in 3000 m hypobaric hypoxia conditions enhances exercise economy and aerobic exercise performance in moderately trained swimmers. *Biology of Sport*, 2018, vol. 35, pp. 49-56. <https://doi.org/10.5114/biolspor.2018.70751>
18. The effects of sodium bicarbonate ingestion on cycling performance and acid base balance recovery in acute normobaric hypoxia / Gough L.A., Deb S., Brown D., Sparks S. *Journal of Sports Sciences*, 2019, vol. 37, pp. 1464-1471. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1568173>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Бирюкова Елена Александровна, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры физиологии человека и биофизики
Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
проспект Академика Вернадского, 4, г. Симферополь, 295007, Российская Федерация
biotema@mail.ru

Хусаинов Денис Рашидович, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры физиологии человека и биофизики
*Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
проспект Академика Вернадского, 4, г. Симферополь, 295007, Российская Федерация*
gangliu@yandex.ru

Бурцева Елена Владимировна, кандидат фармакологических наук, доцент, доцент кафедры медицинской и фармацевтической химии
*Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
проспект Академика Вернадского, 4, г. Симферополь, 295007, Российская Федерация*
burtsevaev2009@yandex.ru

Мишин Николай Петрович, старший преподаватель кафедры теории и методики физической культуры
*Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
проспект Академика Вернадского, 4, г. Симферополь, 295007, Российская Федерация*
mishinnick@yandex.ru

Трибрат Наталья Сергеевна, кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедры нормальной физиологии
*Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
проспект Академика Вернадского, 4, г. Симферополь, 295007, Российская Федерация*
tribratnatalia@rambler.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Yelena A. Biryukova, PhD Biol.

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University
4, Prospekt Akademika Vernadskogo, Simferopol, 295007, Russian Federation
biotema@mail.ru.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2628-0923>
Scopus Author ID: 57224579779*

Denis R. Khusainov, PhD Biol.

V.I. Vernadsky Crimean Federal University

4, Prospekt Akademika Vernadskogo, Simferopol, 295007, Russian Federation

gangliu@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0974-6792>

Scopus Author ID: 14056388900

ResearcherID: AAU-3667-2020

Yelena V. Burtseva, PhD Pharmacological

V.I. Vernadsky Crimean Federal University

4, Prospekt Akademika Vernadskogo, Simferopol, 295007, Russian Federation

burtsevaev2009@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5418-7849>

Scopus Author ID: 57219241186

ResearcherID: 4261-2022

Nikolay P. Mishin, senior lecturer

V.I. Vernadsky Crimean Federal University

4, Prospekt Akademika Vernadskogo, Simferopol, 295007, Russian Federation

mishinnick@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4033-1157>

Scopus Author ID: 57224568143

Natalya S. Tribrat, PhD Biol.

V.I. Vernadsky Crimean Federal University

4, Prospekt Akademika Vernadskogo, Simferopol, 295007, Russian Federation

tribratnatalia@rambler.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6800-1419>

Scopus Author ID: 57190817496

ResearcherID: AAU-7523-2021

Поступила 15.02.2023

Received 15.02.2023

После рецензирования 21.03.2023

Revised 21.03.2023

Принята 01.04.2023

Accepted 01.04.2023

DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-931**УДК 574.24**

Научная статья

СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *ACER* L. В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

И.В. Чернявская, Е.М. Еднич, Т.Н. Толстикова

Обоснование. Концентрация пигментов является видовым признаком, а также интегральным показателем адаптации к изменяющимся условиям внешней среды, отражающим реакцию растений на условия произрастания. Интенсивное развитие современных городов предъявляет определенные требования к подбору растений для озеленения, обладающих высоким уровнем адаптивных реакций.

Цель. Определение содержания фотосинтетических пигментов в листьях представителей рода *Acer* в условиях городской среды (на примере г. Майкопа, Республики Адыгея).

Материалы и методы. Содержание фотосинтетических пигментов определяли спектрофотометрическим методом в листьях представителей рода *Acer* L.: *A. platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *A. saccharinum*, *A. negundo*, *A. campestre* в условиях городской среды (на примере г. Майкопа) и зоне условного контроля (Ботанический сад). Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась с использованием пакета MS Excel 2010.

Результаты. Выявлено, что в условиях урбанизированной среды суммарное содержание хлорофиллов в 1,1-2,2 раза выше по сравнению с контролем. По уровню вариабельности суммарного содержания зеленых пигментов в городе, исследуемые виды расположились в следующем порядке: *A. saccharinum* и *A. campestre* < *A. pseudoplatanus* < *A. platanoides* < *A. negundo*. Соотношение суммы хлорофиллов к каротиноидам очень чутко реагировало на воздействия факторов городской среды. *A. campestre* и *A. saccharinum* отличались от *A. negundo*, *A. pseudoplatanus* и *A. platanoides* по данному показателю.

Заключение. Установлено, что в условиях урбанизированной среды у исследуемых видов рода *Acer* происходят перестройки в структуре пигментных комплексов – усиление синтеза хлорофиллов и каротиноидов, тем самым

повышаются их адаптивные возможности к негативному воздействию факторов городской среды.

Ключевые слова: представители рода *Acer*; городская среда; пигменты; хлорофилл; каротиноиды; стресс; адаптация; Северо-Западный Кавказ

Для цитирования. Чернявская И.В., Еднич Е.М., Толстикова Т.Н. Содержание фотосинтетических пигментов в листьях представителей рода *Acer L.* в условиях городской среды // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. T. 15, №5. C. 153-171. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-931

Original article

CONTENT OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN LEAVES OF THE GENUS ACER L. SPECIES IN URBAN ENVIRONMENT

I.V. Chernyavskaya, E.M. Ednich, T.N. Tolstikova

Background. Pigment concentration is a species trait, and is an integral indicator of adaptive response to changes in environmental factors and the growing conditions. The intensive development of modern cities imposes certain requirements on the selection of plants for landscaping, one of which is a high level of adaptive responses.

Purpose. The purpose of this study was to determine the content of photosynthetic pigments in the leaves of the genus *Acer* species in urban conditions of the city of Maykop, the Adygea Republic.

Materials and methods. We used the spectrophotometric method to determine the content of photosynthetic pigments in the leaves of the genus *Acer L.* species: *A. platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *A. saccharinum*, *A. negundo*, *A. campestre* in an urban environment of the city of Maykop and the zone of conditional control (Botanical garden). We carried out statistical processing of experimental data by using the MS Excel 2010 package.

Results. We have revealed that in the conditions of an urbanized environment the total content of chlorophylls is 1.1-2.2 times higher in comparison with that of the zone of control. Taking into account the level of variability of the total content of green pigments in the city, we arranged the studied species in the following order: *A. saccharinum* < *A. campestre* < *A. pseudoplatanus* < *A. platanoides* < *A. negundo*. The ratio of the amount of chlorophylls to carotenoids reacted very sensitively to the impact of urban environmental factors. *A. campestre* and *A.*

saccharinum differed from *A. negundo*, *A. pseudoplatanus*, and *A. platanoides* for this indicator.

Conclusion. The study made allow us to state that in the conditions of an urbanized environment, the studied species of the genus *Acer* undergo restructuring in the structure of pigment complexes. An increase in the synthesis of chlorophylls and carotenoids raises their adaptive capabilities to the negative impact of urban environmental factors.

Keywords: genus *Acer* species; urban environment; pigments; chlorophyll; carotenoids; stress; adaptation; North-Western Caucasus

For citation. Chernyavskaya I.V., Ednich E.M., Tolstikova T.N., Beskrovnyaya A.Yu. Content of Photosynthetic Pigments in Leaves of the Genus *Acer* L. species in Urban Environment. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2023, vol. 15, no. 5, pp. 153-171. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-931

Введение

Структурные параметры листа являются основой, обеспечивающей протекание физиологических процессов. Под воздействием комплекса антропогенных факторов в условиях городской среды происходит изменение параметров листьев растений, содержание и состояние в них фотосинтетических пигментов [6]. Приспособление фотосинтетического аппарата к условиям среды проявляется на уровне пластидной системы клеток листа, что способствует его оптимизации при разных экологических режимах, поэтому количественное содержание хлорофилла *a* и *b*, каротиноидов может быть использовано как физиологический показатель, характеризующий степень адаптации растений к условиям произрастания и уровню стресса, в частности при интродукции [4, 5, 8, 14-17, 21].

В литературе нет однозначных данных по поводу влияния факторов антропогенной среды на концентрацию пигментов. Ряд авторов как зарубежных [22-26], так и отечественных [1, 2, 10, 13] отмечают, что антропогенное загрязнение окружающей среды подавляет синтез хлорофилла и происходит снижение его концентрации. Другие – указывают на факт увеличения концентрации хлорофилла в условиях повышенной загазованности [13, 18].

В целом, устойчивость растений зависит от факторов внешней среды, а также от состояния самого растения, его индивидуальных особенностей, состава и концентрации токсикантов и длительности их воздействия [2, 7].

Интенсивное развитие современных городов (в том числе Майкопа) предъявляет определенные требования к подбору растений для озе-

ленения, обладающих высоким уровнем адаптивных реакций. Поэтому необходимо обогащение флоры города устойчивыми и эстетически привлекательными зелеными насаждениями.

К числу хозяйствственно-ценных древесных растений относятся представители рода *Acer*, обладающие высокой декоративностью, активным семенным размножением и быстрым ростом. В озеленении Майкопа широко используются пять видов клена: *Acer platanoides* L., *A. pseudoplatanus* L., *A. campestre* L., *A. negundo* L., *A. saccharinum* L. Единично отмечены: *A. palmatum* Trunb., *A. platanoides* 'Royal Red', *A. platanoides* 'Crimston King', *A. platanoides* 'Drummondii', *A. platanoides* 'Princeton Gold', *A. rubrum* 'Autumn Blaze', *A. negundo* 'Flamingo', *A. negundo* 'Variegatum'. Исследования по влиянию городской среды (г. Майкоп) на концентрацию фотосинтетических пигментов в листьях представителей рода *Acer* проводились в 2018-2020 гг. Было определено содержание хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов в листьях некоторых видов: *A. pseudoplatanus*, *A. saccharinum* и *A. campestre* [19]. Однако исследования по выявлению относительных показателей содержания фотосинтетических пигментов (соотношения зеленых пигментов ($Xl\ a/Xl\ b$), отношения суммы хлорофиллов к каротиноидам), уровня изменчивости содержания пигментов (коэффициент вариации (V%)) в зависимости от условий произрастания как интродуцированных, так и аборигенных, представителей рода *Acer*: *A. platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *A. saccharinum* *A. campestre*, *A. negundo* для оценки устойчивости к стрессовым факторам городской среды (г. Майкоп) ранее не проводилось. В связи с этим для выявления адаптивных механизмов актуальным является вопрос изучения содержания хлорофиллов *a* и *b*, каротиноидов в листьях древесных растений рода *Acer* в зависимости от степени техногенной нагрузки на насаждение.

Цель работы – определение содержания фотосинтетических пигментов в листьях представителей рода *Acer* в условиях городской среды (на примере г. Майкопа).

Материал и методы исследования

Район исследования – г. Майкоп (Северо-Западный Кавказ, Республика Адыгея), находится на 44°36'40" с.ш. 40°06'40" в.д., на высоте 190-210 м н.у.м., пояс широколиственных лесов. Климат умеренно-теплый без резких колебаний суточных и местных температур. Среднегодовая температура воздуха равна 11,8 °C, средняя температура июля 22,8 °C, января -1,6 °C; годовая сумма осадков 700-800 мм.

Материалом исследований послужили виды рода *Acer*, широко представленные в составе зеленых насаждений различных объектов озеленения на территории г. Майкоп и в дендрарии Ботанического сада Адыгейского государственного университета: *A. platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *A. saccharinum*, *A. negundo*. В качестве стандарта взят автохтонный вид *A. campestre*.

Acer campestre L. – клен полевой, равнинный. Листопадное дерево до 20 м высотой, с шаровидной кроной, серовато-буровой корой. Цветки зеленоватые, раздельнополые, собраны в сложные кисти. Цветение после распускания листьев, поочередное, с интервалом 3-4 дня. Плод – двукрылатка с горизонтально расположенным крыльями, семена голые. Третичный реликт. Естественный ареал – Кавказ, Восточная Европа, Крым. Произрастает во втором ярусе широколиственных лесов Адыгеи, широко используется в озеленении.

Acer negundo L. – клен американский, ясенелистный. Листопадное дерево до 25 м высотой. Крона широкая, неправильной формы. Кора от оливково-зеленой в раннем возрасте до буроватой – в зрелом. Цветки однопольные, бледно-зеленые, мужские – мелкими пучками, женские – собраны в длинные кисти. Плод – крылатка с загнутыми крыльями. Естественный ареал – Северная Америка.

Клен ясенелистный завезен в Европу в XVII в. как декоративная культура. В настоящее время широко распространен и относится к серьезным инвазивным видам, обнаружено вторжение этого вида в природные местообитания на территории региона.

Acer platanoides L. – клен платановидный, острый. Листопадное дерево высотой 25-30 м, с густой широкой кроной, гладкой темно-серо-буровой корой. Цветки раздельнополые, крупные, зеленовато-желтые, цветут до распускания листьев. Соцветие – повисающая кисть. Плод – двукрылатка до 4 см длиной, крылья расходятся под углом 160°. Третичный реликт. Естественный ареал – Кавказ, Восточная, Средняя и Атлантическая Европа, Южная Скандинавия, Малая Азия. В естественных условиях растёт в широколиственных и смешанных лесах одиночно или небольшими группами.

Acer pseudoplatanus L. – клен ложноплатановый, белый, явор. Листопадное дерево высотой 35-40 м, с густой шаровидной кроной. Кора темно-серая, трещиноватая. Цветки собраны в многоцветковые узкие кисти до 18 см длиной. Цветки мужские и обоеполые около 7-8 мм диаметром, желтовато-зеленые. Плод – двукрылатка до 6 см длиной. Крылатки, су-

женные к основанию, расходящиеся под углом 90°. Третичный реликт. Естественный ареал – Кавказ, Средняя и Атлантическая Европа, Средиземноморье, Балканский полуостров, Малая Азия. На Кавказе растет в составе широколиственных и смешанных лесов.

Acer saccharinum L. – клен сахаристый, ложносахарный, серебристый. Листопадное дерево высотой до 40 м. Крона раскидистая, овальная. Кора сероватая, гладкая, с годами - трещиноватая. Цветки обоеполые и однопольные, зеленоватые или красные, почти сидячие, в зонтиковидных метелках. Цветение до распускания листьев. Плод – двухкрылата длиной до 6 см, с широко расходящимися крыльями. Созревание семян в июне. Естественный ареал – Северная Америка. Завезен в Европу в XVIII в. как декоративное растение.

Исследования проведены в период с мая по август 2021–2022 гг. Сбор растительного материала осуществляли из средней и нижней части кроны учетных древесных растений одного возраста на генеративной стадии развития. Отбирали ассимилирующие листья годичных побегов с четырех сторон экспозиции растений трижды за вегетацию: в конце мая, июне и в начале августа. Повторность опытов трехкратная. Абсолютный максимум температур находился в пределах 35,5 °C (в августе) – 31,5 °C (в мае), в то время, как среднемесячная температура в среднем составляла 22,75±0,85 °C.

Местом отбора в городских условиях выбрана улица Пионерская (район «Черемушки») по критерию наибольшей протяженности и высокой антропогенной нагрузки (интенсивным автомобильным движением). В качестве зоны условного контроля (ЗУК) выбрана территория Ботанического сада Адыгейского государственного университета, расположенная в 15 км от города, на 1-й надпойменной террасе р. Курджипс, на высоте 210 м н.у.м.

В докладе об экологической ситуации в Республике Адыгея за 2021 г. приоритетными загрязнителями атмосферного воздуха являются оксид углерода, диоксид азота, а основным источником загрязнения – выхлопные газы автотранспорта. Содержание в атмосферном воздухе вредных веществ выше 2,1ПДК [3].

Содержание фотосинтетических пигментов определяли спектрофотометрическим методом с экстракцией пигментов 96 %-м этанолом. Оптическую плотность экстрагированных пигментов измеряли на спектрофотометре – ПЭ-5300ВИ, на следующих длинах волны: хлорофилл *a* - 665 нм, хлорофилл *b* - 649 нм, каротиноиды - 440,5 нм. Концентра-

цию хлорофилла *a* и *b* в вытяжке рассчитывали по формуле Вернона, концентрацию каротиноидов – по формуле Веттштейна [20]. В периоды активной вегетации растений метеорологические условия оценивались как благоприятные, со стабильной температурой и умеренной влажностью.

Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась с использованием пакета MS Excel 2010. Статистический анализ включал одномерный дисперсионный анализ (метод сравнения средних с использованием дисперсионного анализа, *t*-критерий). Статистически значимой принята значимость различия между средними значениями при $p \leq 0,05$. Результаты исследования выражены в виде средней арифметической величины со стандартным отклонением.

Результаты исследования

Фотосинтетическая активность является одним из диагностических признаков физиологического состояния растений [12]. Факторы антропогенной среды оказывают непосредственное влияние на концентрацию фотосинтетических пигментов растений и, в связи с этим, они являются надежным источником информации о состоянии растения и его реакции на стрессовое воздействие [2].

Содержание хлорофилла *a* в листьях кленов в течение вегетационного периода варьировало от 0,9 до 3,25 мг/г сырой массы (Рисунки 1, 2). Наибольшие значения содержания хлорофилла *a* у данных видов клена отмечены в июле – в начале августа.

Максимальная концентрация хлорофилла *a* зафиксирована в июле у *A. pseudoplatanus*, *A. platanoides* и *A. saccharinum* (3,25, 3,23 и 2,71 мг/г сырой массы соответственно); в августе – у *A. campestre* и *A. negundo* (3,09 и 1,94 мг/г сырой массы соответственно) в зоне техногенного воздействия. Минимальная – у всех видов в зоне условного контроля в начале вегетации.

Содержание хлорофилла *b*, меньше, чем хлорофилла *a* и оно варьировало от 0,18 до 1,76 мг/г сырой массы. Уровень хлорофилла *b* достигал максимума в начале августа в городе; минимум – в начале вегетационного периода в зоне условного контроля. Установлено, что содержание хлорофилла *b* в ассимиляционной ткани листовых пластинок кленов в городской среде достоверно повышалось ($HCP(p \leq 0,05) = 0,4$) у всех видов кленов по сравнению с ЗУК (0,61-1,4 мг/г сырой массы, и 0,36-1,1 мг/г сырой массы соответственно).

Город

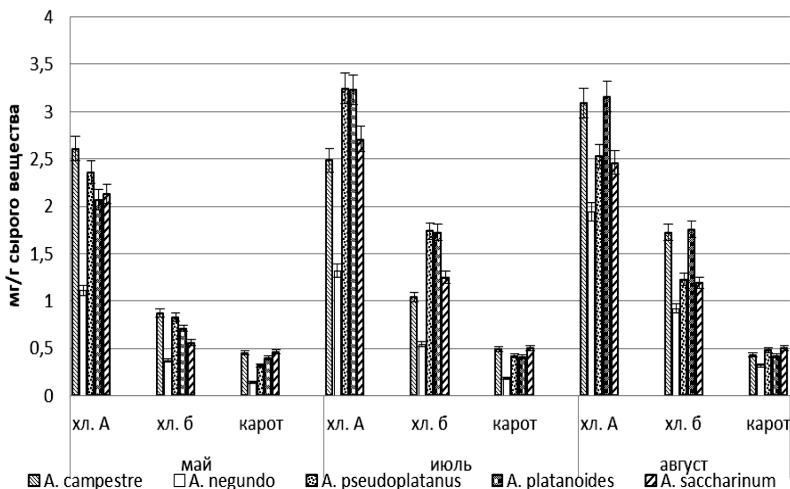


Рис. 1. Содержание пигментов в листьях представителей рода *Acer* в условиях города (среднее за годы исследования)

Ботанический сад (ЗУК)

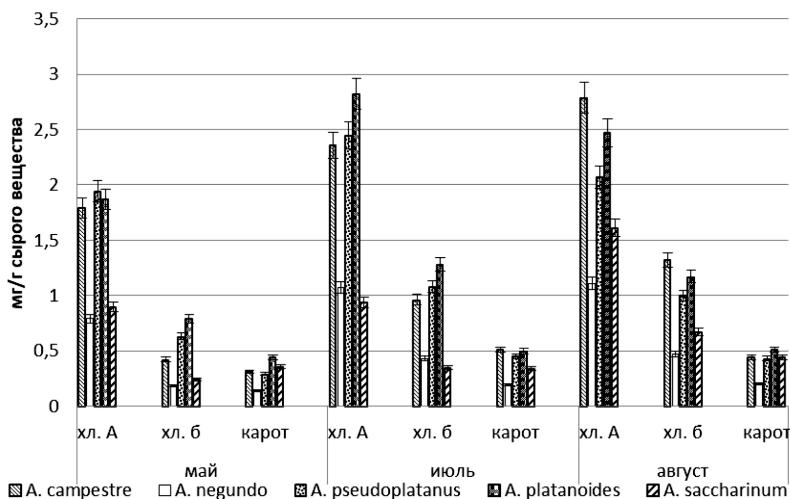
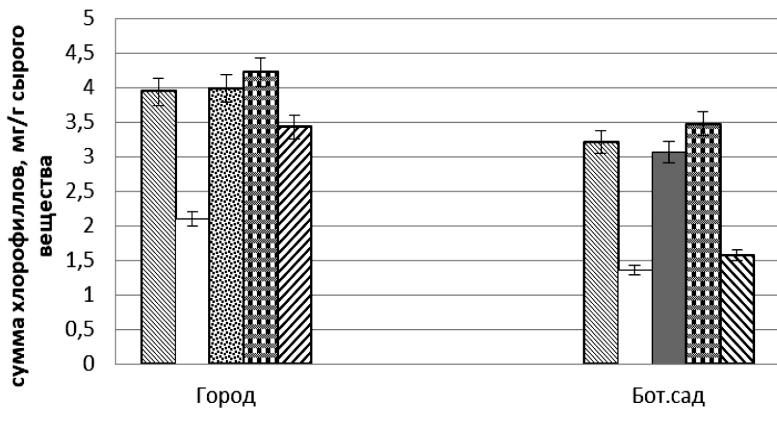


Рис. 2. Содержание пигментов в листьях представителей рода *Acer* в зоне условного контроля (среднее за годы исследования)

Суммарное содержание зеленых пигментов (Рисунок 3) в листьях исследуемых видов рода *Acer*, произрастающих в местах наиболее интенсивного движения автотранспорта (ул. Пионерская), существенно выше (НСР ($p \leq 0,05$) = 0,53), чем у растений из ЗУК (Ботанический сад).



■ *A. campestre* □ *A. negundo* ■ *A. pseudoplatanus* ■ *A. platanoides* ■ *A. saccharinum*

Рис. 3. Содержание хлорофилла в листьях представителей рода *Acer* в зависимости от расположения насаждений (среднее за годы исследования)

Содержание каротиноидов в листьях кленов в течение вегетационного периода варьировало от 0,18 до 0,5 мг/г сырого вещества (Рисунки 2, 3). Максимальная концентрация каротиноидов зафиксирована в июле и в августе, минимальная – у всех видов в начале вегетации, как в городских условиях, так и в ЗУК. Уровень накопления каротиноидов в листьях исследуемых кленов в городе изменялся от 0,21 до 0,47 мг/г сырого вещества, в ЗУК – от 0,18 до 0,48 мг/г сырого вещества (достоверных различий между уровнем накопления каротиноидов в листьях *Acer* между вариантами не обнаружено (НСР ($p \leq 0,05$) = 0,27)).

Обсуждение

Содержание пигментов в листьях растений является важным эколого-физиологическим показателем, который отражает влияние факторов среды. Установлено, что в городе суммарное содержание хлорофиллов *a* и *b* в 1,1-2,2 раза выше по сравнению с ЗУК – в мае, июле и августе здесь отмечено максимальное количество. По-видимому, в условиях повышен-

ной загазованности, засоления и загрязнения почвы тяжелыми металлами происходит нарушение водного обмена и снижение оводненности листьев [13], что является причиной увеличения содержания пигментов при расчете на единицу сырой биомассы.

Несмотря на то, что общая тенденция изменения содержания хлорофиллов под влиянием загрязнения атмосферы была схожа у исследуемых видов, данные растения характеризовались разным содержанием хлорофиллов *a* и *b*. Так, у *A. campestre* и *A. platanoides* содержание хлорофиллов в зоне техногенного воздействия было в 1,2 раза выше, чем в контроле, у *A. negundo* – в 1,6, у *A. pseudoplatanus* – в 1,3, у *A. saccharinum* – в 2,2 раза.

Каротиноиды играют важную роль в защите фотосинтетического аппарата, обеспечивая толерантность растений к различным стрессовым факторам, что связано с их антиоксидантной функцией [9]. Значительное увеличение количества каротиноидов к августу обусловлено естественным ионьским затуханием ростовых процессов, со значительным повышение водного дефицита и повышением температуры воздуха до +30°C и более, что является для растений ощутимым стрессом.

Уровень изменчивости содержания пигментов в зависимости от условий произрастания несет важную информацию, поэтому был рассчитан коэффициент вариации ($V\%$) содержания пигментов у исследуемых видов рода *Acer* в условиях городской среды и в ЗУК (Таблица 1) [11].

В наших исследованиях среди изученных видов рода *Acer* средние значения коэффициента вариации содержания хлорофилла *a* отмечены у *A. pseudoplatanus* ($V=12\dots17\%$) и *A. platanoides* ($V=20\dots23\%$), которые существенно не отличались от коэффициента вариации автохтонного вида *A. campestre* ($V=12\dots20\%$). Данная тенденция прослеживалась как в урбанизированной среде, так и в зоне условного контроля, что может указывать на их достаточную адаптивность.

Самый высокий коэффициент вариации содержания хлорофилла *a* ($V=30\%$) в городе наблюдался у *A. negundo*, что указывает на пластичность данного вида к факторам среды.

По уровню вариабельности ($V=2\dots39\%$) суммарного содержания зеленых пигментов, в зоне условного контроля исследуемые виды можно расположить в следующий ряд (от низкого к высокому): *A. platanoides* < *A. pseudoplatanus* < *A. negundo* < *A. campestre* < *A. saccharinum*. В городе же коэффициент вариации превышал 13% ($V=19\dots35\%$) и имеет следующий ряд: *A. saccharinum* и *A. campestre* < *A. pseudoplatanus* < *A. platanoides* < *A. negundo*.

Таблица 1.
Коэффициент вариации (V%) содержания пигментов в листьях представителей рода *Acer* в условиях города и в зоне условного контроля, %

Пигменты	Вид	Город	Ботанический сад
Хл. а	<i>A. campestre</i>	12	22
	<i>A. negundo</i>	30	18
	<i>A. pseudoplatanus</i>	17	12
	<i>A. platanoides</i>	23	20
	<i>A. saccharinum</i>	12	34
Хл. b	<i>A. campestre</i>	37	50
	<i>A. negundo</i>	46	43
	<i>A. pseudoplatanus</i>	36	27
	<i>A. platanoides</i>	43	24
	<i>A. saccharinum</i>	38	53
Каротиноиды	<i>A. campestre</i>	7	23
	<i>A. negundo</i>	46	17
	<i>A. pseudoplatanus</i>	20	23
	<i>A. platanoides</i>	2	7
	<i>A. saccharinum</i>	5	13
Хл. а+Хл. b	<i>A. campestre</i>	19	30
	<i>A. negundo</i>	35	24
	<i>A. pseudoplatanus</i>	23	16
	<i>A. platanoides</i>	30	2
	<i>A. saccharinum</i>	19	39

По варьированию содержания каротиноидов в условиях города между *A. campestre*, *A. platanoides*, *A. saccharinum* с одной стороны и *A. negundo* – с другой наблюдалась существенная разница. С учетом того, что содержание каротиноидов является показателем реакции растений на внешний стресс, полученные результаты косвенно подтверждают наличие у представителей рода *Acer* активной и пассивной стратегии приспособления к условиям урбанизированной среды. Активная стратегия приспособления - у *A. negundo*. *A. negundo* активнее реагируют на изменение внешних факторов, чем *A. campestre*, *A. platanoides*, *A. saccharinum*.

Для характеристики функционального состояния фотосинтетического аппарата растений, кроме количественного содержания пигментов, информативными считаются показатели соотношения зеленых пигментов Хл а/Хл b [9].

Соотношение хлорофиллов *a* и *b* у всех пяти видов клена в ЗУК и зоне техногенного стресса варьировало от 2,2 до 3,08 (Таблица 2). Различия

между соотношениями этих двух хлорофиллов у *A. campestre*, *A. negundo*, *A. pseudoplatanus*, *A. platanoides*, и *A. saccharinum* статистически не значимы. Среди интродуцированных видов у *A. negundo* в городе отмечен наименьший коэффициент вариации ($V=18\%$), что указывает на его достаточную адаптивность.

Таблица 2.

Относительные показатели содержания фотосинтетических пигментов кленов в условиях города и в зоне условного контроля (среднее за годы исследования)

Вид	Город				Ботанический сад			
	Хл. а/ Хл. b	V, %	Sхлор./ Skap	V, %	Хл. а/ Хл. b	V, %	Sхлор./ Skap	V, %
<i>A. campestre</i>	2,4±1,5	25	8,7±1,3	25	2,92±2,8	39	7,61±1,63	19
<i>A. negundo</i>	2,53±1,12	18	10,1±1,59	10	3,08±2,72	36	7,47±1,53	8
<i>A. pseudoplatanus</i>	2,26±1,29	23	10±1,15	21	2,47±1,33	22	7,96±1,38	12
<i>A. platanoides</i>	2,2±1,54	28	10,28±1,33	29	2,23±0,32	6	7,11±1,65	15
<i>A. saccharinum</i>	2,69±2,44	37	7,03±1,63	15	2,94±1,76	24	4,06±1,61	26
<i>HCP_{0,05}</i>	1,97		1,13		2,41		1,18	

Отношение суммы хлорофиллов к каротиноидам (Sхлор./Skap.) играет не менее важную роль при характеристике работы фотосинтетического аппарата. Соотношение суммы хлорофиллов к каротиноидам указывает на степень адаптации растений к неблагоприятным условиям. Нами установлено, что это соотношение очень четко реагировало на воздействие техногенного стресса ($V = 10\dots25\%$). У интродуцированных кленов в городе соотношение Sхлор./Skap. варьировало от 7,03 до 10,28. *A. campestre* и *A. saccharinum* отличались от *A. negundo*, *A. pseudoplatanus* и *A. platanoides* по показателю отношения суммы хлорофиллов к каротиноидам. Доля каротиноидов по отношению к хлорофиллам у *A. campestre* и *A. saccharinum* достоверно выше ($8,7\pm1,3$ и $7,03\pm1,63$ соответственно), что предполагает их устойчивость к факторам среды.

Заключение

Таким образом, содержание основных фотосинтетических пигментов в листьях изученных видов рода *Ace*: *A. platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *A. saccharinum*, *A. negundo*, *A. campestre* является видовым признаком и интегральным показателем адаптации к изменяющимся условиям внешней среды.

Выявлено, что урбанизированная среда оказывает влияние на концентрацию пигментов в листьях растений рода *Acer*. В условиях города у

всех исследуемых видов отмечалось существенное увеличение содержание хлорофиллов *a* и *b* по сравнению с ЗУК.

Установлено, что в условиях городской среды суммарное содержание зеленых пигментов в 1,1-2,2 раза выше по сравнению с контролем. У *A. campestre* и *A. platanoides* содержание хлорофиллов в городе было в 1,2 раза выше, чем в контроле (Ботанический сад), у *A. negundo* – в 1,6, у *A. pseudoplatanus* – в 1,3, у *A. saccharinum* – в 2,2 раза.

A. negundo имел самый высокий коэффициент вариации содержания хлорофилла *a* ($V=30\%$) и каротиноидов ($V=46\%$) в городе, что предполагает пластичность данного вида. *A. negundo* активнее реагируют на изменение внешних факторов, чем *A. campestre*, *A. platanoides*, *A. saccharinum*.

По уровню вариабельности суммарного содержания зеленых пигментов, исследуемые виды расположились в следующем порядке: в зоне условного контроля - *A. platanoides* < *A. pseudoplatanus* < *A. negundo* < *A. campestre* < *A. saccharinum*; в городе - *A. saccharinum* и *A. campestre* < *A. pseudoplatanus* < *A. platanoides* < *A. negundo*.

Установлено, что соотношение суммы хлорофиллов к каротиноидам очень чутко реагировало на воздействие техногенного стресса (г. Майкоп). У интродуцированных кленов: *A. platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *A. saccharinum*, *A. negundo* в городе соотношение Схлор./Скар. варьировало от 7,03 до 10,28, что предполагает их устойчивость к факторам среды.

Результаты проведенных исследований позволяют предположить, что в условиях городской среды у исследуемых представителей рода *Acer* происходят перестройки в структуре пигментных комплексов – усиление синтеза хлорофиллов и каротиноидов.

Информация о конфликте интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

Информация о спонсорстве. Работа выполнена в рамках проекта, финансирование которого осуществляется за счет гранта ФГБОУ ВО «Адыгейский государственный университет».

Список литературы

1. Акиншина Н.Г., Азизов А.А., Карапасева Т.А. и др. Коэффициент фотосинтетической эффективности растений для оценки качества городской среды // Вестник Мордовского университета. 2008. Т.18. № 2. С. 17-24.
2. Бухарина И.Л., Поварница Т.М., Ведерников К.Е. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде. Ижевск, 2007. 216 с.

3. Доклад об экологической ситуации в Республике Адыгейя за 2021: официальный сайт исполнительных органов государственной власти. <http://www.adygheya.ru> (дата обращения 15.11.2022)
4. Заплатин Б.П. Биотестирование атмосферных загрязнений по содержанию хлорофилла и активности полифенолоксидазы // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. 2008. №14. С. 82-87.
5. Кузнецов Р.В., Осипова Е.А., Помогайбин Е.А. Особенности сезонной динамики фотосинтетических пигментов в листьях некоторых древесных интродуцентов в лесостепи среднего Поволжья // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т.11. № 1-4. С. 715-718.
6. Кузнецова А.С., Сотникова Е.В. Биоиндикационные показатели стабильности развития листовой пластинки *Populus tremula* в условиях воздействия транспортных потоков // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2016. №3. С. 45-51.
7. Кунина В.А., Белоус О.Г. Состояние фотосинтетических пигментов листьев древесных растений в условиях городской среды // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2020. Т. 6 (72). № 2. С. 108-118. <https://doi.org/10.37279/2413-1725-2020-6-2-108-118>
8. Кутузова О.Г. Якушевская Е.Б. Зависимость содержания хлорофилла в листьях *Ulmus pumila* L. от концентрации тяжелых металлов // Известия Уфимского научного центра РАН. 2013. № 3. С. 118-120.
9. Ладыгин В.Г., Ширшикова Г.Н. Современные представления о функциональной роли каротиноидов в хлоропластах эукариот // Журнал общей биологии. 2006. Т.67. С. 163-189.
10. Максимова Е.В., Косицына А.А., Макурина О.Н. Влияние антропогенных факторов химической природы на некоторые эколого-биохимические характеристики растений // Вестник СамГУ. Естественные науки. 2007. №8(58). С. 146-152.
11. Мамаев С.А. Закономерности внутривидовой изменчивости семейства *Pinaceae* на Урале: Автoref. дис. ...д-ра биол. наук. Свердловск, 1970. 58 с.
12. Мокроносов А.Т., Гавриленко В.Ф. Фотосинтез: физиолого-экологические и биохимические аспекты. М.: Изд-во МГУ, 1992. 319 с.
13. Неверова О.А. Экологическая оценка состояния древесных растений и загрязнения окружающей среды промышленного города: Автoref. дис. ...д-ра биол. наук. М., 2004. 36 с.

14. Сарсацкая А.С. Содержание фотосинтетических пигментов у древесных пород городских насаждений // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Биологические, технические науки и науки о Земле. 2017. № 4(4). С. 9-14. <https://doi.org/10.21603/2542-2448-2017-4-9-14>
15. Скочилова Е.А., Закамская Е.С. Влияние городской среды на содержание хлорофилла и аскорбиновой кислоты в листьях *Tilia cordata* (Tiliaceae) // Растительные ресурсы. 2013. Т.49. №4. С. 541-547.
16. Соколова Г.Г., Богатова В.А. Динамика содержания хлорофиллов в листьях березы повислой (*Betula pendula* Roth), произрастающей в парках города Барнаула // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2019. №18. С. 531-534. <https://doi.org/10.14258/pbssm.2019112>
17. Оскорбина М.В., Коротаева Н.Е., Суворова Г.Г. Адаптивные особенности динамики содержания хлорофилла в хвое *Pinus sylvestris* и *Picea obovata* в условиях вегетации юга восточной Сибири // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2020. Т. 12. №5, С. 113-127. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2020-12-5-113-127>
18. Тужилкина В. В. Реакция пигментной системы хвойных на длительное аэробиотехногенное загрязнение // Экология. 2009. № 4. С. 243-248
19. Чернявская И. В., Домрачева Н. А., Толстикова Т. Н. Влияние городской среды на концентрацию фотосинтетических пигментов и интенсивность фотосинтеза растений рода *Acer* L. // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2021. № 1(276). С. 26-32.
20. Шлык А. А. Определение хлорофилла и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев. В кн.: Биохимические методы в физиологии растений. М.: Наука, 1971. С. 154–170.
21. Яшин Д.А., Зайцев Г.А. Содержание пигментов фотосинтеза в листьях березы повислой (*Betula pendula* Roth) и дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в условиях Уфимского промышленного центра // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т.17. №6. С. 274-277.
22. Brian D. KloeppeL, Marc D. Abrams Ecophysiological attributes of the native *Acer saccharum* and the exotic *Acer platanoides* in urban oak forests in Pennsylvania, USA // Tree Physiology, 1995, vol.15, issue 11, pp.739–746. <https://doi.org/10.1093/treephys/15.11.739>
23. Jeffrey R. Foster Photosynthesis and water relations of the floodplain tree, boxelder (*Acer negundo* L.) // Tree Physiology, 1992, vol.11, issue 2, pp. 133–149. <https://doi.org/10.1093/treephys/11.2.133>

24. Joshi P.C., Abhishek S. Air pollution induced changes in the photosynthetic pigments of selected plant species // *Journal of Environmental Biology*, 2009, no. 30(2), pp. 295-298.
25. Thomas M. Cate, T. D. Perkins Chlorophyll content monitoring in sugar maple (*Acer saccharum*) // *Tree Physiology*, 2003, vol.23, issue 15, pp. 1077–1079. <https://doi.org/10.1093/treephys/23.15.1077>
26. Uhrin P., Supuka J., Billiková M. Growth adaptability of Norway maple (*Acer platanoides* L.) to urban environment // *Folia Oecologica*, 2018, vol. 45(1), pp. 33-45. <https://doi.org/10.2478/foecol-2018-0004>

References

1. Akinshina N.G., Azizov A.A., Karaseva T.A., Kloze E. *Vestnik Mordovskogo universiteta* [Mordovia University Bulletin], 2008, vol. 18, no. 2, pp. 17-24.
2. Bukharina I.L., Povarnitsina T.M., Vedernikov K.E. *Ekologo-biologicheskie oso-bennosti drevesnykh rasteniy v urbanizirovannoy srede* [Ecological and biological features of woody plants in an urbanized environment]. Izhevsk, 2007, 216 p.
3. *Doklad ob ekologicheskoy situatsii v Respubliki Adygeya za 2021: ofitsial'nyy sayt ispolnitel'nykh organov gosudarstvennoy vlasti* [Report on the environmental situation in the Republic of Adygea for 2021: official website of the executive authorities]. <http://www.adygheya.ru>
4. Zaplatin B.P. *Izvestiya Penzenskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. V.G. Belinskogo* [University proceedings. Volga region], 2008, no. 14, pp. 82-87.
5. Kuznetsov R.V., Osipova E.A., Pomogaybin E.A. *Izvestiya Samarskogo nauch-nogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* [Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2009, vol.11. no. 1-4, pp. 715-718.
6. Kuznetsova A.S., Sotnikova E.V. *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeneyatel'nosti* [RUDN Journal of Ecology and Life Safety], 2016, no. 3, pp. 45-51.
7. Kunina V.A., Belous O.G. *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Biologiya. Khimiya* [Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry], 2020. vol. 6(72), no. 2, pp. 108-118. <https://doi.org/10.37279/2413-1725-2020-6-2-108-118>
8. Kutuzova O.G. Yakushevskaya E.B. *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN* [Ufa Scientific Center of the Russian Academy of Science], 2013, no. 3, pp. 118-120.
9. Ladygin V.G., Shirshikova G.N. *Zhurnal obshchey biologii* [Journal of General Biology], 2006, vol. 67, pp. 163-189.

10. Maksimova E.V., Kositsyna AA., Makurina O.N. *Vestnik SamGU. Estestvennye nauki* [Vestnik of Samara University. Natural Science Series], 2007, no. 8(58), pp. 146-152.
11. Mamaev S.A. *Zakonomernosti vnutrividovoy izmenchivosti semeystva Pinaceae na Urale: Avtoref. dis. ...d-ra biol. nauk* [Intraspecific variability of the family Pinaceae na Urale: abstract of thesis on competition of a scientific degree of Doctor of Biological Sciences]. Sverdlovsk, 1970, 58 p.
12. Mokronosov A.T., Gavrilenco V.F. *Fotosintez: fiziologo-ekologicheskie i biokhimicheskie aspekty* [Photosynthesis: physiological, ecological and biochemical aspects]. Moscow: Moscow university press, 1992, 319 p.
13. Neverova O.A. *Ekologicheskaya otsenka sostoyaniya drevesnykh rasteniy i zagrifyazneniya okruzhayushchey sredy promyshlennogo goroda: Avtoref. dis. ...d-ra biol. nauk* [Ecological assessment of the state of woody plants and environmental pollution of an industrial city: abstract of thesis on competition of a scientific degree of Doctor of Biological Sciences]. M., 2004, 36 p.
14. Sarsatskaya A.S. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologicheskie, tekhnicheskie nauki i nauki o Zemle* [Bulletin of Kemerovo State University. Series: Biological, Engineering and Earth Sciences], 2017. no. 4(4), pp. 9-14. <https://doi.org/10.21603/2542-2448-2017-4-9-14>
15. Skochilova E.A., Zakamskaya E.S. *Rastitel'nye resursy* [Plant Resources], 2013, vol. 49, no. 4, pp. 541-547.
16. Sokolova G.G., Bogatova V.A. *Problemy botaniki Yuzhnoy Sibiri i Mongolii* [Problems of Botany of South Siberia and Mongolia], 2019, no. 18, pp. 531-534. <https://doi.org/10.14258/pbssm.2019112>
17. Oskorbina M.V., Korotaeva N.E., Suvorova G.G. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2020, vol. 12, no. 5, pp. 113-127. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2020-12-5-113-127>
18. Tuzhilkina V. V. *Ekologiya* [Ecology], 2009, no. 4, pp. 243-248
19. Chernyavskaya I. V., Domracheva N. A., Tolstikova T. N. *Vestnik Adygeyskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 4: Estestvenno-matematicheskie i tekhnicheskie nauki.* [The Bulletin of the Adyghe State University, the series "Natural-Mathematical and Technical Sciences"], 2021, no. 1(276), pp. 275-282.
20. Shlyk A. A. *Opredelenie khlorofilla i karotinoidov v ekstraktakh zelenykh list'ev* [Determination of chlorophylls and carotenoids in green leaf extracts] *Biohimicheskie metody v fiziologii rastenij* [Biochemical methods in plant physiology]. Moscow: Nauka, 1971, 226 p.
21. Yashin D.A., Zaytsev G.A. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* [Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2015, vol. 17, no. 6, pp. 274-277.

22. Brian D. KloeppeL, Marc D. Abrams *Tree Physiology*, 1995, vol. 15, issue 11, pp. 739–746, <https://doi.org/10.1093/treephys/15.11.739>
23. Jeffrey R. Foster *Tree Physiology*, 1992, vol.11, issue 2, pp. 133–149. <https://doi.org/10.1093/treephys/11.2.133>
24. Joshi P.C., Abhishek S. *Journal of Environmental Biology*, 2009, no. 30(2), pp. 295–298.
25. Thomas M. Cate, T. D. Perkins *Tree Physiology*, 2003, vol.23, issue 15, pp. 1077–1079. <https://doi.org/10.1093/treephys/23.15.1077>
26. Uhrin P., Supuka J., Billiková M. *Folia Oecologica*, 2018, vol. 45(1), pp. 33–45. <https://doi.org/10.2478/foecol-2018-0004>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Чернявская Ирина Владимировна, доцент кафедры ботаники, канд. биол. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Адыгейский государственный университет»
ул. Первомайская, 208, г. Майкоп, 385000, Российская Федерация
chernyav.iv@mail.ru

Еднич Евгения Михайловна, ст. преподаватель кафедры физиологии
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Адыгейский государственный университет»
ул. Первомайская, 208, г. Майкоп, 385000, Российская Федерация
ednich@mail.ru

Толстикова, Татьяна Николаевна, директор ботанического сада
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Адыгейский государственный университет»
ул. Первомайская, 208, г. Майкоп, 385000, Российская Федерация
mekedaherb@inbox.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Irina V. Chernyavskaya, Associate Professor, Department of Botany, Cand. Sc. (Biology)
Adyghe State University
208, Pervomaiskaya, Str. Maikop, 385000, Russian Federation

chernyav.iv@mail.ru

SPIN-code: 7089-7875

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5175-9883>

ResearcherID: HDM-3615-2022

Evgenia M. Ednich, Senior instructor, Department of Physiology

Adyghe State University

208, Pervomaiskaya, Str., Maikop, 385000, Russian Federation

ednich@mail.ru

SPIN-code: 3774-5641

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9425-309X>

Tatyana N. Tolstikova, Director of the Botanical Garden

Adyghe State University

208, Pervomaiskaya, Str., Maikop, 385000, Russian Federation

mekedaherb@inbox.ru

SPIN-code: 1967-8632

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7086-407X>

Поступила 31.01.2023

Received 31.01.2023

После рецензирования 05.03.2023

Revised 05.03.2023

Принята 15.03.2023

Accepted 15.03.2023

DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-932

UDC 634.8:631.92



Original article

THE INFLUENCE OF WINTER GREEN MANURES ON THE FERTILITY OF THE SOIL UNDER THE VINEYARD

Y.V. Plugatar, O.E. Klimenko, N.I. Klimenko, M.L. Novitsky

The paper presents data on the effect of phytoremediation: the use of a mixture of winter vetch and wheat as green manure [GM] and their combination with the microbial preparation Azotobacterin [AB] (GM + AB) in vineyard rows on soil fertility on piedmont carbonate chernozems. A variant with overgrowing of row spacing with vegetal vegetation served as a control. The studies were conducted in 2018–2019 in the foothill zone of the Crimea in a vineyard founded in 2002, on grapes of cultivar 'Bastardo Magarachsky'. Also, GM cultures were sown in November and plowed in May next year. It was found that 0.19–0.21 kg/m² of organic matter dry mass got into the soil during the plowing with GM, 1.6 times more than in the control. Thus, GM leads to the accumulation of moisture in the layer 60–100 cm, 13.4% higher than the control, and an increase in pH_{H2O} and active carbonates content within the permissible values for grapes. There was an accumulation of organic carbon by 0.31–0.45%, mobile forms of nutrients in the soil: NO₃ - by 18%, P₂O₅ - by 3.2 times, K₂O - by 39% in the 0–60 cm layer under the influence of GM.

Keywords: *Vitis vinifera L.; green manure; phytoremediation; microbial preparations; soil fertility*

For citation. *Plugatar Y.V., Klimenko O.E., Klimenko N.I., Novitsky M.L. The Influence of Winter Green Manures on the Fertility of the Soil Under the Vineyard. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2023, vol. 15, no. 5, pp. 172-186. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-932*

Научная статья

ВЛИЯНИЕ ОЗИМЫХ СИДЕРАТОВ НА ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ ПОД ВИНОГРАДНИКОМ

Ю.В. Плугатарь, О.Е. Клименко, Н.И. Клименко, М.Л. Новицкий

В работе представлены данные о влиянии фиторемедиации – применения смеси озимой вики и пшеницы в качестве сидерата [СД] и их сочетания

с микробным препаратом Азотобактерин [АБ] (СД + АБ) в рядах виноградников – на плодородие почвы на предгорных карбонатных черноземах. Контролем служил вариант с застанием междуурядий сегетальной распашностью. Исследования проводились в 2018–2019 гг. в предгорной зоне Крыма на винограднике, заложенном в 2002 г., на винограде сорта Бастардо Магарачский. Сидеральные культуры были посажены в ноябре и запаханы в мае следующего года. Установлено, что при запахивании сидератов в почву поступило 0,19–0,21 кг/м² сухой массы органического вещества, что в 1,6 раза больше, чем в контрольном варианте. Таким образом, сидераты приводят к накоплению влаги в слое 60–100 см, что на 13,4% выше контроля, увеличению pH_{H_2O} и содержания активных карбонатов в пределах допустимых значений для винограда. Под влиянием сидератов в слое 0–60 см отмечено накопление органического углерода на 0,31–0,45% и подвижных форм элементов питания в почве: NO_3^- – на 18%, P_2O_5 – в 3,2 раза, K_2O – на 39%.

Ключевые слова: *Vitis vinifera L.*; сидераты; фиторемедиация; микробные препараты; плодородие почвы

Для цитирования. Плугатарь Ю.В., Клименко О.Е., Клименко Н.И., Новицкий М.Л. Влияние озимых сидератов на плодородие почвы под виноградником // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. Т. 15, №5. С. 172-186. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-932

Introduction

Intensive technologies for growing perennial crops, including grapes, without sufficient amounts of organic fertilizers, lead to a sharp decrease in organic matter content in soils, especially in the south, where the traditional system of row spacing is autumn fallow. The use of mineral fertilizers in large quantities leads to soil contamination, causing a decrease in the productivity of the agro-cenosis and the quality of products.

Currently, the application of an ecological approach in the process of managing agro-cenoses and the implementation of the main provisions of the Concept of sustainable development in the agricultural industry are relevant [14; 20]. In this regard, the development and application of environmentally friendly technologies characterized by high efficiency and environmental safety are relevant. These technologies include the use of green-manured fallow or a long-term grassing-down of grape row spacing with herbs [16; 17; 18]. In the south, with insufficient natural moisture supply and warming and aridization of the climate, the cultivation of vineyards is possible only with irrigation. Without irrigation, the traditional method of increasing the fertility of the soil of a grape planta-

tion is the use of green fertilizers: green manure [GM] [6]. Currently, several methods of applying GM were developed: short-term seasonal grassing-down of grape row spacing in each four-year agrotechnological cycle, various triticale variety types, and their use with effective microorganisms [4]. At the same time, the inflow of organic matter into the soil increases; conditions are created for the natural process of reproduction of soil fertility, improving its physical and chemical properties and bringing high-quality products [12]. The use of legume GM enriches soil with nitrogen, increases the content of mobile humic substances, and positively influences the crop and its quality [21]. However, in some cases, the use of vetch and clover leads to a decrease in the grape harvest due to competition for water with the vines [14; 15]. In the Crimea, on irrigated vineyards, the positive effect of long-term grassing-down of row spacing with perennial grasses and their combined use with microbial preparations on soil fertility and grape quality was shown [10; 23]. Ya. A. Volkov and his coauthors [3] investigated the influence of various annual cereal and legume GM in the vineyard on the composition of soil microorganisms for the development of organic viticulture techniques. The effect of growth-stimulating microorganisms on different plants was studied separately [1; 2; 19], resulting in increased growth, productivity, and quality of fruits and seeds. However, the effect of GM and their combination with effective microorganisms on the properties in carbonate soils of Crimea has not been studied.

Materials and methods

The paper aims to evaluate the effect of a grain-legume mixture of winter GM and their combination with the microbial preparation [MP] Azotobacter-in07-Agro [AB] on the agrochemical parameters of the soil in a vineyard in the foothill zone of the Crimea. The research tasks were estimating the biomass of GM, selecting and analyzing soil samples according to the variants of the experiment, and determining active carbonates, pH, organic carbon, and nutrients. The research was conducted in 2018–2019 in a small-scale field experiment on a vineyard in the foothill experimental farm of All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking of the RAS “Magarach” (Vilino village, Bakhchisarai district, Republic of the Crimea). The experiment was carried out on grapes (*Vitis vinifera* L., 1753) of ‘Bastardo Magarachsky’ cultivar (2002 year of planting), rootstock Kober 5 BB and planting scheme 3.0 x 1.5 m. In November 2018, the seed was sown with a mixture of winter vetch (*Vicia* L., 1753) (40% in the mixture) and winter wheat (*Triticum aestivum* L., 1753) (60%). The seeding rate of the seed mixture was 90 kg ha⁻¹.

Seeds of GM were treated with an MP: AB, the bio-base strain of which *Azotobacter* (Beijerinck, 1901) strain 10702 was a nitrogen fixator and plant growth promoter. This strain has been included in the Unique Scientific Installation "Crimean Collection of Microorganisms" [13]. The norm of the preparation was 2% of the weight of the seeds. The preparation was developed and provided by the Department of Soil Microbiology of the Research Institute of Agriculture of Crimea.

The experimental design was as follows:

- Control – a natural overgrowth of row spacing with weed vegetation;
- GM without MP treatment;
- GM + AB.

The primary plot was 1 row of the vineyard (two spaces on both sides of the row). The area of the primary plot was 600 m², the area of the experiment was 1800 m².

The plowing of GM and vegetal grasses (control) was carried out in June. Before plowing, the selection of herbs with roots for biomass was performed on trial sites with an area of 1 m² in three-fold repetition. Mineral fertilizers were not applied in the vineyard.

Soil samples were collected for analysis in the original soil in October 2018 and in May 2019 (before GM plowing) in 20-cm layers up to a depth of 100 cm in three-fold repetition. In the soil, moisture, organic matter (C_{org}), pH water (**pH water**), and mobile forms of nutrition elements were determined using conventional methods [11]. Active carbonates were established using Druino-Galais method [17]. The soil at the experimental plot was Calcic Skeletal Chernozem-Loamic on loamy-pebble deposits. The soil was quite suitable for growing wine grape cultivars; it had the following characteristics in a layer of 0–60 cm: pH of water 8.14–8.28, C_{org} 1.48–2.07%, CaCO₃ 9.5%–18.6%, active carbonates 5.5%–11.0%; NO₃ and P₂O₅ – 2.8–9.3 and 1.1–8.8 mg kg⁻¹, respectively; K₂O – 444–610 mg kg⁻¹. The content of silt particles (<0.01 mm) was 27.9%–31.0%, physical clay (<0.1 mm) – 52.5%–61.2%. The soils were not saline with easily soluble salts; the amount of salts was 0.054%–0.064%. Data were statistically processed using the ANOVA Statistica 07 and Excel 2010 programs.

Results

The biomass of GM that enters the soil after plowing replenishes it with fresh organic matter. Therefore, it is essential to determine the optimal amount of biomass entering the soil to avoid competition between the grape plant and GM for moisture. The research results indicate that the dry biomass of vegetal

vegetation in the control at ‘Bastardo Magarachsky’ was 0.20 kg m^{-2} (Fig. 1). When plowing GM, the biomass was 1.6 times higher than in the control (the differences were significant at the level of 5%). Thus, GM treated with AB produced lower biomass, exceeding the control by 0.03 kg m^{-2} (15%); the differences with the control were significant ($p = 0.05$).

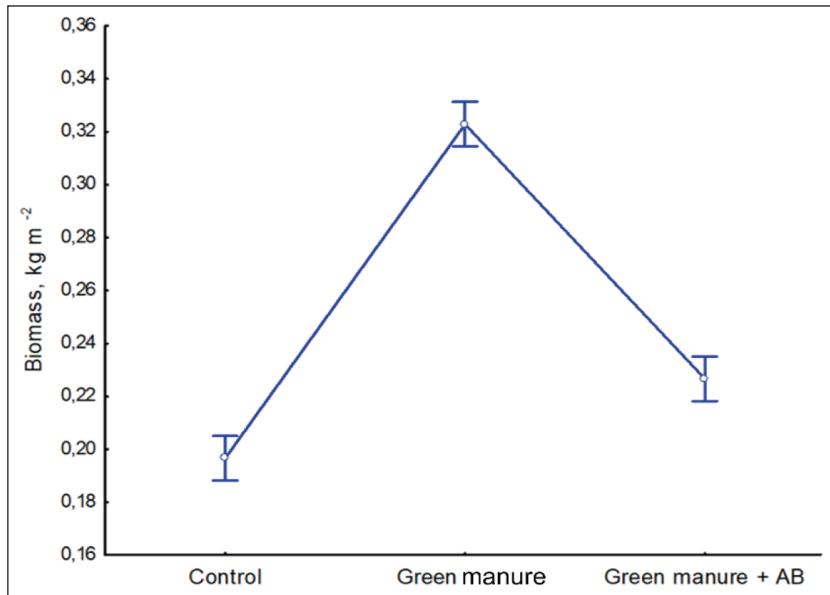


Fig. 1. Biomass (dry mass) of GM in the vineyard. Here and further in the figures:
Vertical bars denote 0.95 confidence intervals.

The influence of GM on the properties of the soil under the grapes was analyzed. We found that the total soil moisture in the control was insignificant and amounted to 13.5%–13.7% in the layer of 0–40 cm; in the layer of 40–60 cm, it decreased slightly with a maximum at a depth of 60–100 cm: 14.3% (Fig. 2).

The use of GM contributed to an increase in soil moisture in the 40–80 cm layer by 6–8 relative percent. Therefore, GM treated with AB reduced soil moisture, particularly significantly at depths of 0–20 cm and 80–100 cm.

Studies of soil properties showed that the pH value of water in the control was 8.0–8.1 and did not change much with depth (Fig. 3). The combined use of GM and AB only slightly increased the pH of the soil in the layers of 20–40 and 60–80 cm compared to the control.

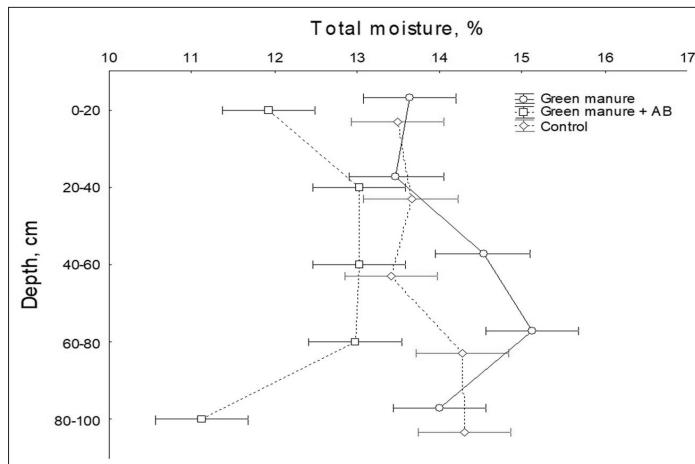


Fig. 2. Changes in total soil moisture under the influence of GM. Wilks lambda = 0.446, F (32.101) = 0.77440, p = 0.793.

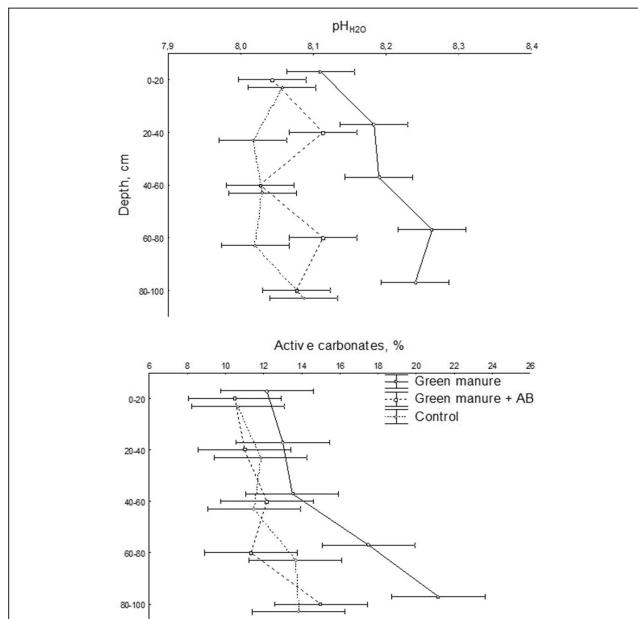


Fig. 3. Effect of GM on the pH value of water and the content of active lime in the soil.

The content of active carbonates in the control soil was low in the 0–60 cm layer: 10%–13% (Fig. 3). In the lower layers, it gradually increased to 14%–16% due to the carbonate content of the soil-forming rock. When sowing GM, the content of active carbonates in the 0–60 cm layer slightly increased compared to control (the differences are insignificant at the level of 5%). However, in a 60–100 cm layer, their content increased sharply to 16%–22%.

The content of organic matter (C_{org}) in the control soil was low and decreased with depth (Table 1). The GM significantly increased it in the 0–40 cm layer by 0.31%–0.45%, and at most in the 0–20 cm layer. During the treatment with AB, GM seeds did not significantly change the humus content in the soil compared to the control. There was a tendency for its increase in the layer of 20–40 cm by 0.15% or 10 relative percent.

Table 1.
Influence of ampelocenosis biologization techniques on the content of C_{org} and mobile forms of nutrients in the soil, 2019.

Variant	Depth, cm	C_{org} (%)	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
			mg kg ⁻¹		
Control (natural grassing down)	0–20	2.00	12.4	4.0	428
	20–40	1.48	16.5	2.4	359
	40–60	1.40	13.7	1.3	330
Average	0–60	1.63	14.2	2.6	373
GM	0–20	2.45*	18.7*	18.2*	627*
	20–40	1.79*	14.0	5.2	462
	40–60	1.38	13.8	1.7	466*
Average	0–60	1.87	15.5	8.4	518
GM + AB	0–20	2.00	12.8	5.4	472
	20–40	1.63	14.6	1.4	362
	40–60	1.38	12.1	1.4	334
Average	0–60	1.63	13.2	2.7	389
MSD ₀₅	-	0.28	5.7	9.7	121

Note:* The difference with the control was significant ($p < 0.05$).

The content of nitrate-nitrogen (N-NO₃) in the soil under the grapes was low in the control, with the maximum profile in the layer of 20–40 cm. The cultivation of GM contributed to a significant increase in the content of nitrates in the 0–20 cm layer by 50%, in the 40–60 cm layer – by 33% of the control. On average, the N-NO₃ content in the 0–60 cm layer increased by 18% with GM. The combined use of GM with AB did not change the NO₃ content com-

pared to the control in the 0–20 cm layer and slightly reduced it in the 20–60 cm layer (Table 1).

The concentration of mobile phosphorus (P_2O_5) in the control soil was very low (Table 1). The use of GM significantly increased this factor in the 0–20 cm layer by 4.5 times. On average, in the 0–60 cm layer, its amount increased by 3.2 times compared to the control. The use of AB in combination with GM did not change the content of P_2O_5 in the soil.

The concentration of K_2O in the soil under the grapes was high and varied in the control from 330 to 428 mg kg⁻¹, gradually decreasing with depth. Moreover, GM contributed to a significant increase in its content in the 0–20 and 40–60 cm layer compared to the control by 199 (46%) and 136 (41%) mg kg⁻¹, respectively. The combined use of GM and AB caused a slight increase in K_2O content in the soil. On average, in a layer of 0–60 cm, it exceeded the control by 16 mg kg⁻¹ (4%).

Discussion

The data obtained indicate that the replenishment of the soil with fresh organic matter during the plowing of GM led to an increase in the content of C_{org} and mobile forms of nutrients, which is associated with an increase in its microbiological activity [7; 8]. Winter GM growing in the autumn-winter period protect the soil from evaporation and delay snow cover. After mowing the green mass of GM and embedding them in the soil, a mulching layer is formed on the surface, protecting the soil surface from evaporation and contributing to the accumulation of moisture [9]. This situation indicates the preservation of moisture by GM plants in winter. Treatment of GM seeds before sowing AB in a dose of 2% dilute suspension from the seed weight did not significantly increase the amount of plowed biomass and soil moisture.

When growing GM in the rows of the vineyard, there was a slight increase in the pH of the soil, which, in our opinion, is associated with an increase in the content of active carbonates ($r = 0.65$, $n = 45$, the correlation is significant at the 5% level). The content of active carbonates in the soil under the GM also increased due to an increase in soluble forms of carbonates with an increase in soil moisture under the action of GM ($r = 0.885$). However, this increase was within limits allowed for the vine crop.

It was found that GM had a more positive effect on the content of organic matter and mobile forms of nutrients in the soil than their mixture with AB. The bacteria of the applied strain may have contributed to the additional absorption of nutrients from the soil by GM plants during their active develop-

ment in spring [5]. In addition, on a soil poor in nitrogen, nitrogen fixation by introduced diazotrophs and absorption of either nitrogen from the soil may be inhibited [22]. However, it was previously established that using MP against the background of grassing down with perennial grasses significantly increased the yield and quality of grape products [10]. Further research will be devoted to studying the influence of green-manured crops and MP on the productivity and quality of grape products.

Conclusion

Because of the conducted studies, it was found that the use of winter GM (vetch-wheat mixture of 95 kg ha⁻¹) led to an increase in soil fertility in the vineyard. The cultivation of GM increased the dry organic mass entering the soil by 64% compared to the natural weed vegetation. This step contributed to the accumulation of moisture in the soil of a non-irrigated vineyard in the spring period in a layer of 40-80 cm by 2-8 relative %, which caused an increase in the content of active carbonates and the pH value of water in this soil layer. In this case, it was within limits allowed for grapes on the rootstock Kober 5BB. GM significantly increased the content of C_{org} in the 0-40 cm layer by 0.31-0.45%, increased the concentration of mobile forms of nutrients in the soil: N-NO₃ by 18%, P₂O₅-by 3.2 times, K₂O-by 39% in the 0-60 cm layer relative to the control (segetal vegetation).

References

1. Berezov T.A., Okazova Z.P., Basiev V.A. Vozmozhnost' primeneniya fiziologicheski aktivnyh veshchestv na semenovodcheskikh posevah kukuruzy [Possibility of using physiologically active substances on corn seed crops]. *V mire nauchnyh otkrytij* [Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture], 2013, vol. 1-3, no 37, pp. 21–29.
2. Berezov T.A., Okazova Z.P., Efanov M.V. Primenenie ekstrasola v rastenievodstve [The use of extrasol in crop production]. *V mire nauchnyh otkrytij* [Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture], 2013, no. 11-2(47), pp. 20–27.
3. Volkov YA.A., Klimenko N.N., Stranishevskaya Ye.P., Volkova M.V. Vliyanie posevov rasteniy-sideratov na dinamiku chislennosti mikroorganizmov osnovnykh ekologo-troficheskikh grupp v pochve vinogradnika [The influence of seed crops on the dynamics of the number of the main ecological and trophic groups of microorganisms in the soil of the vineyard] *Magarach. Vinogradarstvo i Vinodeliye* [Magarach. Viticulture and Winemaking], 2019, vol. 21, no. 1(107), pp. 36–40.

4. Vorob'yeva T.N., Volkova A.A., Bester Yu.A. Printsipy biologicheskogo zemledeliya na vinogradnikakh Tamani [Principles of biological agriculture in the vineyards of Taman]. *Nauchnyye Trudy Severo-Kavkazskogo Zonal'nogo Nauchno-Issledovatel'skogo Instituta Sadovodstva i Vinogradarstva* [Scientific Works of the North Caucasian Zonal Scientific-Research Institute of Horticulture and Viticulture]. 2013, no.3, pp. 112–116.
5. Zavalin A.A. Primeneniye biopreparatov pri vozdelyvanii polevykh kul'tur [The use of biological products in the cultivation of field crops]. *Dostizheniya Nauki i Tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of the Agro-Industrial Complex], 2011, no. 8, pp. 9–11.
6. Seltser V.Ya. O sovershenstvovanii sistemy ukhoda za pochvoi na vinogradnikakh [On improving the system of soil care in vineyards]. *Vinogradarstvo i Vinodeliye* [Viticulture and Winemaking]. 1990, no. 2, pp. 19–22.
7. Klimenko N.N. Vliyaniye bakterizatsii na soderzhaniye osnovnykh ekologo-troficheskikh grupp mikroorganizmov v rizosferе vinograda sorta muskat belyy [The influence of bacterization on the content of the main ecological and trophic groups of microorganisms in the rhizosphere of Muscat white grapes]. *Nauchnyye Trudy Severo-Kavkazskogo Zonal'nogo Nauchno-issledovatel'skogo Instituta Sadovodstva i Vinogradarstva* [Scientific Works of the North Caucasus Zonal Research Institute of Horticulture and Viticulture], 2016, vol. 11, pp. 156–160.
8. Klimenko N.N. Mikrobnyye preparaty kak faktor povysheniya urozhaynosti i kachestva produktsii vinograda sorta muskat belyy [Microbial preparations as a factor of increasing the yield and quality of grape products of the Muscat white cultivar Tavrichesky]. *Tavricheskiy Vestnik Agrarnoy Nauki* [Bulletin of Agrarian Science], 2016, vol. 4, no. 8, pp. 22–30.
9. Klimenko O.Ye. Ispol'zovaniye sideratov v plodonosyashchem yablonevom sadu na yuzhnykh chernozemakh [The use of green manures in a fruit-bearing apple orchard on the southern chernozems]. *Trudy Gosudarstvennogo Botanicheskogo Sada* [Works of State Nikita Bot Gard], 2003, no. 121, pp. 153–167.
10. Klimenko O.Ye., Klimenko N.I., Akchurin A.R., Klimenko N.N. Vozdeystviye bioudobreniy i mnogoletnikh trav na soderzhaniye nekotorykh mikroelementov v pochve i rastenii vinograda (*Vitis vinifera L.*) [Impact of biofertilizers and perennial herbs on the content of some trace elements in the soil and plant of grapes (*Vitis vinifera L.*)]. *Problemy Agrokhimii i Ekologii* [Problems of Agrochemistry and Ecology], 2016, no. 4, pp. 23–29.
11. Mineev V.G. *Praktikum po Agrokhimii* [Workshop on Agrochemistry]. Moscow: MGU, 2001, 689 p.

12. Besedina T.D., Bondar' A.V., Vorob'yeva T.N., Garkusha S.V., Guseynov SH.N., Dragavtseva I.A., Yegorov Ye.A., Il'ina I.A., Kozin V.K., Kolesnikov F.S., Koch'yan G.A., Krasil'nikov A.A., Kritskiy Ye.I., Kuznetsov G.YA., Luk'yanov A.A., Malyukova L.S., Orlenko S.YU., Pavlyukova T.P., Petrov V.S., Podgornaya M.Ye., Popova V.P., Russo D.E., Ryndin A.V., Savin I.YU., Sergeyev YU.I., Sergeyeva N.N., Serpukhovitina K.A., Sorochinskaya Ye.M., Fomenko T.G., Khudaverdov E.N., Chernikov Ye.A., Shadrina ZH.A., Shevel' S.A., Yavkenko V.V. *Sistema Zemledeliya v Sadovodstve i Vinogradarstve Krasnodarskogo Kraja* [The System of Agriculture in Horticulture and Viticulture of the Krasnodar Territory]. Krasnodar: North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, and Winemaking, 2015, 241 p.
13. USI "Krymskaya Kolleksiya Mikroorganizmov" [Crimean collection of microorganisms], n. d. URL: <https://niishk.ru/unikalnye-nauchnye-ustanovki/unu-kollekciya-mikroorganizmov/>
14. Shcherbakova (Ponomareva) A.S. Organiceskoe sel'skoe hozyajstvo v Rossii [Organic farming in Russia]. *V mire nauchnyh otkrytij* [Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture], 2017, vol. 9, no. 4, pp. 151–173.
15. Carroll J., Weigle T. Organic production and IPM guide for grapes, 2014. URL: <http://ulster.cce.cornell.edu/resources/organic-grape-production-guide>
16. Covarrubias J.I., Rombolà A.D. Changes in the iron deficiency response mechanisms of grapevine with sustainable strategies for iron chlorosis. *Prevention. Acta Hortic.*, 2013, no. 984, pp. 315–322. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.984.37>
17. Leinfelder M.M., Merwin I.A., Brown M.G. Soil health indicators, apple tree growth, and carbon sequestration differ among orchard groundcover management systems. *Acta Hortic.*, 2012, no. 938, pp. 333–339. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.938.43>
18. Norme NF X31-106, 1982. URL: <https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/norme-nf-x31106/qualite-des-sols-determination-du-calcaire-actif/fa015987/55758>
19. Shaheen S.A., El Taweel A.A., Omar M.N.A. Effect of inoculation by some plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on production of 'Manzanillo' olive trees. *Acta Hortic.*, 2014. no. 1018, pp. 245–254. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1018.25>
20. Suchkov D.K., Sorgutov I.V., Gavrilieva N.K., Grigoriev A.V. Economic aspects the ecological approach to the development of agriculture at the present stage. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2021, vol. 13, no. 5, pp. 120–132. <http://dx.doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-5-120-132>
21. Talgre L., Lauringson E., Makke A. Amounts of nitrogen and carbon returned to

- soil depending on green manure and the effect on winter wheat yield. *Agronomy Research*, 2010, vol. 8, no. II, pp. 487–492.
22. Vorobeikov G.A., Pavlova T.K., Kondrat S.V., Sundetova A.G. Study of the effectiveness of associative rhizobacterial strains in crops of various plant species. *Izvestia of the Russian State Pedagogical University A. I. Herzen*, 2011, vol. 4, pp. 13–19. <http://dx.doi.org/10.1051/bioconf/20202303012>
23. Vystavna Y., Schmidt S.I., Klimenko O.E., Plugatar Y.V., Klimenko N.I., Klimenko N.N. Species-dependent effect of cover cropping on trace elements and nutrients in vineyard soil and *Vitis*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2020, vol. 100, no. 2, pp. 885–890. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10006>

Список литературы

1. Березов Т.А., Оказова З.П., Басиев В.А. Возможность применения физиологически активных веществ на семеноводческих посевах кукурузы // В мире научных открытий. 2013. Т. 1-3. № 37. С. 21-29.
2. Березов Т.А., Оказова З.П., Ефанов М.В. Применение экстрасола в растениеводстве // В мире научных открытий. 2013. Т. 11-2, № 47. С. 20–27.
3. Волков Я.А., Клименко Н.Н., Страницевская Е.П., Волкова М.В. Влияние посевов растений-сидератов на динамику численности микроорганизмов основных эколого-трофических групп в почве виноградника // Магарац. Виноградарство и виноделие. 2019. Т.21. №1(107). С. 36–40.
4. Воробьева Т.Н., Волкова А.А., Бестер Ю.А. Принципы биологического земледелия на виноградниках Тамани // Научные труды Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства. 2013. №3. С.112–116.
5. Завалин А.А. Применение биопрепаратов при возделывании полевых культур // Достижения науки и техники АПК. 2011. №8. С. 9–11.
6. Зельцер В.Я. О совершенствовании системы ухода за почвой на виноградниках // Виноградарство и виноделие. 1990. № 2. С.19–22.
7. Клименко Н.Н. Влияние бактеризации на содержание основных эколого-трофических групп микроорганизмов в ризосфере винограда сорта мускат белый // Научные труды северо-кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства. 2016, Т. 11. С. 156–160.
8. Клименко Н.Н. Микробные препараты как фактор повышения урожайности и качества продукции винограда сорта мускат белый // Таврический вестник аграрной науки. 2016. Т. 4. № 8. С. 22–30.
9. Клименко О.Е. Использование сидератов в плодоносящем яблоневом саду на южных черноземах // Труды государственного ботанического сада. 2003. №121. С. 153–167.

10. Клименко О.Е., Клименко Н.И., Акчурин А.Р., Клименко Н.Н. Воздействие биоудобрений и многолетних трав на содержание некоторых микроэлементов в почве и растении винограда (*Vitis Vinifera L.*) // Проблемы агрохимии и экологии. 2016. № 4. С. 23–29.
11. Минеев В.Г. Практикум по агрохимии. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
12. Система земледелия в садоводстве и виноградарстве Краснодарского Края / Беседина Т.Д., Бондарь А.В., Воробьева Т.Н., Гаркуша С.В., Гусейнов Ш.Н., Драгавцева И.А., Егоров Е.А., Ильина И.А., Козин В.К., Колесников Ф.С., Кочьян Г.А., Красильников А.А., Крицкий Е.И., Кузнецова Г.Я., Лукьянов А.А., Малюкова Л.С., Орленко С.Ю., Павлюкова Т.П., Петров В.С., Подгорная М.Е., Попова В.П., Руссо Д.Э., Рындян А.В., Савин И.Ю., Сергеев Ю.И., Сергеева Н.Н., Серпуховитина К.А., Сорочинская Е.М., Фоменко Т.Г., Худавердов Э.Н., Черников Е.А., Шадрина Ж.А., Шевель С.А., Яковенко В.В. // К.: Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский институт садоводства и виноградарства Россельхозакадемии, 2015. 241 с.
13. УНУ «Крымская коллекция микроорганизмов», н.д. URL: <https://niishk.ru/unikalnye-nauchnye-ustanovki/unu-kollekciya-mikroorganizmov/>
14. Щербакова (Пономарева) А.С. Органическое сельское хозяйство в России // В мире научных открытий. 2017. Т. 9. № 4. С. 151–173.
15. Carroll J., Weigle T. Organic production and IPM guide for grapes, 2014. URL: <http://ulster.cce.cornell.edu/resources/organic-grape-production-guide>
16. Covarrubias J.I., Rombolà A.D. Changes in the iron deficiency response mechanisms of grapevine with sustainable strategies for iron chlorosis // Prevention. Acta Hortic, 2013, no. 984, pp. 315–322. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.984.37>
17. Leinfelder M.M., Merwin I.A., Brown M.G. Soil health indicators, apple tree growth, and carbon sequestration differ among orchard ground cover management systems. Acta Hortic, 2012, no. 938, pp. 333–339. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.938.43>
18. Norme NF X31-106, 1982. URL: <https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/norme-nf-x31106/qualite-des-sols-determination-du-calcaire-actif/fa015987/55758>
19. Shaheen S.A, El Taweel A.A., Omar M.N.A. Effect of inoculation by some plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on production of ‘Manzanillo’ olive trees // Acta hortic, 2014. no. 1018, pp. 245–254. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1018.25>
20. Suchkov D.K., Sorgutov I.V., Gavrilieva N.K., Grigoriev A.V. Economic aspects the ecological approach to the development of agriculture at the present stage. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2021, vol. 13, no 5, pp. 120–132. <http://dx.doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-5-120-132>

21. Talgre L., Lauringson E., Makke A Amounts of nitrogen and carbon returned to soil depending on green manure and the effect on winter wheat yield. *Agronomy research*, 2010, vol. 8, no. II, pp. 487–492.
22. Vorobeikov G.A., Pavlova T.K., Kondrat S.V., Sundetova A.G. Study of the effectiveness of associative rhizobacterial strains in crops of various plant species // *Izvestia of the Russian state pedagogical university A. I. Herzen*, 2011, vol. 4, pp. 13–19. <http://dx.doi.org/10.1051/bioconf/20202303012>
23. Vystavna Y., Schmidt S.I., Klimenko O.E., Plugatar Y.V., Klimenko N.I., Klimenko N.N. Species-dependent effect of cover cropping on trace elements and nutrients in vineyard soil and *Vitis* // *Journal of the science of food and agriculture*, 2020, vol. 100, no. 2, pp. 885–890. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10006>

AUTHOR CONTRIBUTIONS

- Yuri V. Plugatar:** general guidance of the research, work with the statistic data, interpretation of the results, preparation of the text of the paper.
- Olga E. Klimenko:** conducting of the experiment, interpretation of the results, preparation of the text of the paper.
- Nikolai I. Klimenko:** conducting of the experiment, interpretation of the results, preparation of the text of the paper.
- Maksim L. Novitsky:** conducting of the experiment, interpretation of the results, preparation of the text of the paper.

ВКЛАД АВТОРОВ

- Плугатарь Ю.В.:** общее руководство направлением исследования, работа со статистической информацией, интерпретация результатов, подготовка текста статьи.
- Клименко О.Е.:** проведение эксперимента, интерпретация результатов, подготовка текста статьи.
- Клименко Н.И.:** проведение эксперимента, интерпретация результатов, подготовка текста статьи.
- Новицкий М.Л.:** проведение эксперимента, интерпретация результатов, подготовка текста статьи.

DATA ABOUT THE AUTHORS

Yuri V. Plugatar

*Nikitsky Botanical Gardens
52 Nikitsky spusk, Yalta, 298648, Russian Federation
plugatar.y@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5262-8957>*

Olga E. Klimenko

*Nikitsky Botanical Gardens
52 Nikitsky spusk, Yalta, 298648, Russian Federation
olga.gnbs@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5773-9031>*

Nikolai I. Klimenko

*Nikitsky Botanical Gardens
52 Nikitsky spusk, Yalta, 298648, Russian Federation
klymenko.gnbs@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4469-6348>*

Maksim L. Novitsky

*Nikitsky Botanical Gardens
52 Nikitsky spusk, Yalta, 298648, Russian Federation
maxim.novickiy@bk.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6860-3049>*

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ**Юрий В. Плугатарь**

*Никитский ботанический сад
спуск Никитский 52, г. Ялта, 298648, Российская Федерация
plugatar.y@gmail.com*

Ольга Е. Клименко

*Никитский ботанический сад
спуск Никитский 52, г. Ялта, 298648, Российская Федерация
olga.gnbs@mail.ru*

Николай И. Клименко

*Никитский ботанический сад
спуск Никитский 52, г. Ялта, 298648, Российская Федерация
klymenko.gnbs@mail.ru*

Максим Л. Новицкий

*Никитский ботанический сад
спуск Никитский 52, г. Ялта, 298648, Российская Федерация
maxim.novickiy@bk.ru*

Поступила 06.04.2022

После рецензирования 29.04.2022

Принята 15.05.2023

Received 06.04.2022

Revised 29.04.2022

Accepted 15.05.2023

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

AGRICULTURAL SCIENCES

DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-933

УДК 68.35.37



Научная статья

АГРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СПОСОБОВ ПОСЕВА И НОРМ ВЫСЕВА СЕМЯН САФЛОРА КРАСИЛЬНОГО В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

A.B. Солонкин, Е.П. Сухарева, А.В. Беликина

Обоснование. Сафлор относится к разряду страховых масличных культур, он способен прирастать и формировать урожай семян для получения растительных масел в крайне засушливых условиях. Производство семян сафлора сопряжено с экстремальными условиями, и поэтому необходимо уточнить в засушливом климате Волгоградской области в зоне светло-каштановых почв оптимальную норму высева семян и эффективный способ его сева.

Цель. Изучить и определить способы сева семян сафлора и оптимальные нормы высева в агроландшафтах зоны светлокаштановых почв, сухой степи Нижневолжского региона для получения качественных семян.

Материалы и методы. Однофакторный полевой опыт заложен в 2022 г., в степной зоне с гидротермическим коэффициентом 0,4-0,6. На участке для получения семян, высеван сафлор по предшественнику – черный пар. С осени была проведена основная обработка почвы - дискование, весной весеннее боронование в два следа с последующей предпосевной культивацией. Высевались сорта сафлора красильного Александрит и Волгоградский 15, оригинаром которых является ФНЦ агробиологии РАН. Повторность в опыте трехкратная, размещение вариантов систематическое, последовательное, блоками в один ярус. Все повторения в эксперименте размещены в одном поле. Площадь опытного участка 180 м². Погодные условия в период прохождения фаз «сте-

блевание», «бутонизация-цветение», «цветение» можно охарактеризовать как засушливый, ГТК 0,6, а запас продуктивной влаги в период сева в метровом слое составил 12,72 мм.

Результаты. Проведенные исследования позволили определить, что самая высокая урожайность сафлора была получена у сорта Александрит - 1,22 т/га в посеве с междурядьями шириной 0,15 м и нормой высеива 30 кг/га. Рентабельность производства качественных семян составила 238,9%.

Заключение. В условиях светлокаштановых почв в сухой степи Волгоградской области целесообразно высевать сафлор междурядьями шириной 0,15 м, а оптимальная норма высеива 30 кг/га, при этом экономическая эффективность производства семян составила до 238,9%.

Ключевые слова: селекция; сафлор красильный; урожайность; норма высеива; семена; рентабельность.

Для цитирования. Солонкин А.В., Сухарева Е.П., Беликина А.В. Агроэкономическая оценка влияния способов посева и норм высеива семян сафлора красильного в Волгоградской области // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. Т. 15, №5. С. 187-200. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-933

Original article

AGROECONOMIC ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF SOWING METHODS AND SOWING RATES OF SAFLORO DYE SEEDS IN THE VOLGOGRAD REGION

A.V. Solonkin, E.P. Sukhareva, A.V. Belikina

Background. Safflower belongs to the category of insurance oilseeds, it is able to grow and form a seed crop for vegetable oils in extremely arid conditions. The production of safflower seeds is associated with extreme conditions, and therefore it is necessary to clarify in the arid climate of the Volgograd region in the zone of light chestnut soils the optimal seed sowing rate and an effective method of sowing it.

Purpose. To study and determine the methods of sowing safflower seeds and the optimal sowing rates in agricultural landscapes in the zone of light-chestnut soils, the dry steppe of the Nizhnevolzhsky region to obtain high-quality seeds.

Materials and methods. A single-factor field experiment was laid in 2022, in the steppe zone with a hydrothermal coefficient of 0.6-0.4. On the site for obtaining seeds, safflower was sown according to its predecessor - black fallow. Since autumn, the main tillage was carried out - disking, in the spring, spring harrowing in two tracks, followed by pre-sowing cultivation. The cultivars of dyeing safflower Aleksandrit, Volgogradsky 15 were sown, the originator of which is the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences. The repetition in the experiment is threefold, the variants are continuous. All repetitions in the experiment are placed in one field. The area of the experimental plot is 180 m². The weather conditions during the period of formation of the safflower crop are characterized as dry, HTC 0.6, and the reserve of productive moisture during the sowing period in the meter layer was 12.72 mm. placement of options is systematic, sequential, in blocks in one tier

Results. The conducted studies made it possible to determine that the highest yield of safflower was obtained from the Alexandrite variety of 1.22 t/ha in sowing with row spacing, a width of 15 cm and a seeding rate of 30 kg/ha and a profitability of producing high-quality seeds of 238.9%.

Conclusion. Under the conditions of light chestnut soils in the dry steppe of the Volgograd region, it is advisable to sow safflower between rows, the width of which is 15 cm, and the optimal seeding rate is 30 kg/ha, while the economic benefit of seed production will be up to 238.9%.

Keywords: selection; safflower dye; productivity; seeding rate; seeds; profitability

For citation. Solonkin A.V., Sukhareva E.P., Belikina A.V. Agroeconomic Assessment of the Influence of Sowing Methods and Sowing Rates of Safloro Dye Seeds in the Volgograd Region. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2023, vol. 15, no. 5, pp. 187-200. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-933

Введение

Самыми востребованными сортами сафлора красильного у товаропроизводителей Волгоградской области являются Александрит и Волгоградский 15, их посевы в области достигали в 2022 г. более 90% площадей занятых сафлором.

Ввиду того, что сафлор относительно новая культура для растениеводов, ведутся полевые исследования по совершенствованию технологий получения качественных семян культуры в разных почвенно-климатических условиях. Центр происхождения сафлора – Срединоземноморье [5, с.143; 7, с.35; 8, с. 16-17], климат которого характеризуется жарким и сухим, поэ-

тому биологические особенности культуры сафлор имеют жаро и засухоустойчивые свойства и подходят к выращиванию в Волгоградской области. Сафлор относится к разряду страховых культур, и способен сформировать урожай семян в самых засушливых условиях, когда урожаи других масличных не были получены из-за неблагоприятных условий.

Семена сафлора содержат светложёлтого полувишыжающего масла до 37%, белка до 19%, крахмала до 25%. Получаемый жмых сафлора может широко использоваться в кормлении сельскохозяйственных животных для наполнения рационов протеином. В получаемом жмыхе содержится 18 аминокислот, половина из которых незаменимые [19, с.11-17; 21, с. 9-11; 22].

Известны исследования, в которых установлено, что добавление семян сафлора в рацион коров после отела, благоприятно влияет на их восстановление после, они имели более высокую продуктивность [3, с. 12196; 18, с. 208; 19, с.49,]. Также установлено, что в овцеводстве использование 7,5% в структуре рациона семян сафлора положительное влияние оказывает на качество мяса ягнят [18, с.722]. Ввиду важности семян сафлора для народохозяйственного комплекса, ведутся исследования для выработки оптимальной технологии его выращивания с наибольшей эффективностью производства. Проведенный анализ публикаций по вопросу технологии выращивания сафлора позволяет определить наиболее эффективные технологические элементы выращивания сафлора.

Технология выращивания сафлора схожа с технологией выращивания подсолнечника, ведь их ботаническое строение и время наступления фенологических фаз схожи [15, с. 95-99]. За время исследований по технологическим особенностям сафлора, установлено, что введенные в севообороты наилучшие результаты, по хозяйственно-полезным признакам получаются после высева по предшественнику зерновых культур [15, с. 50]. Сафлор способен расти на засоленных участках и успешно конкурировать с сорной растительностью [1, с. 7].

Лучшим способом основной обработки почвы для его посевов – отвальная вспашка, она будет способствовать проникновению его мощного стержневого корня, достигая глубины до 2 м в поиске влаги. В исследованиях региональных ученых определено, что лучшая основная обработка почвы для сафлора служит чизельная на глубину 0,35-0,37 см - 1,46 т/га, орудием ПН-4-35 на глубину до 0,2-0,22 см – 1,67 т/га. Мелкая дисковая обработка почвы позволила получить 1,21 т/га [4, с. 141-140; 8, с. 90-98; 13, с. 135-140].

Способы сева и нормы высева сафлора красильного – один из основных элементов технологии выращивания семян. Посевы сафлора с разной густотой стояния, растения получают различное питание и освещение, формирование семян происходит с разной интенсивностью. В литературе по Нижневолжскому региону эти вопросы освещены не достаточно полно, особенно в получении качественных семян. Известны результаты исследований в регионе, где лучшие результаты урожая семян 1,01 т/га были получены с минимальной нормой высева 400 тыс./га сафлора при широкорядном севе [16, с. 95-98]. Исследователями Нижневолжского региона ранее установлено, что эффективной нормой сева может быть 300 тыс. семян на гектар [6, с. 72-74; 13, с. 134-142]. Исследования по получению высококачественных семян еще не позволяют сформировать окончательные выводы о наиболее эффективном способе сева и лучшей норме высева для получения высококачественных семян сафлора в регионе Нижнего Поволжья. Своими исследованиями в 2022 г. мы вносим вклад в приращение научных знаний в этом вопросе.

Материалы и методы

Однофакторный полевой опыт заложен в 2022 г., на участке, расположенным в землепользовании ФНЦ агробиологии РАН, в степной зоне с гидротермическим коэффициентом 0,4-0,6. Климат, месторасположения участка резко континентальный с максимальной летней температурой +45, зимней - до -41 °C.

Почва опытного участка светлокаштановая, её механический состав тяжелосуглинистый, встречаются средние и глубокие 5-10% солонцеватые участки. Рельеф - слабоволнистая равнина. В механическом составе почвы опытного участка по генетическим горизонтам определено заметное преобладание крупно-пылеватой и илистой фракции. Почвы опытного участка имеют слабощелочную реакцию. В период исследований она не изменялась и была равна 7,6-8,0. Почвы слабо обеспечены азотом, средне – фосфором и повышенено – калием. Содержание гумуса до 2,0%. Среднегодовое количество осадков составляет 300-350 мм.

На участке для получения семян, высеян сафлор по предшественнику – черный пар. С осени была проведена основная обработка почвы – глубокая вспашка почвы (отвал). Глубокую вспашку почвы провели для развития мощного стержневого корня сафлора красильного, который уходит на глубину до 2 м в поисках влаги. Весеннее боронование было проведено в два следа, для сохранения влаги в посевном слое почвы. При физическом со-

зревании почвы и появлении всходов сорной растительности, была проведена культивация на глубину 6-8 см.

Высевались сорта сафлора красильного Александрит, Волгоградский 15 оригинаром которых является ФНЦ агробиологии РАН. Повторность каждого сорта в опыте трехкратная, размещение вариантов систематическое, последовательное, блоками в один ярус. Все повторения в эксперименте размещены в одном поле. Площадь опытного участка 180 м².

Семена сафлора красильного каждого сорта были высеваны на подготовленном участке с тремя нормами высева: 35 кг/га; 30 кг/га; 25 кг/га с междурядьями 15 и 45 см в трехкратной повторности (рис. 1).

Способ посева, ширина междурядий, см	Норма высева (кг/га)
15	25
	30
	35
45	25
	30
	35
15	25
	30
	35
45	25
	30
	35
15	25
	30
	35
45	25
	30
	35

Рис. 1. Схема опыта по исследованию способов и норм высева сафлора

Природные условия в период формирования семян сафлора (прохождение фаз «стеблевание», «бутонизация-цветение», «цветение»), можно охарактеризовать как засушливые, ГТК 0,6. Среднемесячная температура воздуха за весенние месяцы: март 2,1⁰ С; апрель 11,15⁰ С; май 18,7⁰ С. В летние месяцы: июнь 23,55⁰ С; июль 29,95⁰ С; август 25,95⁰ С. Запас продуктивной влаги в период сева в 2022 г. в метровом слое составил 12,72 мм.

Сложившиеся погодные условия весной в 2022 г. способствовали проведению сева сафлора сначала третьей декады апреля, всходы появлялись в первой декаде мая. Вегетационный период сафлора в период исследования составил 110-114 дней.

Цель исследований – изучить и определить способы сева сафлора и оптимальные нормы высева в агроландшафтах в зоне светолокаштановых почв, сухой степи Нижневолжского региона для получения качественных семян.

Научная новизна

Впервые в условиях сухостепной зоны светолокаштановых почв, в проводимых исследованиях установлены нормы и способы посева семян сафлора красильного для получения семян элита и ведения первичного семеноводства.

Результаты исследования

Формирование урожая семян сафлора зависит от обеспечения растений светом, теплом, влагой, пищевым режимом растений, что во многом зависит от площади питания растений и их освещения. Для определения наиболее оптимальной площади размещения растений в посевах и обеспечения их необходимыми условиями для получения высококачественных семян, в нашем исследовании сафлор высевался с тремя нормами высева: 25, 30, 35 кг/га всхожих семян, с шириной междурядий 15 и 45 см.

Таблица 1.
Урожайность семян сортов сафлора красильного в зависимости
от способов посева и норм высева в 2022 гг.

Способ посева, ширина междурядий, см	Норма высева (кг/га)	Урожайность сафлора красильного сорта Александрит, т/га	Урожайность сафлора красильного сорта Волгоградский 15, т/га
15	25	1,12	1,03
	30	1,22	1,09
	35	0,98	0,89
	HCP _{0,5}	0,006	0,005
45	25	1,05	0,97
	30	1,14	1,02
	35	0,86	0,78
	HCP _{0,5}	0,005	0,004

Анализируя данные урожая сафлора красильного по итогам однофакторного полевого опыта, можно заключить, что наилучший урожай получен у сорта Александрит с нормой высева 30 кг/га, шириной междуурядий 15 см.

При рациональном способе хозяйствоания необходимо планировать использование производственных средств, поэтому определение оптимальной нормы высева и способа сева актуально для получения максимального урожая. Экономическая эффективность производства семян сафлора при посеве различными способами и нормами представлена в таблице 2.

Таблица 2.
**Экономическая эффективность сева сортов сафлора красильного
с различными нормами высева для получения семян**

Показатель	Ед. изме- рения	15 см			45 см		
		25 кг/ га	30 кг/га	35 кг/га	25 кг/га	30 кг/га	35 кг/га
Александрит							
Урожайность	т/га	1,12	1,22	0,98	1,05	1,14	0,86
Цена реализации 1т	руб.	50000	50000	50000	50000	50000	50000
Выручка от реализации	руб./га	56000	61000	49000	52500	57000	43000
Затраты	руб./га	18000	18000	18000	18000	18000	18000
Чистый доход	руб./га	38000	43000	31000	34500	39000	25000
Рентабельность	%	211,1	238,9	172,2	191,6	216,6	138,8
Волгоградский 15							
Урожайность	т/га	1,03	1,09	0,89	0,97	1,02	0,78
Цена реализации 1т	руб.	50000	50000	50000	50000	50000	50000
Выручка от реализации	руб./га	51500	54500	44500	48500	51000	39000
Затраты	руб./га	18000	18000	18000	18000	18000	18000
Чистый доход	руб./га	33500	36500	26500	30500	33000	21000
Рентабельность	%	186,1	202,7	147,2	169,4	183,3	116,6

Данные таблицы 2, показывают экономическую эффективность производства семян сафлора, репродукция оригинальные семена (СЭ - супер-элита) по разным способам сева и с различными нормами высева. В результате расчетов оказалось, что наиболее выгодным является вариант сева сорта Александрит в посеве с междуурядьями, шириной 15 см и нормой высева 30 кг/га.

Обсуждение

Рассматривая полученные данные при севе сафлора двумя способами сева с разными нормами, можно увидеть, что у сорта Александрит в междурядьях, шириной 15 см и нормой 30 кг/га, удалось получить наибольший урожай 1,22 т/га. Также, высокий урожай семян у сорта Волгоградский 15 - 1,09 т/т был получен при способе сева с междурядьями в 15 см и нормой высева 30 кг/га. У всех сортов, посаженных с междурядьем, шириной 45 см, с нормой высева 30 кг/га также получены высокие результаты урожая (таблица 1).

Экономические расчеты позволили определить рентабельность наивысшего результата урожая у сорта Александрит - 238,9%. У сорта сафлора Волгоградский 15 также наиболее выгодным оказался вариант, высаженный с междурядьем шириной 15 см, нормой высева 30 кг/га, эффективностью производства – 202,7%.

Также, рассматривая результаты сева, шириной 45 см между рядами, можно отметить, что у сортов норма высева 30 кг/га, была самой эффективной: у сорта Александрит - 216,6% и у сорта Волгоградский 15 - 183,3%.

Заключение

Таким образом, установлено, что, в условиях светлокаштановых почв в сухой степи Волгоградской области целесообразно высевать сафлор с междурядьями, ширина которых 15 см, а оптимальная норма высева 30 кг/га. Экономическая выгода производства качественных семян составит до 238,9%.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку статьи для публикации.

ГЗ 122020100448-6 «Создание новых конкурентоспособных форм, сортов и гибридов культурных, древесных и кустарниковых растений с высокими показателями продуктивности, качества и повышенной устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды, новые инновационные технологии в семеноводстве и питомниководстве с учетом сортовых особенностей и почвенно-климатических условий аридных территорий Российской Федерации»

Список литературы

1. Андриюк А.В. Выживаемость растений сафлора как показатель урожайности // Аграрный вестник Урала. 2014. №7. С. 6-9.
2. Анализ хозяйственной деятельности предприятия: учебник для вузов / Савицкая Г.В. Мн.: Новые знания, 2001. 688 с.

3. Belikina A. V., Sukhareva E.P. The role of dyeing safflower in ensuring food security of the Volgograd region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volgograd, 17–18 июня 2021 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. Vol. Volume 848. Krasnoyarsk, Russian Federation: IOP Publishing Ltd, 2021. P. 12196.
4. Вдовенко А. В. Влияние способов основной обработки почвы при возделывании сафлора красильного в Нижнем Поволжье // Приоритетные направления развития науки и образования : сборник статей VII Международной научно-практической конференции : в 2 ч. Пенза. 2019. С. 141-143.
5. Зайцева Н. А., Яченева Е. В., Климова И. И., Дьяков А. С. Продуктивность сафлора красильного в различных по влагообеспеченности условиях // Известия НВ АУК. 2021. №2 (62). С. 143-151.
6. Иванов В. М., Толмачев В. В. Сроки, нормы и способы посева сафлора в Волгоградском заволжье // АВУ. 2010. №7 (73). С. 72-74.
7. Каталог селекционных достижений ФНЦ агробиологии РАН / А.И. Беляев [др.]. Волгоград, 2021. 72 с.
8. Киричкова И.В., Мелихов А. В., Васильев А. М. Вопросу повышения продуктивности сафлора красильного в условиях Волго-Донского междуречья // Известия НВ АУК. 2019. №2 (54). С. 90-98.
9. Кулешов А.М. Урожайность сортов сафлора в условиях Волгоградской области // Научно-агрономический журнал. 2020. №1. С. 35-38.
10. Леус Т. В. Проявление материнского эффекта при наследовании окраски листьев у сафлора красильного // Научно-технический бюллетень Института масличных культур НААН. 2020. № 29. С. 16-22.
11. Мелихов В.В., Попов А.В., Дедова Э.Б., Дедов А.А. Возделывание сафлора красильного в рисовом севообороте Сарпинской низменности // Известия НВ АУК. 2016. №3 (43). С.42-49.
12. Нарушев В. Б., Куанышкалиев А. Т., Мажаев Н. И., Желмуханов Т. А. Примеры ресурсосберегающей технологии возделывания сафлора в степном Поволжье // Известия ОГАУ. 2014. №5 (49). С. 65-66.
13. Плескачёв Ю. Н., Воронов С. И., Магомедова Д. А. Элементы технологии возделывания различных сортов сафлора красильного// Известия НВ АУК. 2020. №3 (59). С. 134-142.
14. Прахова Т.Я., Кшникаткина А.Н., Щанин А.А. Норма высева и продуктивность сафлора красильного в условия Среднего Поволжья // Нива Поволжья. 2019. №3 (52). С. 48-51.
15. Прахова Т.Я., Кшникаткина А.Н., Щанин А.А. Урожайные свойства и адаптивность сортов сафлора в условиях лесостепи среднего Поволжья // Нива Поволжья. 2020. №2 (55). С. 46-51.

16. Сафина Н. В., Кильянова Т. В. Технология возделывания сафлора красильного в условиях Среднего Поволжья // Известия Самарского научного центра РАН. 2019. №6. С. 95-100.
17. Турина Е.Л. Значение сафлора красильного (*Carthamus tinctorius L.*) и обоснование актуальности исследований с ним в центральной степи Крыма (обзор). // Таврический вестник аграрной науки. 2020. №1(21). С. 100-120.
- Mark Grant, Brenda Alexander, Bret Hess, Jeff Bottger, Doug Hixon, et al. Dietary supplementation with safflower seeds differing in fatty acid composition differentially influences serum concentrations of prostaglandin F metabolite in postpartum beef cows // Reproduction Nutrition Development. 2005. Vol. 45 (6). P. 721-727. <https://doi.org/10.1051/rnd:2005056>
18. R.W. Kott, P.G. Hatfield, J.W. Bergman, C.R. Flynn, H. Van Wagoner, J.A. Boles Feedlot performance, carcass composition, and muscle and fat CLA concentrations of lambs fed diets supplemented with safflower seeds // Small Ruminant Research. 2003. Vol. 49 (1). P. 11–17. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(03\)00052-X](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(03)00052-X)
19. Oguz M. N., Oguz F. K., Buyukoglu T. I. Effect of different concentrations of dietary safflower seed on milk yield and some rumen and blood parameters at the end stage of lactation in dairy cows // Revista Brasileira de Zootecnia. 2014. Vol. 43. P. 207-211.
20. De Oliveira, M. R. C., Echeverria, L., Martinez, A. C., De Goes, R. H. T. B., Scanavacca, J., & Barros, B. C. B. Safflower seed supplementation in lamfeed: Effects upon fatty acid profile and quality of meat patty formulations // Anais Da Academia Brasileira De Ciencias. 2021. Vol. 93(3). P. 1-11. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120190903>
21. Василенко В. Н., Фролова Л. Н., Терёхина А. В., Драган И. В., Михайлова Н. А. Сафлоровый жмых как объект кормления сельскохозяйственных животных // Комбикормовое производство. 2018. № 3. <https://kormoproizvodstvo.ru/3-2018/3-2018-07-1204/> (режим доступа: 12.01.2023).

References

1. Andriyuk A.V. Agrarnyy vestnik Urala, 2014, no. 7, pp. 6-9.
2. Savitskaya G.V. *Analiz khozyaystvennoy deyatel'nosti predpriyatiya: uchebnik dlya vuzov* [Analysis of economic activity of the enterprise]. Mn.: Novye znaniya, 2001, 688 p.
3. Belikina A. V., Sukhareva E.P. The role of dyeing safflower in ensuring food security of the Volgograd region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volgograd, June 17-18, 2021 / Krasnoyarsk Science and Technology*

- City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. Vol. Volume 848. Krasnoyarsk, Russian Federation: IOP Publishing Ltd, 2021, p. 12196.
4. Vdovenko A. V. *Prioritetnye napravleniya razvitiya nauki i obrazovaniya : sbornik statey VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Priority directions of development of science and education : collection of articles of the VII International scientific-practical conference]. Penza, 2019, pp. 141-143.
 5. Zaytseva N. A., Yachmeneva E. V., Klimova I. I., D'yakov A. S. *Izvestiya NV AUK*, 2021, no. 2 (62), pp. 143-151.
 6. Ivanov V. M., Tolmachev V. V. *AVU*, 2010, no. 7 (73), pp. 72-74.
 7. *Katalog selektsionnykh dostizheniy FNTs agroekologii RAN* [Catalog of breeding achievements of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences] / A.I. Belyaev [et al.]. Volgograd, 2021, 72 p.
 8. Kirichkova I.V., Melikhov A. V., Vasil'ev A. M. *Izvestiya NV AUK*, 2019, no. 2 (54), pp. 90-98.
 9. Kuleshov A.M. *Nauchno-agronomicheskiy zhurnal*, 2020, no. 1, pp. 35-38.
 10. Leus T. V. *Nauchno-tehnicheskiy byulleten' Instituta maslichnykh kul'tur NAAN*, 2020, no. 29, pp. 16-22.
 11. Melikhov V.V., Popov A.V., Dedova E.B., Dedov A.A. *Izvestiya NV AUK*, 2016, no. 3 (43), pp. 42-49.
 12. Narushev V. B., Kuanyshkaliev A. T., Mazhaev N. I., Zhelmukhanov T. A. *Izvestiya OGAU*, 2014, no. 5 (49), pp. 65-66.
 13. Pleskachev Yu. N., Voronov S. I., Magomedova D. A. *Izvestiya NV AUK*, 2020, no. 3 (59), pp. 134-142.
 14. Prakhova T.Ya., Kshnikatkina A.N., Shchanin A.A. *Niva Povolzh'ya*. 2019. no. 3 (52), pp. 48-51.
 15. Prakhova T.Ya., Kshnikatkina A.N., Shchanin A.A. *Niva Povolzh'ya*, 2020, no. 2 (55), pp. 46-51.
 16. Safina N. V., Kil'yanova T. V. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2019, no. 6, pp. 95-100.
 17. Turina E.L. *Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki*, 2020, no. 1(21), pp. 100-120. Mark Grant, Brenda Alexander, Bret Hess, Jeff Bottger, Doug Hixon, et al. Dietary supplementation with safflower seeds differing in fatty acid composition differentially influences serum concentrations of prostaglandin F metabolite in postpartum beef cows. *Reproduction Nutrition Development*, 2005, vol. 45 (6), pp. 721-727. <https://doi.org/10.1051/rnd:2005056>
 18. R.W. Kott, P.G. Hatfield, J.W. Bergman, C.R. Flynn, H. Van Wagoner, J.A. Boles Feedlot performance, carcass composition, and muscle and fat CLA concentrations of lambs fed diets supplemented with safflower seeds. *Small*

- Ruminant Research*, 2003, vol. 49 (1), pp. 11–17. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(03\)00052-X](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(03)00052-X)
19. Oguz M. N., Oguz F. K., Buyukoglu T. I. Effect of different concentrations of dietary safflower seed on milk yield and some rumen and blood parameters at the end stage of lactation in dairy cows. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2014, vol. 43, pp. 207-211.
20. De Oliveira, M. R. C., Echeverria, L., Martinez, A. C., De Goes, R. H. T. B., Scanavacca, J., & Barros, B. C. B. Safflower seed supplementation in lamfeed: Effects upon fatty acid profile and quality of meat patty formulations. *Anais Da Academia Brasileira De Ciencias*, 2021, vol. 93(3), pp. 1-11. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120190903>
21. Vasilenko V. N., Frolova L. N., Terekhina A. V., Dragan I. V., Mikhaylova N. A. *Kombikormovoe proizvodstvo*, 2018, no. 3. <https://kormoproizvodstvo.ru/3-2018/3-2018-07-1204/>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Солонкин Андрей Валерьевич, доктор сельскохозяйственных наук, Руководитель селекционно-семеноводческого центра древесных и кустарниковых пород
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН)
пр. Университетский, 97, г. Волгоград, 400062, Российская Федерация
solonkin-a@yfanc.ru

Сухарева Елена Петровна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН)
пр. Университетский, 97, г. Волгоград, 400062, Российская Федерация
lena.sukhareva60@mail.ru

Беликина Анна Васильевна, научный сотрудник лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН)*

*пр. Университетский, 97, г. Волгоград, 400062, Российская Федерация
belikina-a@vfanc.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Andrey V. Solonkin, Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Breeding and Seeds Center for Trees and Shrubs

Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences» (FNC of Agroecology RAS)

*97, Universitetsky Ave., Volgograd, 400062, Russian Federation
SPIN-code: 8724-5383*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1576-7824>

Elena P. Sukhareva, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Breeding, Seeds Production and Nursery

Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences» (FNC of Agroecology RAS)

*97, Universitetsky Ave., Volgograd, 400062, Russian Federation
lena.sukhareva60@mail.ru*

SPIN-code: 7044-3359

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1083-3650>

Scopus Author ID: 57286423700

Anna V. Belikina, Researcher, Laboratory of Breeding, Seeds Production and Nursery

Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences» (FNC of Agroecology RAS)

*97, Universitetsky Ave., Volgograd, 400062, Russian Federation
belikina-a@vfanc.ru*

SPIN-code: 7387-6935

Scopus Author ID: 57212194301

Поступила 01.03.2023

Received 01.03.2023

После рецензирования 21.03.2023

Revised 21.03.2023

Принята 01.04.2023

Accepted 01.04.2023

DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-934

УДК 636.2.034



Научная статья

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ РОСТА ТЕЛОК ДЖЕРСЕЙСКОЙ ПОРОДЫ В ПЕРИОД ОНТОГЕНЕЗА НА ИХ МОЛОЧНУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ

С.А. Олейник, А.В. Лесняк

Получение высокопродуктивных животных возможно благодаря внедрению современных систем направленного выращивания ремонтного молодняка. Животные джерсейской породы пользуются особой популярностью среди скотоводов благодаря неприхотливости к системе кормления и содержания, а также повышенным параметрам белково- и жирномолочности по сравнению с другими породами. Проявление индивидуальных различий в продуктивных качествах при выращивании ремонтных телок в период онтогенеза позволяет провести раннее определение направления их производственного использования.

Изучение взаимосвязи между интенсивностью роста молодняка с результатами оценки молочной продуктивностью первотелок по итогам I законченной лактации показало наличие позитивной зависимости ($r = 0,96$) между этими двумя параметрами. Так, наиболее высокая молочная продуктивность отмечается у коров, которые в период от 0 до 6 месяцев имели среднесуточный прирост живой массы на уровне 811–961 г, что в целом, согласуется с исследованиями российских и зарубежных авторов и открывает новые перспективы для совершенствования продуктивных и хозяйствственно-полезных признаков популяции джерсейского скота на Северном Кавказе.

Ключевые слова: молочное скотоводство; живая масса; среднесуточный прирост; молочная продуктивность; ремонтный молодняк; джерсейская порода

Для цитирования. Олейник С.А., Лесняк А.В. Влияние интенсивности роста телок джерсейской породы в период онтогенеза на их молочную продуктивность // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. Т. 15, №5. С. 201-227. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-934

Original article

THE INFLUENCE OF THE INTENSITY OF GROWTH OF JERSEY BREED HEIFERS DURING ONTOGENESIS ON THEIR MILK PRODUCTIVITY

S.A. Oleinik, A.V. Lesnyak

Obtaining highly productive animals is possible thanks to the introduction of modern systems for the targeted cultivation of repair young animals. Jersey breed animals are particularly popular among cattle breeders due to their unpretentiousness to the feeding and maintenance system, as well as increased protein and fat content parameters compared to other breeds. The manifestation of individual differences in productive qualities in the cultivation of repair heifers during ontogenesis allows an early determination of the direction of their production use.

The study of the relationship between the intensity of growth of young animals with the results of the evaluation of the milk productivity of the first heifers following the results of the first completed lactation showed the presence of a positive relationship ($r = 0,96$) between these two parameters. Thus, the highest milk productivity is observed in cows, which in the period from 0 to 6 months had an average daily increase in live weight at the level of 811–961 g, which is generally consistent with the research of Russian and foreign authors and opens up new prospects for improving the productive and economically useful characteristics of the Jersey cattle population in the North Caucasus.

Keywords: dairy cattle breeding; live weight; average daily weight gain; dairy productivity; repair young; jersey breed

For citation. Oleinik S.A., Lesnyak A.V. *The Influence of the Intensity of Growth of Jersey Breed Heifers during Ontogenesis on their Milk Productivity. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2023, vol. 15, no. 5, pp. 201-227. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-934*

Введение

В условиях интенсивного развития молочного скотоводства первостепенной задачей является реализация генетического потенциала продуктивных качеств животных, что во многом зависит от направленного выращивания ремонтного молодняка. При этом, живая масса, а также

интенсивность динамики живой массы являются одними из важнейших показателей, отображающих эффективность выращивания телок, что оказывает влияние на их последующую молочную продуктивность [2].

Как показывают исследования Сударева Н. П., Абылкасымова Д., Чаргешвили С. В. (2021) и Saadullah M., Iqbal Z. M., Naveed-ul-Haque M., Hifzulrahman, Bhatti J. A., Abdullah M. (2020), для организации направленного выращивания ремонтного молодняка необходимо учитывать закономерности его роста и развития, характер которых зависит не только от условий содержания и кормления, но и от породной принадлежности животного, его среднесуточных приростов и живой массы.

Обеспечение телят оптимальным питанием, по мнению Щербатого З. Э., Боднар П. В. (2014) и Han L., Heinrichs A. J., De Vries A. (2021), жизненно важно для их роста и развития, а также позволяет телятам полностью проявить свой генетический потенциал для производства молока и репродуктивной эффективности в течение всей жизни.

В последнее время во всем мире и в Российской Федерации увеличивается популярность коров джерсейской породы. Достоинствами которой является высокое содержание в молоке массовой доли жира и белка, высокая конверсия питательных веществ, легкость отелов и приспособленность к различным природно-климатическим условиям [27, 28].

По данным Международного комитета регистрации животных (ICAR) самое многочисленное поголовье джерсейской породы числится в США и отличается наибольшим удоем среди популяций других стран, который составляет в среднем 9401 кг молока за 305 дней лактации, но с невысоким содержанием молочного жира (4,87 %) и белка (3,72 %). Лучшим по качеству является поголовье данной породы в Дании, где средний уход за 305 дней лактации составил в 2022 году 7598 кг с содержанием в молоке жира 5,96 % и белка 4,29% [20].

Принято считать, что джерсейская порода относится к числу некрупных молочных пород. Так, в европейских странах принятые следующие стандарты по живой массе животных данной породы в определенные периоды: средняя масса новорожденных телят составляет 18–31 кг, в 6 месяцев – 140 кг, 9 месяцев – 188 кг, в 12 месяцев – 235 кг, взрослых коров – 360–450 кг, быков – 600–770 кг (Handcock R. C., Lopez-Villalobos N., 2021).

По данным van Niekerk J. K., Fischer-Tlusty A. J. (2021) в университете Миссури (США) имеется собственное стадо джерсейской породы, где средняя живая масса при рождении у бычков – 26,1 кг, телочек – 23,9 кг, а в качестве стандарта в стране принятые следующие показатели живой

массы: при рождении 27 кг, 2 месяца – 55 кг, пубертатный период – 205 кг, осеменение – 250 кг, после 1-го отела – 385 кг. Суточные приросты за период от рождения до наступления стельности на уровне 540 г.

Отечественные ученые Гогаев О. К., Бекузарова Л. Х. (2016), Бургомистрова О. Н. (2018) указывают на то, что животные с низкой живой массой в период онтогенеза, а также перекормленные в период выращивания, имеют низкие показатели молочной продуктивности.

При изучении взаимосвязи между молочной продуктивностью коров и их живой массы в первые месяцы жизни австралийские ученые Chuck G. M., Mansell P. D. (2018) отметили, что телки, имеющие большую живую массу, не всегда показывают высокие результаты по надоям, что находит подтверждение в исследованиях ирландских ученых Boyle L., Conneely M. (2022). Необходимо находить тот средний показатель прироста живой массы, при котором будет, достигнут наилучший показатель продуктивности [25, 30].

В Бразилии ученые Busanello M., Sousa D. G., Poczynek M., (2022) изучили сразу несколько пород молочного направления и пришли к выводу, что у каждого генотипа есть свой уровень, при котором, достигаются максимальные показатели молочной продуктивности.

Оптимизация скорости роста телок может дать возможность повысить уход молока на корову в течение всей жизни, повышая экологическую и экономическую эффективность молочного животноводства, отметили в своих работах Комлацкий В. И. (2021) и Kramarenko A., Kalynycnenko H. (2022). Таким образом, манипулирование темпами роста телок может предоставить реальную возможность для повышения эффективности молочных предприятий.

Для достижения высокой эффективности воспроизводства стада необходимо находить новые разработки и улучшать старые способы по направленному выращиванию молодняка отмечают авторы Salte R., Storli K. S., Sommerseth J. K. (2020), при которых, у телят сформируется устойчивый иммунитет, будет стимулироваться интенсивность роста, что в итоге приведет к развитию будущей высокой продуктивности.

Целью работы являлось изучение влияние интенсивности роста ремонтного молодняка джерсейской породы в период онтогенеза на их будущую молочную продуктивность за 305 дней I лактации.

Научная новизна исследований

Впервые в условиях Северного Кавказа исследовано влияние энергии роста молодняка племенного репродуктора джерсейской породы в период онтогенеза на их будущую молочную продуктивность. Изучен качествен-

ный состав молока-сырья (жир, белок). Даны оценка коррелятивным взаимосвязям между изучаемыми показателями.

Материал и методы исследования

Объект исследования – телки джерсейской породы племенного репродуктора Ставропольского края ($n = 574$ головы).

Данные удоя коров получены из доильного зала компании DeLaval и систематизированы в программе «Селекс – Молочный скот».

Исследования показателей качества молока проводились в Лаборатории селекционного контроля качества молока ФГБОУ ВО «Ставропольский ГАУ» (номер госрегистрации в племенном регистре РФ № 262704801000, Свидетельство о регистрации в государственном племенном регистре, серия ПЖ 77 №011667) с использованием анализаторов молока, работа которых основана на инфракрасной спектрофотометрии с преобразованием Фурье, компании Foss (Дания): MilkoScan Mars и CombiFoss 7ds, по показателям массовой доли жира и массовой доли белка в соответствии с ГОСТ 32255–2013, ГОСТ 5867-90, ГОСТ 8218–89, ГОСТ 25179–2014. Подготовка проб и отбор молока проводились в соответствии с ГОСТ Р ИСО 707–2010 и ГОСТ 26809.1–2014

Для определения влияния роста молодняка на их дальнейшую продуктивность методом распределения Гаусса (ГОСТ Р ИСО 3534–1–2019) были сформированы 3 группы ремонтных телок с разным среднесуточным приростом в период от 0 до 6 месяцев. В группу I со среднесуточным приростом от 456 г до 661 г вошло 73 головы, в группу II от 667 г до 806 г – 429 голов и в группу III от 811 г до 961 г – 72 головы.

Динамику живой массы изучали путем взвешивания молодняка при рождении, в 6, 10 и 12 месяцев (ГОСТ Р 57784–2017). Интенсивность прироста живой массы молодняка определяли по общепринятым методам (Красота В.Ф, Лобанов В.Т., 1976). Статистическая обработка фактического материала проводилась с использованием математического модуля Excel, статистически достоверными принимались различия при $p < 0,05$ критерия Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение

Содержание телок до 6-месячного возраста происходило в групповых домиках, а затем их переводят на групповое беспривязное содержание. В период роста у животных не было отмечено резких изменений в показателях живой массы, что говорит о стабильном уровне кормления.

Формирование подопытных групп ремонтных телок по результатам нормированного распределения методом Гаусса по показателю живой массы, позволило установить позитивную корреляционную зависимость между средними параметрами живой массы коров в 6, 10, 12 месяцев и надоем молока за 305 дней I лактации, при коэффициенте достоверности ($p < 0,05$). Коэффициенты корреляции составили в 6 месяцев $r = 0,96$; в 10 месяцев $r = 0,95$; в 12 месяцев $r = 0,96$.

Благоприятно сказывается на дальнейшем росте молодняка их интенсивное развитие в первые полгода жизни [33]. Установлена высокая положительная корреляционная связь между живой массой телят в возрасте 6 месяцев и живой массой в возрасте 10 и 12 месяцев: $r = 0,78$ и $0,71$, соответственно, при достоверности ($p < 0,05$).

Как считают М. Е. Хламова, Т. Ю. Гусева (2016), живая масса и среднесуточный прирост живой массы по возрастным периодам являются основными показателями интенсивности роста молодняка, что также подтверждается и в наших исследованиях, так у телок в возрасте 6 месяцев средняя живая масса составила 154,2 кг, что превысило среднюю живую массу при рождении, которая равна была 21,8 кг, в 7 раз (табл. 1).

Таблица 1.

**Динамика живой массы, среднесуточных приростов и скорости
роста телок по периодам выращивания, $M \pm m$**

Периоды роста, мес.	Sредняя живая масса, кг	Среднесуточный прирост, г	Относительная скорость роста, %
	$M \pm m$	$M \pm m$	
при рождении	$21,8 \pm 0,1$	-	-
0 - 6	$154,2 \pm 0,6$	$736 \pm 3,0$	607
0 - 10	$247,4 \pm 0,7$	$752 \pm 2,4^*$	1034
0 - 12	$287,8 \pm 0,7^*$	$739 \pm 1,9$	1220

* $p < 0,05$

Показатели среднесуточных привесов за все периоды выращивания находятся в пределах от 736 г до 752 г. Стоит отметить, что в первые полгода жизни у телок происходит интенсивный рост, где показатель относительной скорости роста равен 607 %.

Интенсивное использование коров напрямую связано с выращиванием ремонтного молодняка отмечают Sherwin V. E., Hudson C. D. (2016). Важно не допускать отставания в росте, т. к. телята лишены механизма компенсаторного роста [18].

С помощью метода нормированного распределения Гаусса были сформированы 3 группы животных с разным среднесуточным приростом за период от 0 до 6 месяцев для определения влияния роста молодняка на их дальнейшую продуктивность, т. к. именно в этот период выращивания происходит интенсивное развитие организма и важный процесс образования протоков молочной железы [29] (табл. 2).

Таблица 2.
Нормированное распределение коров на группы по среднесуточному
приросту живой массы в период от 0 до 6 месяцев

Всего животных, гол.	574		
Группы животных	I	II	III
Среднесуточный прирост живой массы, г	456-661	667-806	811-961
Кол-во, гол.	73	429	72
Средний годовой надои молока, кг	5436±90	5525±43	5742±99*
Содержание в молоке жира, %	5,66±0,05	5,71±0,02	5,74±0,06*
Содержание в молоке белка, %	4,15±0,02	4,16±0,01	4,15±0,02
Выход молочного жира, кг	306±4,63	314±2,42	328±5,59*
Выход молочного белка, кг	225±3,61	229±1,82	237±3,78*
Суммарный выход молочных компонентов (жир + белок), кг	531±7,79	543±4,11	565±9,00*

* $p < 0,05$

Сравнительный анализ данных показал, что наилучший результат по среднему годовому надою молока в III группе животных 5742 кг на голову, который превышает на 3,9–5,6 % другие группы ($p < 0,05$).

Животные из III группы также преобладают и по всем другим исследуемым показателям, за исключением молочного белка, который находится приблизительно на одном уровне у коров во всех группах. Показатель жира в молоке коров III группы равен 5,74% и достоверно превышает на 0,5–1,4% этот показатель в других группах.

Зависимость между живой массой в период онтогенеза и выходом молочных компонентов в виде молочного жира и белка была изучена зарубежными учеными Chuck G. M., Mansell P. D. (2018) и подтверждена нашим соотечественником Колосовым Ю. А. с соавт. (2022). Телки со среднесуточным приростом в разные периоды роста 861–900 грамм дали на 33,2–33,4 кг больше молочного жира и на 16,2–21,6 кг молочного белка по сравнению с животными с меньшими показателями среднесуточного прироста, что находит отражение в данном исследовании.

Выход молочного жира в III группе составил 328 кг, что превышает данные других групп на 4,4–7,1%. Выход молочного белка в III группе превышает данные других групп на 3,4–5,3% и равен 237 кг. Суммарный выход молочных компонентов (жир + белок) у коров III группы выше на 4,0–6,4%, чем у коров других групп.

Из этого можно сделать вывод, что коровы со среднесуточным приростом 811–961 грамм в период от 0 до 6 месяцев показывают более высокую молочную продуктивность в течение 305 дней I лактации и высокие показатели по качественному составу получаемого молока (рис. 1).

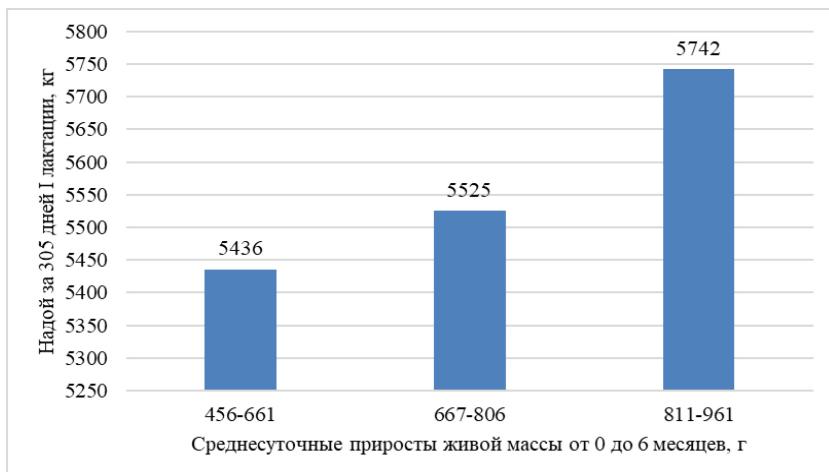


Рис. 1. Взаимосвязь объема надоя за 305 дней I лактации у коров и их среднесуточного прироста живой массы в период от 0 до 6 месяцев

Животные с разной интенсивностью роста в определенные возрастные периоды имеют разную живую массу, о чем пишут Матвеева Е. Г., Неверова О. П. (2021) и Уразова А. А. (2022), что связано с неравномерным развитием организма в целом. Поэтому была изучена живая масса телок при рождении, в 6, 10 и 12 месяцев, и проанализирована ее связь с их молочной продуктивностью. Животные в каждом изучаемом возрастном периоде были поделены на группы методом нормированного распределения Гаусса.

Таким образом, для оценки взаимосвязи живой массы коров при рождении и их молочной продуктивности за 305 дней I лактации животные были разделены по весу следующим образом: 19 кг и менее – 71 голова, 20 – 23 кг – 397 голов и 24 кг и более – 107 голов (табл. 3).

Таблица 3.

Молочная продуктивность коров за I лактацию в зависимости от их живой массы при рождении, $M \pm m$

Живая масса телок при рождении, кг	I лактация			
	Кол-во животных, гол.	Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %
		$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$
19 и менее	71	5385,7 ± 119,4	5,69 ± 0,06	4,15 ± 0,02
20-23	397	5520,2 ± 41,1	5,72 ± 0,02*	4,15 ± 0,01
24 и более	107	5721,9 ± 96,6*	5,70 ± 0,05	4,16 ± 0,02

* $p < 0,05$

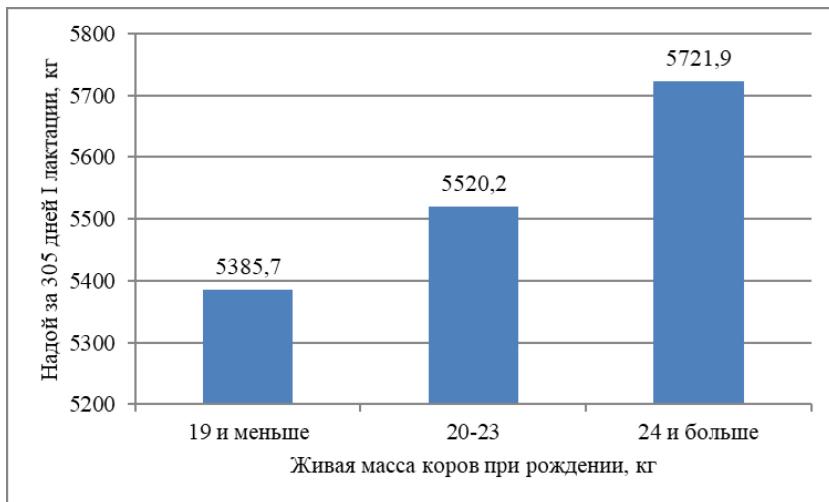


Рис. 2. Взаимосвязь объема надоя за 305 дней I лактации и живой массы коров при рождении

Анализ данных показал, что коровы с живой массой при рождении 24 кг и более показали удой за I лактацию 5721,9 кг, что на 201,7–336,2 кг или 3,7–6,2 % ($p < 0,05$) превышает удои коров других групп. Однако массовая доля жира в молоке была выше у коров с живой массой при рождении 20–23 кг – 5,72 %, что на 0,35–0,53 % ($p < 0,05$) превосходит остальные группы. Показатель молочного белка во всех группах приблизительно находится на одном уровне и составляет 4,15%, незначительное увеличение

молочного белка до 4,16% наблюдается в группе коров, которые при рождении имели живую массу 24 кг и более.

В результате коровы, имевшие живую массу при рождении 24 кг и больше, показали наиболее высокий убой за I лактацию по сравнению с животными, имевшими меньший вес (рис. 2).

Для анализа взаимосвязи между молочной продуктивностью и живой массой у коров в 6 месяцев животные были разделены на следующие группы по весу: 140 кг и менее – 74 головы, 141–168 кг – 428 голов, 169 кг и более – 73 головы (табл. 4).

Таблица 4.
Молочная продуктивность коров за I лактацию в зависимости
от их живой массы в 6 месяцев, $M \pm m$

Живая масса телок в 6 мес., кг	I лактация			
	Кол-во животных, гол.	Убой, кг	МДЖ, %	МДБ, %
		$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$
140 и менее	74	5404,3 ± 90,4	5,69 ± 0,06	4,16 ± 0,02
141-168	428	5523,4 ± 43,3	5,71 ± 0,02	4,15 ± 0,01
169 и более	73	5784,1 ± 101,1*	5,75 ± 0,07*	4,15 ± 0,02

* $p < 0,05$

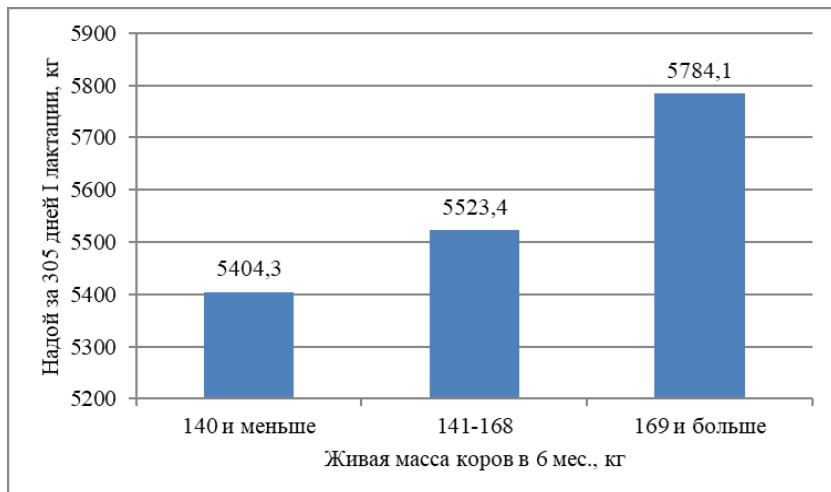


Рис. 3. Взаимосвязь объема надоя за 305 дней I лактации и живой массы коров в 6 месяцев

Коровы с живой массой 169 кг и выше в 6 месяцев показали удой за 305 дней I лактации – 5784,1 кг, что на 4,7–7% ($p < 0,05$) превышает удои животных с живой массой в 6 месяцев до 169 кг. Так же эта группа лидирует по содержанию молочного жира с показателем 5,75%. Уровень молочного белка у всех животных на уровне 4,15%, кроме животных с живой массой в 6 месяцев 140 кг и менее, где он равен 4,16%.

В итоге для получения наиболее высоких показателей молочной продуктивности коровы в 6 месяцев должны иметь живую массу не ниже 169 кг (рис. 3). Для анализа зависимости молочной продуктивности от живой массы у коров в 10 месяцев животные были разделены по весу на группы следующим образом: 230 кг и менее – 69 голов, 231–264 кг – 414 голов, 265 кг и более – 92 головы (табл. 5).

Таблица 5.
Молочная продуктивность коров за I лактацию в зависимости
от их живой массы в 10 месяцев, $M \pm m$

Живая масса телок в 10 мес., кг	I лактация			
	Кол-во животных, гол.	Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %
		$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$
230 и менее	69	5371,2 ± 96,3	5,63 ± 0,05	4,17 ± 0,02
231-264	414	5478,9 ± 43,4	5,73 ± 0,02*	4,16 ± 0,01
265 и более	92	5948,6 ± 86,3*	5,67 ± 0,06	4,12 ± 0,02

* $p < 0,05$

Коровы с живой массой 265 кг и более в 10 месяцев имели показатель удоя 5948,6 кг по I лактации, что на 469,7 кг или 8,6% ($p < 0,05$) выше, чем у коров, имевших живую массу от 231 до 264 кг и на 577,4 кг или 11% ($p < 0,05$) выше, чем у коров с живой массой 230 кг и менее в 10 месяцев. Однако по показателю массовой доли жира в молоке превосходит группа животных с живой массой 231–264 кг в 10 месяцев, где он равен 5,73% и превышает на 1,1–1,8% ($p < 0,05$) остальные группы. Показатель массовой доли белка выше у коров, имевших живую массу 230 кг и менее, и равен 4,17%, что на 0,2–1,2% ($p < 0,05$) больше других групп.

Можно сделать вывод, что живая масса коров в 10 месяцев должна быть не менее 265 кг для получения от животных наиболее высоких показателей молочной продуктивности (рис. 4).

По показателям живой массы в 12 месяцев животные были разделены на группы по весу следующим образом: 270 кг и менее – 66 голов, 271–304 кг – 422 головы, 305 кг и более – 87 голов (табл. 6).

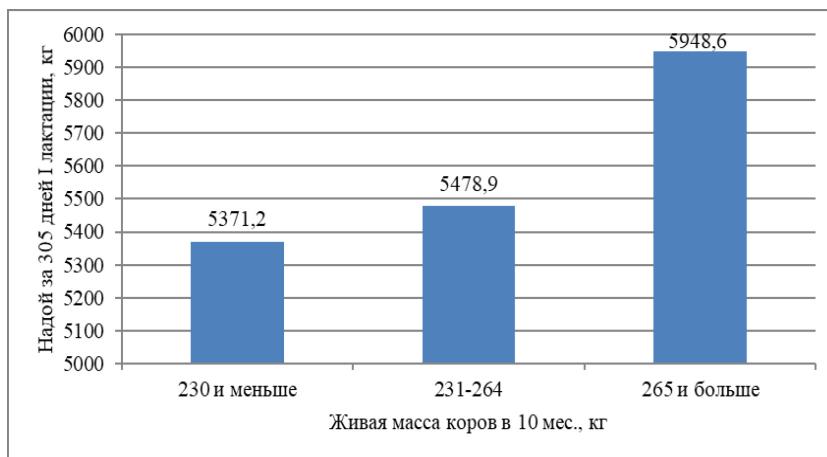


Рис. 4. Взаимосвязь объема надоя за 305 дней I лактации и живой массы коров в 10 месяцев

Таблица 6.
Молочная продуктивность коров за I лактацию в зависимости
от их живой массы в 12 месяцев, $M \pm m$

Живая масса телок в 12 мес., кг	I лактация			
	Кол-во животных, гол.	Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %
		$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$
270 и менее	66	$5386,5 \pm 101,1$	$5,59 \pm 0,06$	$4,16 \pm 0,02$
271-304	422	$5489,7 \pm 42,9$	$5,72 \pm 0,02$	$4,16 \pm 0,01$
305 и более	87	$5908,1 \pm 90,7^*$	$5,76 \pm 0,05^*$	$4,14 \pm 0,02$

* $p < 0,05$

Анализ данных показал, что у коров с живой массой 305 кг и более удой находился на уровне 5908,1 кг, что превышает показатель удоя у коров с живой массой до 270 кг (5386,5 кг) на 521,6 кг. Массовая доля жира в молоке в этой группе выше, чем в других группах и равна 5,76%, но массовая доля белка ниже на 0,5% других групп – 4,14%.

Следует отметить, что именно в первый год жизни формируются жизненно важные и продуктивные органы, начинают работать функции яичников и развивается система вымени [33].

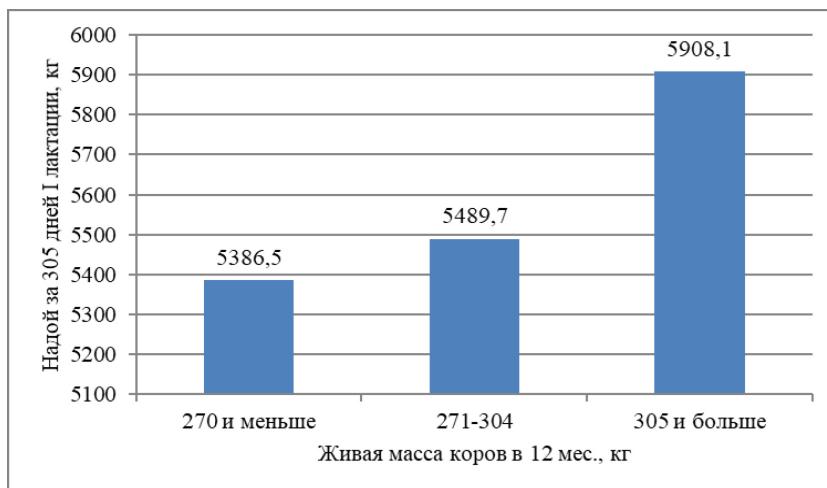


Рис. 5. Взаимосвязь объема надоя за 305 дней I лактации и живой массы коров в 12 месяцев

Недостаточное развитие молочной железы в период активного роста молодняка может сформировать низкую молочную продуктивность животного на протяжении всей жизни, пишут ученые Geiger A. J., Parsons C. L. (2016) и Абрамкова Н. В., Азаров В. А. (2022), что невозможно будет компенсировать в другие физиологические фазы развития коровы. Этот вопрос требует глубокого изучения, чтобы при выращивании молодняка не формировалось стадо низкой продуктивности.

В изучении взаимосвязи между молочной продуктивностью коров и их живой массы в первые месяцы жизни Han L., Heinrichs A. J. (2021) отмечали, что телки, имеющие большую живую массу, давали больше молока за первую лактацию, но при этом теряли больше массы тела. Это повышало риск выбраковки в долгосрочной перспективе из-за падения молочной продуктивности за 2 и 3 лактацию. В свою очередь Boyle L., Conneely M. (2022) пишут, что от телок, имеющих большую живую массу, не всегда можно получить высокую молочную продуктивность и необходимо находить тот средний показатель прироста живой массы, при котором будет, достигнут наилучший показатель продуктивности. Вследствие чего, необходимо следить за увеличением живой массы, чтобы получать высокие надои за первую лактацию без нанесения ущерба долгосрочной продолжительности жизни стада [23].

По мнению ученых из колледжа сельскохозяйственных наук штата Пенсильвания (2008), рекомендуемый диапазон живой массы телок джерсейской породы должен быть представлен следующими показателями: в 6 месяцев живая масса телок должна быть 135–165 кг, в 10 месяцев, соответственно, 200–204 кг, в 12 месяцев, 235–240 кг. При сравнении живой массы, указанной выше и исследуемых нами животных установлено, что подопытные телки имеют вес на 12,4–17,5% больше во всех исследуемых периодах их развития (табл. 7).

Таблица 7.

Рекомендуемый диапазон живой массы телок джерсейской породы

Возраст телок, мес.	Живая масса подопытных животных, кг	Рекомендуемый диапазон живой массы, кг
6	154,2	130 -140
10	247,4	200 – 220
12	287,8	235 - 240

Heinrichs A. J., Hargrove G. L. (1991) провели оценку роста телок джерсейской породы в 49 фермах США. Измерения проводились в течение 20 лет. Сравнение ранних стандартов роста животных джерсейской породы с более поздними стандартами показало, что зрелость и рекомендуемые темпы роста молочных телок увеличились. Применимость стандарта или среднего показателя роста, разработанного в одном стаде и используемого в другом стаде, зависит от сходства между стадами в отношении условий, влияющих на первоначальный вес и дальнейшее развитие животного. Это говорит о том, что применяя стандарты роста в одном стаде, не означает, что данные стандарты подойдут животным в другом. Поэтому изучение энергии роста и развития молодняка, а также влияние данных факторов на формирование будущей молочной продуктивности животных остается актуальным.

В результате собственных исследований и анализа работ других ученых можно сказать, что при правильном увеличении живой массы тела телок в период онтогенеза наблюдается повышение уровня их удоя за 305 дней I лактации. Вследствие чего достижение оптимальной живой массы в более раннем возрасте приведет к снижению затрат на выращивание ремонтного молодняка.

Выводы

1. Сравнительный анализ данных показал, что интенсивность роста молодняка в период онтогенеза оказывает влияние на их будущую молочную продуктивность. Наиболее высокую молочную продуктивность

имели коровы, среднесуточный прирост которых был на уровне 811–961 грамм в период от 0 до 6 месяцев, и имеющих живую массу при рождении не ниже 24 кг, в возрасте 6 месяцев – 169 кг, в возрасте 10 месяцев – 265 кг и в возрасте 12 месяцев – 305 кг.

2. Процентное содержание жира в сыром молоке было выше у коров со среднесуточным приростом 811–961 грамм в период 0–6 месяцев и составило 5,74%, что на 0,5–1,4% выше, чем у животных других групп. Процентное содержание белка приблизительно на одном уровне 4,15–4,16% у всех животных.

3. Количественный выход молочного жира у коров со среднесуточным приростом 811–961 грамм в период 0–6 месяцев в группе был выше на 4,4–7,1% по сравнению с коровами, у которых среднесуточный прирост за тот же период был меньше и составил 328 кг. Количественный выход молочного белка так же был выше у коров с этим среднесуточным приростом и составил 237 кг, что на 3,4–5,3% выше, чем в других группах.

4. Установлена позитивная корреляционная зависимость между средними параметрами живой массы коров, сформированных в группы по методу Гаусса в 6, 10, 12 месяцев и надоем молока за 305 дней I лактации, при коэффициенте достоверности ($p < 0,05$). Коэффициенты корреляции составили в 6 месяцев $r = 0,96$; в 10 месяцев $r = 0,95$; в 12 месяцев $r = 0,96$. Так же установлена высокая положительная корреляционная связь между живой массой животных в возрасте 6 месяцев и живой массой в возрасте 10 и 12 месяцев: $r = 0,78$ и $0,71$, соответственно.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Научно-исследовательская работа выполнена в рамках реализации программы академического лидерства ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ «Приоритет-2030».

Список литературы

1. Абрамкова Н. В. Отбор ремонтного молодняка крупного рогатого скота по живой массе при рождении / Н. В. Абрамкова, В. А. Азаров // Биология в сельском хозяйстве. 2022. № 4(37). С. 8-11.
2. Бургомистрова О. Н. Оптимальные параметры развития высокопродуктивных коров черно-пестрой породы / О. Н. Бургомистрова, Н. И. Абрамова, О. Л. Хромова // Генетика и разведение животных. 2018. № 3. С. 57-63.
<https://doi.org/10.31043/2410-2733-2018-3-57-63>

3. Влияние возраста первого плодотворного осеменения и первого отела на молочную продуктивность коров украинской черно-пестрой молочной породы / З. Э. Щербатый, П. В. Боднар, Ю. Г. Кропивка, П. Й. Руснак // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. 2014. Т. 50. № 2-1. С. 246-249.
4. Влияние живой массы при рождении на интенсивность роста телок и их последующую молочную продуктивность / О. К. Гогаев, Л. Х. Бекузарова, Т. А. Кадиева [и др.] // Проблемы развития АПК региона. 2016. Т. 25. № 1-1(25). С. 118-122.
5. Влияние интенсивности выращивания и возраста плодотворного осеменения на молочную продуктивность первотелок / Н. П. Сударев, Д. Абылкасымов, С. В. Чаргенишвили [и др.] // Сельскохозяйственный журнал. 2021. № 1(14). С. 39-44. <https://doi.org/10.25930/2687-1254/006.1.14.2021>
6. ГОСТ 25179-2014. Молоко и молочные продукты. Методы определения массовой доли белка : издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 сентября 2014 г. № 1221-ст : введен впервые: 2015-07-01 / разработан Государственным научным учреждением Всероссийским научно-исследовательским институтом молочной промышленности Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ ВНИМИ Россельхозакадемии). Москва: Стандартинформ, 2015. 8 с.
7. ГОСТ 26809.1-2014. Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу : издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 декабря 2014 г. № 1977-ст: введен впервые: 2016-01-01 / разработан Государственным научным учреждением Всероссийским научно-исследовательским институтом молочной промышленности Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ ВНИМИ Россельхозакадемии). Москва: Стандартинформ, 2019. 9 с.
8. ГОСТ 32255-2013. Молоко и молочные продукты. Инструментальный экспресс-метод определения физико-химических показателей идентификации с применением инфракрасного анализатора :издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2013 г. № 1923-ст: введен впервые: 2015-07-01 / разработан Секретариатом ТК 470/МТК 532 «Молоко и продукты переработки молока», Российским союзом предприятий молочной отрасли, ООО «Научно-технический комитет «Молочная

- индустрия» при участии ООО «ФОСС-Электрик». Москва: Стандартинформ, 2014. 105 с.
9. ГОСТ 5867-90. Молоко и молочные продукты. Метод определения жира : издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 26.07.90 № 2293 : введен впервые: 01.07.91 / разработан Всесоюзным научно-исследовательским и конструкторским институтом молочной промышленности (ВНИКМИ), Научно-производственным объединением маслодельной и сырodelьной промышленности «Углич» (НПО «Углич»), Союзным научно-исследовательским институтом приборостроения (СНИИП). Москва: Стандартинформ, 2009. 12 с.
10. ГОСТ 8218-89. Молоко. Метод определения чистоты : издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 24.10.89 № 3158: введен впервые: 01.01.90 / разработан Государственным агропромышленным комитетом СССР. Москва: Стандартинформ, 2009. 3с.
11. ГОСТ Р ИСО 707-2010.Молоко и молочные продукты. Руководство по отбору проб : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 ноября 2010 г. № 687-ст : введен впервые: 2012-01-01 / разработан ОАО «Всероссийский научно-исследовательский институт сертификации» (ОАО «ВНИИС») и Государственным научным учреждением «Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сырodelия» Россельхозакадемии (ГНУ «ВНИИМС» Россельхозакадемии). Москва: Стандартинформ, 2011. 35 с.
12. ГОСТ Р 57878-2017. Животные племенные сельскохозяйственные. Методы определения параметров продуктивности крупного рогатого скота молочного и комбинированного направлений : издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 октября 2017 г. N 1603-ст : введен впервые: 2019-01-01 / разработан Федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Федеральный научный центр животноводства - ВИЖ имени академика Л.К.Эрнста» (ФГБНУ ФНЦ ВИЖ им.Л.К.Эрнста). Москва: Стандартинформ, 2020. 9 с.
13. ГОСТ Р ИСО 3534-1-2019. Статистические методы. Словарь и условные обозначения. Часть 1. Общие статистические термины и термины, используемые в теории вероятностей : издание официальное: утвержден и введен

- в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 5 сентября 2019 г. № 636-ст : введен впервые: 2020-01-01 / подготовлен Закрытым акционерным обществом «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (ЗАО «НИЦ КД»). Москва: Стандартинформ, 2020. 65 с.
14. Динамика живой массы ремонтных телок в зависимости от происхождения по отцу / О. В. Горелик, Н. А. Федосеева, А. С. Горелик, Е. В. Кокшаров // Главный зоотехник. 2021. № 7(216). С. 24-30. <https://doi.org/10.33920/sel-03-2107-03>
 15. Колосов Ю. А. Влияние интенсивного выращивания телок на их рост и продуктивность / Ю. А. Колосов, А. С. Дегтярь, Г. И. Панфилова // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2022. № 1(35). С. 42-50. <https://doi.org/10.55196/2411-3492-2022-1-35-42-50>
 16. Комлацкий В. И. Особенности улучшения воспроизводства стада коров / В. И. Комлацкий, О. Н. Еременко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 167. С. 75-83. <https://doi.org/10.21515/1990-4665-167-005>
 17. Красота В. Ф., Лобанов В. Т. Разведение сельскохозяйственных животных. М.: Из-во «Колос», 1976. 416 с.
 18. Лапотко А. М. Формируем из телки корову с «большой карьерой» / А. М. Лапотко, А. Л. Зиновенко, Н. И. Песоцкий // Наше сельское хозяйство. 2009. № 8. С. 23
 19. Матвеева Е. Г. Весовой рост ремонтных телок и нетелей голштинских линий черно-пестрого скота / Е. Г. Матвеева, О. П. Неверова // Молодежь и наука. 2021. № 11.
 20. Международный комитет регистрации животных (ICAR). Онлайн база данных учета коровьего, овчьеого и козьего молока. <https://my.icar.org/stats/list> (дата обращения: 30.03.2023).
 21. Уразова А. А. Влияние показателей роста и развития ремонтного молодняка черно-пёстрой породы на его продуктивные качества // Интеграция науки и образования в аграрных вузах для обеспечения продовольственной безопасности России : сборник трудов национальной научно-практической конференции, Тюмень, 01–03 ноября 2022 года. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2022. С. 187-193.
 22. Хламова М. Е. Влияние интенсивности роста телок на их последующую молочную продуктивность за первую лактацию / М. Е. Хламова, Т. Ю. Гусева // Труды Костромской государственной сельскохозяйственной ака-

- демии / ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия». Том Выпуск 85. Караваево: Костромская государственная сельскохозяйственная академия, 2016. С. 77-82.
23. Abuelo A., Cullens F., Brester J. L. Effect of preweaning disease on the reproductive performance // *Journal of Dairy Science*, 2021, vol. 104 (6), pp. 7008-7017. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19791>
 24. Boyle L., Conneely M., Kennedy E., O'Connell N., O'Driscoll K., Earley B. Animal welfare research – progress to date and future prospects // *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 2022, vol. 61. <https://doi.org/10.15212/ijafr-2020-0151>
 25. Busanello M., Sousa D. G., Poczynek M., de Almeida R., Bittar C. M. M., Mendona F. A. C., Lanna D. P. D. Body growth of replacement dairy heifers from 3 distinct genetic groups from commercial Brazilian dairy herds // *Journal of Dairy Science*, 2022, vol. 105 (4), pp. 3222-3233. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21197>
 26. Chuck G. M., Mansell P. D., Stevenson M. A., Izzo M. M., Early-life events associated with first-lactation performance in pasture-based dairy herds // *Journal of Dairy Science*, 2018, vol. 101, issue 4, pp. 3488-3500. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12626>
 27. Costigan H., Delaby L., Walsh S., Fitzgerald R., Kennedy E., The effect of weaning age and post-weaning feeding regime on growth and fertility of pasture-based Holstein-Friesian and Jersey dairy heifers // *Livestock Science*, 2022 vol. 256, 104812. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104812>
 28. Garg M. R., Bhanderi B. M., Shankpal S., Goswami A., Sherasia P. L. Impact of calf nutrition on overall production and productive life of cattle and buffaloes // CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources, 2016, 11, art. no. 042. <https://doi.org/10.1079/PAVSNNR201611042>
 29. Geiger A. J., Parsons C. L. M., Akers R. M., Feeding a higher plane of nutrition and providing exogenous estrogen increases mammary gland development in Holstein heifer calves // *Journal of Dairy Science*, 2016, vol. 99, no. 9, pp. 7642-7653. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11283>
 30. Growth Charts for Dairy Heifers. <https://extension.psu.edu/growth-charts-for-dairy-heifers#section-6> (дата обращения: 30.03.2023).
 31. Han L., Heinrichs A. J., De Vries A., Dechow C. D., Relationship of body weight at first calving with milk yield and herd life // *Journal of Dairy Science*, 2021, vol. 104, no. 1, pp. 397-404. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19214>
 32. Handcock R. C., Lopez-Villalobos N., McNaughton L. R., Back P. J., Edwards G. R., Hickson R. E. Positive relationships between body weight of dairy heifers

- and their first-lactation and accumulated three-parity lactation production // *Journal of Dairy Science*, 2019, vol. 102 (5), pp. 4577-4589. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15229>
33. Hayes C. J., McAlloon C. G., Kelly E. T., Carty C. I., RyanE. G., Mee J. F., O'Grady L., The effect of dairy heifer pre-breeding growth rate on first lactation milk yield in spring-calving, pasture-based herds // *Animal*, 2021, vol. 15, no. 3, 100169. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100169>
34. Heinrichs A. J., Hargrove G. L. Standards of Weight and Height for Guernsey and Jersey Heifers // *Journal of Dairy Science*, 1991, vol. 74, no. 5. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78331-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78331-8)
35. Kramarenko A., Kalynycnenko H., Susol R., Papakina N., Kramarenko S. Principal Component Analysis of Body Weight Traits and Subsequent Milk Production in Red Steppe Breed Heifers // *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences*. 2022, vol. 76, pp. 307-313. <https://doi.org/10.2478/prolas-2022-0044>
36. Saadullah M., Iqbal Z. M., Naveed-ul-Haque M., Hifzulrahman, Bhatti J. A., Abdulla M. Effect of increasing pre-pubertal concentrate levels on reproductive and lactation performance of Nili-Ravi Buffalo heifers // *Tropical Animal Health and Production*, 2020, vol. 52 (6), pp. 2897-2903. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02285-8>
37. Salte R., Storli K. S., Sommerseth J. K., Volden H., Klemetsdal G. Designing a replacement heifer rearing strategy: Effects of growth profile on performance of Norwegian Red heifers and cows // *Journal of Dairy Science*, 2020, vol. 103 (11), pp. 10835-10849. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18385>
38. Sherwin V. E., Hudson C. D., Henderson A., Green M. J., The association between age at first calving and survival of first lactation heifers within dairy herds // *Animal*, 2016, vol. 10, no. 11, pp. 1877-1882. <https://doi.org/10.1017/S1751731116000689>
39. van Niekerk J. K., Fischer-Tlustom A. J., Wilms J. N., Hare K. S., Welboren A. C., Lopez A. J., Yohe T. T., Cangiano L. R., Leal L. N., Steele M. A., ADSA Foundation Scholar Award: New frontiers in calf and heifer nutrition-From conception to puberty // *Journal of Dairy Science*, 2021, vol. 104, no. 8, pp. 8341-8362. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-20004>

References

1. Abramkova N. V., Azarov V. A. Otbor remontnogo molodnyaka krupnogo rogatogo skota po zhivoty masse pri rozhdenni [Selection of repair young cattle by live weight]. *Biologiya v sel'skom khozyaystve*, 2022, no. 4 (37), pp. 8-11.

2. Burgomistrova O. N., Abramova N. I., Khromova O. L. Optimal'nye parametry razvitiya vysokoproduktivnykh korov cherno-pestroy porody [Optimal parameters for the development of highly productive black-and-white cows]. *Genetika i razvedenie zhivotnykh*, 2018, no. 3, pp. 57-63. <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2018-3-57-63>
3. Shcherbatyy Z. E., Bodnar P. V., Kropivka Y. G., Rusnak P. Y. Vliyanie vozrasta pervogo plodotvornogo osemeneniya i pervogo otela na molochnyu produktivnost' korov ukrainskoy cherno-pestroy molochnoy porody [The influence of the age of the first fruitful insemination and the first calving on the dairy productivity of cows of the Ukrainian black-and-white dairy breed]. *Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya Vitebskaya ordena Znaka pocheta gosudarstvennoy akademiiy veterinarnoy meditsiny*, 2014, vol. 50, no. 2-1, pp. 246-249.
4. Gogaev O. K., Bekuzarova L. Kh., Kadieva T. A. [et al.]. Vliyanie zhivoy massy pri rozhdennii na intensivnost' rosta telok i ikh posleduyushchuyu molochnyu produktivnost' [The effect of live weight at birth on the growth rate of heifers and their subsequent milk productivity]. *Problemy razvitiya APK regiona*, 2016, vol. 25, no. 1-1(25), pp. 118-122.
5. Sudarev N. P., Abylkasymov D., Chargeishvili S. V. [et al.]. Vliyanie intensivnosti vyrashchivaniya i vozrasta plodotvornogo osemeneniya na molochnyu produktivnost' pervotelok [The influence of the intensity of cultivation and the age of fruitful insemination on the milk productivity of the first heifers]. *Sel'skokhozyaystvennyy zhurnal*, 2021, no. 1(14), pp. 39-44. <https://doi.org/10.25930/2687-1254/006.1.14.2021>
6. GOST 25179-2014. Moloko i molochnye produkty. Metody opredeleniya massovoy doli belka [Milk and dairy products. Methods for determining the mass fraction of protein]: official edition: approved and put into effect by the Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated September 25, 2014 no. 1221.st : introduced for the first time: 2015.07.01. developed by the State Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of the Dairy Industry of the Russian Academy Agricultural Sciences (GNU VNIMI Russian Agricultural Academy). Moscow: Standartinform, 2015, 8 p.
7. GOST 26809.1-2014. Moloko i molochnaya produktsiya. Pravila priemki, metody otbora i podgotovka prob k analizu [Milk and dairy products. Acceptance rules, sampling methods and preparation of samples for analysis]: official edition: approved and put into effect by the Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated December 12, 2014 no. 1977. st: introduced for the first time: 2016.01.01. Developed by the State Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of the Dairy Industry of the

- Russian Academy Agricultural Sciences (GNU VNIMI Russian Agricultural Academy). Moscow: Standartinform, 2019, 9 p.
- 8. GOST 32255-2013. Moloko i molochnye produkty. Instrumental'nyy ekspress-metod opredeleniya fiziko-khimicheskikh pokazateley identifikatsii s primeneniem infrakrasnogo analizatora [Milk and dairy products. Instrumental Express Method for Determining Physical and Chemical Indices of Identification Using an Infrared Analyzer]: official edition: approved and put into effect by the Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated November 22, 2013 no. 1923.st: introduced for the first time: 2015.07.01. developed by the Secretariat of TC 470. MTC 532 "Milk and milk products", the Russian Union of Dairy Industry Enterprises, Scientific and Technical Committee Dairy Industry LLC with the participation of FOSS-Electric LLC. Moscow: Standartinform, 2014, 105 p.
 - 9. GOST 5867-90. Moloko i molochnye produkty. Metod opredeleniya zhira [Milk and dairy products. Fat Determination Method]: official edition: approved and put into effect by the Decree of the USSR State Committee for Product Quality Management and Standards dated 07.26.90 no. 2293 : introduced for the first time: 07.01.91. developed by the All-Union Scientific Research and Design Institute of the Dairy Industry (VNIKMI), Scientific and Production association of butter and cheese industries "Uglich" (NPO "Uglich"), the Allied Research Institute of Instrumentation (SNIIP). Moscow: Standartinform, 2009, 12 p.
 - 10. GOST 8218-89. Moloko. Metod opredeleniya chistoty [Milk. Purity determination method]: official edition: approved and put into effect by the Decree of the USSR State Committee for Product Quality Management and Standards dated 10.24.89 no. 3158: introduced for the first time: 01.01.90. developed by the State Agro-Industrial Committee of the USSR. Moscow: Standartinform, 2009, 3 p.
 - 11. GOST R ISO 707-2010. Moloko i molochnye produkty. Rukovodstvo po otboru prob [Milk and dairy products. Sampling guide]: national standard of the Russian Federation : official edition : approved and put into effect by the Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated November 30, 2010 no. 687.st : introduced for the first time: 2012.01.01. developed by JSC All-Russian Research Institute Certification" (JSC "VNIIS") and the State Scientific Institution "All-Russian Scientific Research Institute of Butter and Cheese Making" of the Russian Agricultural Academy (GNU "VNIIMS" of the Russian Agricultural Academy). Moscow: Standartinform, 2011, 35 p.
 - 12. GOST R 578-2017. Zhivotnye plemennye sel'skokhozyaystvennye. Metody opredeleniya parametrov produktivnosti krupnogo rogatogo skota molochnogo i kombinirovannogo napravleniy [Breeding agricultural animals. Methods for

- determining the productivity parameters of dairy and combined cattle] : official publication: approved and put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated October 31, 2017 N 1603-st : introduced for the first time: 2019.01.01. developed by the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Center of Animal Husbandry - VIZ named after Academician L. K. Ernst” (FGBNU FNC VIZ Ernst L.K.). Moscow: Standartinform, 2020, 9 p.
13. GOST R ISO 3534-1-2019. Statisticheskie metody. Slovar' i uslovnye oboznamcheniya. Chast' 1. Obshchie statisticheskie terminy i terminy, ispol'zuemye v teorii veroyatnostey [Statistical methods. Dictionary and symbols. Part 1. General statistical terms and Terms used in probability theory]: official publication: approved and put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated September 5, 2019 No. 636-st : introduced for the first time: 2020-01-01 / prepared by the Closed Joint Stock Company “Scientific Research Center for Control and Diagnostics of Technical Systems” (CJSC “SIC CD”). Moscow: Standartinform, 2020, 65 p.
14. Gorelik O. V., Fedoseeva N. A., Gorelik A. S., Koksharov E. V. Dinamika zhivoy massy remontnykh telok v zavisimosti ot proiskhozhdeniya po ottsu [Dynamics of the live weight of repair heifers depending on the paternal origin]. *Glavnyy zootehnika*, 2021, no. 7 (216), pp. 24-30. <https://doi.org/10.33920/sel-03-2107-03>
15. Kolosov Yu. A., Degtyar' A. S., Panfilova G. I. Vliyanie intensivnogo vyrashchivaniya telok na ikh rost i produktivnost' [The effect of intensive heifer rearing on their growth and productivity]. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V.M. Kokova*, 2022, no. 1 (35), pp. 42-50. <https://doi.org/10.55196/2411-3492-2022-1-35-42-50>
16. Komlatskiy V. I., Eremenko O. N. Osobennosti uluchsheniya vosproizvodstva stada korov [Features of improving the reproduction of a herd of cows]. *Politematicheskiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2021, no. 167, pp. 75-83. <https://doi.org/10.21515/1990-4665-167-005>
17. Krasota V. F., Lobanov V. T. Razvedenie sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh [Breeding of farm animals]. M.: Iz-vo «Kolos», 1976, 416 p.
18. Lapotko A. M., Zinovenko A. L., Pesotskiy N. I. Formiruem iz telki korovu s «bol'shoy kar'eroy» [Forming a cow from a heifer with a “great career”]. *Nashe sel'skoe khozyaystvo*, 2009, no. 8, p. 23
19. Matveeva E. G., Neverova O. P. Vesovoy rost remontnykh telok i neteley golstinskikh liniy cherno-pestrogo skota [Weight growth of repair heifers and heifers of Holstein lines of black-and-white cattle]. *Molodezh' i nauka*, 2021, no. 11.

20. International Committee for Animal Registration (ICAR). Online database of cow, sheep and goat milk accounting. <https://my.icar.org/stats/list>
21. Urazova A. A. Vliyanie pokazateley rosta i razvitiya remontnogo molodnya-ka cherno-pestroy porody na ego produktivnye kachestva [The influence of growth and development indicators of repair young black-and-white breed on its productive qualities]. *Integratsiya nauki i obrazovaniya v agrarnykh vuzakh dlya obespecheniya prodovol'stvennoy bezopasnosti Rossii : sbornik trudov national'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Tyumen', 01–03 noyabrya 2022 goda* [Integration of science and education in agrarian universities to ensure food security of Russia : proceedings of the national scientific-practical conference, Tyumen, November 01-03, 2022]. Tyumen: State Agrarian University of Northern Trans-Urals, 2022, pp. 187-193.
22. Khlamova M. E., Guseva T. Yu. Vliyanie intensivnosti rosta telok na ikh posleduyushchuyu molochnyyu produktivnost' za pervuyu laktatsiyu [The effect of heifer growth intensity on their subsequent milk productivity during the first lactation]. *Trudy Kostromskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Proceedings of the Kostroma State Agricultural Academy]. Karavaevo: Kostroma State Agricultural Academy, 2016, vol. 85, pp. 77-82.
23. Abuelo A., Cullens F., Brester J. L. Effect of preweaning disease on the reproductive performance. *Journal of Dairy Science*, 2021, vol. 104 (6), pp. 7008-7017. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19791>
24. Boyle L., Conneely M., Kennedy E., O'Connell N., O'Driscoll K., Earley B. Animal welfare research – progress to date and future prospects. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 2022, vol. 61. <https://doi.org/10.15212/ijafr-2020-0151>
25. Busanello M., Sousa D. G., Poczynek M., de Almeida R., Bittar C. M. M., Mendona F. A. C., Lanna D. P. D. Body growth of replacement dairy heifers from 3 distinct genetic groups from commercial Brazilian dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 2022, vol. 105 (4), pp. 3222-3233. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21197>
26. Chuck G. M., Mansell P. D., Stevenson M. A., Izzo M. M., Early-life events associated with first-lactation performance in pasture-based dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 2018, vol. 101, issue 4, pp. 3488-3500. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12626>
27. Costigan H., Delaby L., Walsh S., Fitzgerald R., Kennedy E., The effect of weaning age and post-weaning feeding regime on growth and fertility of pasture-based Holstein-Friesian and Jersey dairy heifers. *Livestock Science*, 2022 vol. 256, 104812. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104812>

28. Garg M. R., Bhanderi B. M., Shankpal S., Goswami A., Sherasia P. L. Impact of calf nutrition on overall production and productive life of cattle and buffaloes. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 2016, 11, art. no. 042. <https://doi.org/10.1079/PAVSN-NR201611042>
29. Geiger A. J., Parsons C. L. M., Akers R. M., Feeding a higher plane of nutrition and providing exogenous estrogen increases mammary gland development in Holstein heifer calves. *Journal of Dairy Science*, 2016, vol. 99, no. 9, pp. 7642-7653. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11283>
30. Growth Charts for Dairy Heifers. <https://extension.psu.edu/growth-charts-for-dairy-heifers#section-6> (дата обращения: 30.03.2023).
31. Han L., Heinrichs A. J., De Vries A., Dechow C. D., Relationship of body weight at first calving with milk yield and herd life. *Journal of Dairy Science*, 2021, vol. 104, no. 1, pp. 397-404. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19214>
32. Handcock R. C., Lopez-Villalobos N., McNaughton L. R., Back P. J., Edwards G. R., Hickson R. E. Positive relationships between body weight of dairy heifers and their first-lactation and accumulated three-parity lactation production. *Journal of Dairy Science*, 2019, vol. 102 (5), pp. 4577-4589. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15229>
33. Hayes C. J., McAloon C. G., Kelly E. T., Carty C. I., RyanE. G., Mee J. F., O'Grady L., The effect of dairy heifer pre-breeding growth rate on first lactation milk yield in spring-calving, pasture-based herds. *Animal*, 2021, vol. 15, no. 3, 100169. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100169>
34. Heinrichs A. J., Hargrove G. L. Standards of Weight and Height for Guernsey and Jersey Heifers. *Journal of Dairy Science*, 1991, vol. 74, no. 5. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78331-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78331-8)
35. Kramarenko A., Kalynycnenko H., Susol R., Papakina N., Kramarenko S. Principal Component Analysis of Body Weight Traits and Subsequent Milk Production in Red Steppe Breed Heifers. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences*. 2022, vol. 76, pp. 307-313. <https://doi.org/10.2478/prolas-2022-0044>
36. Saadullah M., Iqbal Z. M., Naveed-ul-Haque M., Hifzulrahman, Bhatti J. A., Abdulla M. Effect of increasing pre-pubertal concentrate levels on reproductive and lactation performance of Nili-Ravi Buffalo heifers. *Tropical Animal Health and Production*, 2020, vol. 52 (6), pp. 2897-2903. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02285-8>
37. Salte R., Storli K. S., Sommerseth J. K., Volden H., Klemetsdal G. Designing a replacement heifer rearing strategy: Effects of growth profile

- on performance of Norwegian Red heifers and cows. *Journal of Dairy Science*, 2020, vol. 103 (11), pp. 10835-10849. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18385>
38. Sherwin V. E., Hudson C. D., Henderson A., Green M. J., The association between age at first calving and survival of first lactation heifers within dairy herds. *Animal*, 2016, vol. 10, no. 11, pp. 1877-1882. <https://doi.org/10.1017/S1751731116000689>
39. van Niekerk J. K., Fischer-Tlustos A. J., Wilms J. N., Hare K. S., Welboren A. C., Lopez A. J., Yohe T. T., Cangiano L. R., Leal L. N., Steele M. A., ADSA Foundation Scholar Award: New frontiers in calf and heifer nutrition-From conception to puberty. *Journal of Dairy Science*, 2021, vol. 104, no. 8, pp. 8341-8362. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-20004>

ВКЛАД АВТОРОВ

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку статьи для публикации.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

All authors made an equivalent contribution to the preparation of the article for publication.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Олейник Сергей Александрович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор базовой кафедры частной зоотехнии, селекции и разведения животных
ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет
пер. Зоотехнический, 12, г. Ставрополь, 355017, Российская Федерация
soliynik60@gmail.com

Лесняк Артем Васильевич, аспирант базовой кафедры частной зоотехнии, селекции и разведения животных
ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет
пер. Зоотехнический, 12, г. Ставрополь, 355017, Российская Федерация
lesnyak.artem@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Sergey A. Oleinik, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Basic Department of the Special Zootechnical Science, Selection and Breeding of Animals

Stavropol State Agrarian University

12, Zootechnichesky per., Stavropol, 355017, Russian Federation

soliynik60@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6003-4777>

Artem V. Lesnyak, Postgraduate Student of the Basic Department of the Special Zootechnical Science, Selection and Breeding of Animals

Stavropol State Agrarian University

12, Zootechnichesky per., Stavropol, 355017, Russian Federation

lesnyak.artem@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7451-2485>

Поступила 02.04.2023

Received 02.04.2023

После рецензирования 22.04.2023

Revised 22.04.2023

Принята 01.05.2023

Accepted 01.05.2023

DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-935

УДК 630*165.6



Научная статья

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕЯНЦЕВ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Д.В. Сапронова, А.И. Беляев, А.В. Семенютина,
А.Ш. Хужсахметова, В.В. Сапронов

Обоснование. Вопросы по усовершенствованию технологий выращивания посадочного материала связаны с необходимостью интенсификации процесса для обеспечения доступным и адаптированным ассортиментом деревьев. Современные стратегии по реализации природных климатических решений на деградированных землях Волгоградской области предусматривают привлечение лесообразующих пород рода *Quercus* (39,8%), *Pinus* (15,8%), *Populus* (7,5%).

Цель – усовершенствовать технологию производства посадочного материала *Quercus robur*.

Материалы и методы. На базе Нижневолжской станции по селекции древесных пород – филиал ФНЦ агрозоологии РАН (г. Камышин, Волгоградская обл.) выделены участки открытого и закрытого грунта для усовершенствования технологии производства. В экспериментах применен сертифицированный семенной материал *Quercus robur* L. (удостоверения о качестве №34/25675, №34/25727). Для обеспечения оптимальных условий развития разработана схема полива и питательный режим (аммиачной селитры, Solar универсал). Экспериментальные данные обработаны методами математической обработки. Стандартность саженцев определяли в соответствии с Приказом Минприроды России, 04.12.2020 № 1014.

Результаты. Показана результативность выращивания *Quercus robur* L. с закрытой и открытой корневой системой. Приведены характеристики субстрата, разработан режим минерального питания, а также режим полива для поддержания оптимальной температуры и влажности воздушной и почвенной среды. Анализ динамики биометрических данных растений с закрытой корневой системой показал, что 92% достигли стандартности через 2 месяца, с открытой корневой системой – 56% саженцев в конце вегетации.

Заключение. По показателям качества, времени и объема продукции установлено преимущество технологии выращивания *Q. robur* с закрытой корневой системой.

Ключевые слова: технология выращивания; сеянцы; *Quercus robur*; закрытая и открытая корневая система

Для цитирования. Сапронова Д.В., Беляев А.И., Семенютина А.В., Хужахметова А.Ш., Сапронов В.В. Усовершенствованные технологии выращивания сеянцев главных лесообразующих пород в Волгоградской области // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2023. Т. 15, №5. С. 228-245. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-935

Original article

IMPROVED TECHNOLOGIES FOR GROWING SEEDLINGS OF FOREST-FORMING SPECIES IN THE VOLGOGRAD REGION

**D.V. Sapronova, A.I. Belyaev, A.V. Semenyutina,
A.Sh. Khuzhakhmetova, V.V. Sapronov**

Background. Issues on improvement of technologies of cultivation of planting material are associated with the need to intensify this process to provide an accessible and adapted assortment of woody species. Modern strategies for implementation of natural climatic solutions on degraded lands of Volgograd region provide for attraction of forest-forming adaptive tree species: *Quercus* (39,8%), *Pinus* (15,8%), *Populus* (7,5%).

Purpose. Improve the technology of production of *Quercus robur* planting material.

Materials and methods. On the basis of the Nizhnevolzhsk tree breeding station - a branch of the Federal Research Center of Agroecology RAS (Kamyshin, Volgograd Region), outdoor and indoor plots were allocated to improve production technology. Certified seed material *Quercus robur* L. (certificate of quality №34/25675, 34/25727) was used in the experiments. To ensure optimal conditions for development, the scheme of irrigation and nutrient regime (ammonium nitrate, Solar universal) were developed. Experimental data on the growth of seedlings were processed by methods of mathematical processing. The standard of seedlings is determined in accordance with the Order of the Ministry of Natural Resources of Russia from 04.12.2020 № 1014.

Results. The effectiveness of growing seedlings *Quercus robur L.* with closed and open root systems is shown. The characteristics of the substrate are given, the regime of mineral nutrition, as well as the regime of watering to maintain the optimum temperature and humidity of the air and substrate are developed. Analysis of the dynamics of biometric data of plants with closed root system showed that 92% reached the standard within 2 months, with open root system - 56% of seedlings at the end of the growing season.

Conclusion. According to the indicators of quality, time and volume of production, the advantage of the technology of growing *Q. robur L.* with closed root system.

Keywords: cultivation technology; seedlings; *Quercus robur L.*; closed and open root system

For citation. Sapronova D.V., Belyaev A.I., Semenyutina A.V., Khuzhakhmetova A.Sh., Sapronov V.V. Improved technologies for growing seedlings of forest-forming species in the Volgograd region. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2023, vol. 15, no. 5, pp. 228-245. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-935

Введение

Волгоградская область относится к малолесным субъектам России (лесистость региона 6,2 %). По данным Лесного плана Волгоградской области, на начало 2018 года, площадь, где произрастают леса, составляет 696,7 тыс. га (прирост площади на 0,4%). По показателям площади и запаса древесины к основным лесообразующим породам отнесены *Quercus robur L.* (39,8%; 44,9%), *Pinus* (15,8%; 12,4%), *Populus* (7,5%; 12,4%).

Сложные лесорастительные условия региона определяют актуальность мероприятий по лесомелиоративному обустройству деградированных земель с целью смягчения последствий климатических изменений и повышения эколого-экономической привлекательности засушливых территорий [6, 18, 20, 22]. Сохранение тренда ухудшения состояния насаждений связано с их возрастом, постоянным воздействием на них неблагоприятных почвенно-климатических условий, лесных пожаров [11, 14, 15], вредителей и болезней [2, 13].

Вопросы по усовершенствованию технологий выращивания посадочного материала связаны с необходимостью интенсификации процесса для обеспечения доступным и адаптированным ассортиментом деревьев в условиях изменения климата [20]. Целевое использование посадочного материала в масштабных проектах определяется его качеством и себестоимостью [8, 16].

Для улучшения приживаемости сеянцев основных лесообразующих пород и удлинения сроков посадки применяют посадочный материал с закрытой корневой системой [16]. При разработке технологии выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой рассматривают влияние: субстратов и контейнеров на развитие и качество растений [4, 9], сроков посадки и влажности почвы [3] и других агроприемов по увеличению сохранности лесных сеянцев [17, 21]; ассортимент саженцев [5, 21].

Анализ исследований по проблематике показывает актуальность сравнительной оценки технологий в питомниководстве *Quercus robur L.* в условиях изменений климата для целей защитного лесоразведения и озеленения сухостепной зоны [7]. Романов и др. [9] указывают, что в контейнерах малых объемов (до 120 см³) сеянцы дуба хуже приживаются и растут в лесных насаждениях, так как их надземная часть и корневая система развиты слабо. На основе комплексной оценки показателей, авторы рекомендуют выращивание саженцев в контейнерах с объемом ячеек 120 и 155 см³ соответственно. Сиволапов и др. [10] указывают, что на супесчаных черноземовидных почвах применение азотных удобрений неизначительно влияет на рост корневых систем сеянцев *Quercus robur L.* в открытом грунте.

Цель исследования – усовершенствовать технологии производства посадочного материала *Quercus robur L.*.

Материалы и методы исследования

Экспериментальные участки для усовершенствования технологии производства посадочного материала *Quercus robur L.* с закрытой корневой системой (рисунок 1) и открытой корневой системой (контроль, площадь 384 м²) расположены на Нижневолжской станции по селекции древесных пород – филиал ФНЦ агроэкологии РАН (г. Камышин, Волгоградская область).

Стандартность саженцев определяют в соответствии с Приказом Минприроды России от 04.12.2020 № 1014 [8]. Сбор семян *Q. robur L.* осуществлялся в октябре, ноябре 2021 года на территории Камышинского и Верхне-Липовского участковых лесничеств Волгоградской области (квартал 99, выдел 7; квартал 67, выделы 52, 63, 64). Определение посевных качеств партии семян *Q. robur L.* (по ГОСТ Р 51173-98) проведено в «Центре защиты леса Волгоградской области» в ФБУ «Рослесозащита» перед закладкой на хранение (удостоверение о качестве семян №34/25675) и после хранения (удостоверение о качестве семян №34/25727).



Рис. 1. Экспериментальная площадка по технологии выращивания сеянцев с закрытой корневой системой ($134,4 \text{ м}^2$)

В варианте «закрытая корневая система» семена хранились во влажном песке в помещении при соблюдении температурного режима (-1°C до +2 °C) в течение 4 месяцев. Посев *Q. robur* L. был произведен пророщенными семенами 7-8 мая 2022 года в количестве 35000 шт. В кассеты (внешние габариты, м: 0,4×0,3×0,13) с количеством ячеек 35 шт. (объем ячейки, см³: 275; размер ячейки, м: 0,058×0,056×0,13). Субстрат – торф нейтрализованный 11с/0-10/5, фракционный состав 0-10 мм. Минеральный компонент: известняковая мука. Смачивающий реагент: фибазорб.

Для формирования корневой системы и воздушной обрезки корней предусмотрено размещение кассет на металлические подставки размером 2,34×1,56×0,17 м. Площадь экспериментального участка в теплице 134,4 м².

В варианте «открытая корневая система» посев *Q. robur* L. был произведен во второй декаде октября 2021 года в предварительно подготовленную почву. Схема посевных лент двухстрочная широкобороздчатая (0,20-0,50-0,20-0,70 м), длина строчки – 120 м, норма высева 0,3 кг/ пог. м, глубина заделки 0,07-0,10 м. Почвы каштановые, нейтральные (рН 6,8), с высоким содержанием калия (430 мг/л) и фосфора (148 мг/л). Для эффективного контроля расхода воды в технологии производства посадочного материала применена система капельного полива.

Для разработки питательного режима сеянцев были взяты: аммиачная селитра (для двух вариантов) и Solar универсал (в варианте «закрытая корневая система», таблица 1).

Таблица 1.
Питательный режим в разных вариантах выращивания сеянцев

Показатели	Аммиачная селитра (NH ₄ NO ₃)		Solar универсал*	
	«ЗКС»	«ОКС»	«ЗКС»	«ОКС»
Норма расхода вещества, г на 10 л воды	20,0	20,0	20,0	–
Расход рабочего раствора, м ³	0,6	10,0	0,6	–
Сроки проведения: 1 подкормка (2 подкормки)	14 (34) день после появления всходов	25.VII (5.VIII)	24 день после появления всходов (26.VIII)	–

Примечание: состав N-18%, P₂O₅-18 %, K₂O-18%, MgO-3%, микроэлементы

Сухую массу фракций сеянцев взвешивали (с точностью до 0,01 г) после высушивания при 105°C. Применен расчетный метод оценки содержания углерода: как произведение абсолютно сухого вещества фитомассы на конверсионный коэффициент (0,50 – для стволов, ветвей 0,45 – для листьев) [1]. Экспериментальные данные по росту сеянцев обработаны методами математической обработки.

Результаты исследования и их обсуждение

Ежедневный мониторинг за влажностью субстрата, влажностью и температурой воздуха являлся неотъемлемой частью при выращивании сеянцев с закрытой корневой системой. При помощи вентиляционной системы проводилось смешение воздушных масс для поддержания влажного и теплого микроклимата.

В поздне-весенний период при температуре воздуха до +18 °C боковое и коньковое проветривание не применялось. В летний период температура в теплице поддерживалась до +25°C. Колебания положительной температуры воздуха в открытом грунте составили: в ночное время в июне от 12,0 до 20,6°C, в дневное от 21,8 до 32,5°C, в июле от 7,9 до 22,2°C (ночью), от 17,4 до 34,5 °C (днем), в августе от 16,6 до 23,8°C (ночью) и от 24,3 до 36,9°C (днем).

Было установлено, что для недопущения появления плесени необходимо применять смешение воздушных масс в течение 5 часов до полива, во время полива и после полива до образования подсущенных верхних слоев торфа. График полива сеянцев: в мае – через сутки, июнь-август – ежедневный.

Суточная поливная норма 0,54 м³. Из-за отсутствия сорной растительности мероприятие по борьбе с сорняками не проводились. Единственная проблема, с которой столкнулись при выращивании *Quercus robur* с закрытой корневой системой – смыкание листовых платин в кассетах, что привело к менее эффективному попаданию воды в почву при поливе (рисунок 2).



Рис. 2. Сеянцы дуба черешчатого с ЗКС

В варианте «открытая корневая система» применена система капельного орошения. Периодичность полива – один раз в неделю, продолжительность 4-5 часов, при поливной норме 60 м³. За вегетационный период сеянцев проведена трехкратная прополка.

Анализ динамики биометрических показателей показал, что 92,0 % или 35000 сеянцев с закрытой корневой системой достигли стандарта (диаметр стволика у корневой шейки не менее 3 мм; высота стволика не менее 20 см) в течение 2 месяцев (таблица 2, 3).

Основные показатели сеянцев *Quercus robur* L.

Таблица 2.

Технология	Среднее значение			Выход сеянцев, шт./м ²
	высота, м	диаметр стволика, мм	длина корневой системы, м	
ЗКС	0,407±0,01	5,8±0,1	0,13±0,001	291
HCP _{0,95}	3,3	0,4		
P,%	2,4	2,1		
OKC	0,261±0,003	4,8±0,01	0,406±0,005	280
HCP _{0,95}	0,9	0,03	1,8	
P,%	1,1	2,1	1,3	

Таблица 3.

Влияние условий посева на выход и размеры сеянцев

Технология	Средняя масса сухого вещества, г/м ² (содержание углерода, г/м ²)	Абсолютно сухая масса сеянцев 10 шт., г (среднее)			
		стебель	листья	корень	Всего
ЗКС	3262,11±18,4 (1609,2)	30,1±0,04	15,0±0,03	67,0±0,05	112,1±0,04
HCP _{0,95}		0,13	0,1	0,16	
P, %		1,33	2,0	0,75	
ОКС	2962,40±27,0 (1459,5)	13,5±0,01	12,8±0,01	79,5±0,01	105,8±0,01
HCP _{0,95}		0,03	0,03	0,03	
P, %		0,74	0,78	0,13	

В варианте с открытой корневой системой 56% сеянцев достигли стандарта к концу вегетации (рис. 3).



Рис. 3. Экспериментальные участки (а – вариант «закрытая корневая система», б – вариант «открытая корневая система»)

Применение разных вариантов выращивания *Quercus robur* показало преимущество технологии получения сеянцев с закрытой корневой системой. Показатели сухого вещества фитомассы сеянцев с единицы площади свидетельствуют о более эффективном использовании ресурсов. Однако применение разработанной технологии требует значительных капитальных единовременных затрат на создание тепличных комплексов (2450 тыс. руб., срок окупаемости 2 года) и автоматизацию процесса набивки и посева семян в кассеты (7600 тыс. руб.; 5-6 лет).

Заключение

Многолетние исследования по выращиванию лесообразующих пород с закрытой корневой системой проведены в условиях лесных и лесостепных регионов. Смышляева М.И. [12] отмечает, что, несмотря на значительный опыт по выращиванию сеянцев с закрытой корневой системой «.. единого мнения об использовании типов контейнеров с определённым объёмом ячейки и конкретным видом питательного субстрата...» нет. Вопрос по срокам и дозам внесения удобрений также остается дискуссионным – «... европейские и отечественные учёные рекомендуют более низкие концентрации, а американские исследователи – наоборот высокие, вплоть до 150 мг на одно растение...».

Выращивание посадочного материала как элемента в лесоклиматических проектах требует дополнительного изучения влияния агроприемов на увеличения накопления углерода [7, 9]. В связи, с чем привлекательны технологии выращивания деревьев, обеспечивающие быстрый рост и высокую приживаемость [16].

В результате исследований были отработаны вопросы приготовления субстратов, сроков проведения подкормок сеянцев с использованием комплексных удобрений, соблюдения режима микроклимата в теплицах. На основе особенностей формирования сеянцев дуба черешчатого и сочетания различных подходов к вопросу питательного режима и объема контейнеров выявлены параметры технологичности и экономичности размножения в сухостепных условиях района исследований.

В варианте «закрытая корневая система» установлено, что снижение затрат при производстве связано с более экономным расходом семенного материала (в варианте ЗКС – 291 шт./м², ОКС – 375 шт./м²) и выходом стандартных сеянцев в первый год (ЗКС – 92 %, ОКС – 56 %) с меньшими прямыми затратами на мероприятие по уходу. Себестоимость 1 сеянца составила с закрытой корневой системой – 3,46 руб., с открытой корневой системой – 4,35 руб. Выращивание посадочного материала с закрытой корневой системой позволяет проводить лесопосадочные работы круглогодично до устойчивых минусовых температур.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о спонсорстве. Исследование выполнено по Государственному заданию №FNFE-2021-0001 (регистрационный номер 121041200197-8) ФНЦ агроэкологии РАН.

Список литературы

1. Горобец А.И., Тарапков В.И., Сизых В.Н. Сравнительная оценка углеродо-депонирующей и кислородопродуцирующей функций дубравы и ветляника // Лесной вестник. 2009. № 3. С. 43-48.
2. Грибуст И.Р. Разнообразие и пространственная дифференциация минирующих насекомых в защитных лесных насаждениях // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2015. Вып. 211. С. 19-32. URL: <http://studylib.ru/doc/2383531/i.r.-gribust-raznoobrazie-i-prostranstvennaya?ysclid=lgum74kd8l384266997> (дата обращения: 09.11.2022)
3. Григоров М.С., Семенютина А.В., Костюков С.М. Управление режимом орошения при выращивании посадочного материала в аридной зоне // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2009. №21. С. 149-152. URL: <http://kgau-works.kubsau.ru/issue/2009-21> (дата обращения: 14.10.2022)
4. Гутиева Н.М. Вермикулит – эффективный улучшитель субстратов для контейнерных культур // Субтропическое и декоративное садоводство. 2013. №49. С. 320-325.
5. Жигунов А.В., Маркова И.А. Производство посадочного материала в лесных питомниках Северо-Запада России: практические рекомендации. Санкт-Петербург: СПбНИИЛХ, 2005. 90 с.
6. Манаенков А.С., Корнеева Е.А. Биогеографические аспекты эффективности защиты пахотных земель лесными полосами // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2021. №3. С. 48-54.
7. Морозова Е.В., Иозус А.П., Крючков С.Н. Особенности вегетативного размножения дуба черешчатого для защитного лесоразведения в степной зоне европейской части России // Успехи современного естествознания. 2016. №12-2. С. 309-313.
8. Об утверждении Правил лесовосстановления, состава проекта лесовосстановления, порядка разработки проекта лесовосстановления и внесения в него изменений: Приказ Минприроды России от 04.12.2020 №1014 // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: <http://publication.pravo.ru/Document/View/0001202012180052> (дата обращения: 02.03.2022).
9. Романов Е.М., Смышляева М.И., Краснов В.Г., Мухортов Д. И. Выращивание однолетних сеянцев дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) с закрытой корневой системой на различных субстратах // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2017. №3(35). С. 26-36. <https://doi.org/10.15350/2306-2827.2017.3.26>

10. Сиволапов А.И., Благодарова Т.А., Кошелев А.Ю. Выращивание крупномерных сеянцев дуба черешчатого с применением минеральных удобрений // Успехи современного естествознания. 2016. №11. С. 70-74.
11. Семенютина А.В., Свинцов И. П., Хужахметова А.Ш., Семенютина В. А., Лазарев С.Е. Мобилизация дендрологических ресурсов и пути сохранения их биоразнообразия в малолесных регионах: монография. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2021. 288 с.
12. Смышляева М.И. Выращивание сеянцев дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) с закрытой корневой системой для создания лесных культур в зоне хвойно-широколиственных лесов Среднего Поволжья: дисс. ... канд с.-х. наук. Йошкар-Ола, 2018. 139 с.
13. Уткина И.А., Рубцов В.В. Изменение климата и его последствия для взаимоотношений фитофагов с растениями // Вестник Московского государственного университета леса Лесной вестник. 2009. №5. С. 165-175.
14. Федоров Н.И., Мартыненко В.Б., Жигунова С.Н., Михайленко О.И., Шендель Г.В., Наумова Л. Г. Изменение распространения широколиственных древесных видов в центральной части южного Урала со второй половины XX в. // Экология. 2021. №2. С. 103-111. <https://doi.org/10.31857/S0367059721020050>
15. Хужахметова А.Ш., Беляев А.И., Сапронова Д.В. Становление и развитие биологических исследований в области защитного лесоразведения // Вопросы истории. 2022. №8-1. С. 244-250. <https://doi.org/10.31166/VoprosyIstorii202208Statyi22>
16. Цепляев А.Н. Научное обоснование технологии выращивания посадочного материала «контейнер в контейнере» в центральной лесостепи: дисс. ... д-ра с.-х. наук. Воронеж, 2022. 374 с.
17. Якимов Н.И., Юрения А.В., Артемчук О.Ю. Перспективы использования новых видов водорастворимых удобрений для выращивания сеянцев сосны с закрытой корневой системой // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2012. №1. С. 213-215.
18. Babushkina E., Zhirnova D., Belokopytova L., Tychkov I., Vaganov E., Krutovsky K. Response of four tree Species to Changing Climate in a Moisture-Limited Area of South Siberia // Forest. 2019. Vol. 10. <https://doi.org/10.3390/f1011099>
19. Belyaev A.I., Semenyutina A.V., Khuzhakhmetova A.Sh., Semenyutina V.A. Analysis of bioresource collections on climatic rhythms and phenological processes // Ecological Engineering and Environmental Technology. 2022. T. 23, №3. С. 87-94. <https://doi.org/10.12912/27197050/147152>

20. Kruzhilin S.N., Taran S.S., Semenyutina A.V., Matvienko E.Yu. Growth peculiarities and age dynamics of *Quercus robur* L. formation in steppe region conditions // Kuwait Journal of Science. 2018. T. 45, №4. P. 52-58. <https://journalskuwait.org/kjs/index.php/KJS/article/view/2544/296>
21. Ruter J.M. Evaluation of control strategies for preventing rooting-out problems in pot-in-pot production systems // Journal Environmental Horticulture. 1994. Vol. 12. P. 51-55.
22. Semenyutina A.V., Podkovyrov I.Y., Khuzhakhmetova A.Sh. Semenyutina V.A., Podkovyrova G.V. Mathematical justification of the selection of woody plants biodiversity in the reconstruction of objects of gardening // International Journal of Pure and Applied Mathematics. 2016. T. 110, №2. C. 361-368. <https://doi.org/10.12732/ijpam.v110i2.10>

References

1. Gorobets A.I., Tarankov V.I., Sizykh V.N. Sravnitel'naya ocenka uglerodo-deponiruyushchej i kislorodoproduciruyushchej funkciy dubravy i vetylani-ka [Comparative assessment of the carbon-depositing and oxygen-producing functions of oak and willow forest]. *Lesnoj vestnik* [Forest herald], 2009, no 3, pp. 43-48.
2. Gribust I.R. Raznoobrazie i prostranstvennaya differenciaciya miniruyushchih nasekomyh v zashchitnyh lesnyh nasazhdennyah [Diversity and spatial differentiation of mining insects in protective forest plantations]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii* [Proceedings of the St. Petersburg Forest Engineering Academy], 2015, Iss. 211, pp. 19-32. <http://studylib.ru/doc/2383531/i.r.-gribust-raznoobrazie-i-prostranstvennaya?ysclid=lgum74kd8l384266997> (accessed November 9, 2022).
3. Grigorov M.S., Semenyutina A.V., Kostyukov S.M. Upravlenie rezhimom orosheniya pri vytrashchivanii posadochnogo materiala v aridnoj zone [Irrigation mode control when growing planting material in an arid zone]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the Kuban State Agrarian University], 2009, no. 21, pp. 149-152. <http://kgau-works.kubsau.ru/issue/2009-21> (accessed October 14, 2022)
4. Gutieva N.M. Vermikulit – effektivnyj uluchshitel' substratov dlya kontejerneryh kul'tur [Vermiculite is an effective substrate improver for container crops], *Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo* [Subtropical and ornamental gardening], 2013, no. 49, pp. 320-325.
5. Zhigunov A.V., Markov I.A. *Production of planting material in the forest nurseries of the North-West of Russia: practical recommendations* [Production of

- planting material in the forest nurseries of the North-West of Russia: practical recommendations]. St. Petersburg: SPbNIILKh, 2005, 90 p.
6. Manaenkov A.S., Korneeva E.A. Biogeograficheskie aspekty effektivnosti zashchity pahotnyh zemel' lesnymi polosami [Biogeographical aspects of the effectiveness of the protection of arable land by forest strips]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya* [Bulletin of Moscow University. Series 5: Geography], 2021, no. 3, pp. 48-54.
 7. Morozova E.V., Iozus A.P., Kryuchkov S.N. Osobennosti vegetativnogo razmnozheniya duba chereshchatogo dlya zashchitnogo lesorazvedeniya v stepnoj zone evropejskoj chasti Rossii [Peculiarities of vegetative propagation of English oak for protective afforestation in the steppe zone of the European part of Russia]. *Uspekhi sovremennoego estestvoznaniya* [Successes of modern natural science], 2016, no. 12-2, pp. 309-313.
 8. *Ob utverzhdenii Pravil lesovosstanoveniya, sostava proekta lesovosstanoveniya, poryadka razrabotki proekta lesovosstanoveniya i vneseniya v nego izmenenij* [On approval of the Rules for reforestation, the composition of the reforestation project, the procedure for developing a reforestation project and making changes to it]. Prikaz Minprirody Rossii ot 04.12.2020 №1014 [Order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated December 4, 2020 No. 1014]. Oficial'nyj internet-portal pravovoij informacii. [Official Internet portal of legal information]. <http://publication.pravo.ru/Document/View/0001202012180052> (accessed March 2, 2022).
 9. Romanov E.M., Smyshlyaeva M.I., Krasnov V.G., Mukhortov D.I. Vyrashchivanie odnoletnih seyancev duba chereshchatogo (*Quercus robur* L.) s zakrytoj kornevoj sistemoj na razlichnyh substratah [Growing annual seedlings of English oak (*Quercus robur* L.) with a closed root system on various substrates]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie* [Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Forest. Ecology. Nature management]. 2017, no. 3 (35), pp. 26-36. <https://doi.org/10.15350/2306-2827.2017.3.26>
 10. Sivolapov A.I., Blagodarov T.A., Koshelev A.Yu. Vyrashchivanie krupnomernyh seyancev duba chereshchatogo s primeneniem mineral'nyh udobrenij [Growing large-sized seedlings of pedunculate oak with the use of mineral fertilizers]. *Uspekhi sovremennoego estestvoznaniya* [Successes of modern natural science], 2016, no. 11, pp. 70-74.
 11. Semenyutina A.V., Svintsov I.P., Khuzhakhmetova A.Sh., Semenyutina V.A., Lazarev S.E. *Mobilizaciya dendrologicheskikh resursov i puti sohraneniya ih bioraznoobraziya v malolesnyh regionah: monografiya* [Mobilization of den-

- drological resources and ways to preserve their biodiversity in sparsely forested regions: monograph]. Volgograd: Federal Scientific Center of Agroecology RAS, 2021, 288 p.
12. Smyshlyeva M.I. *Vyrashchivanie seyancev duba chereshchatogo (Quercus robur L.) s zakrytoj kornevoj sistemoj dlya sozdaniya lesnyh kul'tur v zone hvojno-shirokolistvennyh lesov Srednego Povolzh'ya* [Cultivation of seedlings of English oak (*Quercus robur L.*) with closed root system to create forest cultures in the zone of coniferous-broadleaved forests of the Middle Volga region]: diss... PhD S.-x. Sciences. Yoshkar-Ola, 2018, 139 p.
 13. Utkina I.A., Rubtsov V.V. Izmenenie klimata i ego posledstviya dlya vzaimootnoshenij fitofagov s rasteniyami [Climate change and its consequences for the relationship of phytophages with plants]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa Lesnoj vestnik* [Bulletin of the Moscow State Forest University Lesnoy vestnik], 2009. no. 5, pp. 165-175.
 14. Fedorov N.I., Martynenko V.B., Zhigunova S.N., Mikhailenko O.I., Shendel G.V., Naumova L.G. Izmenenie rasprostraneniya shirokolistvennyh drevesnyh vidov v central'noj chasti yuzhnogo Urala so vtoroj poloviny 20 v. [Changes in the distribution of broad-leaved tree species in the central part of the southern Urals from the second half 20th century], *Ekologiya* [Ecology], 2021, no. 2, pp. 103-111. <https://doi.org/10.31857/S0367059721020050>
 15. Khuzhakhmetova A.Sh., Belyaev A.I., Sapronova D.V. Stanovlenie i razvitiye biologicheskikh issledovanij v oblasti zashchitnogo lesorazvedeniya [Formation and development of biological research in the field of protective afforestation]. *Voprosy istorii* [Questions of history], 2022, no. 8-1, pp. 244-250. <https://doi.org/10.31166/VoprosyIstori202208Statyi22>
 16. Tseplyaev A.N. Nauchnoe obosnovanie tekhnologii vyrashchivaniya posadochnogo materiala «kontejner v kontejnjere» v central'noj lesostepi [Scientific substantiation of the technology of growing planting material “container in container” in the central forest-steppe]: diss... Dr. S.-x. Sciences. Voronezh, 2022, 374 p.
 17. Yakimov N.I., Yurenja A.V., Artemchuk O.Yu. Perspektivy ispol'zovaniya novyh vidov vodorastvorimyh udobrenij dlya vyrashchivaniya seyancev sosny s zakrytoj kornevoj sistemoj [Prospects for the use of new types of water-soluble fertilizers for growing pine seedlings with a closed root system]. *Trudy BGTU. Seriya 1: Lesnoe hozyajstvo, prirodopol'zovanie i pererabotka vozobnovlyayemyh resursov* [Proceedings of BSTU. Series 1: Forestry, nature management and processing of renewable resources], 2012, no. 1, pp. 213-215.
 18. Babushkina E., Zhirnova D., Belokopytova L., Tychkov I., Vaganov E., Krutovskiy K. Response of four tree Species to Changing Climate in a Moisture-Lim-

- ited Area of South Siberia. *Forest*, 2019, vol. 10. <https://doi.org/10.3390/f10110999>
19. Belyaev A.I., Semenyutina A.V., Khuzhakhmetova A.Sh. Semenyutina V.A. Analysis of bioresource collections on climatic rhythms and phenological processes. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 2022, vol. 23, no. 3, pp. 87-94. <https://doi.org/10.12912/27197050/147152>
20. Kruzhilin S.N., Taran S.S., Semenyutina A.V., Matvienko E.Yu. Growth peculiarities and age dynamics of *Quercus robur* L. formation in steppe region conditions. *Kuwait Journal of Science*, 2018, vol. 45, no. 4, pp. 52-58. <https://journalskuwait.org/kjs/index.php/KJS/article/view/2544/296>
21. Ruter J.M. Evaluation of control strategies for preventing rooting-out problems in pot-in-pot production systems. *Journal Environmental Horticulture*, 1994, vol. 12, pp. 51-55.
22. Semenyutina A.V., Podkovyrov I.Y., Khuzhakhmetova A.Sh. Semenyutina V.A., Podkovyrova G.V. Mathematical justification of the selection of woody plants biodiversity in the reconstruction of objects of gardening. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 2016, vol. 110, no. 2, pp. 361-368. <https://doi.org/10.12732/ijpam.v110i2.10>

ВКЛАД АВТОРОВ

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку статьи для публикации.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

The authors contributed equally to this article.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Сапронова Дарья Владимировна, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»
пр. Университетский, 97, г. Волгоград, 400062, Российская Федерация*

sapronova.darya@mail.ru

Беляев Александр Иванович, доктор с.-х. наук, профессор, директор
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»
пр. Университетский, 97, г. Волгоград, 400062, Российская Федерация
vnialmi@yandex.ru

Семенютина Александра Викторовна, доктор с.-х. наук, профессор,
главный научный сотрудник

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»
пр. Университетский, 97, г. Волгоград, 400062, Российская Федерация
vnialmi@yandex.ru

Хужахметова Алия Шамильевна, кандидат с.-х. наук, ведущий научный
сотрудник лаборатории биоэкологии древесных растений

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»
пр. Университетский, 97, г. Волгоград, 400062, Российская Федерация
ayfanc@yandex.ru

Сапронов Василий Васильевич, директор

Нижневолжская станция по селекции древесных пород - филиал
Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»
ул. ВНИАЛМИ, 1, г. Камышин, Волгоградская область, 403889, Российская Федерация
pitomnik-vnialmi@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Daria V. Sapranova, Candidate of Agricultural Sci., Senior Researcher

Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences»

97, Universitetsky Ave., Volgograd, 400062, Russian Federation
sapronova.darya@mail.ru
SPIN-code: 7877-6865
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3559-3745>
Scopus Author ID: 57458966000

Alexander I. Belyaev, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Director
Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences»
97, Universitetsky Ave., Volgograd, 400062, Russian Federation
vnialmi@yandex.ru
SPIN-code: 8733-7587
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8077-7052>
Scopus Author ID: 57206259735

Alexandra V. Semenyutina, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher
Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences»
97, Universitetsky Ave., Volgograd, 400062, Russian Federation
vnialmi@yandex.ru
SPIN-code: 7199-4150
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3250-6877>
Researcher ID: G-7918-2014
Scopus Author ID: 57191971205

Aliya Sh. Khuzhakhmetova, Candidate of Agricultural Sci., Leading Researcher, Laboratory of Bioecology of Woody Plants
Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences»
97, Universitetsky Ave., Volgograd, 400062, Russian Federation
avsfanc@yandex.ru
SPIN-code: 1855-3360
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5127-8844>
Researcher ID: G-7941-2014
Scopus Author ID: 57204628075

Vasiliy V. Sapronov, Director

Nizhnevolzhskaya station for selection of tree species - branch Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre of Agro-ecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences»

*1, VNIALMI, Kamyshin, Volgograd region, 403889, Russian Federation
pitomnik-vnialmi@mail.ru*

SPIN-code: 1136-7282

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6945-0905>

Поступила 04.05.2023

Received 04.05.2023

После рецензирования 25.05.2023

Revised 25.05.2023

Принята 20.06.2023

Accepted 20.06.2023

DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-936

УДК 551.582:634.8.07:57.013



Научная статья

ОЦЕНКА ВИНОГРАДО-ВИНОДЕЛЬЧЕСКИХ РАЙОНОВ КРЫМА ПО КЛИМАТИЧЕСКИМ ФАКТОРАМ, А ТАКЖЕ ИХ ВЛИЯНИЯ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИНОГРАДА

Е.А. Рыбалко, С.Н. Червяк, М.В. Ермихина

Виноградное растение способно адаптироваться, произрастать и давать урожаи в разнообразных природных условиях. В то же время агроклиматические условия территории возделывания винограда оказывают существенное влияние на качество продукта. Природно-климатические условия Крыма способствуют возделыванию винограда от очень ранних до поздних сортов, а широкое разнообразие абиотических условий позволяет подобрать оптимальный терруар для формирования необходимых кондиций винограда в зависимости от целей его применения. Значительная пространственная изменчивость климата в пределах региона позволяет оценить воздействие факторов среды на биосинтетические и аккумуляционные свойства винограда.

Цель – изучение изменения профиля углеводно-кислотного комплекса винограда технических сортов под воздействием агроэкологических условий его произрастания.

Материалы и методы. Объектом исследования являлся виноград белых и красных сортов, произрастающий в различных виноградо-винодельческих районах Крыма. Проведено исследование реакции виноградного растения на вариабельность экологических факторов на основе многолетнего сравнительного изучения химического состава его плодов, обусловливающих биохимическую индивидуальность и технологические свойства сорта в конкретной местности.

Результаты и заключение. В результате проведенных исследований установлено совокупное влияние агроэкологических факторов на накопление компонентов углеводно-кислотного комплекса винограда, а в отдельные годы удалось выявить зависимости их качественного содержания от отдельных факторов среды. Установлена прямая зависимость накопления массовой

концентрации сахаров в виноградной ягоде от величины индекса Хуглина ($r = 0,7$). В отношении массовой концентрации титруемых кислот от значения индекса Уинклера выявлена обратная зависимость ($r = -0,59$). Сравнительный анализ результатов, показывает, что один и тот же сорт винограда, выращенный в неодинаковых климатических условиях, может проявлять различную способность к синтезу компонентов углеводно-кислотного комплексов, определяющих его пригодность для производства разнообразной продукции. Прослеживается прямая зависимость массовой концентрации сахаров от средней температуры воздуха за последний месяц до сбора урожая ($r=0,70$) в пределах сорта.

Ключевые слова: виноград; теплообеспеченность; техническая зрелость; виноградо-винодельческий район; углеводно-кислотный комплекс

Для цитирования. Рыбалко Е.А., Червяк С.Н., Ермихина М.В. Оценка виноградо-винодельческих районов Крыма по климатическим факторам, а также их влияния на качественные характеристики винограда // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. Т. 15, №5. С. 246-263. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-936

Original article

EVALUATION OF VITICULTURE AND WINEMAKING REGIONS OF CRIMEA IN ACCORDANCE WITH CLIMATIC FACTORS, AND THEIR INFLUENCE ON THE QUALITY CHARACTERISTICS OF GRAPES

E.A. Rybalko, S.N. Cherviak, M.V. Ermikhina

A grape plant is capable to adapt, grow and produce crops in different environmental conditions. At the same time, agro-climatic conditions of grape growing area have a significant effect on the product quality. Environmental climatic conditions of Crimea contribute to cultivating grapes from very early to late ripening varieties. Diverse range of abiotic conditions allows choosing an optimal terroir for the formation of necessary grape conditions depending on the application target. Significant spatial climate variability within the region makes it possible to evaluate the impact of environmental factors on biosynthetic and accumulative properties of grapes.

The purpose is to study changes in the profile of carbohydrate-acid complex of wine grape varieties under the influence of agro-ecological growing conditions.

Materials and methods. Study objects were white and red grape varieties growing in various viticulture and winemaking regions of Crimea. A research for grape plant response to the variability of environmental factors basing on a long-term comparative study of chemical composition of its fruits, determining the varietal biochemical identity and technological properties in a particular region, was carried out.

Results and conclusion. As a research result, the cumulative effect of agro-ecological factors on the accumulation of components of carbohydrate-acid grape complex was established, and in particular years it was possible to identify the dependence between their quantitative content and individual environmental factors. Accumulation of the mass concentration of sugars in grape berry directly correlated with the Huglin index value ($r = 0.7$). With regard to the mass concentration of titratable acids, an inverse correlation was revealed with the Winkler index value ($r = -0.59$). A comparative analysis of the results shows that one grape variety grown under different climatic conditions may show different ability to synthesize the components of carbohydrate-acid complexes, determining its suitability for various output production. There is a direct correlation of the mass concentration of sugars on the average air temperature for the last month before harvest ($r=0.70$) within the variety.

Keywords: grapes; heat supply; technical ripeness; viticulture and winemaking region; carbohydrate-acid complex

For citation. Rybalko E.A., Cherviak S.N., Ermikhina M.V. Evaluation of Viticulture and Winemaking Regions of Crimea in Accordance with Climatic Factors, and their Influence on the Quality Characteristics of Grapes. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2023, vol. 15, no. 5, pp. 246-263. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-936

Введение

Виноград является ценнейшей сельскохозяйственной культурой, плоды которой можно употреблять в свежем и сушенном виде, а также в качестве продуктов переработки: соков и различной винопродукции [1, 3, 9].

Виноградное растение способно адаптироваться, произрастать и давать урожай в широком диапазоне природных условий. В то же время агроклиматические условия территории возделывания винограда оказывают существенное влияние на качество продукта [13, 20, 16-19]. Наиболее важными климатическими параметрами для виноградного растения являются влагообеспеченность и температурный режим региона [6-8, 21-22]. Низкая

влагообеспеченность и высокие температуры в период роста и созревания ягод являются стрессовыми факторами, что влечет за собой снижение продуктивности насаждений и качества продукции [2, 14].

Климатические условия оказывают значительное влияние на технологию возделывания винограда, начиная с подбора сортов, выбора места за кладки виноградника и заканчивая установлениями сроков уборки урожая [9, 10]. В настоящее время изменение климатических условий и передовые достижения в области селекции, интродукции и технологии возделывания позволяют существенно расширить площади культивирования виноградного растения за счет новых регионов.

В связи с этим актуальным является изучение влияния абиотических факторов среды на качественные характеристики винограда и продуктов его переработки.

Природно-климатические условия Крыма способствуют возделыванию винограда от очень ранних до поздних сортов, а широкое разнообразие абиотических условий позволяет подобрать оптимальный терруар для формирования необходимых кондиций винограда в зависимости от целей его применения. Значительная пространственная изменчивость климата в пределах региона позволяет оценить воздействие факторов среды на биосинтетические и аккумуляционные свойства винограда.

Цель настоящей работы – изучение изменения профиля углеводно-кислотного комплекса винограда технических сортов под воздействием агроэкологических условий его произрастания.

Научная новизна. При оценке влияния агроклиматических факторов на изменение профиля углеводно-кислотного комплекса винограда были использованы не просто данные ближайших к анализируемым участкам метеостанций как в схожих исследованиях, а произведен пересчет климатических показателей, полученных на метеостанциях, непосредственно на анализируемые участки с использованием авторских математических моделей, учитывающих орографические, географические и гидрологические особенности территории [6-8]. Это позволило значительно повысить точность оценки агроклиматического потенциала исследуемых участков и более достоверно оценить его влияние на формирование углеводно-кислотного комплекса винограда.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являлся виноград белых (Алиготе, Ркацители, Кокур белый, Совиньон зеленый, Шардоне, Мускат белый) и красных

(Каберне-Совиньон, Мерло) сортов, произрастающий в различных виноградо-винодельческих районах Крыма, отличающихся наиболее важным абиотическим фактором – теплообеспеченностью: Западном приморском, Крымском западно-приморском предгорном, Горно-долинном, Горно-долинно-приморском, а также Южном берегу Крыма (ЮБК). Последний район включал 2 участка: п. Ливадия и с. Кипарисное. В каждом районе исследования проводились не менее 3-х лет в одних и тех же хозяйствах в условиях стабильных антропогенных факторов (без изменения условий агротехнической обработки виноградных насаждений).

Общая выборка составила 149 образцов винограда. Исследования проводились в течении 2016-2022 гг.

Для выявления влияния агроклиматических факторов на качественные показатели сырья для винодельческой продукции были отобраны следующие параметры: сумма активных температур выше 10 °C ($\Sigma T^{\circ}C10$), гелиотермический индекс Хуглина (НІ), индекс Уинклера (WI), средняя температура воздуха с начала вегетационного периода до сбора урожая ($t_{\text{вес}}$), средняя температура воздуха за последний месяц до сбора урожая ($t_{\text{мес}}$) [3].

Расчёт агроклиматических параметров на анализируемых участках производился методом нелинейной интерполяции данных ближайших метеостанций. При этом были использованы многофакторные математические модели, описывающие влияние на микроклимат орографических, гидрологических и геодезических характеристик местности.

Для расчёта основных орографических характеристик местности в районе анализируемых участков и ближайших к ним метеостанций была использована спутниковая цифровая модель рельефа SRTM-3 с пространственным разрешением 3 угловые секунды.

Отбор проб в количестве не менее 10 кг винограда осуществляли в период промышленного сбора [4]. Оценку винограда проводили по следующим физико-химическим показателям: массовая концентрация сахаров, титруемых кислот, значение pH, профиль органических кислот [4]. Для оценки зрелости винограда были рассчитаны критерии, основанные на соотношении показателей углеводно-кислотного комплекса: показатель технической зрелости (ПТЗ) и глюкоацидиметрический показатель (ГАП).

Экспериментальные данные обрабатывали согласно общепринятым методам математической статистики с использованием программного пакета IBM SPSS Statistics (v 17.0), Microsoft Excel. Все исследования проводили в трех проворностях. Вычисление парных корреляций между показателями осуществляли для уровня значимости 0,05.

Результаты и их обсуждение

Для проведения настоящих исследований были проанализированы данные метеорологических условий за годы исследований, а также рассчитаны климатические факторы, характеризующие температурные режимы в период вегетации (на дату сбора урожая) и за последний месяц до момента сбора урожая. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Факторы, характеризующие теплообеспеченность виноградо-винодельческих районов Крыма

Таблица 1.

Виноградо-винодельческий район Крыма	$\Sigma T^{\circ}C 10, ^{\circ}C$	HI	WI	$t_{\text{мес}}, ^{\circ}C$	$t_{\text{бер}}, ^{\circ}C$	Начало вегетации	Дата сбора урожая
Западный приморский (г. Евпатория)	3186	2279	1774	20,45	20,83	14.04	22.09.2017
	2948	2108	1629	24,8	21,55	05.04	24.08.2018
	3169	2264	1781	22,94	21,16	07.04	12.09.2019
	3199	2254	1752	22,93	20,87	10.04	17.09.2020
	3337	2266	1772	15,04	20,28	19.04	06.10.2021
	3341	2295	1784	18,71	19,61	30.03	28.09.2022
Крымский западно-приморский предгорный (с. Угловое)	2822	1653	1451	20,58	19,64	16.04	15.09.2017
	3644	2157	1875	19,51	19,71	31.03	03.10.2018
	3093	1869	1631	18,48	20,21	07.04	17.09.2019
	3056	1671	1453	21,52	20,07	03.03	14.09.2020
	3158	1823	1602	19,33	19,88	18.04	27.09.2021
	3184	1829	1588	21,02	17,34	30.03	20.09.2022
Горно-долинный приморский (с. Морское)	3147	2256	1777	21,1	17,42	01.04	06.09.2018
	3221	2266	1781	18,33	20,06	31.03	18.09.2019
	3339	2327	1829	21,42	19,27	01.04	25.09.2019
	3171	2152	1679	18,81	19,14	01.04	28.09.2021
Южный берег Крыма (п. Ливадия)	3239	2059	1781	25,88	22,16	06.04	28.08.2018
	3230	2028	1762	23,25	22,09	06.04	04.09.2019
	3224	1834	1597	24,14	21,12	04.03	31.08.2020
	3501	2197	1906	21,7	20,94	19.04	28.09.2021
	3233	1994	1734	19,08	19,99	30.03	07.09.2022
Южный берег Крыма (с. Кипарисное)	2510	1547	1356	26,81	21,7	31.03	22.08.2019
	2681	1617	1405	25,59	20,91	04.03	01.09.2020
	2919	1799	1579	25,47	18,06	01.04	15.09.2021
	3042	1872	1642	20,39	20,94	01.04	14.09.2022
Горно-долинный (с. Приветное)	2554	1744	1311	26,13	20	04.03	25.08.2020
	2819	1953	1511	24,31	19,71	01.04	08.09.2021
	2862	2005	1550	24,78	17,75	01.04	07.09.2022

Температурный режим оказывает сильнейшее действие на все физиологические процессы растения. Одним из важнейших показателей, характеризующий климатические условия местности, является сумма активных температур выше 10 °C, при которой виноград вступает в фазу начала созревания («биологический ноль»).

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что значение показателя варьирует в диапазоне от 2510 до 3501 °C в зависимости от года и района произрастания винограда, что благоприятно для культивирования сортов от очень раннего срока созревания до среднепозднего. В тоже время на момент сбора урожая отмечается недостаток суммы температур для сортов позднего и очень позднего срока созревания (< 3700 °C) [5].

Максимальной величиной суммы активных температур выше 10 °C за последние три года характеризовались Западный приморский район и Южный берег Крыма (п. Ливадия). Значения показателя варьировали в диапазоне 3199-3501 °C, что на 5-21 % превышает аналогичные данные для других районов. Западный приморский район также доминирует по уровню индекса Хуглина. Для данного региона значение показателя за аналогичный период превосходит на 13-28 % данные других виноградо-винодельческих районов Крыма. Установлена зависимость между показателями суммы активных температур выше 10 °C и индексом Хуглина, которая описывается коэффициентом корреляции $r=0,7$. Необходимо отметить, что несмотря на высокие значения температурных индексов, начало вегетации в Западном приморском районе и ЮБК (п. Ливадия) в 2018 г. задерживается на 6-7 дней по отношению к другим районам. Аналогичная тенденция отмечена и в 2021 г.: начало созревания наступило на 19 дней позже. В 2020 г. в Западном приморском виноградо-винодельческом районе начало вегетации отмечено наиболее поздно среди всех исследуемых регионов Крыма. Разница составила 37 дней.

Отклик виноградного растения на воздействие климатических факторов проявляется в изменении количественного содержания первичных метаболитов растительной клетки – сахаров [4, 15]. Анализ углеводно-кислотного комплекса винограда свидетельствует о том, что все исследуемые партии соответствовали требованиям нормативной документации для промышленной переработки и стадии технической зрелости для производства вин и вин ликерных: массовая концентрация сахаров в винограде белых и красных сортов составляла более 16 и 17 г/100 см³ соответственно (табл. 2).

Таблица 2.

Значения показателей химического состава и показателей зрелости винограда из разных виноградо-винодельческих районов Крыма¹

Виноградо-винодельческий район Крыма по СРО	Массовая концентрация		рН	ГАП ²	ПТЗ ³
	сахаров, г/100 см ³	титруемых кислот, г/дм ³			
Западный приморский (г. Евпатория)	<u>18,6-25,8</u> 22,4	<u>3,8-8,4</u> 6,3	<u>3,1-3,5</u> 3,3	<u>2,5-6,0</u> 3,7	<u>191-299</u> 242
Крымский западно-приморский предгорный (с. Угловое)	<u>18,6-24,7</u> 21,4	<u>4,4-8,0</u> 6,2	<u>3,1-3,7</u> 3,3	<u>2,6-5,6</u> 3,5	<u>183-334</u> 236
Горно-долинный приморский (с. Морское)	<u>19,4-25,0</u> 22,1	<u>3,1-9,8</u> 6,0	<u>3,1-3,8</u> 3,4	<u>2,3-7,9</u> 3,9	<u>182-402</u> 279
Южный берег Крыма (п. Ливадия)	<u>16,2-23,4</u> 19,7	<u>4,1-11,2</u> 7,8	<u>3,1-3,8</u> 3,3	<u>1,8-4,2</u> 2,7	<u>162-286</u> 211
Южный берег Крыма (с. Кипарисное)	<u>19,1-23,9</u> 20,8	<u>6,2-10,7</u> 8,1	<u>3,1-3,4</u> 3,2	<u>1,9-3,5</u> 2,7	<u>188-246</u> 216
Горно-долинный (с. Приветное)	<u>17,2-23,4</u> 21,4	<u>5,3-7,0</u> 6,4	<u>3,2-3,6</u> 3,4	<u>2,0-4,4</u> 3,5	<u>191-299</u> 252

¹ – в числителе – диапазон варьирования показателей, в знаменателе – среднее значение

² – соотношение массовой концентрации сахаров и титруемых кислот

³ – произведение массовой концентрации сахаров и величины рН, возведенной в квадрат

Результаты исследований не позволили установить общей зависимости сахаронакопления в ягоде винограда от климатических факторов среды, что может быть обусловлено широким ассортиментом исследуемых сортов, отличающихся по срокам созревания. В то же время в отдельные годы отмечаются следующие закономерности. В 2019 г. установлена зависимость (рис. 1) массовой концентрации сахаров в белых сортах винограда от величины индекса Хуглина ($r = 0,7$).

По нашим данным кислотность винограда в различных районах существенно варьировала по годам и находилась в пределах 3,1-11,2 г/дм³ (рис. 2). Высокая дисперсия показателя может быть обусловлена как сортовыми особенностями винограда, так и степенью зрелости. Максимальное значение показателя отмечено в винограде с ЮБК (с. Кипарисное).

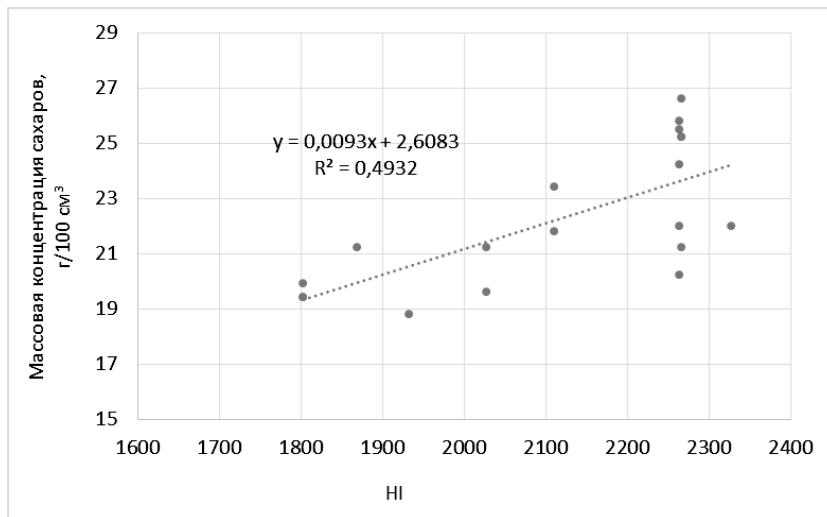


Рис. 1. Зависимость сахаристости винограда от величины индекса Хуглина

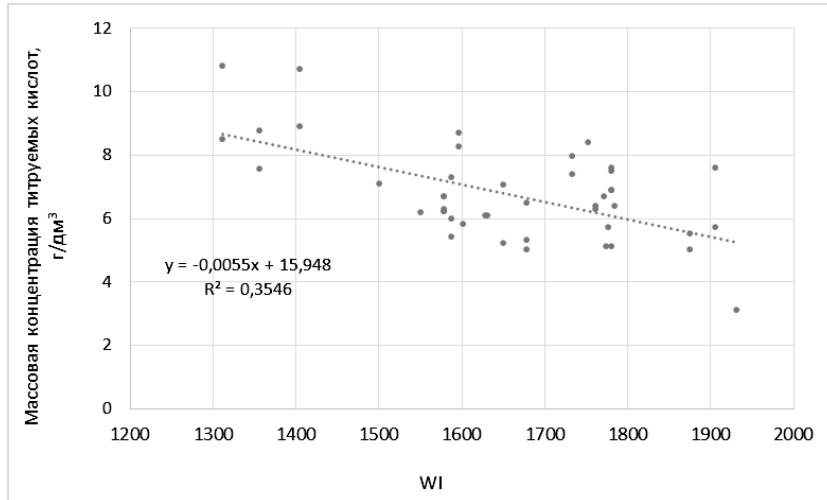


Рис. 2. Зависимость массовой концентрации титруемых кислот от величины индекса Уинклера (2016-2022 гг.)

В то же время в отношении массовой концентрации титруемых кислот от значения индекса Уинклера, характеризующего сумму эффективных

температур, зависимость прослеживается не зависимо от года урожая и места произрастания винограда. Взаимосвязь между показателями описывается линейным уравнением регрессии с коэффициентом корреляции $r = -0,59$. Поскольку фактическое значение $F > F_{\text{табл}}$, то коэффициент детерминации статистически значим (найденная оценка уравнения регрессии статистически надежна).

Помимо влияния особенностей года также установлена роль зоны произрастания винограда на физико-химические показатели винограда. В данном случае максимальную информативность представляет показатель средней температуры воздуха с начала вегетационного периода до сбора урожая (рис. 3). Полученные результаты представлены на примере образцов винограда, возделываемого в Западном приморском виноградо-винодельческом районе Крыма.

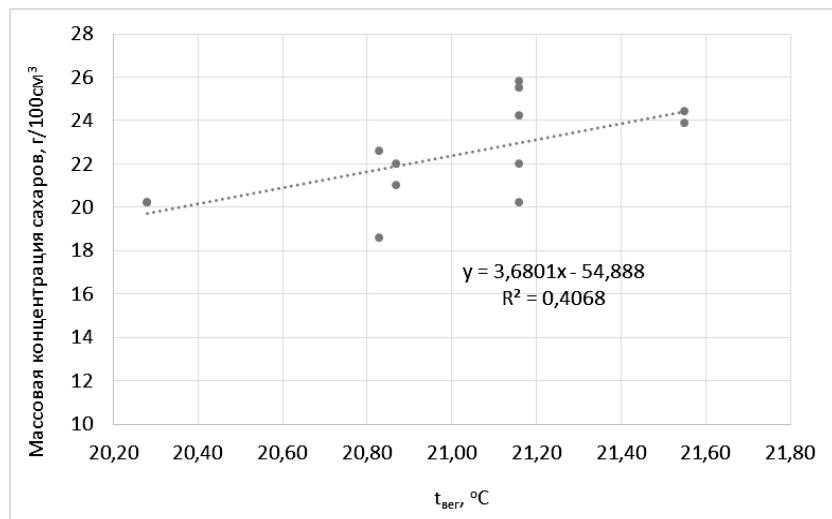


Рис. 3. Влияние $t_{\text{бер}}$ на сахаронакопление винограда (2016-2022 гг.)

Анализируя данные, полученные при оценке сорта в отдельных районах в различные годы, отмечено следующее: по величине массовой концентрации сахаров прослеживается прямая зависимость показателя от средней температуры воздуха за последний месяц до сбора урожая, на примере винограда сорта Ркацители (рис. 4). Аналогичные данные были получены и для винограда сорта Каберне-Совиньон. Полученные резуль-

таты можно объяснить сортовыми особенностями адаптации растения к абиотическим факторам среды.

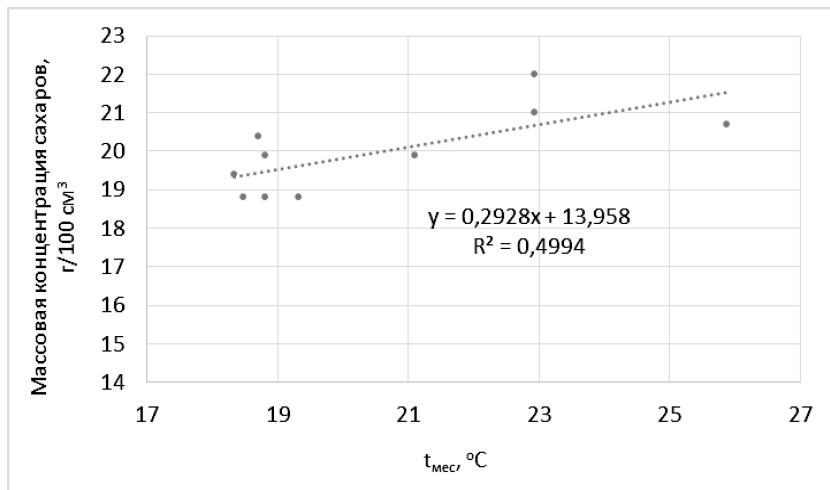


Рис. 4. Влияние $t_{\text{мес}}$ на сахаронакопление винограда (2016-2022 гг.)

Проведенные исследования позволили установить, что профиль органических кислот в ягоде винограда в значительной степени обусловлен как территориальным расположением виноградных насаждений, так и сортовыми особенностями. Для белых сортов винограда накопления винной кислоты от суммы активных температур выше 10 °C выражается обратной зависимостью ($r = -0,62$).

Во время технической зрелости ягоды винограда характеризуются оптимальным балансом углеводно-кислотного комплекса, профилем ароматического и фенольного комплексов [11, 12]. Определение технической зрелости винограда очень важно для своевременной уборки урожая. Запаздывание с уборкой технических сортов может приводить к снижению качества конечного продукта, особенно – вина [15].

Показатель технической зрелости (ПТЗ), определяется как произведение массовой концентрации сахара на квадрат величины pH. Согласно литературным данным, рекомендуемое значение показателя для игристых и тихих виноматериалов находится в диапазоне 130-260 [4]. В то же время, для винограда позднего сбора будут характерны более высокие значения pH и, соответственно, величина ПТЗ. Для винограда красных сортов, вы-

ращенного в теплом климате, значение показателя может достигать 350 и выше [15].

По результатам исследования установлено, что величина показателя по исследуемой выборке образцов варьирует в широком диапазоне от 162 до 402. Средние значения показателя не зависимо от виноградо-винодельческого района очень близки и составляют 211-252. Статистическая обработка данных позволила установить линейную зависимость ПТЗ от средней температуры воздуха с начала вегетационного периода до сбора урожая ($r=0,69$) для винограда белых сортов (рис. 5). В то же время аналогичной закономерности для красных сортов не обнаружено.

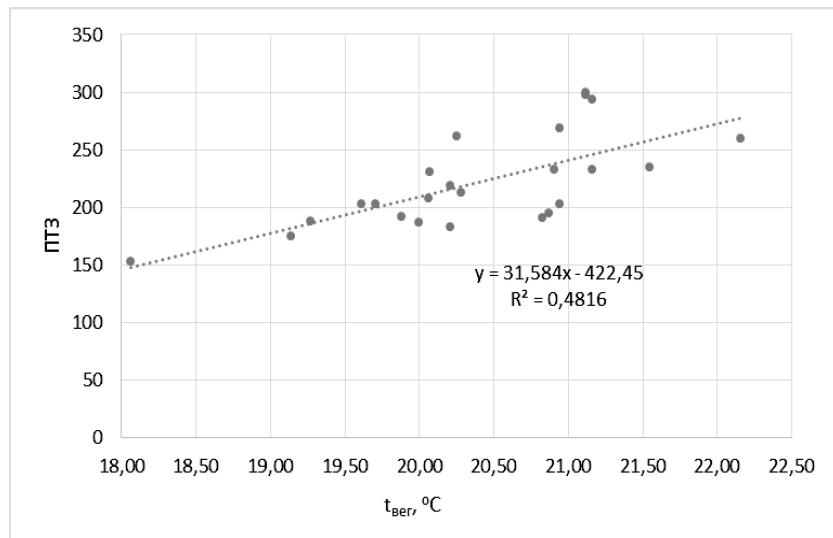


Рис. 5. Влияние средней температуры воздуха с начала вегетационного периода до сбора урожая на показатель технической зрелости (2016-2022 гг.)

Вторым показателем, оценивающим степень зрелости винограда и соответствие кондициям для производства вин, является глюкоацидиметрический показатель (ГАП). Данный критерий рассчитывается как соотношение массовой концентрации сахаров (г/100 см³) и титруемых кислот. Согласно требованиям к винограду, предназначаемому для производства игристых вин величина ГАП должна быть не ниже 2,0, а десертных вин – 3,5 [1]. Согласно другим данным, для винограда позднего сбора значение показателя может достигать 3,7-3,8 [15].

Анализ данных показал, что глюкоацидиметрический показатель варьировал в широких пределах (1,8-7,9), что обуславливает возможность использования винограда исследуемых сортов для производства различных видов продукции. Высокие значения показателя могут быть обусловлены высоким значением pH (3,6-3,8) в винограде в сезон 2018 и 2021 гг. Установлена обратная корреляционная зависимость показателя от суммы активных температур выше 10 °C ($r=-0,68$), но только для винограда красных сортов.

Заключение

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно заключить следующее: в исследуемых регионах отмечается недостаток суммы активных температур выше 10 °C для сортов позднего и очень позднего сроков созревания. Несмотря на высокие значения температурных индексов, начало вегетации в Западном приморском районе наступает на 7-37 дней позже, чем в других районах Крыма.

В результате проведенных исследований установлено совокупное влияние агрэкологических факторов на накопление компонентов углеводно-кислотного комплекса винограда, а в отдельные годы удалось выявить зависимости их количественного содержания от отдельных факторов среды: установлена прямая зависимость накопления массовой концентрации сахаров в виноградной ягоде от величины индекса Хуглина ($r = 0,7$). В отношении массовой концентрации титруемых кислот от значения индекса Уинклера выявлена обратная зависимость ($r = -0,59$).

Обнаружена сортовая адаптивность виноградного растения к абиотическим факторам среды – прослеживается прямая зависимость массовой концентрации сахаров от средней температуры воздуха за последний месяц до сбора урожая ($r=0,70$).

Сравнительный анализ результатов, показывает, что один и тот же сорт винограда, выращенный в неодинаковых климатических условиях, может проявлять различную способность к синтезу компонентов углеводно-кислотного комплексов, определяющих его пригодность для производства разнообразной продукции.

Работа выполнялась в рамках НИР по темам «Разработка методологии интеллектуального автоматизированного мониторинга для решения задач в области виноделия и виноградарства» ГЗ № FNZM-2022-0010, а также «Обоснование энотехнических показателей для характеристики

индивидуальных особенностей вин с географическим статусом из сортов винограда различного происхождения» ГЗ № FNZM-2022-0005.

Список литературы

1. Власова О.К., Магомедова Е.С. Научные аспекты рационального размещения и использования виноградных ресурсов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 12. С. 1653-1657.
2. Гинда Е.Ф., Хлебников В.Ф., Трескина Н.Н. Применение регуляторов роста растений как способ реализации продукционного потенциала столовых сортов винограда в условиях Приднестровья // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2021. № 23. С. 361-365. <https://doi.org/10.35547/IM.2021.23.4.009>
3. Гринко Е., Алексина Н., Кузьмин А. Условия, возможности и проблемы реализации потенциала развития виноградарства и виноделия в современных реалиях: региональный аспект Российской Федерации // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2022. Т. 14. № 4. С. 297-334 <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2022-14-4-297-334>
4. Методы технохимического контроля в виноделии / Под ред. В. Г. Гержиковой. Симферополь: Таврида, 2009. 303 с.
5. Потанин Д.В., Иванова М.И. Подбор элементов адаптивного садоводства в зависимости от климатического потенциала территории // Магарач. Виноградарство и виноделие. 2022. Т. 24. № 3 (121). С. 254-262.
6. Рыбалко Е.А., Баранова Н.В., Борисова В.Ю. Закономерности пространственного варьирования индекса Хуглина в условиях Крымского полуострова // Виноделие и виноградарство. 2020. № 1. С. 18-23.
7. Рыбалко Е.А., Баранова Н.В., Борисова В.Ю. Исследование закономерностей пространственного варьирования средней температуры воздуха за вегетационный период на территории Крымского полуострова // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2020. Т. 22. № 2 (112). С. 120-124
8. Рыбалко Е.А., Баранова Н.В., Борисова В.Ю. Оценка теплообеспеченности территории Крымского полуострова для производства винограда на основе анализа закономерностей пространственного варьирования индекса Уинклера // Экосистемы. 2020. Т. 24. С. 117-123.
9. Рязанцев Н.В. Хозяйственно-биологическое обоснование возделывания винограда в степной зоне Нижнего Поволжья: Дис. ... к.с-х.н., 2019. 165 с.
10. Сатиболов А.В. Особенности агроэкологии в условиях изменения климата // Виноградарство и виноделие. Сборник научных трудов. 2022. 62-64 с.
11. Червяк С.Н., Бойко В.А., Левченко С.В. Влияние некорневой подкормки растений на фенольную зрелость винограда и качественные характеристи-

- ки виноматериалов // Садоводство и виноградарство. 2019. № 4. С. 30-36. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2019-4-30-36>
12. Assessment of the influence of foliar treatment on productivity and phenolic maturity of grapes / Levchenko S.V., Cherviak S.N., Boiko V.A., Belash D., Ostroukhova E.V., Lutkova N.Yu. // E3S Web of Conferences. "International Conference on Agribusiness and Rural Development, IConARD 2020" 2021, p. 03026.
13. Lopes C.M. Can berry composition be explained by climatic indices? Comparing classical with new indices in the Portuguese Dão region / Lopes C.M., Egípto R., Pedroso V., Pinto P.A., Braga R., Neto M. // Acta Horticulture, ISHS 2017, 1157, pp. 59-64. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1157.10>
14. Novikova L.Y., Naumova L.G. Dependence of Fresh Grapes and Wine Taste Scores on the Origin of Varieties and Weather Conditions of the Harvest Year in the Northern Zone of Industrial Viticulture in Russia // Agronomy, 2020, No. 10, p. 1613. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101613>
15. Roediger AHA Phenolic ripeness in South Africa / Assignment submitted in partial requirement for Cape Wine Masters Diploma // Stellenbosch, 2006. 97 p.
16. Savić S., Vukotić M. Viticulture Zoning in Montenegro // Bulletin UASVM Horticulture. 2018, no. 75(1), pp. 73–86. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-hort:003917>
17. Van Leeuwen C. Terroir: the effect of the physical environment on vine growth, grape ripening and wine sensory attributes. // Managing Wine Quality, Volume 1: Viticulture and Wine Quality [edited by Reynolds A.]. Woodhead Publishing Ltd., Oxford, UK. 2010, pp. 273-315. <https://doi.org/10.1533/9781845699284.3.273>
18. Van Leeuwen C., Bois B. Update in unified terroir zoning methodologies // E3S Web of Conferences. 2018, no. 50, 01044. <https://doi.org/10.1051/e3s-conf/20185001044>
19. Verdugo-Vásquez N., Pañitrur-De la Fuente C., Ortega-Farías S. Model Development to Predict Phenological scale of Table Grapes (cvs. Thompson, Crimson and Superior Seedless and Red Globe) using Growing Degree Days // OENO One, 2017, vol. 51, no. 3. <https://doi.org/10.20870/eno-one.2017.51.2.1833>
20. Vineyard zonation based on natural terroir factors using multivariate statistics / Karlik L., Marián G., Falt'an V., Havlíček M. // OENO One, 2018, vol. 52, no. 2, pp. 105-117. <https://doi.org/10.20870/eno-one.2018.52.2.1907>
21. Vyshkvarkova E., Rybalko E., Marchukova O., Baranova N. Assessment of the Current and Projected Conditions of Water Availability in the Sevastopol Region for Grape Growing // Agronomy, 2021, vol. 11(8), 1665, pp. 1-13. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081665>
22. Vyshkvarkova E.V., Rybalko E.A. Forecast of Changes in Air Temperatures and Heat Indices in the Sevastopol Region in the 21st Century and Their Impacts on

Viticulture // Agronomy, 2021, vol. 11(5), 954, pp. 1-11 <https://doi.org/10.3390/agronomy11050954>

References

1. Vlasova O.K., Magomedova Ye.S. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 2015, no. 12, pp. 1653-1657.
2. Ginda Ye.F, Khlebnikov V.F., Treskina N.N. *Magarach. Vinogradarstvo i vinodeliye*. [Magarach. Viticulture and winemaking], 2021, no. 23, pp. 361-365. <https://doi.org/10.35547/IM.2021.23.4.009>
3. Grinko Ye., Alesina N, Kuz'min A. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2022, vol. 14, no. 4, pp. 297-334. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2022-14-4-297-334>
4. *Metody tehnicheskogo kontrolya v vinodelii* [Methods of technochemical control in winemaking] / Ed. V. G. Gerzhikova. Simferopol: Tavrida, 2009, 303 p.
5. Potanin D.V., Ivanova M.I. *Magarach. Vinogradarstvo i vinodeliye*. [Magarach. Viticulture and winemaking], 2022, vol. 24, no. 3 (121), pp. 254-262.
6. Rybalko E.A., Baranova N.V., Borisova V.Yu. *Vinodeliye i vinogradarstvo*, 2020, no. 1, pp. 18-23.
7. Rybalko E.A., Baranova N.V., Borisova V.Yu. *Magarach. Vinogradarstvo i vinodeliye* [Magarach. Viticulture and winemaking], 2020, vol. 22, no. 2 (112), pp. 120-124.
8. Rybalko E.A., Baranova N.V., Borisova V.Yu. *Ekosistemy*, 2020, vol. 24, pp. 117-123.
9. Ryazantsev N.V. *Khozyaystvenno-biologicheskoye obosnovaniye vozdelyvaniya vignografa v stepnoy zone Nizhnego Povolzh'ya* [Economic and biological substantiation of grape cultivation in the steppe zone of the Lower Volga region], 2019, 165 p.
10. Satibalov A.V. *Vinogradarstvo i vinodeliye. Sbornik nauchnykh trudov* [Viticulture and winemaking. Collection of scientific papers], 2022, pp. 62-64.
11. Chervyak S.N., Boyko V.A., Levchenko S.V. *Sadovodstvo i vinogradarstvo* [Horticulture and viticulture], 2019, no. 4, pp. 30-36. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2019-4-30-36>
12. Levchenko S.V., Chervyak S.N., Boiko V.A., Belash D., Ostroukhova E.V., Lutkova N.Yu. *E3S Web of Conferences*, 2021, vol. 316, 03026.
13. Lopes C.M., Egípto R., Pedroso V., Pinto P.A., Braga R., Neto M. *Acta Horticulture*, ISHS, 2017, 1157, pp. 59-64. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1157.10>
14. Novikova L.Y., Naumova L. G. *Agronomy*, 2020, no. 10, 1613, pp. 1-13. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101613>
15. Roediger AHA. Assignment submitted in partial requirement for Cape Wine Masters Diploma. Stellenbosch, 2006, 97 p.

16. Savić S., Vukotić M. Viticulture Zoning in Montenegro. *Bulletin UASVM Horticulture*, 2018, no. 75(1), pp. 73–86. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-hort:003917>
17. Van Leeuwen C. *Managing Wine Quality*, Volume 1: Viticulture and Wine Quality [edited by Reynolds A.]. Woodhead Publishing Ltd., Oxford, UK. 2010, pp. 273–315. <https://doi.org/10.1533/9781845699284.3.273>
18. Van Leeuwen C., Bois B. *E3S Web of Conferences*, 2018, no. 50, 01044. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185001044>
19. Verdugo-Vásquez N., Pañitrur-De la Fuente C., Ortega-Farías S. *OENO One*, 2017, vol. 51, no. 3. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2017.51.2.1833>
20. Karlik L., Marián G., Fal'fan V., Havlíček M. *OENO One*, 2018, vol. 52, no. 2, pp. 105–117. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2018.52.2.1907>
21. Vyshkvarkova E., Rybalko E., Marchukova O., Baranova N. *Agronomy*, 2021, vol. 11(8), 1665, pp. 1-13. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081665>
22. Vyshkvarkova E.V., Rybalko E.A. *Agronomy*, 2021, vol. 11(5), 954, pp. 1-11. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050954>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Рыбалко Евгений Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, зав. сектором агроэкологии
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН»
ул. Кирова 31, г. Ялта, Республика Крым, 298600, Российской Федерации
rybalko_ye_a@mail.ru

Червяк София Николаевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории химии и биохимии вина
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН»
ул. Кирова 31, г. Ялта, Республика Крым, 298600, Российской Федерации
Sofi4@list.ru

Ермихина Мариянна Вадимовна, научный сотрудник лаборатории химии и биохимии вина
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН»

ул. Кирова 31, г. Ялта, Республика Крым, 298600, Российской Федерации
mariannaermikhina@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Evgeniy A. Rybalko, Candidate of Agricultural sciences, Head of Agroecology Sector

All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking "Magarach" of RAS

31, Kirova Str., Yalta, Republic of Crimea, 298600, Russian Federation
rybalko_ye_a@mail.ru

SPIN-code: 9980-8209

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4579-3505>

Scopus Author ID: 57188725386

Sofia N. Cherviak, Candidate of technical sciences, Chief Researcher of the Department of Chemistry and Biochemistry of Wine

All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking "Magarach" of RAS

31, Kirova Str., Yalta, Republic of Crimea, 298600, Russian Federation
Sof4@list.ru

SPIN-code: 1783-0042

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9551-7448>

Scopus Author ID: 57210848141

Marianna V. Ermikhina, Staff Scientist of the Department of Chemistry and Biochemistry of Wine

All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking "Magarach" of RAS

31, Kirova Str., Yalta, Republic of Crimea, 298600, Russian Federation
mariannaermikhina@mail.ru

SPIN-code: 9436-4525

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6457-2129>

Scopus Author ID: 57222720949

Поступила 13.03.2023

После рецензирования 05.04.2023

Принята 15.04.2023

Received 13.03.2023

Revised 05.04.2023

Accepted 15.04.2023

DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-937**UDC 628, 622.7, 622.5**

Original article

MATHEMATICAL ANALYSIS OF THE SORPTION PROCESS OF MINE WATER PURIFICATION

A.S. Smolyanichenko, A.K. Khaljushev, E.V. Yakovleva

Contaminated mine water with a large amount of salts makes underground and surface water sources unsuitable for household and drinking needs. Already in 2016, there was a shortage of drinking water in the Rostov region. Water from surface sources does not meet the hygienic requirements for chemical parameters in 36.1% of the samples taken. Water from underground sources in terms of color, turbidity, total hardness, dry residue, content of iron ions, manganese, hydrogen sulfide, nitrates, ammonia, chlorides, sulfates, magnesium, sodium did not meet the required standards in 72.2% of cases. Due to the need for huge expenses for the purification of highly mineralized waters and the poor development of cheap technologies for the neutralization of large volumes, attempts to purify discharged or flowing mine waters to a safe level turn out to be practically fruitless. In this article, studies were carried out to reduce the concentration of dissolved ions of heavy metals (iron, manganese, copper and zinc) in mine wastewater by sorption in a static mode (charring) using rice husk biochar with electromagnetic treatment. The authors proposed a method for pre-treatment of the sorbent from rice husk biochar in an electromagnetic field at a process activation unit. The results of laboratory tests confirmed the high efficiency of the sorbent for the removal of heavy metal ions from mine waters. On the basis of the results obtained, optimization of the sorption purification of mine waters in the mode of carbonization was carried out using the method of mathematical planning of the experiment (full factorial experiment FFE 2k). The factors most influencing the efficiency of mine wastewater treatment from iron and zinc ions have been identified. With a probability of 0.95, the proposed models are adequate, and they can be used to describe the sorption process when using the studied sorbent to remove heavy metal ions (iron, zinc, etc.), while the optimal concentration of the sorbent from rice husks is within 0.5 mg/l. With an increase and decrease in the concentration of the sorbent above the optimal values, the efficiency of sorption decreases, and this affects the iron to a greater extent. In general, the obtained sorbent has a chemical composition similar to that of activat-

ed carbon (the most widely used sorbent for water purification), but at the same time it is a cheap production waste, which confirms its efficiency, both technological and economic, when used to purify natural and waste water. With the introduction of the proposed treatment scheme for mine water treatment facilities, it is expected that the concentrations of dissolved heavy metal ions, in particular, iron, zinc, manganese, will decrease to the concentration of the discharge into the reservoir.

Keywords: *mine wastewater; sorption under static conditions; sorbents from industrial waste; biochar; rice husks; heavy metal ions; process activation unit; electromagnetic treatment; active experiment; mathematical planning*

For citation. Smolyanichenko A.S., Khalushev A.K., Yakovleva E.V. Mathematical Analysis of the Sorption Process of Mine Water Purification. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2023, vol. 15, no. 5, pp. 264-281. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-937

Научная статья

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОРБЦИОННОГО ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ШАХТНЫХ ВОД

A.C. Смоляниченко, А.К. Халюшев, Е.В. Яковлева

Загрязненная шахтная вода с большим количеством солей делает не-пригодными для хозяйственно-питьевых нужд подземные и поверхностные источники воды. В Ростовской области уже в 2016 году появился дефицит питьевой воды. Вода поверхностных источников не отвечает гигиеническим требованиям по химическим показателям в 36,1% отобранных проб. Вода подземных источников по показателям цветности, мутности, общей жесткости, сухого остатка, содержанию ионов железа, марганца, сероводорода, нитратов, аммиака, хлоридов, сульфатов, магния, натрия не соответствовала требуемым нормам в 72,2% случаев. В связи с необходимостью огромных затрат на очистку высокоминерализованных вод и слабой разработанностью дешевых технологий обезвреживания крупных объемов, попытки очистить сбрасываемые или стекающие шахтные воды до безопасного уровня оказываются практически безрезультатными. В данной статье проведены исследования по снижению концентрации растворенных ионов тяжелых металлов (железа, марганца, меди и цинка) на шахтных сточных водах сорбцией в статическом режиме (углевание) с применением биоугля рисовой шелухи с электромагнитной обработкой. Ав-

торами предложен способ предварительной обработки сорбента из биоугля рисовой шелухи в электромагнитном поле на установке активации процессов. Результаты лабораторных испытаний подтвердили высокую эффективность сорбента для удаления ионов тяжелых металлов из шахтных вод. На основании полученных результатов проведена оптимизация сорбционной очистки шахтных вод в режиме углевания с применением метода математического планирования эксперимента ($ПФЭ\ 2^k$). Выявлены факторы, наиболее влияющие на эффективность очистки шахтных сточных вод от ионов железа и цинка. С вероятностью 0,95 предлагаемые модели являются адекватными, и они могут применяться для описания процесса сорбции при применении исследуемого сорбента для удаления ионов тяжелых металлов (железа, цинка и т.д.) при этом оптимальная концентрация сорбента из рисовой шелухи в пределах 0,5 мг/л. При увеличении и уменьшении концентрации сорбента сверх оптимальных значений эффективность сорбции снижается и в большей степени это отражается на железе. В целом полученный сорбент имеет химический состав близкий по составу к активированному углю (наиболее широко применяемого для очистки воды сорбента), но при этом является дешевым отходом производства, что подтверждает его эффективность как технологическую, так и экономическую при использовании для очистки природных и сточных вод. При внедрении предложенной схемы очистки на очистные сооружения шахтных вод ожидается снижение концентраций растворенных ионов тяжелых металлов, в частности, железа, цинка, марганца до концентрации ПДК сброса в водоем.

Ключевые слова: шахтные сточные воды; сорбция в статических условиях; сорбенты из отходов производства; биоуголь; рисовая шелуха; ионы тяжелых металлов; установка активации процессов; электромагнитная обработка; активный эксперимент; математическое планирование

Для цитирования. Смоляниченко А.С., Халюшев А.К., Яковлева Е.В. Математический анализ сорбционного процесса очистки шахтных вод // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. Т. 15, №5. С. 264-281. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-937

Introduction

It is known that the main influx of wastewater comes from mines in which underground or open pit mining is carried out. Typically, mine water is collected and stored in above-ground dams or underground caverns. Over time, the levels of wastewater and the intensity of their pollution with heavy metals are gradually increasing, which is one of the main causes of environmental pollution. In

connection with this phenomenon, there is a need to treat mine wastewater to reduce the level of negative impact on the existing ecological system [1, 6, 16, 19].

The formation of the chemical composition of mine water inflows mainly depends on hydrological, mining-geological and mining-technical factors, and the depth of occurrence of minerals has a significant effect. Mine water has a mineralization of 5 to 15 g/dm³, which is about the same times higher than the usual mineralization of river waters and exceeds the maximum allowable concentration (MPC) of salts in drinking water. Water also contains a large amount of iron, many other harmful substances (manganese, zinc, nickel, etc.) and poses a great danger to river inhabitants. In groundwater, iron and manganese are found in soluble Fe²⁺ and Mn(II) compounds. The standards and sanitary norms of the Russian Federation set the MPC in drinking water for iron - 0.3 mg/dm³, for manganese - 0.1 mg/dm³. These values are in line with the recommendations of the World Health Organization, the standards of the United States and some other countries. Somewhat more stringent standards are adopted in Sweden and in some other countries of the European Community: 0.2 and 0.05 mg/dm³, respectively [5, 7, 8, 10, 17].

A wide range of methods are observed for the purification of mine waters. In general, at the first stage of mine water treatment, mechanical methods are used, such as straining, clarification, filtration, separation of the solid phase under the action of centrifugal forces. At the next stage, chemical, physical and biological methods of water purification are used. In chemical methods, various reagents are used to change the chemical composition of pollutants or the form of their presence in wastewater (coagulation, flocculation, neutralization, neutralization, disinfection). Physical methods are the extraction and neutralization of harmful impurities by changing the state of aggregation of water, exposing water to ultrasound, magnetic field, ultraviolet, etc. Biological methods are designed to purify water containing pollution of biogenic organic origin. An obligatory stage in the purification of mine and quarry waters is their disinfection before being discharged into water bodies, since, according to sanitary standards, these waters are classified as sewage that is dangerous in an epidemic sense. Water disinfection is carried out by various chemical (ozonation) and physical (UV treatment) methods. Specific capital costs for the construction of efficient and efficient mine water treatment plants in the case of a complete supply of equipment are about \$ 6-9 thousand per 1 m³/h.

An analysis of the effectiveness of the methods used for cleaning mine waters showed that the overwhelming majority of treatment facilities available at coal enterprises do not provide cleaning of mine waters to the regulatory requirements from oil products, iron compounds, mineral salts and other contaminants due to the imperfection of the treatment schemes used [1, 3, 15].

In accordance with the requirements for the quality of mine water treatment, many enterprises need to modernize treatment facilities and introduce new and efficient technologies. The use of well-known membrane purification methods (ultrafiltration and reverse osmosis) makes it possible to achieve maximum permissible concentrations (MPC) for pollutants discharged into a reservoir. However, given the significant volume of mine water, as well as the problem of reverse osmosis concentrate disposal, it is necessary to find alternative high-performance and efficient treatment technologies based, for example, on the sorption extraction of impurities [4, 9, 10, 12, 14, 18].

In connection with the above, the purpose of the study is to intensify the purification of mine and quarry waters from heavy metal ions before discharge into surface water bodies to the maximum permissible concentrations for fishery reservoirs by sorption using a carbon-containing sorbent from agricultural waste with electromagnetic processing.

Materials and Methods

Biochar obtained from the fruit shells of rice grains (rice husks) was taken as the initial sorption carbon material.

The initial biochar was obtained by carbonizing the fruit shells of rice grains in a muffle furnace at a temperature of 600°C for 30 minutes with preliminary soaking in NaOH alkali solution for a day and subsequent washing to a normal pH value. Next, the biochar was processed in a process activation unit (PAU) (Fig. 1). A sample of biochar from the fruit shells of rice grains was stirred in distilled water, placed in a non-magnetic cylinder with ferromagnetic particles $m = 200$ g, exposed to a rotating electromagnetic field for 30 seconds in a process activation apparatus for processing materials, after which it was dried in a drying cabinet for 4 hours at $t=105^\circ\text{C}$ (Fig. 2). Ferromagnetic particles rotating in an electromagnetic field cause a magnetostrictive effect, leading to the reduction of oxides on the surface of the particles of the processed material. This method made it possible to increase the carbon content in the sorbent from 43.3 to 78.5% compared to the original biochar, to reduce the content of impurities in the sorbent, including the silicon content from 8.2% to 2.1% (Table 1, Fig. 3). It is obvious that a change in the chemical composition of biochar of this kind occurs under the influence of a complex of processes that occur in the PAU.

It can be assumed that the change in the quantitative composition of carbon is associated with the breaking of intermolecular bonds during processing in the PAU. In addition, when interacting with ferromagnetic particles, SiO_2 forms chemical compounds with their surface layer, resulting in a decrease in the Si content, %.

Also, activation in the PAU makes it possible to grind the sorbent to nanosizes of 1-50 nm with the formation of mesopores (average desorption diameter - 167 Å) and micropores (average diameter - 4.92 Å), thereby increasing the composition uniformity. Thus, the preparation of a carbon sorbent was carried out, which confirmed its effectiveness in the treatment of mine wastewater in laboratory conditions.

The quality indicators of the original biochar from the fruit shells of rice grains and the same with electromagnetic processing are given in Table 1.

Table 1.
Physical and chemical characteristics of the obtained samples of rice husk biochar with and without electromagnetic treatment

Characteristic	Biochar rice husk	
	with electromagnetic treatment	without electromagnetic treatment
Ash content, %	61,2	63,7
Moisture contents, %	3,3	5,4
Specific surface, m ² /g	7,93	54,6
Relative volume of pores up to 900 Å in diameter, cm ³ /g	0,042	0,049
Average mesopore diameter by desorption, Å	167	124
Micropore volume, cm ³ /g	0,0033	0,0211
Average micropore diameter, Å	4,92	3,45
Adsorption activity for iodine, %	14	19
Adsorption activity on methylene blue, %	-	52

On Fig. 1 shows photographs of the surface of biochar from the fruit shells of rice grains with electromagnetic processing and the original, taken on a ZEISS electron microscope with nanometer resolution.

Studies were carried out on mine wastewater to reduce the concentration of dissolved ions of heavy metals (iron, manganese, copper and zinc) by sorption in a static mode (charcoalization). Static conditions mean that the liquid particle does not move relative to the sorbent particle, i.e. moves with her.

The experiments were carried out under laboratory conditions in the following order:

- treatment of initial mine wastewater by carbonization using biochar from the fruit shells of rice grains with electromagnetic treatment with a variable dose of sorbent 0.1; 0.3; 0.5; 0.7 and 1.0 g/dm³ in the stirring mode at 45 rpm for 30 minutes;

- treatment of the resulting suspension with the SKIF-180 reagent (a mixture of aluminum polyoxychloride coagulant and cationic flocculant polydiallyldimethylammonium chloride (polyDADMAC)) at a dose of 1.0 mg/dm;
- settling of the treated water for 30 minutes to carry out the coagulation process;
- filtration through a pressure filter with quartzite loading.

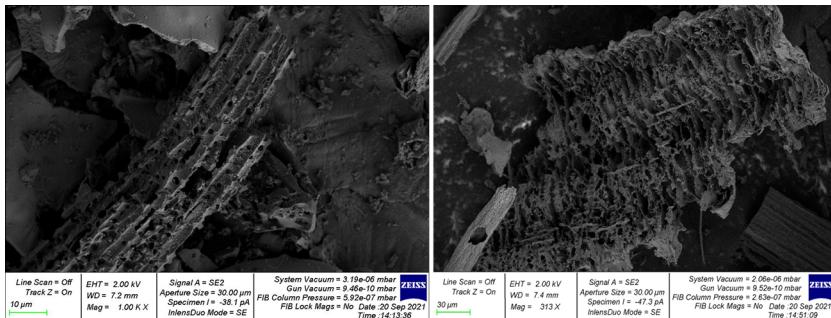


Fig. 1. Microscopic images of the surface of biochar from the fruit shells of rice grains with electromagnetic processing with a resolution of: a) 20 μm and b) 1 μm

The chemical analysis of mine wastewater was carried out by an accredited laboratory. The measurements were carried out on a UNICO 1201 spectrophotometer.

Results and Discussion

The results of experiments on mine wastewater treatment by carbonization using rice husk biochar with electromagnetic treatment are given in Table 2, 3.

Table 2.

Results of measurements of the content of heavy metal ions in treated mine wastewater

No.	Index	Source mine water	Norm	Charcoalization using rice husk biochar with electromagnetic treatment dose, mg/dm ³				
				0,1	0,3	0,5	0,7	1,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Iron total, mg/dm ³	36,47± 3,65	0,3	20,34± 2,03	18,88± 1,89	3,99± 0,60	17,92± 1,79	11,46± 1,715
2	Manganese, mg/dm ³	5,619± 1,124	0,1	7,356± 1,471	4,150± 0,83	6,047± 1,209	4,321± 0,864	5,386± 1,077
3	Copper, mg/ dm ³	0,012± 0,002	1,0	0,008± 0,002	0,023± 0,005	0,016± 0,003	0,011± 0,002	0,012± 0,002
4	Zinc, mg/ dm ³	0,376± 0,128	5,0	0,064± 0,022	0,185± 0,063	0,059± 0,02	0,147± 0,05	0,153± 0,052

Table 3.
**Results of measurements of redox potential, salinity and pH in treated
mine wastewater**

No.	Index	Source mine water	Coagulation, SKiF, D=1.0mg/l	Charcoalization using rice husk biochar with electromagnetic treatment dose, mg/dm ³				
				0,1	0,3	0,5	0,7	1,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	ORP	-0,07	+073	+080	+108	+050	+130	+130
2	pH	6,76	6,35	6,39	6,30	6,35	6,15	6,20
3	TDS	267	278	258	262	271	266	262

A visual assessment of the degree of purification of mine wastewater according to the above method is shown in fig. 2.

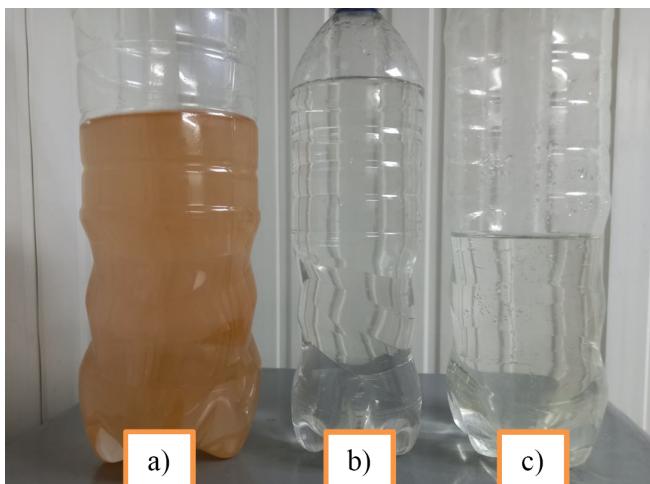


Fig. 2. Visual assessment of the degree of purification of mine wastewater in the sorption mode under static conditions: a) initial mine wastewater; b) treated mine water; c) tap water

Based on the results of the research, optimization of the sorption purification of mine waters in the mode of carbonization was carried out using the method of mathematical planning of the experiment - full factorial experiment (FFE 2^k) [13, 20].

The following parameters were taken as the response function:

$Y_1(X_1, X_2)$ - The content of iron in wastewater Fe^{2+} - $36.47 \pm 3.65 \text{ mg/l}$, (100) %;

$Y_2(X_1, X_2)$ - Zinc content in sewage Zn^{2+} - 0.376 ± 0.128 mg/l, (100) %.

The values of the variation factors and their physical meaning are presented in Table 4.

**Table 4.
The value of factors and levels of variation of FFE 2^k**

No.	Factor code	The physical meaning of the factor	Units rev.	Variation interval	Levels of variation		
					-1	0	+1
1	X_1	Dose of rice husk biochar with electromagnetic treatment	mg/dm ³	$\pm 0,2$	0,3	0,5	0,7
2	X_2	Acidity of the environment	pH	$\pm 0,1$	6,3	6,2	6,1

Using the least squares method, the basic regression equations were obtained, which are presented as polynomials of the 2nd degree:

$$Y(X_1, X_2) = B_0 + B_1 \cdot X_1 + B_2 \cdot X_2 + B_3 \cdot X_1 \cdot X_2 + B_4 \cdot X_1^2 + B_5 \cdot X_2^2 \quad (1)$$

The experimental plan and the results of the optimization parameters are given in Table 5.

**Table 5.
Experimental plan and results of optimization parameters**

№	Variable encoding		Natural values		Optimization parameter values					
	X_1	X_2	X_1	X_2	Y_1			Y_2		
					1	2	3	1	2	3
1	-1	-1	0,3	6,30	48,2	50,7	46,5	48,2	50,7	52,9
2	-1	0	0,3	6,20	40,6	44,7	49,1	42,6	46,7	51,1
3	-1	+1	0,3	6,10	37,4	41,8	43,9	37,4	41,0	40,5
4	0	-1	0,5	6,30	89,5	94,2	83,6	83,5	90,2	80,6
5	0	0	0,5	6,20	80,9	89,4	85,8	79,3	84,4	81,8
6	0	+1	0,5	6,10	86,0	80,2	75,3	80,0	77,2	75,3
7	+1	-1	0,7	6,30	52,8	59,9	65,7	67,8	70,9	75,7
8	+1	0	0,7	6,20	60,7	63,6	69,5	80,7	74,6	72,5
9	+1	+1	0,7	6,10	47,2	50,8	54,7	57,2	60,8	63,7

Statistical data processing was performed using the Mathcad program, which made it possible to obtain regression equations in the form of polynomials of the second degree. To obtain regression equations, we calculate the coefficients, the values of which are presented in Table 6.

Table 6.

Estimated coefficients of regression equations

The name of the output parameter of the equation	Coefficients of equations					
	B ₀	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅
Y ₁ Iron content Fe ²⁺ in wastewater	87,219	7,289	-4,356	-33,44	-2,578	-1,533
Y ₂ The content of zinc in wastewater Zn ²⁺	84,1	11,856	-4,872	-23,87	-4,05	-0,1

We calculate the sample variance and standard deviations. We carry out a test of the significance of the coefficients according to the Student's criterion.

$$D := \frac{\sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^3 (Y_{i,j} - MY_i)^2}{n \cdot (n - 1)} \quad (2)$$

$$D = 5,127$$

$$S := \sqrt{D_S} \quad (3)$$

$$S = 2.264$$

We calculate the inverse distribution function of the Student's criterion for the significance equation of 0.95 and the number of degrees of freedom 18.

To determine the tabular value of the Student's criterion, the number of degrees of freedom is equal to twice the number of experiments

We calculate the confidence error and compare it with the modules of coefficient values.

$$\xi := qt(0.95, 18) \cdot S \quad (4)$$

$$\xi = 3.926$$

If the calculated values of the coefficients are less than the confidence error then are insignificant, then the regression equations take the form:

$$V(x_1, x_2) := a_1 + a_3 \cdot x_2 + a_4 \cdot x_1^2 + a_5 \cdot x_2^2 + a_6 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (5)$$

We check the adequacy of the model by the Fisher criterion (F):

$$SAD := \sum_{i=1}^9 \frac{(Q_i - MY_i)^2}{1} \quad (6)$$

$$F := \frac{SAD}{D} \quad (7)$$

$$SAD = 31.132$$

$$F = 6.073$$

We calculate the inverse Fisher distribution function: $qF(0.95, 18, 1) = 247.323$

Since $F < qF$, with a probability of 0.95 the resulting equation is adequate to the data.

The results of the statistical tests obtained (Fisher's test F ; variance D_0^2 ; standard deviation S_0 and standard error in determining the coefficients ξ) are summarized in Table 7.

Table 7.
Statistical optimization criteria

The name of the output parameter of the equation	Statistical criteria			
	F	D_0^2	S_0	ξ
Y_1 Iron content Fe^{2+} in wastewater	6,07	5,127	2,26	3,93
Y_2 The content of zinc in wastewater Zn^{2+}	12,83	3,009	1,735	3,008

Based on the equations obtained, the response surfaces were constructed using the Mathcad software.

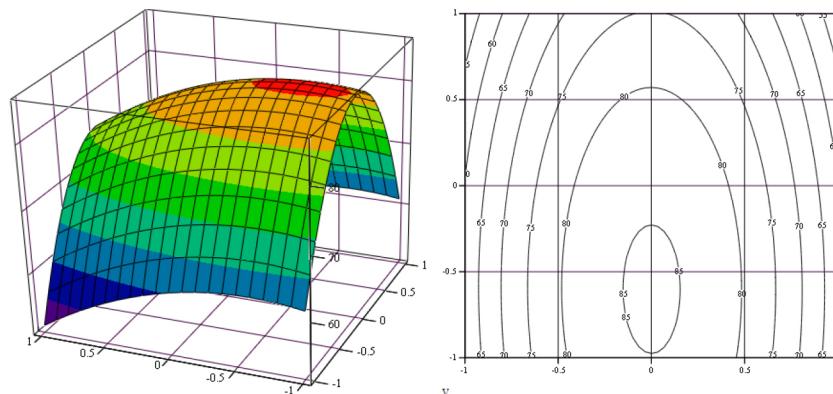


Fig. 3. The dependence of the zinc content in the treated mine water on the dose of the sorbent (X_1 - the axis of values is vertical on a flat graph) and the pH of the medium (X_2 - the axis of categories is horizontal on a flat graph)

Analysis of the results of the obtained model, presented in the form of regression equations, shows that the coefficient B_1 with the factor X_1 (the dose of the applied sorbent) has a positive effect on the process of reducing iron and zinc in water. Moreover, the efficiency of sorption is higher for zinc ($B_1 = 11.856$) than for iron ($B_1 = 7.289$). At the same time, the negative value of the coeffi-

cient B_2 at the factor X_2 (change in the acidity of the medium) indicates that a slight decrease in pH leads to a negative effect on the efficiency of sorption both in the case of iron ($B_2 = -4.356$) and in the case of zinc ($B_2 = -4.872$). The joint interaction of these factors ($X_1 X_2$) also significantly affects the sorption efficiency in the first ($B_3 = -33.44$) and in the second case ($B_3 = -23.87$). The remaining coefficients can be neglected, since they are insignificant for iron ($B_4; B_5$) and zinc (B_5), because they are less than the standard error in determining the coefficients.

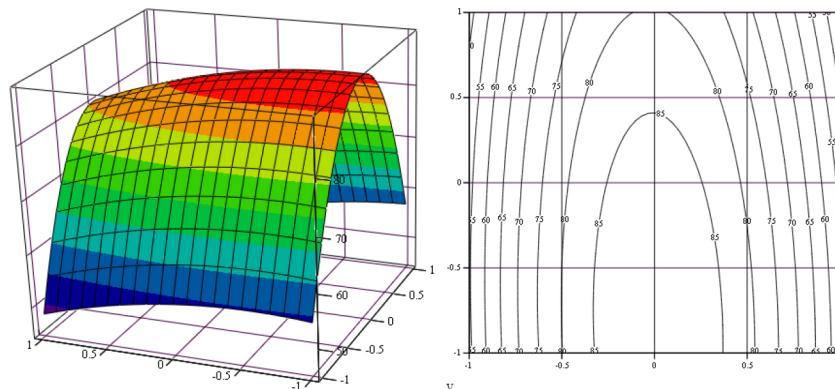


Fig. 4. The dependence of the iron content in the treated mine water on the dose of the sorbent (X_1 - the axis of values is vertical on a flat graph) and the pH of the medium (X_2 - the axis of categories is horizontal on a flat graph)

In general, based on the inequality $F < qF$ with a probability of 0.95, the proposed models are adequate and they can be used to describe the sorption process when using the studied sorbent to remove heavy metal ions (iron, zinc, etc.), while the optimal concentration of the sorbent from rice husk within 0.5 mg/dm^3 . With an increase and decrease in the concentration of the sorbent above the optimal values, the efficiency of sorption decreases, and this affects the iron to a greater extent.

Conclusions

In conclusion, the following conclusions can be drawn from the conducted research.

The proposed method for activating rice husk biochar (rice straw) by electromagnetic means has confirmed its effectiveness in the preparation of this carbon sorbent for the treatment of mine wastewater in laboratory conditions. In general,

the obtained sorbent has a chemical composition similar to that of activated carbon (the most widely used sorbent for water purification), but at the same time it is a cheap production waste, which confirms its efficiency, both technological and economic, when used to purify natural and waste water. With the introduction of the proposed treatment scheme for mine water treatment facilities, it is expected that the concentrations of dissolved heavy metal ions, in particular, iron, zinc, manganese, will decrease to the concentration of the discharge into the reservoir.

Acknowledgments. This research was funded by Innovation Promotion Fund under the START-1 program, Contract No. 3969GS1/65626 of 03/01/2021.

References

1. Bondareva L.V., Zakharov Yu.N. Numerical modeling of the process of industrial wastewater treatment in spent mine workings. *Journal of Mathematics, Mechanics and Computer Science*, 2015, vol. 86, no. 3, pp. 121-131. URL: <https://bm.kaznu.kz/index.php/kaznu/article/view/505>
2. Kulikova A.A., Sergeeva Yu.A., Ovchinnikova T.I., Khabarova E.I. Formation of mine water composition and analysis of treatment methods MIAB. *Mining Informational and Analytical Bulletin*, 2020, no.7, pp. 135-145. <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2020-7-0-135-145>
3. Kurdiomov V.R., Timofeev K.L., Maltsev G.I., A.B. Lebed Sorption of nickel (II) and manganese (II) ions from aqueous solutions. *Journal of Mining Institute*, 2020, vol. 242, pp. 209-217. <https://doi.org/10.31897/pmi.2020.2.209>
4. Userbaeva B., Tleuova S., Tleuov A., Taubayeva A., Ulbekova M. Mathematical description of the process of sorption treatment of waste water of chemical productions. *Herald of the Kazakh-British technical university*, 2021, vol. 18 no. 1, pp. 162-167. <https://doi.org/10.55452/1998-6688-2021-18-1-162-167>
5. Arefieva O. D., Shapkin N. P., Gruschkakova N. V., Prokuda N. A. Mine water: chemical composition and treatment. *Water Practice and Technology*, 2016, vol. 11, no. 3, pp. 540-546. <https://doi.org/10.2166/wpt.2016.060>
6. Dovorogwa, H., Harding, K. Exploring the Use of Tobacco Waste as a Metal Ion Adsorbent and Substrate for Sulphate-Reducing Bacteria during the Treatment of Acid Mine Drainage. *Sustainability*, MDPI. 2022, vol. 14(21), pages 1-11. <https://doi.org/10.3390/su142114333>
7. Gubina N. A., Ylesin M. A., Karmanovskaya N. V. Ways to increase the productivity and quality of mine water treatment. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 2018, vol. 9, no. 3, pp. 423-427. [https://doi.org/10.14505/jemt.v9.3\(27\).03](https://doi.org/10.14505/jemt.v9.3(27).03)

8. Kaartinen, T., Laine-Ylijoki, J., Ahoranta, S. et al. Arsenic Removal from Mine Waters with Sorption Techniques. *Mine Water Environ.*, 2017, no.36, pp.199–208. <https://doi.org/10.1007/s10230-017-0450-8>
9. Koetlisi, K.A.; Muchaonyerwa, P. Sorption of Selected Heavy Metals with Different Relative Concentrations in Industrial Effluent on Biochar from Human Faecal Products and Pine-Bark. *Materials*, 2019, no. 12: 1768. <https://doi.org/10.3390/ma12111768>
10. Lartey-Young, G., Ma, L. Remediation with Semicoke-Preparation, Characterization, and Adsorption Application. *Materials*, 2020, vol. 13, no. 19: 4334.
11. Lesmes Fabián, Camilo & Ruiz, Jhon. Production of Filtration Materials by Pyrolysis of Agroindustrial Residues for the Mining Waste Water Treatment. Conference: XI International Competition of research projects of young scientists Eurasia GreenAt: Ekaterimburgo, Rusia. May 2020.
12. Nobaharan, K., Bagheri Novair, S., Asgari Lajayer, B., van Hullebusch, E.D. Phosphorus Removal from Wastewater: The Potential Use of Biochar and the Key Controlling Factors. *Water*, 2021, vol. 13, no. 4: 517. <https://doi.org/10.3390/w13040517>
13. Núñez-Gómez, D., Lapolli, F.R., Nagel-Hassemer, M.E. et al. Optimization of Fe and Mn Removal from Coal Acid Mine Drainage (AMD) with Waste Biomaterials: Statistical Modeling and Kinetic Study. *Waste Biomass.*, 2020, vol. 11, pp.1143-1157. <https://doi.org/10.1007/s12649-018-0405-8>
14. Opálková Šíšková, A.; Dvorák, T.; Šimonová Baranyaiová, T.; Šimon, E.; Eckstein Andicsová, A.; Švajdlenková, H.; Opálek, A.; Krížik, P.; Nosko, M. Simple and Eco-Friendly Route from Agro-Food Waste to Water Pollutants Removal. *Materials*, 2020, vol.13, no.23: 5424. <https://doi.org/10.3390/ma13235424>
15. Pandová, I.; Panda, A.; Valíček, J.; Harničárová, M.; Kušnerová, M.; Palková, Z. Use of Sorption of Copper Cations by Clinoptilolite for Wastewater Treatment. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2018, vol.15, no.7: 1364. <https://doi.org/10.3390/ijerph15071364>
16. Rozumová, L.; Prehradná, J. Reducing the Content of Metal Ions from Mine Water by Using Converter Sludge. *Water*, 2018, vol.10, no.1: 38. <https://doi.org/10.3390/w10010038>
17. Runtti H., Tolonen E. T., Tuomikoski S., Lassi U., Luukkonen T. How to tackle the stringent sulfate removal requirements in mine water treatment — A review of potential methods. *Environmental Research*, 2018, vol. 167, pp. 207-222. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.07.018>
18. Solomakou, N.; Goula, A.M. Novel Low-Cost Biosorbents of Phenolic Compounds from Olive Mill Wastewaters. *Proceedings*, 2020, vol. 67, no. 1: 1. <https://doi.org/10.3390/ASEC2020-07544>

19. Fu, G.; Zhou, S.; Zhao, Y.; Li, Z.; Xu, Y.; Guo, Z. Removal Efficiency of Heavy Metals Such as Lead and Cadmium by Different Substrates in Constructed Wetlands. *Processes*, 2022, vol. 10, no. 12: 2502. <https://doi.org/10.3390/pr10122502>
20. Yuan, S., Sui, W., Han, G. et al. An Optimized Combination of Mine Water Control, Treatment, Utilization, and Reinjection for Environmentally Sustainable Mining: A Case Study. *Mine Water Environ.*, 2022, no. 41, pp. 828-839. <https://doi.org/10.1007/s10230-022-00886-3>

Список литературы

1. Бондарева, Л.В.; Захаров, Ю.Н. Численное моделирование процесса очистки промышленных стоков в отработанных горных выработках // *Journal of Mathematics, Mechanics and Computer Science*. 2015. №86(3). С. 121-131. URL: <https://bm.kaznu.kz/index.php/kaznu/article/view/505>
2. Куликова А.А., Сергеева Ю.А., Овчинникова Т.И., Хабарова Е.И. Формирование шахтных вод и анализ способов их очистки // ГИАБ. 2020. №7. <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2020-7-0-135-145>
3. Курдюмов В.Р., Тимофеев К.Л., Мальцев, Г.И., Лебедь, А.Б. Сорбционное извлечение ионов никеля (II) и марганца (II) из водных растворов // *Записки Горного института*. 2020. Т. 242. С. 209-217. <https://doi.org/10.31897/pmi.2020.2.209>
4. Усербаева Б.А., Тлеуова С.Т., Тлеуов А.С., Таубаева А.С., Улбекова М.М. Математическое описание процесса сорбционной очистки сточных вод химических производств // *Вестник Казахстанско-Британского технического университета*. 2021. №18(1). С.162-167. <https://doi.org/10.55452/1998-6688-2021-18-1-162-167>
5. Arefieva O. D., Shapkin N. P., Gruschakova N. V., Prokuda N. A. Mine water: chemical composition and treatment // *Water Practice and Technology*. 2016, vol. 11, no. 3, pp. 540-546. <https://doi.org/10.2166/wpt.2016.060>
6. Dovorogwa H., Harding K. Exploring the Use of Tobacco Waste as a Metal Ion Adsorbent and Substrate for Sulphate-Reducing Bacteria during the Treatment of Acid Mine Drainage // *Sustainability*, MDPI. 2022, vol. 14(21), pp. 1-11. <https://doi.org/10.3390/su142114333>
7. Gubina N. A., Ylesin M. A., Karmanovskaya N. V. Ways to increase the productivity and quality of mine water treatment // *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2018, vol. 9, no. 3, pp. 423-427. [https://doi.org/10.14505/jemt.v9.3\(27\).03](https://doi.org/10.14505/jemt.v9.3(27).03)
8. Kaartinen, T., Laine-Ylijoki, J., Ahoranta, S. et al. Arsenic Removal from Mine Waters with Sorption Techniques // *Mine Water Environ.* 2017, no. 36, pp.199–208. <https://doi.org/10.1007/s10230-017-0450-8>

9. Koetlisi, K.A.; Muchaonyerwa, P. Sorption of Selected Heavy Metals with Different Relative Concentrations in Industrial Effluent on Biochar from Human Faecal Products and Pine-Bark // Materials. 2019, no.12: 1768. <https://doi.org/10.3390/ma12111768>
10. Lartey-Young, G., Ma, L. Remediation with Semicoke-Preparation, Characterization, and Adsorption Application // Materials. 2020, vol. 13, no. 19: 4334.
11. Lesmes Fabián, Camilo & Ruiz, Jhon. Production of Filtration Materials by Pyrolysis of Agroindustrial Residues for the Mining Waste Water Treatment. Conference: XI International Competition of research projects of young scientists Eurasia GreenAt: Ekaterimburgo, Rusia. May 2020.
12. Nobaharan, K., Bagheri Novair, S., Asgari Lajayer, B., van Hullebusch, E.D. Phosphorus Removal from Wastewater: The Potential Use of Biochar and the Key Controlling Factors // Water. 2021, vol. 13, no. 4: 517. <https://doi.org/10.3390/w13040517>
13. Núñez-Gómez, D., Lapolli, F.R., Nagel-Hassemer, M.E. et al. Optimization of Fe and Mn Removal from Coal Acid Mine Drainage (AMD) with Waste Biomaterials: Statistical Modeling and Kinetic Study // Waste Biomass. 2020, vol. 11, pp.1143-1157. <https://doi.org/10.1007/s12649-018-0405-8>
14. Opálková Šišková, A.; Dvorák, T.; Šimonová Baranyaiová, T.; Šimon, E.; Eckstein Andicsová, A.; Švajdlenková, H.; Opálek, A.; Krížik, P.; Nosko, M. Simple and Eco-Friendly Route from Agro-Food Waste to Water Pollutants Removal // Materials. 2020, vol.13, no.23: 5424. <https://doi.org/10.3390/ma13235424>
15. Pandová, I.; Panda, A.; Valíček, J.; Harničárová, M.; Kušnerová, M.; Palková, Z. Use of Sorption of Copper Cations by Clinoptilolite for Wastewater Treatment // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2018, vol. 15, no. 7: 1364. <https://doi.org/10.3390/ijerph15071364>
16. Rozumová, L.; Prehradná, J. Reducing the Content of Metal Ions from Mine Water by Using Converter Sludge // Water. 2018, vol. 10, no. 1: 38. <https://doi.org/10.3390/w10010038>
17. Runtti H., Tolonen E. T., Tuomikoski S., Lassi U., Luukkonen T. How to tackle the stringent sulfate removal requirements in mine water treatment — A review of potential methods // Environmental Research. 2018, vol. 167, pp. 207-222. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.07.018>
18. Solomakou, N.; Goula, A.M. Novel Low-Cost Biosorbents of Phenolic Compounds from Olive Mill Wastewaters // Proceedings. 2020, vol.67, no.1: 1. <https://doi.org/10.3390/ASEC2020-07544>

19. Fu, G.; Zhou, S.; Zhao, Y.; Li, Z.; Xu, Y.; Guo, Z. Removal Efficiency of Heavy Metals Such as Lead and Cadmium by Different Substrates in Constructed Wetlands // Processes. 2022, vol. 10, no. 12: 2502. <https://doi.org/10.3390/pr10122502>
20. Yuan, S., Sui, W., Han, G. et al. An Optimized Combination of Mine Water Control, Treatment, Utilization, and Reinjection for Environmentally Sustainable Mining: A Case Study // Mine Water Environ. 2022, no. 41, pp. 828-839. <https://doi.org/10.1007/s10230-022-00886-3>

DATA ABOUT THE AUTHORS

Alla S. Smolyanichenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Water Supply and Sanitation

Don State Technical University

1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation

arpis-2006@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1664-2986>

Alexander K. Khaljushev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technological Engineering and Expertise in the Construction Industry

Don State Technical University

1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation

khaljushev@mail.ru

Elena V. Yakovleva, Postgraduate Student, Senior Lecturer of the Department of Water Supply and Sanitation

Don State Technical University

1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation

ananas199021@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5255-1598>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Смоляниченко Алла Сергеевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Водоснабжение и водоотведение»

Донской государственный технический университет

Площадь Гагарина, 1, г. Ростов-на-Дону, 344038, Российская Федерация

arpis-2006@mail.ru

Халюшев Александр Каюмович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии»

Донской государственный технический университет

Площадь Гагарина, 1, г. Ростов-на-Дону, 344038, Российская Федерация

khaljushev@mail.ru

Яковлева Елена Вячеславовна, аспирант, старший преподаватель кафедры «Водоснабжение и водоотведение»

Донской государственный технический университет

Площадь Гагарина, 1, г. Ростов-на-Дону, 344038, Российская Федерация

ananas199021@yandex.ru

Поступила 06.03.2023

Received 06.03.2023

После рецензирования 10.04.2023

Revised 10.04.2023

Принята 20.04.2023

Accepted 20.04.2023

DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5938

УДК 581.82+633.8



Научная статья

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ВИДОВ РОДА КРАСАВКА (*ATROPA* L.), КУЛЬТИВИРУЕМЫХ В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

И.В. Басалаева, О.М. Савченко

Состояние вопроса. Применение анатомического метода исследования различных форм, сортов и видов позволит определить степень адаптации растения к условиям обитания и оценить его экологическую пластичность.

Цель работы – оценка видов и селекционных образцов рода Красавка по комплексу признаков, включающих описание формы, размера и массы листьев, характер опушения эпидермы листовой пластинки, распределение, размер и число устьиц, а также урожайность сырья.

Результаты. Все коллекционные образцы изучаемых видов рода *Atropa* в условиях Нечерноземной зоны РФ проходят полный цикл развития. Проведена оценка потенциальной устойчивости 14 форм и видов белладонны к неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам среды, изучены их основные морфо-анатомические особенности. Адаптационный потенциал листьев изучаемых растений рода Красавка обусловлен изменчивостью структурных элементов эпидермы листа и является одним из факторов устойчивости к стрессу. В группе исследованных образцов наименьший стрессово-адаптивный потенциал (по совокупности признаков) у *A. acuminata* (406, Литва) и *A. belladonna* (487, Польша). Отмечено, что популяции *A. belladonna* из Восточной Европы и Франции имеют признаки ксероморфности на фоне уменьшения размеров растения по сравнению с контролем и наиболее низкой урожайностью. Отмечено, что образцы *A. belladonna* из Европы с желтым окрашиванием венчика занимают промежуточное значение по урожайности при наличии ксероморфных признаков, что свидетельствует об их приспособившемсяTM к условиям агроценоза. Наличие многочисленных секретирующих трихомов у исследованных образцов *A. belladonna* и *A. komarovii* (№ 5 и № 14) может свидетельствовать об их потенциальной устойчивости к болезням и

вредителям. Хорошо адаптированными можно считать виды *A. caucasica* и *A. komarovii*, а также образец *A. belladonna* из Великобритании (№ 1).

Заключение. Самыми высокурожайными являются популяции из России *A. belladonna* 15/15; *A. caucasica* 118 по сравнению с сортом Багира. Эти образцы могут считаться перспективными и хорошо адаптированными кандидатами для создания нового сорта белладонны.

Ключевые слова: виды рода красавки; трихомы; устьица; адаптация; агроценоз; урожайность сырья

Для цитирования. Басалаева И.В., Савченко О.М. Морфологические особенности и продуктивность видов рода красавка (*Atropa L.*), культивируемых в Московской области // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. Т. 15, №5. С. 282-305. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5938

Original article

MORPHOLOGICAL FEATURES AND PRODUCTIVITY OF THE ATROPA L. GENUS SPECIES, CULTIVATED IN THE MOSCOW REGION

V. Basalaeva, O.M. Savchenko

Background. The application of the anatomical method of studying various forms, varieties and species will allow to determine the degree of plant adaptation to habitat conditions and to assess its ecological plasticity.

Purpose. This work aim is to evaluate the species and breeding samples of the *Atropa* genus by a set of signs, including morphological description, shape, size and weight of leaves, the nature of the pubescence of the leaf blade epidermis, location, size and number of stomata, as well as the yield of raw materials.

Results. All collection samples of the studied species of the genus *Atropa* in the conditions of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation undergo a full cycle of development. The assessment of the potential resistance of 14 forms and species of *belladonna* to unfavorable biotic and abiotic environmental factors was carried out, their main morpho-anatomical features were studied. The adaptive potential of the leaves of the studied *Atropa* plants is due to the variability of the structural elements of the leaf epidermis and is one of the factors of resistance to stress. In the group of studied samples, *A. acuminata* (406, Lithuania) and *A. belladonna* (487, Poland) have the lowest stress-adaptive potential (according

*(to the set of signs). It was noted that populations of *A. belladonna* from Eastern Europe and France have signs of xeromorphism against the background of a decrease in plant size compared to the control and the lowest yield. It is noted that *A. belladonna* samples from Europe with yellow corolla staining occupy an intermediate value in yield in the presence of xeromorphic signs, which indicates their adaptability to the conditions of agroecosystems. The presence of numerous secreting trichomes in the studied accessions of *A. belladonna* and *A. komarovii* (nos. 5 and 14) may indicate their potential resistance to diseases and pests. The *A. caucasica* and *A. komarovii* species, as well as the *A. belladonna* specimen from Great Britain (no. 1), can be considered well adapted.*

Conclusion. The highest-yielding populations are from Russia *A. belladonna* 15/15; *A. caucasica* 118 compared to the Bagira variety. These samples can be considered promising and well-adapted candidates for creating a new variety of *A. belladonna*.

Keywords: species of belladonna genus; trichomes; stomata; adaptation; agroecosystem; yield of raw materials

For citation. Basalaeva I.V., Savchenko O.M. Morphological Features and Productivity of the *Atropa L.* Genus Species, Cultivated in the Moscow Region. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2023, vol. 15, no. 5, pp. 282-305. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-938

Введение

Одним из необходимых этапов селекционного процесса является комплексная оценка перспективных видов и разновидностей белладонны по урожайности сырья и семян, устойчивости растений к биотическим и абиотическим факторам среди произрастания, количественному содержанию биологически активных веществ в сырье, морфо-анатомическим признакам и прочим параметрам. Некоторые анатомо-морфологические особенности могут служить ранними диагностическими признаками пассивного иммунитета растений к болезням и вредителям [16, 28].

К адаптивным признакам растений, отвечающим за их устойчивость к абиотическим и биотическим факторам внешней среды, относится опушение. Оно слагается из морфологических особенностей кроющих и/или железистых волосков, их длины и числа встречаемости на единицу поверхности листа. Простые волоски способствуют регуляции температуры листа. Также трихомы могут создавать препятствие для продвижения фитофагов [13].

Железистые волоски встречаются на поверхности эпидермы листовой пластиинки у многих видов растений. Они синтезируют, сохраняют и вы-

деляют значительное количество метаболитов. Экстракт железистых волосков часто содержит ароматические вещества, придающие растениям характерный запах [13, 29].

У видов семейства Пасленовые (*Solanaceae*) опушение листа представлено широким спектром многоклеточных, обычно не ветвистых трихом разного размера. Растения данного семейства отличаются широчайшим многообразием типов опушения: трихомы (волоски) различаются по размеру, морфологии и химическому составу секрецииемых веществ, следовательно, имеют различную функциональную нагрузку [13].

Трихомы пасленовых обеспечивают защиту от биотического и абиотического стрессов; трихомы являются биологически активными и чувствительными к стрессу структурами и повышают фиторемедиационный потенциал растений этого семейства [30].

Так, железистые трихомы на листве *Solanum berthaultii* Hawkes препятствуют откладке яиц картофельной молью и негативно влияют на другие важные параметры продуктивности вредителей. Устойчивость, обусловленная железистыми трихомами *S. berthaultii*, обеспечивает важный генетический признак, потенциально полезный для выведения устойчивых сортов [31, 33].

Одним из ярких представителей семейства Пасленовые является род Красавка, в нашем исследовании, представленный четырьмя видами (*A. belladonna* L., *A. acuminata* Royle ex Lindl., *A. caucasica* (Kreyer) Avet, *A. komarovii* Blin. & Shalyt) [20]. Это многолетнее травянистое растение с многоглавым корневищем и крупными ветвящимися корнями. Красавка - перекрестноопыляющаяся культура, относится к теплолюбивым растениям, для которых большое значение имеет влажность почвы и воздуха; относится к мезофитам и обладает широкой экологической амплитудой на градиенте освещенности [2, 15]. Характеризуется продолжительным вегетационным периодом [2]. Это лекарственное растение, издавна применяющееся в научной медицине и обладающее широким спектром фармакологических свойств. Действие белладонны на организм определяется наличием атропина и скopolамина. Препараты белладонны применяются в качестве спазмолитических, болеутоляющих, антисептических и успокаивающих средств, в глазной практике для расширения зрачка [3].

Красавка растет в горных, преимущественно буковых, лесах Центральной, Южной и Юго-Восточной Европы. Предпочтительны рыхлые, увлажненные, перегнойные почвы под пологом лесов. Красавка заостренная произрастает в Гималаях и на Гиндукуше. В России ареал красавки кавказ-

ской охватывает лесной пояс Большого Кавказа и срединную часть Малого Кавказа. Красавка Комарова - эндемик Туркменистана и находится под угрозой исчезновения [3, 32].

В условиях агроценоза у растений, чье местообитание приурочено к достаточно увлажненным условиям, при адаптации начинают проявляться признаки ксероморфности [10, 21].

Ксероморфными могут считаться такие признаки, которые указывают на способность растений ограничивать потерю влаги. Это особенно важно при возделывании в полевых условиях культур, требовательных к почвенной влажности. Уменьшение размеров устьиц при повышении их количества на единицу площади является одним из признаков засухоустойчивости для комплексной оценки перспективности изучаемых форм [19, 22, 27].

Экологическая пластичность и многофункциональность эпидермы листа является важным диагностическим признаком адаптации растений к экологическим условиям мест произрастания. Общей реакцией на стресс являются редукция листовой пластинки, возрастание числа и уменьшение размеров устьиц, увеличение общего количества простых и железистых трихом, длины кроющих волосков [4].

Целью настоящей работы является оценка видов и селекционных образцов рода Красавка по комплексу признаков, включающих характер опушения эпидермы листовой пластинки, распределение, размер и число устьиц, а также урожайность сырья.

Материалы и методы

Опыт проводили в 2021-2022 гг. на опытном поле ВИЛАР. Объектом исследований служили коллекционные образцы 2 и 3 года вегетации 4-х видов рода *Atropa*, полученные по обменному фонду из ботанических садов и биологических учреждений России и зарубежных стран. В качестве контроля был использован сорт *A. belladonna* селекции ВИЛАР «Багира» [17].

Количество семян коллекционных образцов, получаемых по обменному фонду, весьма ограничено, но нам его достаточно, так как рассадный способ закладки питомников требует незначительного количества семян. Коллекционный питомник закладывали рассадой в 2020 году, предварительно выращенной в теплице в течение двух месяцев. Посадку растений проводили вручную по схеме 60x40 с поливом (0,5 литра на растение) по 25 растений каждого образца, в 3-х кратной повторности. Площадь делянки в коллекционном питомнике составляла 6м², учетная - 3м².

Биометрические учеты проводили на 15 растениях каждого образца, в 3-кратной повторности. Учитывали фенологические фазы развития, продолжительность вегетационного периода, высоту растений, число генеративных побегов, размеры листьев и урожайность сырья.

При решении основных методических вопросов были использованы общепринятые руководства [11, 12, 26] и Требования к оформлению полевых опытов во Всероссийском научно-исследовательском институте лекарственных и ароматических растений (ВИЛАР), разработанные для селекции и семеноводства лекарственных культур [23].

Урожайность сырья учитывали во второй год вегетации при двухукосной технологии. Для этого в фазу массового цветения (1 укос), а также после отрастания скосленных растений до цветения (2 укос) растения срезали серпом вручную, на высоте 10-12 см, высушивали при температуре +60°C до воздушно-сухого состояния [2].

Материал для исследований был собран в фазу массового цветения. Исследование проводились на листовых пластинках растений второго и третьего года жизни. Листья срединной части побегов (по 10 шт.) собирали на 5 растениях каждого варианта. Участки нижней и верхней эпидермы средней части стеблевых листьев изучались на временных препаратах. Микроморфологический анализ эпидермы нижней (абаксиальной) и верхней (адаксиальной) поверхностей листовой пластинки проводили в 5-7 полях зрения для каждого листа при увеличении *10 и *40 светового микроскопа.

Количественные показатели и длину трихом определяли при помощи окуляр- микрометра 9x Ernst Zeits Wetzlar и объект-микрометра ОМ-П с ценой деления 10 мкм. Анализ микроскопических признаков сырья, морфометрические и гистохимические исследования проводили согласно методикам Государственной фармакопеи РФ XIV издания [6, 9] с помощью светового микроскопа ЛОМО МИКМЕД-1 и фотографировали камерой 14.0 Мп USB 2.0 C-Mount. Описание делали согласно принятым методикам [1, 5, 24]. Выборка составляла 10 измерений, статистическая обработка результатов выполнена в программе Microsoft Excel [14].

Результаты и их обсуждение

Погодные условия в течение вегетационного сезона в 2021-2022 гг. были неоднородными [18]. В 2021 году положительные среднесуточные температуры наступили с 04.04.21; среднесуточные температуры выше +10 С - с 12.04.21. Осадки на опытном поле ВИЛАР в апреле и в мае превышали среднемесячные показатели для этого периода на 147 % и 52% соответственно.

но. Температурные показатели июня составили в среднем +20,5°C, что на 3,2° выше средних многолетних значений. Сложились благоприятные условия для роста растений. В летние месяцы осадки выпадали неравномерно: осадки проливного характера отмечены 28 июня, ежедневно моросящие и проливные дожди - с 6 по 15 июля при высоких температурных значениях. В 2022 году положительные среднесуточные температуры наступили с 8 апреля; среднесуточные температуры выше +10 °C - с 3 мая. Отклонение от среднемесячных температур в апреле и мае составило -1,1° и -2,9°. Температурный фон весенних и летних месяцев был крайне неустойчивым: минимальные температуры чередовались с максимальными. В 2022 году избыточное количество осадков выпало в апреле (в 2 раза выше нормы). В июне и в июле 2022 года средние месячные температуры были выше на 1-1,6°, в августе - выше на 4° средних многолетних значений.

Несмотря на то, что белладонна является теплолюбивым растением, вся коллекция хорошо переносит зиму, процент выживаемости на уровне 95%.

Коллекционные образцы отличались по морфологическим признакам: по окраске цветков, листьев, стеблей и плодов (рисунок 1).

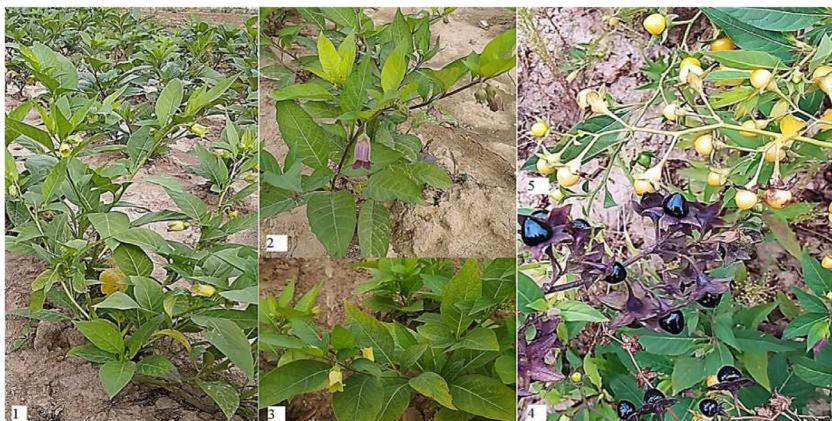


Рис. 1. Образцы с различными окрасками венчика, листа, стебля и плодов:

- 1 - *A. acuminata* 406;
- 2 - *A. belladonna*, сорт Багира;
- 3 - *A. belladonna* 710;
- 4 - *A. belladonna* 378;
- 5 - *A. belladonna* 399

Морфологические особенности к первому укусу представлены в таблице, из которой следует, что в пределах коллекции отмечалась значительная изменчивость по высоте растений, числу генеративных побегов и площади листьев (таблица 1). Данные приведены средние за два года вегетации.

Таблица 1.
Характеристика коллекционных образцов белладонны (2 и 3 гг. вегетации)

№	Номер популяции, происхождение образца	Высота растений, см	Число боковых побегов, шт.	Длина листа, см.	Ширина листа, см	Масса листьев с 1 растения, г	Окраска листа	Окраска венчика
1	<i>A. belladonna</i> 122 (392-18), Великобритания, Кью	96,3±2,7	5,2±0,5	11,5±0,4	5,9±0,4	25,6±0,7	темно-зеленая	очень светло-фиолет.
2	<i>A. belladonna</i> 487 (198-18), Польша	71,7±2,6	3,2±0,3	9,1±0,6	4,8±0,3	18,4±0,8	зеленая с фиолетовыми краями	фиолетовая
3	<i>A. belladonna</i> 378 (149-19), Германия	83,7±4,7	5,1±0,3	10,7±0,5	5,5±0,3	19,4±1,0	темно-зеленая	темно-фиолетовая
4	<i>A. belladonna</i> 399 (147-16), Польша	91,3±3,2	5,8±0,8	9,9±0,4	4,2±0,3	25,2±0,8	светло зеленая	желтая
5	<i>A. belladonna</i> 710 (269-19), Германия	85,0±4,7	5,1±0,6	7,9±0,3	4,6±0,3	20,4±0,9	зеленая	желтая
6	<i>A. acuminata</i> 406 (277-18), Литва	76,3±2,0 ₃	4,6±0,7	8,1±0,3	3,6±0,3	15,1±1,0	светло зеленая	желтая со светло-фиолет. краем
7	<i>A. belladonna</i> 436 (211-18), Италия	81,0±3,1	4,0±0,5	9,7±0,4	4,3±0,2	16,5±0,7	зеленая-темно зеленая	светло-фиолет.
8	<i>A. belladonna</i> 8, (95-18), Чехия	89,3±2,6	4,8±0,8	10,3±0,3	4,5±0,2	20,5±1,1	темно-зеленая	темно-фиолет.
9	<i>A. belladonna</i> 210 (62-16), Польша	95,7±0,3	6,8±0,7	9,6±0,4	4,5±0,3	11,8±1,0	темно-зеленая	фиолетовая
10	<i>A. belladonna</i> (188-18), Франция	87,5±3,2	4,3±0,4	10,6±0,5	5,4±0,4	21,3±1,6	темно-зеленая	темно-фиолетовая
11	<i>A. belladonna</i> , сорт Багира (контроль), Россия	103,3±6,6	5,5±0,4	12,2±0,4	5,4±0,3	28,4±1,1	очень темно-зеленая	темно-фиолетовая
12	<i>A. belladonna</i> 15/15, Россия	121,7±3,3	6,9±0,3	14,7±0,6	6,3±0,4	34,3±1,4	очень темно-зеленая	темно-фиолетовая
13	<i>A. caucasica</i> 118, Россия	80,7±2,7	8,5±0,2	10,1±0,5	4,8±0,2	24,3±0,9	темно-зеленая	фиолетовая
14	<i>A. komarovii</i> (224-12),	85,0±2,9	6,1±0,7	11,0±0,8	4,8±0,3	24,4±0,6	зеленая	светло-фиолет.

| Франция | | |

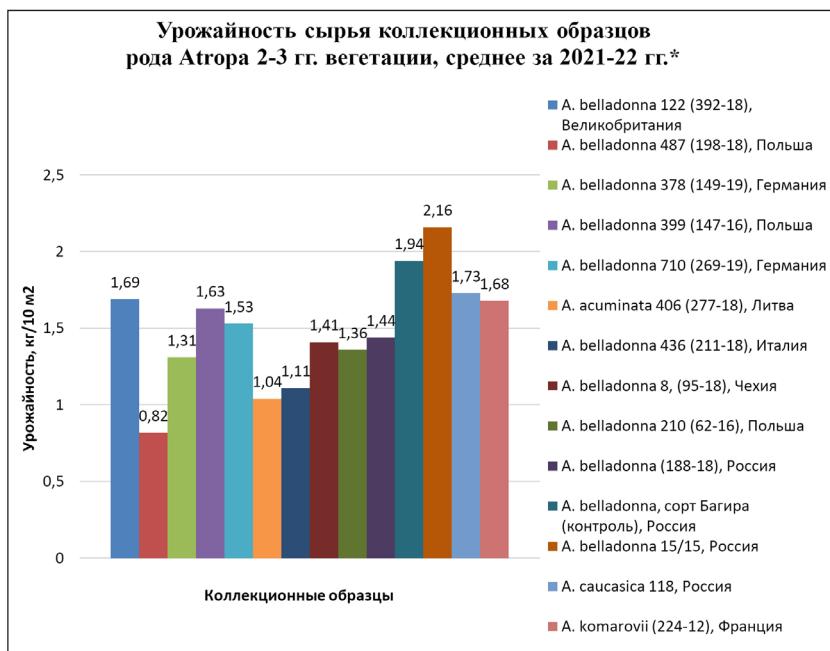
По прохождению фенологических фаз развития среди коллекционного разнообразия выделены раннеспелые образцы: *A. belladonna* 487 (Польша), *A. belladonna* 710 (Германия), у которых вегетационный период составляет 152154 суток при 156 суток у стандарта. Группу позднеспелых популяций с продолжительностью вегетационного периода 160-165 суток составили образцы *A. caucasica* 118 (Россия), *A. belladonna* 15/15 (Россия), *A. belladonna* 210 (Польша). Остальные варианты коллекции по этому признаку занимали промежуточное положение и находились на уровне стандарта.

Число генеративных побегов относится к сильно варьируемым признакам, в пределах изучаемой коллекции диапазон изменчивости составляет 3,2 - 8,5 штук на одном растении, при среднем у стандарта - 5,5 шт. на растении. Как известно, этот признак является слагаемым элементом структуры урожая и напрямую коррелирует с урожайностью сырья [8, 25]. Коллекционный материал представлен образцами с малым (до 3 шт.), средним (4-6 шт.) и большим (7-9 шт.) количеством побегов на растении. Наибольшее образование генеративных побегов установлено у образцов, полученных из Франции, России и Польши. Такие популяции, с практической точки зрения, представляют наибольший интерес, как наиболее продуктивные. Особого внимания заслуживают образцы с большой площадью листовой поверхности, которая непосредственно связана с урожайностью сырья. По нашим наблюдениям к таким образцам относятся - *A. belladonna* 15/15 из России, *A. belladonna* 122 (392-18) из Великобритании, *A. komarovii* (224-12) из Франции.

Важным хозяйствственно-полезным признаком является урожайность воздушно-сухого сырья. Изучаемые популяции белладонны отличались по этому показателю (Рисунок 2).

По урожайности сырья во второй год вегетации лучшим по сравнению с контролем оказался образец *A. belladonna* 15/15, который по урожайности травы превосходил контрольный вариант на 11%. Этот перспективный для селекции номер был получен путем химического мутагенеза из сорта Багира в 2011 году. Следует заметить, что этот образец характеризовался и более высокими показателями морфологических признаков - высоте растений, количеству побегов, длине и ширине листа [7, 8, 25].

Самая низкая урожайность отмечена у образцов 487 из Польши, 406 из Литвы и 436 из Италии за счёт низкого количества боковых побегов и небольших размеров листа. Мелкие листья отмечались у популяции 210 из Польши, но из-за высокого количества боковых побегов урожайность имела среднее значение.



* – за 1 укос

Рис. 2. Средняя урожайность воздушно-сухого сырья белладонны обыкновенной и других представителей рода *Atropa* 2-3 гг. вегетации (кг/10 м²)

Менее чем за 2 месяца после первого укоса в коллекционном питомнике был сформирован второй урожай сырья. Многолетними наблюдениями установлено, что после укоса из спящих почек нижней части стебля у растений белладонны появляются дополнительные вегетативные побеги с большим количеством листьев, которые являются наиболее ценным компонентом сырья. Если лимит генеративных побегов к первому укусу был 8,5 шт. на одно растение, то ко второму укусу - 15,2 шт.

Количественные признаки, представляющие наибольший практический интерес подвержены сильной модификационной изменчивости. Выявление изменчивости важнейших хозяйствственно-полезных признаков является необходимым началом в селекционной работе с любым видом растений, в том числе и с белладонной.

Анализ коэффициентов вариации (CV, %) свидетельствует о том, что морфологические и хозяйствственно-ценные признаки коллекции белладон-

ны характеризуются разной степенью изменчивости. Наиболее высокая вариабельность была отмечена по признакам: число продуктивных побегов на одном растении ($CV=31\text{--}57\%$), масса листьев с одного растения ($CV=23\text{--}31\%$). Высота растений, размеры стеблевых листьев, урожайность травы имели коэффициенты вариации в средних пределах - от 12 до 24%. Таким образом, у белладонны обыкновенной эффективный отбор возможен по числу побегов на растении, массе листьев, что подтверждают ранее сделанные исследования [7].

Листья изучаемых образцов белладонны дорсовентральные. Центральная жилка часто имеет антоциановое окрашивание (у образцов № 11 и 13). По форме листовые пластинки варьируют от широких у образцов *A. belladonna* 15/15 и *A. belladonna* 122, до узких у номеров *A. acuminata* 406 и *A. belladonna* 399 (рис. 3).

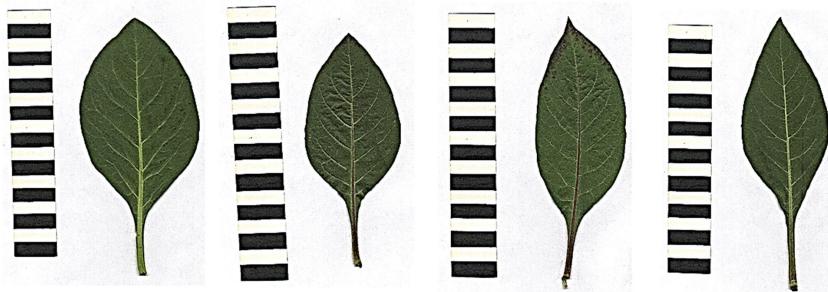


Рис. 3. Вариации формы листовой пластинки растений рода *Atropa*

Получены данные относительно распределения устьиц на верхней и нижней эпидерме листа. Кутину верхней и нижней эпидермы ровная, форма клеток округлая, стенки клеток извилистые, клетки равномерно утолщенные. Устьица овальные, погружены в мезофилл, расположены преимущественно на нижней стороне листа. Устьичный аппарат анизоцитный. Опушение листовых пластинок исследованных растений красавки представлено двумя типами трихом. Первый тип представлен секретирующими трихомами, имеющими длинную одноклеточную (или 2-3-х клеточную) ножку и одноклеточную железку на вершине (I). Содержимое клеточной головки прозрачное, часто терминальная клетка разрушена полностью или частично. Трихомы I типа локализованы вдоль жилок и по краям листовой пластинки. У образцов № 1, 3 и 12 они встречаются и на межжилковом пространстве. Второй тип железистых трихом характе-

ризуется шестиклеточной головкой, клетки которой расположены в три ряда (II). У такого типа трихомы одноклеточная ножка расположена под углом к поверхности. Их величина во всех вариантах остается неизменной и составляет порядка 10-15 мкм. Они локализованы в основном вдоль жилок (Рисунок 4).

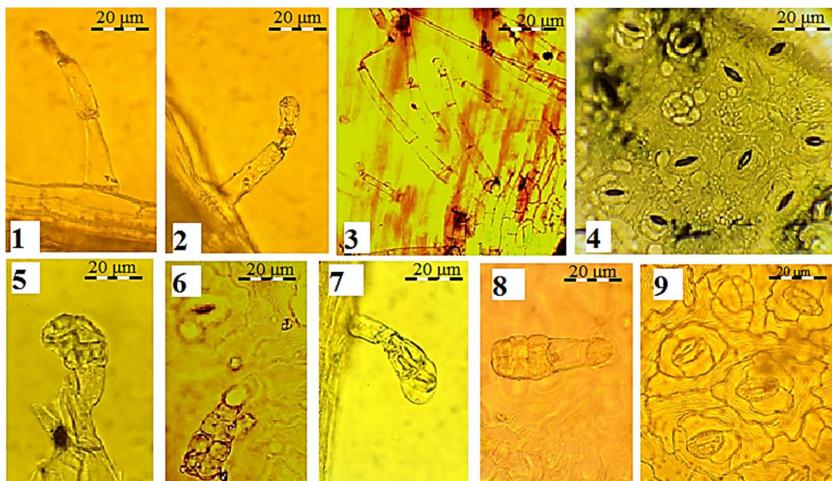


Рис. 4. 1-3 - опушение листовых пластинок трихомами первого типа.
5-8 - секреции трихомы второго типа. 4, 9 - устьица анизоцитного типа

Изучаемые образцы заметно различаются по степени опущенности и по длине трихом. Отмечено, что у № 13 листья голые, а у № 10 обнаружены только железистые трихомы II типа, характерные для растений семейства Пасленовые (Рисунок 4).

Разница между числом устьиц на верхней и нижней эпидерме очень значительна у всех анализируемых форм. Наибольшее соотношение (1:5,17) и (1:5,96) - у № 7 и № 10, наименьшее (1:1,18) - у № 4. Число устьиц на нижней эпидерме изменяется в пределах от 29,16 до 114,30 шт/мм², а на верхней - от 13,90 до 50,74 шт/мм². Также отмечено, что образцы № 4, 9, 12 и 14 имеют небольшое число устьиц на верхней и на нижней эпидерме, коэффициент не превышает 1,5 (Таблица 2).

Анализ размеров устьиц показал, что у образцов № 1, № 3, № 7, 8, 10 размеры на верхней и нижней эпидерме отличаются незначительно. А у образцов № 2, 4-6, 9, 11-14 размеры устьиц на нижней эпидерме увеличиваются в длину и в ширину на 10-20 % (Таблица 2).

Таблица 2.

Распределение и размеры устьиц (на 1 мм²) на верхней и нижней эпидерме листовой пластиинки 14 образцов белладонны

Формы и виды	B/H*	Показатель		
		Кол-во устьиц, шт./мм ²	Длина устьиц, мкм.	Ширина устьиц, мкм.
1	B	14,52±1,91	10,07±1,26	6,00±0,41
	H	65,22±6,95	10,24±1,49	6,12±0,44
2	B	20,97±2,09	10,00±1,84	6,08±0,36
	H	79,41±7,07	12,36±1,72	7,12±0,52
3	B	21,73±1,96	10,16±1,75	7,03±0,48
	H	50,38±4,77	10,29±0,96	8,00±0,73
4	B	36,25±3,17	8,03±0,77	6,00±0,34
	H	42,87±4,79	11,21±1,72	7,08±0,49
5	B	21,7±1,85	8,00±0,61	5,00±0,28
	H	57,74±4,92	12,23±1,27	8,07±0,73
6	B	43,5±4,13	7,11±0,65	4,02±0,26
	H	71,13±6,88	10,12±1,72	6,00±0,39
7	B	14,48±1,09	10,00±1,06	6,05±0,43
	H	86,31±7,83	10,15±1,25	6,17±0,64
8	B	21,66±2,11	10,02±1,24	6,00±0,47
	H	57,46±5,31	10,21±1,87	6,08±0,51
9	B	21,59±2,07	8,13±0,63	7,00±0,76
	H	29,16±2,44	10,18±1,73	7,11±0,82
10	B	13,9±0,88	7,00±0,68	5,00±0,27
	H	71,94±7,13	8,06±0,79	6,00±0,37
11	B	35,88±3,22	8,17±0,86	6,02±0,23
	H	114,3±9,98	10,34±1,15	6,06±0,44
12	B	28,3±1,75	7,15±0,31	4,00±0,26
	H	36,18±2,57	8,26±0,87	6,14±0,63
13	B	28,7±2,06	7,00±0,72	5,07±0,61
	H	64,88±6,14	10,20±1,79	7,22±0,88
14	B	50,74±5,44	10,18±1,34	6,00±0,38
	H	65,04±6,29	11,24±1,56	7,18±0,86

Примечание: * B/H - верхняя или нижняя эпидерма листовой пластиинки

На рисунке 5 представлены средние данные за два года исследований. В целом можно отметить, что величина головчатых трихом I типа на верхней эпидерме листовых пластинок опущенных образцов № 1, 3, 7 и 12 различается в пределах ошибки опыта. У образцов № 2, 5, 6 и 14 соотношение между вели-

чиной трихом верхней и нижней эпидермы составляет от 1:1,2 до 1:3. Отмечено, что, у № 2 и 6 длина трихомов на нижней эпидерме выше, чем на верхней эпидерме, а у № 5 и 14 - наоборот. У образца № 7 длина головчатых трихом I типа самая большая по сравнению с прочими и составляет 92-100 мкм на верхней эпидерме и 95-106 мкм на нижней. У образца № 14 на верхней эпидерме длина трихом I типа составляет 94-100 мкм, а на нижней - 27-32 мкм.

Наиболее высокая встречаемость трихом II типа определена главным образом на верхней эпидерме. У образцов № 2, 6, 11 и 14 их количество варьирует от 27 до 30 шт. на 1 мм². У образцов № 2, 4, 6, 7, 9 и 11 это число ниже и составляет от 11 до 20 шт. / мм². У № 5 и 14 трихомы II типа обнаружены на верхней и на нижней эпидерме листовой пластинки, а у № 10 и 12 - только на нижней. У № 1, 3, 8 и 13 трихомы II типа найдены не были (Рисунок 5).

Наличие секретирующих трихом у исследованных образцов № 2, 4-7, 9-12 и 14 может свидетельствовать об их потенциальной устойчивости к болезням и вредителям.

Наиболее опущенным может считаться № 1: количество трихом I типа на верхней эпидерме составляет 35-42 шт. на 1 мм², а на нижней эпидерме 57-66 шт. 1 мм². У образцов № 3 и 7 наиболее интенсивно опущена нижняя часть листовой пластинки; у № 4, 8, 9 и 11 отсутствует опушение верхней стороны листовой пластинки, а опушение нижней стороны может считаться слабым. Также к слабоопущенным можно отнести № 5 и 6. У № 2 опушение верхней стороны листовой пластинки достаточно интенсивное и составляет 52-58 шт. на 1 мм².

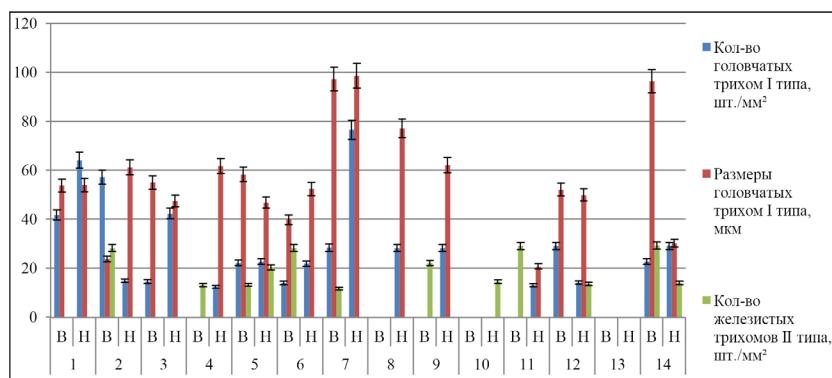


Рис. 5. Анализ опущенности верхней (В) и нижней (Н) эпидермы листовой пластинки форм и видов рода Красавка, среднее за 2021-2022 гг.

Установленные морфо-анатомические различия могут свидетельствовать о различной устойчивости исследуемых видов, форм и сортов белладонны. Тенденция к увеличению количества устьиц при уменьшении их величины является следствием ксероморфности в строении эпидермы листа, что свидетельствует, о присутствии одного из положительных признаков для комплексной оценки образцов белладонны на засухоустойчивость.

Различные формы и виды рода Красавка по-разному реагируют на условия агроценоза: либо это уменьшение транспирации за счет сокращения количества устьиц и их размеров. Может повышаться интенсивность опушения, как следствие терморегуляции, увеличивается отражение света, в том числе ультрафиолетовых лучей, сокращается потеря воды через испарение. Так, образцы № 3, 4, 9 и 12 отличаются наименьшим совокупным количеством устьиц, а № 4-6, 9-12 - самыми мелкими линейными размерами устьиц, что является одним из признаков ксероморфности. К образцам с ксероморфными признаками можно отнести № 4, 9, 14, 8, 7 (наибольшая совокупная длина кроющих трихом) и № 14, 5, 2, 1, 7 (по высокой степени опущенности листовых пластинок).

Выводы

1. Все коллекционные образцы изучаемых видов рода *Atropa* в условиях Нечерноземной зоны РФ проходят полный цикл развития. Самыми высокоурожайными являются популяции из России под номерами 12 и 13 по сравнению с контролем.

2. В группе исследованных образцов наименьший стрессово-адаптивный потенциал (по совокупности признаков) у *A. acuminata* (406 (277-18), Литва) и *A. belladonna* (487 (198-18), Польша). Отмечено, что популяции *A. belladonna* из Восточной Европы и Франции имеют признаки ксероморфности на фоне уменьшения размеров растения по сравнению с контролем и наиболее низкой урожайностью.

3. Отмечено, что образцы *A. belladonna* из Европы с желтым окрашиванием венчика (№ 4 и 5) занимают промежуточное значение по урожайности при наличии ксероморфных признаков, что свидетельствует об их приспособляемости к условиям агроценоза.

4. Наличие секретирующих трихомов на обеих сторонах листовой пластиинки у исследованных образцов *A. belladonna* и *A. komarovii* (№ 5 и № 14) может свидетельствовать об их потенциальной устойчивости к болезням и вредителям.

5. Хорошо адаптированными можно считать виды *A. caucasica* и *A. komarovii*, а также образец *A. belladonna* из Великобритании (№ 1). Образец *A. belladonna* № 12 может считаться перспективным, хорошо адаптированным и высокоурожайным кандидатом для создания нового сорта белладонны.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Работа выполнена в рамках темы НИР «Формирование, сохранение и изучение биоколлекций генофонда различного направления с целью сохранения биоразнообразия и использования их в технологиях здоровьесбережения» (FGUU-2022-0014).

Список литературы

1. Анели Н. А. Атлас эпидермы листа. Тбилиси: Мецниереба, 1975. 108 с.
2. Аникина А. Ю., Басалаева И. В., Бушковская Л. М., Быкова О. А., Грязнов М. Ю., Загуменников В.Б., Климахин Г.И., Ковалев Н. И., Конон Н.Т., Коротких И. Н., Морозов А. И., Никифорова О. И., Пушкина Г. П., Ромашкина С. И., Савченко О.М., Семенихин И.Д., Тоцкая С. А., Тропина Н. С., Тхаганов Р. Р., Хазиева Ф. М., Цицилин А. Н. Лекарственные и эфирномасличные культуры: особенности возделывания на территории Российской Федерации. Москва: изд-во «Наука», 2021. С. 55-61.
3. Атлас лекарственных растений России [Под ред. Н. И. Сидельникова] М.: ФГУП «Академический научно-издательский, производственно-полиграфический и книгораспространительский центр «Наука», 2021. С. 258-260.
4. Ахкубекова А.А., Тамахина А.Я. Адаптивные признаки эпидермы листьев представителей семейства *Boraginaceae* // Известия Г орского го сударственного аграрного университета. 2020. № 57 (2). С. 188-195. URL: <https://journal.gorskigau.com/Portals/3/Izvestia/%D0%98%D0%97%D0%92%D0%95%D0%A1%D0%A2%D0%98%D0%AF%2057%20%D1%872.pdf?ver=2020-07-30-120518-183> (дата обращения 14.11.2022)
5. Барanova М.А. Классификация морфологических типов устьиц // Ботанический журнал. 1985. № 70 (12). С. 1585-1595
6. Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятов А.Г., Джалилова Х.Х., Ильина Г.М., Чубатова Н.В. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы. М.: Изд-во МГУ, 2004. 312 с.

7. Басалаева И.В. Фенотипическая изменчивость и корреляция количественных признаков у белладонны обыкновенной // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2013. № 5. С. 30.
8. Басалаева И.В. Оценка и создание исходного материала для селекции белладонны (*Atropa belladonna* L.) в Нечерноземной зоне РФ: дисс... канд. сельскохозяйственных наук. Москва, 2013. 136 с.
9. Государственная фармакопея РФ XIV издания. Федеральная электронная медицинская библиотека Министерства здравоохранения Российской Федерации, 2018 (ФС. 5.3.0003.15, ФС.1.5.1.0002.15). URL: <http://femb.ru/feml> (дата обращения 20.11.2022)
10. Грязнов М.Ю., Савченко О.М. Биологические особенности *Scutellaria altissima* L. в условиях культуры в Нечерноземной зоне России // Вестник КрасГАУ. 2022. № 7 (184). С. 109-115. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-7-109-115>
11. Гуляев Г.В., Грибович В.А. Изучение изменчивости количественных признаков у овса Льговский 1026 в процессе первичного семеноводства. // Изв. ТСХА, 1972, Вып. 2. С. 45-52.
12. Гуляев Г.В., Гужов Ю.А. Селекция и семеноводство полевых культур. М., 1987. 447 с.
13. Дорошков А.В., Афонников Д.А. Опущение листа у картофеля *Solanum tuberosum*: морфология, функциональная роль и методы исследования. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. 22(1). С. 46-53 <https://doi.org/10.18699/VJ18.327>
14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. Изд. 6-е. М.: Альянс, 2011 350 с.
15. Захаренко В.Г. Возрастные спектры и динамика ценопопуляций красавки (*Atropa belladonna* L.) в горном Крыму. Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2012. № 4. С. 5-11.
16. Кавцевич В.Н., Попова М.С., Кавцевич И.А. Морфоанатомические особенности диких форм томата. Весці БДПУ. Серыя 3. Фізика. Матэматыка. 1нфарматыка. Б1ялопя. Геаграф1я. 2007. № 3 (53). С. 40-44.
17. Конон Н.Т., Станишевская И.Е., Хазиева Ф.М. Патент на селекционное достижение № 5740 от 13.01.2011 г. с датой приоритета 14.05.2009 г. Белладонна (*Atropa belladonna* L.) Сорт «БАГИРА»
18. Климатический монитор г. Москва. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php> (дата обращения 19.02.2023)
19. Кузнецова Т.А., Сорокопудов В.Н. Влияние условий влагообеспечения на анатомические особенности листьев черемухи обыкновенной Плодоводство и ягодоводство России. 2016. Т. 44. С. 182-186.

20. Плантариум. Растения и лишайники России и сопредельных стран: открытый онлайн атлас и определитель растений. URL: <https://www.plantarium.ru/page/taxonomy/taxon/44663.html> (дата обращения 14.12.2022).
21. Савченко О. М., Ковалев Н.И.. Морфо-анатомическое строение зюзника европейского (*Lycopus europaeus* L.) в связи с обработкой растений кремний содержащим препаратом // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2022. Т. 14(3). С. 40-57. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2022-14- 3-40-57>
22. Сорокупудов В.Н., Кузнецова Т.А., Шлапакова С.Н., Филипповская А.О., Лукашов Е.С. Анатомо-морфологические особенности листа *Rosa rugosa* Thub. в разных климатических условиях. Вестник КрасГАУ. 2018. № 5 (140). С. 323328. URL: http://www.kgau.ru/vestnik/2018_5/content/55.pdf (дата обращения 7.12.2022)
23. Требования к оформлению полевых опытов во Всероссийском научно-исследовательском институте лекарственных и ароматических растений (ВИЛАР). М, 2006. 16 с.
24. Федоров А.Л., Кирпичников М.Э., Артюшенко З.Т. Атлас по описательной морфологии высших растений. Лист. Под ред. Баранова П.А. Москва-Ленинград. Изд-во академии наук СССР, 1956. 310 с.
25. Хазиева Ф.М., Саматадзе Т.Е., Свистунова Н.Ю., Ромашкина С.И., Сидельников Н.И. Характеристика представителей рода *Atropa* в условиях интродукции // Растительные ресурсы. 2019. Т. 55. №1. С. 72-84. <https://doi.org/10.1134/S0033994619010059>
26. Цицилин А.Н., Ковалев Н.И., Коротких И.Н., Кудринская (Басалаева) И.В., Бабенко Л.В., Савченко О.М., Хазиева Ф.М. Методика исследований при интродукции лекарственных и эфирномасличных растений. (2-е издание, переработанное и дополненное). Москва: Наука, 2022. 64 с.
27. Bacelar E.A., Correia C.M., Moutinho-Pereira J.M., Goncalves B.C., Torres-Pereira J.M.G., Lopes J.I. Sclerophyll and leaf anatomical traits of five field-grown olive cultivars growing under drought conditions // Tree Physiology. 2004. Vol. 24. № 2. С. 233-239. <https://doi.org/10.1093/treephys/24.2.233>
28. Cruceriu D., Erdely-Molnar I., Margineanu A.M., Aurori A., Rakosy-Tican E., Diaconeasa Z. Comparative characterization of somatic hybrids of *Solanum bulbocastanum* + *S. tuberosum* cv. ‘Rasant’ with their parents in relation to biochemical responses to wound stress and trichome composition // Studia Universitatis Babes-Bolyai Chemia. 2020. Vol. 65. № 2. С. 133-148. <https://doi.org/10.24193/subbchem.2020.2.11>
29. de Resende J.T.V., Erpen-Dalla Corte L., Constantino L.V., Ventura M.U., de Oliveira L.V.B., Dias D.M., de Lima Filho R.B., Da-Silva P.R. The introgression

- of resistance to *tuta absoluta* in tomato based on glandular trichomes // Arthropod-Plant Interactions. 2022. Vol. 16. P. 87-99. <https://doi.org/10.1007/s11829-021-09873-x>
30. Koul M., Thomas L., Karmakar K. Functional aspects of *Solanaceae* trichomes in heavy metal detoxification // Nordic Journal of Botany. 2021. Vol. 39. № 5. C. e03171. <https://doi.org/10.1111/njb.03171>
31. Malakar R., Tingey W.M. Glandular trichomes of *Solanum berthaultii* and its hybrids with potato deter oviposition and impair growth of potato tuber moth // Entomologia Experimentalis et Applicata. 2000. Vol. 94. № 3. C. 249-257. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2000.00627.x>
32. Nosulchak V.A., Minakov N.M. *Atropa komarovii* Blin. et Shal. - A rare endemic plant of Turkmenistan // Rastitelnye Resursy. 1976. Vol. 12. № 4. C. 549552
33. Simmons A.T., Gurr G.M., McGrath D., Martin P.M., Nicol H.I. Entrapment of *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: *Noctuidae*) on glandular trichomes of *Lycopersicon* species // Australian Journal of Entomology. 2004. Vol. 43. № 2. C. 196-200. <https://doi.org/10.1111/j.1440-6055.2004.00414.x>

References

1. Aneli N.A. *Atlas epidermy lista* [Atlas of the leaf epidermis]. Tbilisi: Metsniereba, 1975, 108 p.
2. Anikina A. Yu., Basalaeva I. V., Bushkovskaya L. M., Bykova O. A., Gryaznov M. Yu., Zagumennikov V. B., Klimakhin G. I., Kovalev N. I., Konon N.T., Korotkikh I.N., Morozov A.I., Nikiforova O.I., Pushkina G.P., Romashkina S.I., Savchenko O.M., Semenikhin I.D., Totskaya S. A., Tropina N. S., Thaganov R. R., Khazieva F. M., Tsitsylin A. N. *Lekarstvennye i efirnomaslichnye kul'tury: osobennosti vozdelyaniya na territorii Rossijskoj Federacii* [Medicinal and essential oil crops: features of cultivation on the territory of the Russian Federation]. Moscow: Nauka publishing house, 2021, pp. 55-61.
3. *Atlas lekarstvennyh rastenij Rossii* [Atlas of medicinal plants of Russia]. Moscow: Federal State Unitary Enterprise “Academic Scientific Publishing, Production, Printing and Book Distribution Center “Nauka”, 2021, 646 p.
4. Ahkubekova A.A., Tamahina A.Ya. Adaptivnye priznaki epidermy list'ev predstavitelej semejstva *Boraginaceae* [Adaptive traits of leaf epidermis of representatives of the *Boraginaceae* family]. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020, no 57 (2), pp 188-195 URL: <https://journal.gorskigau.com/Portals/3/Izvestia/%D0%98%D0%97%D0%92%D0%5%D0%A1%D0%A2%D0%98%D0%AF%2057%20%D1%872.pdf?ver=2020-07-30-120518-183> (accepted November 14, 2022)

5. Baranova M.A. Klassifikaciya morfologicheskikh tipov ust'ic [Classification of morphological types of stomata]. *Botanicheskiy zhurnal* [Botanical Journal], 1985, no 70 (12), pp 1585-1595
6. Barykina R.P., Veselova T.D., Devyatov A.G., Dzhalilova H.H., Il'ina G.M., Chubatova N.V. *Spravochnik po botanicheskoy mikrotehnike. Osnovy i metody* [Reference book on Botanical micro-technology. Fundamentals and methods], Moscow: MSU Publishing House, 2004, 312 p.
7. Basalaeva I.V. Fenotipicheskaya izmenchivost' i korrelyaciya kolichestvennyh priznakov u belladonny obyknovennoj [Phenotypic variability and correlation of quantitative traits in belladonna]. *Voprosy biologicheskoy, medicinskoy i farmacevticheskoy himii*, 2013, no 5, pp. 30.
8. Basalaeva I.V. *Ocenka i sozdanie iskhodnogo materiala dlya selekcii belladonny (*Atropa belladonna L.*) v Nechernozemnoj zone RF* [Evaluation and creation of initial material for the selection of belladonna (*Atropa belladonna L.*) in the Non-Chernozem zone of the Russian Federation]: Diss. cand. bio. sciences. Moscow, 2013, 136 p.
9. *Gosudarstvennaya Farmakopeya Rossijskoj Federacii XIV* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation XIV edition], Moscow, 2018. <http://femb.ru/feml>. (accepted November 20, 2022)
10. Gryaznov M.Yu., Savchenko O.M. Biologicheskie osobennosti *Scutellaria altissima* L. v usloviyah kul'tury v Nechernozemnoj zone Rossii [Biological features of *Scutellaria altissima* L. in culture conditions in the Nonchernozem zone of Russia]. *Vestnik KrasGAU*, 2022, no. 7 (184), pp. 109-115.
<https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-7-109-115>
11. Gulyaev G.V., Gribovich V.A. *Izuchenie izmenchivosti kolichestvennyh priznakov u ovsy L'govskij 1026 v processe pervichnogo semenovodstva* [The study of the variability of quantitative traits in oats Lgovsky 1026 in the process of primary seed production], Izv. TSKHA, 1972, 2, pp. 45-52.
12. Gulyaev G.V., Guzhov YU.A. *Selekcija i semenovodstvo polevyh kul'tur* [Breeding and seed production of field crops]. Moscow, 1987, 447 p.
13. Doroshkov A.V., Afonnikov D.A. Opuszenie lista u kartofelya *Solanum tuberosum*: morfologiya, funkcional'naya rol' i metody issledovaniya [Leaf pubescence in potato *Solanum tuberosum*: morphology, functional role and research methods]. *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii* [Vavilov Journal of Genetics and Breeding], 2018, no. 22(1), pp. 46-53. <https://doi.org/10.18699/VJ18.327>
14. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij* [Methods of field experience with the basics of statistical processing of research results]. Ed. 6th. Moscow: Alliance, 2011, 350 p.

15. Zakharenko V.G. Vozrastnye spektry i dinamika cenopopulyacij krasavki (*Atropa belladonna* L.) v gornom Krymu [Age spectra and dynamics of ceno-populations of belladonna (*Atropa belladonna* L.) in the Crimean mountains]. *Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada* [Bulletin of the State Nikitsky Botanical Garden], 2012, no. 104, pp. 5-11.
16. Kavcevich V.N., Popova M.S., Kavcevich I.A. Morfoanatomicheskie osobennosti dikh form tomata [Morphoanatomical features of wild forms of tomato]. *Vesti BDPU. Seriya 3. Fizika. Matematika. Infarmatyka. Biyalogiya. Geografiya* [Vesti BDPU. Series 3. Physics. Mathematics. Information. Bialology. Geography], 2007, no. 3 (53), pp. 40-44.
17. Climate monitor of Moscow. <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php> (accessed 19.02.2023)
18. Konon N.T., Stanishevskaya I.E., Hazieva F.M. Patent na selekcionnoe dostizhenie № 5740 ot 13.01.2011 g. s datoj prioriteta 14.05.2009 g. Beladonna (*Atropa belladonna* L.) Sort «BAGIRA» [Patent for selection achievement No. 5740 of January 13, 2011 with a priority date of May 14, 2009. Belladonna (*Atropa belladonna* L.) Variety “BAGIRA”].
19. Kuznetsova T.A., Sorokopudov V.N. Vliyanie uslovij vlagooobespecheniya na anatomicheskie osobennosti list'ev cheremuhi obyknovennoj [Influence of moisture supply conditions on the anatomical features of bird cherry leaves]. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii* [Fruit growing and berry growing in Russia], 2016., no. 44, pp. 182-186.
20. Plantarium. Plants and lichens of Russia and neighboring countries: an open online atlas and guide to plants. URL: <https://www.plantarium.ru/page/taxonomy/taxon/44663.html> (accessed 14.12. 2022).
21. Savchenko O. M., Kovalev N. I. Morfo-anatomicheskoe stroenie zyuznika evropejskogo (*Lycopus europaeus* L.) v svyazi s obrabotkoj rastenij kremnissoderzhashchim preparatom [Morpho-anatomical structure of the Gypsywort (*Lycopus europaeus* L.) in connection with the treatment of plants with a silicon-containing preparation]. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2022, no. 14(3), pp. 40-57. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2022-14-3-40-57>
22. Sorokopudov V.N., Kuznetsova T.A., Shlapakova S.N., Filippovskaya A.O., Lukashov E.S. Anatomo-morfologicheskie osobennosti lista *Rosa rugosa* Thub. v raznyh klimaticheskikh usloviyah [Anatomical and morphological features of the *Rosa rugosa* Thub leaf in different climatic conditions]. *Vestnik KrasGAU* [Bulletin of KrasGAU], 2018, no. 5 (140), pp. 323-328. URL: http://www.kgau.ru/vestnik/2018_5/content/55.pdf (accepted December, 7, 2022)

23. *Trebovaniya k oformleniyu polevyh opytov vo Vserossijskom nauchno-issledovatel'skom institute lekarstvennyh i aromaticeskikh rastenij (VILAR)* [Requirements for registration of field experiments at the All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants (VILAR)]. Moscow, 2006, 16 p.
24. Fedorov A.A., Kirpichnikov M.E., Artyushenko Z.T. *Atlas po opisatel'noj morfologii vysshih rastenij. List* [Atlas of descriptive morphology of higher plants. Leaf], M.-L.: Science, 1956, 312 p.
25. Khazieva F.M., Samatadze T.E., Svistunova N.Yu., Romashkina S.I., Sidel'nikov N.I. Harakteristika predstavitelej roda *Atropa* v usloviyah introdukcii [Characteristics of representatives of the genus *Atropa* in terms of introduction]. *Rastitel'nye resursy* [Plant resources], 2019, no. 55 (1), pp. 72-84. <https://doi.org/10.1134/S0033994619010059>
26. Tsitsillin A.N., Kovalev N.I., Korotkikh I.N., Kudrinskaya (Basalaeva) I.V., Babenko L.V., Savchenko O.M., Khazieva F.M. *Metodika issledovanij pri introdukcii lekarstvennyh i efirnomaslichnyh rastenij. (2-e izdanie, pererabotанное и дополненное)* [Research methodology for the introduction of medicinal and essential oil plants. (2nd edition, revised and enlarged)]. Moscow: Nauka, 2022, 64 p.
27. Bacelar E.A., Correia C.M., Moutinho-Pereira J.M., Goncalves B.C., Torres- Pereira J.M.G., Lopes J.I. Sclerophyll and leaf anatomical traits of five field-grown olive cultivars growing under drought conditions. *Tree Physiology*, 2004, no. 24 (2), pp. 233-239 <https://doi.org/10.1093/treephys/24.2.233>
28. Cruceriu D., Erdely-Molnar I., Margineanu A.M., Aurori A., Rakosy-Tican E., Diaconeasa Z. Comparative characterization of somatic hybrids of *Solanum bulbocastanum* + *S. tuberosum* cv. ‘Rasant’ with their parents in relation to biochemical responses to wound stress and trichome composition. *Studia Universitatis Babes-Bolyai Chemia*, 2020, no. 65 (2), pp. 133-148 <https://doi.org/10.24193/subbchem.2020.2.11>
29. de Resende J.T.V., Erpen-Dalla Corte L., Constantino L.V., Ventura M.U., de Oliveira L.V.B., Dias D.M., de Lima Filho R.B., Da-Silva P.R. The introgression of resistance to tuta absoluta in tomato based on glandular trichomes. *Arthropod-Plant Interactions*, 2022, no. 16, pp. 87-99. <https://doi.org/10.1007/s11829-021-09873-x>
30. Koul M., Thomas L., Karmakar K. Functional aspects of Solanaceae trichomes in heavy metal detoxification. *Nordic Journal of Botany*, 2021, no. 39 (5), pp. e03171. <https://doi.org/10.1111/njb.03171>

31. Malakar R., Tingey W.M. Glandular trichomes of *Solanum berthaultii* and its hybrids with potato deter oviposition and impair growth of potato tuber moth. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2000, no. 94 (3), pp. 249-257. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2000.00627.x>
32. Nosulchak V.A., Minakov N.M. *Atropa komarovii* Blin. et Shal. - A rare endemic plant of Turkmenistan. *Rastitelnye Resursy*, 1976, vol. 12, no. 4, pp. 549552.
33. Simmons A.T., Gurr G.M., McGrath D., Martin P.M., Nicol H.I. Entrapment of *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) on glandular trichomes of *Lycopersicon* species. *Australian Journal of Entomology*, 2004, vol. 43, no. 2, pp. 196-200. <https://doi.org/10.1111/j.1440-6055.2004.00414.x>

ВКЛАД АВТОРОВ

Басалаева И.В.: морфологические наблюдения, статистическая обработка результатов, подготовка текста статьи.

Савченко О.М.: микроскопические исследования, статистическая обработка результатов, подготовка текста статьи.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Irina V. Basalaeva: morphological observations, statistical processing of the results, preparation of the text of the article.

Olga M. Savchenko: microscopic studies, statistical processing of the results, preparation of the text of the article.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Басалаева Ирина Владимировна, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории агробиологии

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений (ВИЛАР)

*ул. Грина, 7, г. Москва, 117216, Российская Федерация
basalaeva@vilar.nii.ru*

Савченко Ольга Михайловна, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории агробиологии

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений (ВИЛАР)

*ул. Грина, 7, г. Москва, 117216, Российская Федерация
savchenko@vilar.nii.com*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Irina V. Basalaeva, Cand. Sci. (Agricul.), Leading Researcher of the Laboratory of Agrobiology

All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants (VILAR)

7, Grina Str., Moscow, 117216, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8243-3026>

basalaeva@vilar.nii.ru

Olga M. Savchenko, Cand. Sci. (Agricul.), Leading Researcher of the Laboratory of Agrobiology

All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants (VILAR)

7, Grina Str., Moscow, 117216, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3054-1719>

savchenko@vilar.nii.com

Поступила 08.03.2023

Received 08.03.2023

После рецензирования 22.03.2023

Revised 22.03.2023

Принята 30.03.2023

Accepted 30.03.2023

ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И ГИГИЕНА ТРУДА

ENVIRONMENTAL AND OCCUPATIONAL HEALTH

DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-943

UDC 613.5, 613.6



Original article

ASSESSING INFLUENCE EXERTED BY AMBIENT AIR POLLUTION ON PUBLIC HEALTH IN THE RUSSIAN FEDERATION

S.V. Kleyn, N.V. Nikiforova, S.A. Vekovshinina

Background. One of the factors influencing the health of the population, which is the object of one of the federal projects, is atmospheric air. Many studies have established that atmospheric air pollution with chemical impurities can cause the onset of a new or exacerbation of an existing pathology in humans.

Purpose. Assess the impact of atmospheric air pollution on the health indicators of the population of the Russian Federation.

Materials and methods. The hygienic assessment of atmospheric air quality was carried out using the data from Rosпотребнадзор form 18 for 2012-2021, data from the federal information fund for social and hygienic monitoring. The analysis of the primary morbidity of the population was carried out using statistical collections "The incidence of the entire population of Russia with a diagnosis established for the first time in life" for 2012-2021. The calculation of additional cases of population diseases associated with atmospheric air quality was performed in accordance with Methodological recommendations 5.1.0095-14.

Results. For the period 2012-2021 on the territory of the Russian Federation, the share of atmospheric air samples that do not meet hygienic requirements decreased by 1.69 times. Priority substances for which excesses of standards are registered are: benz(a)pyrene, xylene, hydrogen chloride, nickel oxide, ozone, ethenylbenzene, hydrochloride, methanethiol, particulate matter, formaldehyde, etc. Improvement in atmospheric air quality has reduced the number of additional cases

of disease from all causes associated with air pollution. The structure of additional morbidity associated with atmospheric air quality is dominated by diseases of the respiratory, digestive, circulatory, and nervous systems. Additional cases of diseases of the population associated with air quality are registered, depending on the class of diseases, in the territories of 22-42 subjects of the Russian Federation.

Conclusion. *The results obtained can be used in the formation of monitoring programs aimed at reducing priority chemical impurities in the atmospheric air and developing programs for the primary prevention of the population from diseases associated with atmospheric air quality.*

Keywords: atmospheric air; associated morbidity; impact of atmospheric air on health

For citation. Kleyn S.V., Nikiforova N.V., Vekovshinina S.A. Assessing Influence Exerted by Ambient Air Pollution on Public Health in the Russian Federation. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2023, vol. 15, no. 5, pp. 306-321.
DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-943

Научная статья

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

C.B. Клейн, Н.В. Никифорова, С.А. Вековшинина

Обоснование. Одним из факторов, оказывающих влияние на здоровье населения, и являющегося объектом одного из федеральных проектов, является атмосферный воздух. Многими исследованиями установлено, что загрязнение атмосферного воздуха химическими примесями может обуславливать начало новой или обострение уже существующей патологии у человека.

Цель. Оценить влияние загрязнения атмосферного воздуха на показатели здоровья населения Российской Федерации.

Материалы и методы. Гигиеническая оценка качества атмосферного воздуха проведена с использованием данных формы 18 Роспотребнадзора за 2012-2021 гг., данных федерального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга. Анализ первичной заболеваемости населения проводили с использованием статистических сборников «Заболеваемость всего населения России с диагнозом, установленным впервые в жизни» за

2012-2021 гг. Расчет дополнительных случаев заболеваний населения, ассоциированных с качеством атмосферного воздуха, выполнен в соответствии с Методическими рекомендациями 5.1.0095-14.

Результаты. За период 2012-2021 гг. на территории Российской Федерации удельный вес проб атмосферного воздуха, не соответствующих гигиеническим требованиям, снизился в 1.69 раза. Приоритетными веществами, по которым регистрируются превышения нормативов, являются: бенз(а)пирен, ксиол, хлористый водород, никель оксид, озон, этиенилбензол, гидрохлорид, метантиол, взвешенные вещества, формальдегид и пр. Улучшение качества атмосферного воздуха позволило снизить в 2.8 раза число дополнительных случаев заболеваний от всех причин, связанных с загрязнением атмосферного воздуха. В структуре дополнительной заболеваемости, ассоциированной с качеством атмосферного воздуха, преобладают болезни органов дыхания, органов пищеварения, системы кровообращения, нервной системы. Дополнительные случаи заболеваний населения, ассоциированные с качеством воздуха, регистрируется, в зависимости от класса болезней, на территориях 22-42 субъектов РФ.

Заключение. Полученные результаты могут быть использованы при формировании программ наблюдения, направленных на снижение в атмосферном воздухе приоритетных химических примесей и разработки программ первичной профилактики населения по заболеваниям, ассоциированным с качеством атмосферного воздуха.

Ключевые слова: атмосферный воздух; ассоциированная заболеваемость; влияние атмосферного воздуха на здоровье

Для цитирования. Клейн С.В., Никифорова Н.В., Вековшинина С.А. Оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения российской федерации // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. Т. 15, №5. С. 306-321. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-943

Introduction

Public health is a vital criterion that determines a state as a developed and socially oriented one. It is important to examine and understand factors influencing public health since this gives an opportunity to make public healthcare more effective and to adapt it to constantly changing conditions in the contemporary world [2]. Over the last decade, several federal projects have been actively developed and approved in the Russian Federation. Their primary goal is to improve the environmental situation in the country as well as public health [1]. Ambient air is among factors producing effects on public health and it is the primary object within one of these federal projects [5, 6, 11, 13].

Multiple studies have established that chemical pollution in ambient air can induce a new pathology in a person or exacerbate an already existing one. Ambient air pollution with chemicals is known to make a certain contribution to development of such diseases as respiratory ones (pneumonia, chronic obstructive pulmonary disease, flu, cerebrovascular diseases, asthma), malignant neoplasms, circulatory diseases including hypertension, diseases of the endocrine system (diabetes mellitus), kidney diseases, congenital malformations, etc. [3, 4, 7–10, 12].

Given that, it is vital to establish priority health disorders associated with ambient air quality as well as priority chemicals that probabilistically cause these disorders.

Materials and methods

Our hygienic assessment on ambient air quality relied on data taken from the statistical reports issued by Rospotrebnadzor (Form No. 18 “Data on the sanitary situation in a given RF region) in 2012-2021 as well as data provided by the federal information fund of social and hygienic monitoring (SHM).

Data on incidence among the country population were taken from the statistical collections “Incidence among the whole RF population with diagnoses put for the first time” in 2012-2021. Therefore, we analyzed primary incidence.

A number of additional disease cases among population associated with ambient air quality was calculated in accordance with the Methodical Guidelines 5.1.0095-14 “Calculation of actual economic losses caused by population incidence, mortality and disability and associated with negative effects produced by the environmental factors and similar losses prevented due to control and surveillance activities”. We applied models built with the use of dynamic data on RF regions (2012-2021) to calculate a number of associated disease cases in RF regions.

Results

Assessment of the existing inhalation exposure

According to data obtained by instrumental research on ambient air quality in the Russian Federation, over a period from 2012 to 2021 a share of ambient air samples that did not conform to hygienic standards went down by 1.69 times. This indicator was equal to 0.79% in 2021. This favorable descending trend in a number of samples deviating from the hygienic standards was typical for both urban settlements where it decreased from 1.37% to 0.82% (by 1.67 times) and rural ones, from 1.08% to 0.54% (by 2 times).

In 2021, the hygienic standards existing in the RF were violated as per contents of such chemicals in ambient air as benz(a)pyrene (5.98% of samples with its concentration exceeding MPC), xylene (2.85% of samples), and hydrogen chloride (1.2% of samples). A share of ambient air samples that contained the same chemicals in concentrations higher than MPC also grew; this growth amounted to 3.15 times for benz(a)pyrene, 2.85 times for xylene and 1.67 times for hydrogen chloride. Besides, a growing share of samples with chemical concentrations exceeding MPC was detected for toluene (by 1.61 times) and chlorine and its compounds (by 1.6 times).

Some chemicals were detected in concentrations up to five MPC; the list includes nitrogen oxide, ammonia, benzene, particulate matter PM₁₀, PM_{2.5}, dihydrosulfide, xylene, sulfur dioxide, styrene, toluene, heavy metals, carbon (soot), carbon oxide, phenol, formaldehyde, hydrogen fluoride, and ethylbenzene. When these chemicals occur in ambient air in concentrations being higher than the hygienic standards, this may cause elevated incidence regarding diseases of the respiratory organs, immune system, central nervous system, liver and others among exposed population.

In 2021, priority territories with high shares of ambient air samples with chemicals contents exceeding MPC included Yakutia, Transbaikalia, Buryatia, Vladimir region, Chelyabinsk region, and Krasnoyarsk region (Table 1).

Table 1.
Priority RF regions as per a share (%) of ambient air samples with elevated chemical contents in urban and rural settlements¹, 2021

RF region	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	A growth against 2012, %
Yakutia	1.13	0.90	3.48	0.77	0.56	1.40	0.38	0.51	0.48	6.28	+454.2
Transbaikalia	14.26	21.04	16.73	7.50	2.36	0.77	0.00	2.40	6.38	5.93	-58.4
Buryatia	10.67	4.80	6.25	6.55	2.25	3.52	3.26	3.02	7.86	4.89	-54.1
Vladimir region	1.99	0.27	8.38	0.56	0.42	0.53	0.78	0.53	0.63	4.56	+129.4
Chelyabinsk region	1.57	1.71	4.62	1.07	1.21	2.17	1.89	0.80	2.13	3.25	+107.1
Krasnoyarsk region	4.50	4.31	3.92	3.61	2.29	2.31	1.71	1.99	3.39	2.35	-47.8

High concentrations (higher than five MPC) of chemicals in ambient air were detected in the following regions:

¹ The table provides data only on those RF regions where in 2021 more than 800 single concentrations were detected by measurements accomplished within the complete control program performed during 200 and more days a year (State Standard GOST R59059-2020 “Environmental protection. Control of ambient air pollution. Terms and definitions”)

- benz(a)pyrene and ethylbenzene in Transbaikalia;
- benz(a)pyrene, xylene, particulate matter, including PM₁₀, PM_{2.5}, dihydro-sulfide, sulfur dioxide, and toluene in Krasnoyarsk region;
- bezn(a)pyrene and xylene in Buryatia;
- particulate matter, including PM₁₀, PM_{2.5}, in Yakutia;
- particulate matter PM_{2.5} and benz(a)pyrene in Chelyabinsk region.

Apart from these regions, chemicals pollutants were detected in ambient air in concentrations exceeding five MPC in other 15 RF regions including Irkutsk region, Kirov region, Krasnodar region, Murmansk region, Bashkortostan, Ryazan region, Kemerovo region, Kaluga region, Kostroma region, Sverdlovsk region, Primorye, Omsk region, Karelia, Khabarovsk region, and Chukotka.

We analyzed data provided by the federal information fund of social and hygienic monitoring and revealed that in 2021 99.34% of ambient air samples conformed to the hygienic standards as per average daily MPC and this was by 0.92% higher than in 2012 (98.42% samples). Overall, in 2012-2021 a share of ambient air samples with chemicals contents that were higher than average daily MPC went down by 2.5 times in the country. Concentrations higher than average daily MPC were detected only in 0.66% of ambient air samples.

In 2021, chemical pollutants in concentrations higher than their average daily MPC were detected in ambient air samples in 61 RF regions. Out of them, these violations were detected in more than 5% of samples in 7 RF regions including the Khanty-Mansi Autonomous Area (16.05% of samples), Mari El Republic (8.9% of samples), Tyva (6.07% of samples), Omsk region (5.42% of samples), Dagestan (5.2% of samples), Vologda region (5.19% of samples), and Buryatia (5.1% of samples).

According to social and hygienic monitoring data, priority chemical pollutants in ambient air include benz(a)pyrene (a share of samples with its concentration exceeding average daily MPC is 17.77%), nickel oxide (recalculated as per nickel) (4.92% of samples), ozone (3.24% of samples), gaseous fluoride compounds (recalculated as per fluoride) (2.16% of samples), styrene (2.07% of samples), hydrochloride (1.45% of samples), methanethiol (1.44% of samples), particulate matter (1.32% of samples), and formaldehyde (1.24% of samples).

Therefore, we have established an overall descending trend in the RF for the number of ambient air samples deviating from the hygienic standards during the period from 2012 to 2021. Priority chemicals that still occur in ambient air in concentrations deviating from the hygienic standards include benz(a)pyrene, xylene, hydrogen chloride, nickel oxide, ozone, gaseous fluoride compounds, styrene, hydrochloride, methanethiol, particulate matter and formaldehyde.

Assessment of additional incidence among population associated with ambient air quality

We assessed additional incidence among the RF population that was associated with ambient air quality. The assessment revealed that a number of additional disease cases due to all causes associated with ambient air pollution went down by 2.8 times in 2021 against 2012 and was equal to 520.44 cases per 100 thousand people. Additional disease cases among the RF population occurred due to ambient air being polluted with nitrogen oxide, ammonia, particulate matter, hydroxybenzene and its derivatives, dihydrosulfide, aromatic hydrocarbons, manganese, lead, sulfur dioxide, carbon oxide, formaldehyde, fluoride and its compounds (recalculated as per fluoride), hydrogen fluoride, chlorine and its compounds and some other chemicals.

Diseases of the respiratory organs prevailed in the structure of additional incidence among the RF population associated with ambient air pollution. They accounted for 69.7%. The second place belonged to diseases of the digestive organs (13.5%); the third place, circulatory diseases (7.1%); the fourth place, diseases of the nervous system (3.4%). All other groupings of diseases accounted for less than 2% in the structure of additional incidence associated with ambient air pollution.

In 2021, a number of additional respiratory diseases among population that were probabilistically associated with ambient air quality went down by 3 times against in 2021. In 2021, this indicator was equal to 520.44_{0/0000} or 1.4% of the actual incidence due to this cause. Priority risk factors that caused additional incidence with respiratory diseases included elevated concentrations (exceeding the hygienic standards) of the following chemicals in ambient air: hydroxybenzene and its derivative, dihydrosulfide, fluoride and its compounds, ammonia, particulate matter, aromatic hydrocarbons, formaldehyde and others.

Chemicals occurring in ambient air probabilistically caused additional cases of respiratory diseases in 42 RF regions, within the range from 2.9 (Kirov region) to 11,479.5 (Chukotka) additional cases per 100 thousand people. This indicator was higher than on average in the country in 14 regions and this deviation varied from 1.8 to 21.4 times. Several regions were considered priority ones as per the number of additional respiratory diseases cases including Chukotka where this indicator was by 22 times higher than in the RF on average; Transbaikalia, by 9.3 times; Chelyabinsk region, by 7.9 times; Lipetsk region, by 5.8 times; and Udmurtia, by 5.3 times.

The number of additional digestive diseases that are probabilistically associated with ambient air quality also decreases. In 2021, this indicator was equal

to $101.9_{0/0000}$ (3.9% of the actual incidence due to this cause) and this was by 1.2 times lower than in 2012. Additional cases of digestive diseases predominantly occurred due to elevated concentrations (higher than the hygienic standards) of aromatic hydrocarbons, including xylene, and some other chemicals in ambient air. Additional cases of digestive diseases associated with ambient air pollution were registered in 22 RF regions within the range from 3.4 to $2380.43_{0/0000}$. This indicator was higher than on average in the country in nine regions and this deviation varied from 1.2 to 23.5 times. Several regions were considered priority ones as per the number of additional digestive diseases cases including Vladimir region where this indicator was by 23.5 times higher than on average in the RF; Chelyabinsk region, by 13.6 times; Bryansk region, by 10 times; Sverdlovsk region, by 6 times; Primorye, by 4.2 times; and Krasnoyarsk region, by 2.3 times.

Additional cases of **circulatory diseases** among the RF population were mostly caused by exposure to carbon oxide and other chemicals in concentrations exceeding the hygienic standards. Additional incidence of such diseases amounted to $52.9_{0/0000}$ (1.8% of the actual incidence due to this cause) in 2021 and went down by 2.2 times against its level in 2012. Additional cases of circulatory diseases were registered in 40 RF regions within the range from $0.99_{0/0000}$ (Moscow) to $584.5_{0/0000}$ (Tomsk region). This indicator was higher than on average in the country in 13 regions and this deviation varied from 2.0 to 11.0 times with its maximum values detected in Tomsk region, Altai region, Saratov region, Omsk region and Kursk region.

Additional incidence of diseases of the nervous system associated with ambient air quality went down by 3.4 times from 2012 to 2021 when it was equal to $25.3_{0/0000}$ (2.0% of the actual incidence due to this cause). Priority chemicals that made the greatest contribution to the associated incidence of nervous diseases included dihydrosulfide, aromatic hydrocarbons, lead, carbon oxide and some others.

Incidence among population was probabilistically associated with ambient air quality in 54 RF regions. This indicator was higher than its average country level in 17 regions and this deviation varied from 1.5 to 9.6 times. The highest deviation levels were detected in Tomsk region where the indicator was by 9.6 times higher than on average in the country; Yakutia, by 7.4 times; Altai region, by 6.4 times; Omsk region, by 6.2 times, and Saratov region, by 5.7 times.

Therefore, we established priority health disorders associated with ambient air quality. They include diseases of the respiratory system, diseases of the digestive organs, diseases of the circulatory system and diseases of the nervous system. We also established priority chemicals that probabilistically caused additional incidence among population. These chemicals were nitrogen oxide,

ammonia, particulate matter, hydroxybenzene and its derivatives, dihydrosulfide, aromatic hydrocarbons, manganese, lead, sulfur dioxide, carbon oxide, formaldehyde, fluoride and its compounds (recalculated as per fluoride), hydrogen fluoride, chlorine and its compounds and others.

The results obtained during the study confirm and supplement the data of previously published studies [15-20].

Conclusion

The research results revealed the following.

1. We established a positive trend in the RF regarding a share of ambient air samples that did not conform to hygienic standards. This share went down by 1.69 times over the period from 2012 to 2021. The descending trend was typical for both urban settlements where this share decreased by 1.67 times and rural ones where it dropped by 2.0 times.
2. Priority chemicals that are detected in concentrations exceeding the hygienic standards include benz(a)pyrene, xylene, hydrogen chloride, nickel oxide, ozone, gaseous fluoride compounds, styrene, hydrochloride, methanethiol, particulate matter and formaldehyde.
3. Priority territories where a share of samples with chemical contents exceeding MPC was the highest in 2021 include Yakutia, Transbaikalia, Buryatia, Vladimir region, Chelyabinsk region, and Krasnoyarsk region.
4. Ambient air quality improved in the country and this resulted in by 2.8 times lower numbers of additional diseases due to all causes associated with ambient air pollution. In 2021, incidence associated with ambient air pollution amounted to 520.44 cases per 100 thousand people.
5. Additional cases of diseases among the RF population are caused by exposure to nitrogen oxide, ammonia, particulate matter, hydroxybenzene and its derivatives, dihydrosulfide, aromatic hydrocarbons, manganese, lead, sulfur dioxide, carbon oxide, formaldehyde, fluoride and its compounds (recalculated as per fluoride), hydrogen chloride, chlorine and its compounds and other chemicals in ambient air.
6. Diseases of the respiratory organs prevail in the structure of additional incidence associated with ambient air quality (69.7%). They are followed by diseases of the digestive system, 13.5 %; diseases of the circulatory system, 7.1%; and diseases of the nervous system, 3.4%.
7. Incidence of respiratory diseases associated with ambient air quality was detected in 42 RF regions; digestive diseases, 22 RF regions; circulatory diseases, 40 regions; diseases of the nervous system, 54 RF regions.

8. In several RF regions, a share of ambient air samples that contained chemicals in concentrations higher than MPC was very high and this resulted in higher incidence. Thus, in Yakutia additional incidence of nervous diseases was by 7.4 times higher than on average in the country; in Transbaikalia, additional incidence of respiratory diseases was by 9.3 times higher than on average in the country; in Chelyabinsk region, additional incidence of respiratory diseases was by 7.9 times higher and of digestive diseases by 13.6 times higher than on average in the country.
9. Our results can be used to develop regional programs aimed at reducing concentrations of priority chemicals in ambient air. They are also relevant for use in developing primary prevention programs regarding diseases associated with ambient air quality.

References

1. Azhluni A.M., Sharygina O.L. Natsional'nye proekty Rossii i ikh realizatsiya [National projects of Russia and their implementation]. *Vestnik agrarnoy nauki* [Bulletin of agrarian science], 2019, no. 6 (81), pp. 72–76.
2. Gazimagomedova P.K. Ekonomicheskie osnovy besplatnoy meditsiny i sovremennoye tendentsii optimizatsii ee finansovogo obespecheniya (na primere Respubliki Dagestan) [The economic foundations of free medicine and current trends in optimizing its financial support (on the example of the Republic of Dagestan)]. *Industrial Economics*, 2021, no. 10 (5), pp. 900–906.
3. Davletova N.Kh., Tafeeva E.A. Vliyanie prirodno-klimaticheskikh usloviy na kachestvo vozdukha i riski dlya zdorov'ya v rayonakh razmeshcheniya otkrytykh sportivnykh ob"ektov (na primere g. Kazani) [The influence of natural and climatic conditions on air quality and health risks in the areas of outdoor sports facilities (on the example of Kazan)]. *Health Risk Analysis*, 2018, no. 1, pp. 39–46. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2018.1.05.eng>
4. Kuz'min S.V., Dodina N.S., Shashina T.A., Kislitsin V.A., Pinigin M.A., Budarina O.V. Vozdeystvie atmosfernykh zagryazneniy na zdorov'e naseleniya: diagnostika, otsenka i profilaktika [The impact of atmospheric pollution on public health: diagnosis, assessment and prevention]. *Hygiene and Sanitation*, 2022, vol. 101, no. 10, pp. 1145–1150. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1145-1150>
5. Marcinkovskii O., Dvinyanina O., Vaskina A., Romanov A. Federal'nyy proekt "Chistyy vozdukh": novyy uroven' zhizni [Federal project "Clean Air": a new standard of living]. *Standarty i kachestvo* [Standards and Quality], 2022, no. 3, pp. 93–95.

6. Popova A.Yu., Zaytseva N.V., May I.V. Zdorov'e naseleniya kak tselevaya funktsiya i kriteriy effektivnosti meropriyatiy federal'nogo proekta «Chistyy vozdukh» [Population health as a target function and criterion for assessing efficiency of activities performed within “Pure air” federal project]. *Health Risk Analysis*, 2019, no. 4, pp. 4–13. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.01.eng>
7. Puzyrev V.G., Shcherba E.V., Vasil'eva I.V., Bondarenko V.V. Gigienicheskaya otsenka atmosfernogo vozdukha i ego vliyanie na zdorov'e detskogo i podrostkovogo naseleniya Sankt-Peterburga [Hygienic assessment of air quality and its impact on the health of the children and adolescents in Saint Petersburg]. *Medicine and health care organization*, 2019, vol. 4, no. 4, pp. 18–24.
8. Revich B.A., Khar'kova T.L., Kvasha E.A. Nekotorye pokazateli zdorov'ya zhiteley gorodov federal'nogo proekta “Chistyy vozdukh” [Selected health parameters of people living in cities included into “Clean air” federal project]. *Health Risk Analysis*, 2020, no. 2, pp. 16–27. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.2.02.eng>
9. Saltykova M.M., Banchenko A.D. Otsenka risika vozdeystviya zagryazneniya atmosfernogo vozdukha na zdorov'e naseleniya [Health risk assessment of the impact of air pollution]. *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*, 2019, no. 4, pp. 67–81.
10. Seregina I.S., Kozhevina E.D. Prichinno-sledstvennye svyazi pervichnoy zabolevaemosti organov dykhaniya u naseleniya Novodvinsk s urovнем zagryazneniya atmosfernogo vozdukha [Cause-and-effect relationships of primary morbidity of the respiratory organs in the population of Novodvinsk with the level of air pollution]. *Byulleten' Severnogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta* [Bulletin of the Northern State Medical University], 2019, no. 1 (42), pp. 216–217.
11. Tsittser O.Yu. Podgurskaya O.A. Natsional'nyy proekt “Ekologiya” – federal'nyy proekt “Chistyy vozdukh”: plany, realizatsiya i perspektivy Chelyabinskoy oblasti [“Ecology” National project – “Clean Air” Federal project: plans, implementation and prospects in the Chelyabinsk region]. *Gorizonty tsivilizatsii* [Horizons of Civilization], 2020, no. 1 (11), pp. 315–327.
12. Shaykina D.N., Tleuberganova G.S., Galaktionova E.V. Vliyanie okruzhayushchey sredy na prodolzhitel'nost' zhizni naseleniya Severo-Kazakhstanskoy oblasti [Influence of the environment on life expansion of the population of the North Kazakhstan region]. *Vestnik SKU im. M. Kozybaeva* [Vestnik of M. Kozybayev North Kazakhstan University], 2020, no. 4 (49), pp. 181–188.
13. Shpakova R.N. Regional'nye i inye problemy razrabotki i realizatsii federal'nogo proekta «Chistyy vozdukh» [Regional and other problems of development and implementation of the “Clean Air” Federal project]. *Rossiya: tendentsii i*

- perspektivy razvitiya : materialy XX Natsional'noy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, Moskva, 14–15 dekabrya 2020 goda* [Russia: trends and prospects of development : proceedings of the XX National Scientific Conference with international participation, Moscow, December 14-15, 2020]. Issue 16. Part 1. Moscow: Institute of Scientific Information on Social Sciences RAS, 2021, pp. 1129-1134.
14. Almetwally A.A., Bin-Jumah M., Allam A.A. Ambient air pollution and its influence on human health and welfare: an overview. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.*, 2020, vol. 27, no. 20, pp. 24815–24830. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09042-2>
15. Baktybaeva Z.B., Suleymanov R.A., Kulagin A.A., Giniyatullin R.K., Valeev T.K. Ekologo-gigienicheskaya otsenka zagryazneniya atmosfernogo vozdukha i sostoyaniya zdorov'ya detskogo naseleniya na territoriyakh s razvitoj neftyanoy otрасльyu [Environmental and hygienic assessment of ambient air pollution and pediatric population health in areas with developed oil industry]. *Hygiene and Sanitation*, 2019, vol. 98, no. 9, pp. 949–955. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2019-98-9-949-955>
16. Krickovic E.S. Cause-effect relationship between air quality and public health in the city of Novi Sad based on the DPSEEA model. *Military Technical Courier*, 2021, vol. 69, no. 1, pp. 88–113. <https://doi.org/10.5937/vojtehg69-29301>
17. May I.V., Vekovshinina S.A., Kleyn S.V., Balashov S.Yu., Andrushunas A.M., Goryaev D.V. Federal'nyy proekt «Chistyy vozdukh»: prakticheskiy opyt vybora khimicheskikh veshchestv dlya informatsionnoy sistemy analiza kachestva atmosfernogo vozdukha Noril'ska [“Pure air” federal project: practical experience in selecting chemicals for an information system for the analysis of ambient air quality]. *Hygiene and Sanitation*, 2020, vol. 99, no. 8, pp. 766–772. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-8-766-772>
18. Schraufnagel D.E., Balmes J.R., Cowl C.T., De Matteis S., Jung S.-H., Mortimer K., Perez-Padilla R., Rice M.B., Riojas-Rodriguez H., Sood A., Thurston G.D., To T., Vanker A., Wuebbles D.J. Air pollution and non-communicable diseases: a review by the Forum of International Respiratory Societies' environmental committee, part 1: the damaging effects of air pollution. *Chest*, 2019, vol. 155, no. 2, pp. 409–416. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2018.10.042>
19. Chau T.-T., Wang K.-Y. An association between air pollution and daily most frequently visits of eighteen outpatient diseases in an industrial city. *Sci. Rep.*, 2020, vol. 10, no. 1, p. 2321. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58721-0>
20. Thurston G.D., Kipen H., Annesi-Maesano I., Balmes J., Brook R.D., Cromar K., De Matteis S., Forastiere F., Forsberg B., Frampton M.W., Grigg J., Heed-

erik D., Kelly F.J., Kuenzli N., Laumbach R., Peters A., Rajagopalan S.T., Rich D., Ritz B., Samet J.M., Sandstrom T., Sigsgaard T., Sunyer J., Brunekreef B. A joint ERS/ATS policy statement: what constitutes an adverse health effect of air pollution? An analytical framework. *Eur. Respir. J.*, 2017, vol. 49, no. 1, pp. 1–19. <https://doi.org/10.1183/13993003.00419-2016>

Список литературы

1. Ажлуни А.М., Шарыгина О.Л. Национальные проекты России и их реализация // Вестник аграрной науки. 2019. № 6 (81). С. 72–76.
2. Газимагомедова П.К. Экономические основы бесплатной медицины и современные тенденции оптимизации ее финансового обеспечения (на примере Республики Дагестан) // Индустриальная экономика. 2021. № 10(5). С. 900–906.
3. Давлетова Н. Х., Тафеева Е.А. Влияние природно-климатических условий на качество воздуха и риски для здоровья в районах размещения открытых спортивных объектов (на примере г. Казани) // Анализ риска здоровью. 2018. № 1. С. 39–46. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2018.1.05>
4. Кузьмин С.В., Додина Н.С., Шашина Т.А., Кислицин В.А., Пинигин М.А., Бударина О.В. Воздействие атмосферных загрязнений на здоровье населения: диагностика, оценка и профилактика // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101, № 10. С. 1145–1150. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1145-1150>
5. Марцынковский О.А., Двинянина О. В., Васькина А.А., Романов А.В. Федеральный проект “Чистый воздух”: новый уровень жизни // Стандарты и качество. 2022. № 3. С. 93–95.
6. Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Май И.В. Здоровье населения как целевая функция и критерий эффективности мероприятий федерального проекта «Чистый воздух» // Анализ риска здоровью. 2019. № 4. С. 4–13. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.01>
7. Пузырев В.Г., Щерба Е.В., Васильева И.В., Бондаренко В.В. Гигиеническая оценка атмосферного воздуха и его влияние на здоровье детского и подросткового населения Санкт-Петербурга // Медицина и организация здравоохранения. 2019. Т. 4, № 4. С. 18–24.
8. Ревич Б.А., Харькова Т.Л., Кваша Е.А. Некоторые показатели здоровья жителей городов федерального проекта “Чистый воздух” // Анализ риска здоровью. 2020. № 2. С. 16–27. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.2.02>
9. Салтыкова М.М., Банченко А.Д. Оценка риска воздействия загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения // Russian Journal of Rehabilitation Medicine. 2019. № 4. С. 67–81.

10. Серегина И.С., Кожевина Е.Д. Причинно-следственные связи первичной заболеваемости органов дыхания у населения Новодвинска с уровнем загрязнения атмосферного воздуха // Бюллетень Северного государственного медицинского университета. 2019. № 1(42). С. 216–217.
11. Цитцер О.Ю. Подгурская О.А. Национальный проект “Экология” – федеральный проект “Чистый воздух”: планы, реализация и перспективы Челябинской области // Горизонты цивилизации. 2020. № 1(11). С. 315–327.
12. Шайкина Д.Н., Тлеубергенова Г.С., Галактионова Е.В. Влияние окружающей среды на продолжительность жизни населения Северо-Казахстанской области // Вестник СКУ им. М. Козыбаева. 2020. № 4(49). С. 181–188.
13. Шпакова Р. Н. Региональные и иные проблемы разработки и реализации федерального проекта «Чистый воздух» // Россия: тенденции и перспективы развития: материалы XX Национальной научной конференции с международным участием, Москва, 14–15 декабря 2020 года. Выпуск 16. Часть 1. Москва: Институт научной информации по общественным наукам РАН, 2021. С. 1129–1134.
14. Almetwally A.A., Bin-Jumah M., Allam A.A. Ambient air pollution and its influence on human health and welfare: an overview // Environ. Sci. Pollut. Res. Int., 2020, vol. 27, no. 20, pp. 24815–24830. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09042-2>
15. Baktybaeva Z.B., Suleymanov R.A., Kulagin A.A., Giniyatullin R.K., Valeev T.K. Environmental and hygienic assessment of ambient air pollution and pediatric population health in areas with developed oil industry // Hygiene and Sanitation, 2019, vol. 98, no. 9, pp. 949–955. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2019-98-9-949-955>
16. Krickovic E.S. Cause-effect relationship between air quality and public health in the city of Novi Sad based on the DPSEEA model // Military Technical Courier, 2021, vol. 69, no. 1, pp. 88–113. <https://doi.org/10.5937/vojtehg69-29301>
17. May I.V., Vekovshinina S.A., Kleyn S.V., Balashov S.Yu., Andriushunas A.M., Goryaev D.V. “Pure air” federal project: practical experience in selecting chemicals for an information system for the analysis of ambient air quality // Hygiene and Sanitation, 2020, vol. 99, no. 8, pp. 766–772. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-8-766-772>
18. Schraufnagel D.E., Balmes J.R., Cowl C.T., De Matteis S., Jung S.-H., Mortimer K., Perez-Padilla R., Rice M.B., Riojas-Rodriguez H., Sood A., Thurston G.D., To T., Vanker A., Wuebbles D.J. Air pollution and non-communicable diseases: a review by the Forum of International Respiratory Societies’ environmental committee, part 1: the damaging effects of air pollution // Chest, 2019, vol. 155, no. 2, pp. 409–416. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2018.10.042>

19. Chau T.-T., Wang K.-Y. An association between air pollution and daily most frequently visits of eighteen outpatient diseases in an industrial city // *Sci. Rep.*, 2020, vol. 10, no. 1, p. 2321. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58721-0>
20. Thurston G.D., Kipen H., Annesi-Maesano I., Balmes J., Brook R.D., Cromar K., De Matteis S., Forastiere F., Forsberg B., Frampton M.W., Grigg J., Heederik D., Kelly F.J., Kuenzli N., Laumbach R., Peters A., Rajagopalan S.T., Rich D., Ritz B., Samet J.M., Sandstrom T., Sigsgaard T., Sunyer J., Brunekreef B. A joint ERS/ATS policy statement: what constitutes an adverse health effect of air pollution? An analytical framework // *Eur. Respir. J.*, 2017, vol. 49, no. 1, pp. 1–19. <https://doi.org/10.1183/13993003.00419-2016>

DATA ABOUT THE AUTHORS

Svetlana V. Kleyn, Dr. Sc. (Medicine), Docent, Professor of Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Sanitary and Hygienic Analysis and Monitoring Systemic Methods

Federal Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies»

82, Monastyrskaia Str., Perm, 614045, Russian Federation

kleyn@fcrisk.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2534-5713>

SPIN-code: 9354-8920

Scopus Author ID: 57199989593

Nadezhda V. Nikiforova, Head of the laboratory of The Social and Hygiene Monitoring Laboratory

Federal Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies»

82, Monastyrskaia Str., Perm, 614045, Russian Federation

kriulina@fcrisk.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8060-109X>

SPIN-code: 9185-0221

Scopus Author ID: 57201400381

Svetlana A. Vekovshinina, Head of the laboratory of The Conformity Assessment and Consumer Protection Laboratory

Federal Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies»

82, Monastyrskaia Str., Perm, 614045, Russian Federation

veksa@fcrisk.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4833-0792>

SPIN-code: 3103-1498

Scopus Author ID: 57202893226

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Клейн Светлана Владиславовна, д-р мед. наук, доцент, профессор РАН, заведующий отделом системных методов санитарно-гигиенического анализа и мониторинга

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

*ул. Монастырская 82, г. Пермь, 614045, Российская Федерация
kleyn@fcrisk.ru*

Никифорова Надежда Викторовна, к-т мед. наук, заведующий лабораторией методов социально-гигиенического мониторинга

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

*ул. Монастырская 82, г. Пермь, 614045, Российская Федерация
kriulina@fcrisk.ru*

Вековшинина Светлана Анатольевна, заведующий лабораторией методов оценки соответствия и потребительских экспертиз

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

*ул. Монастырская 82, г. Пермь, 614045, Российская Федерация
veksa@fcrisk.ru*

Поступила 02.03.2023

После рецензирования 31.03.2023

Принята 20.04.2023

Received 02.03.2023

Revised 31.03.2023

Accepted 20.04.2023

DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-944

УДК 614,7



Научная статья

ШЛАМООТВАЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО БЫВШЕГО ФОСФОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ КАК ОБЪЕКТ НАКОПЛЕННОГО ВРЕДА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ И ИСТОЧНИК РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

*Н.В. Зайцева, И.В. Май, Е.В. Максимова,
Л.В. Чупахина, Т.В. Селянова*

Введение. Актуальность исследования определена наличием на территории Российской Федерации большого числа объектов накопленного вреда и важностью выделения приоритетов в части ликвидации и снижения угроз для населения и окружающей природной среды.

Цель: оценка и характеристика риска для здоровья населения в зоне влияния шламоотвального хозяйства - места хранения отходов бывшей экономической деятельности фосфорного предприятия.

Материалы и методы. Объект исследования – шламоотвалы общим объемом отходов более 287 тыс.м³, расположенные в непосредственной близости к жилой застройке. Период существования как бесхозного объекта – 14 лет. Занимаемая площадь – 8,4 га. Выполнен сбор фоновых материалов, технической документации по объекту накопленного вреда, проведены масштабные инструментальные исследования почв, поверхностных вод, атмосферного воздуха. Оценка риска проведена по методике, основанной на теории нечетких множеств, учтено более 50 качественных и количественных параметров состояния самого объекта, а также атмосферного воздуха, природных вод, почв и здоровья населения прилегающих территорий.

Результаты. Доказано, фосфорное шламоотвальное хозяйство формирует загрязнение природных объектов тяжелыми металлами (марганец, мышьяк, кадмий, кобальт, никель, ртуть, свинец). Зафиксированы превышения до 7,5 ПДК в воде по никелю, до 10 ПДК по ртути. В почвах, кроме металлов, выявлены недопустимые уровни нефтепродуктов и микробных агентов. Риск для здоровья жителей ближайшего поселения характеризуются как

«высокий». Основные причины высокого риска – токсичность отходов, длительность существования объекта как источника загрязнения, близость к местам постоянного проживания граждан.

Заключение. Объект формирует высокие риски для здоровья и подлежит первоочередной ликвидации.

Ключевые слова: шламоотвальные хозяйства; экологический ущерб; риски для здоровья населения; объекты накопленного вреда; генеральная уборка

Для цитирования. Зайцева Н.В., Май И.В., Максимова Е.В., Чупахина Л.В., Селянова Т.В. Шламоотвальные хозяйства бывшего фосфорного предприятия как объекты накопленного вреда окружающей среде и источники рисков для здоровья населения // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. Т. 15, №5. С. 322-342. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-944

Original article

SLUDGE DEPOSITS OF A FORMER PHOSPHOR-PRODUCING PLANT AS AN OBJECT OF ACCUMULATED ENVIRONMENTAL DAMAGE AND A SOURCE OF PUBLIC HEALTH RISKS

*N.V. Zaitseva, I.V. May, E.V. Maksimova,
L.V. Chupakhina, T.V. Selyanova*

Introduction. The study is relevant due to many objects of accumulated environmental damage located in Russia and the necessity to identify priority ones for immediate elimination to reduce health and environmental hazards.

The aim of the study was to assess and characterize public health risks on a territory influenced by sludge deposits created by formed economic activities of a phosphor-producing plant.

Materials and methods. Sludge deposits with the total volume of wastes higher than 287 thousand m³ were selected as a research object. They were located in close proximity to a residential area and had been abandoned for 14 years. Their total square equaled 8.4 hectares. We collected background data and technical documentation on the object of accumulated environmental damage and accomplished wide-scale instrumental measurements of soils, surface water, and ambient air on the territory influenced by it. Health risks were assessed using the method based on fuzzy set theory; more than 50 quantitative and qualitative indicators

were considered in the process. They described the object itself as well as ambient air, water, soil, and public health on adjoining territories.

Results. The study gave evidence that the phosphor sludge deposits polluted environmental objects with heavy metals (manganese, arsenic, cadmium, cobalt, nickel, mercury, and lead). Nickel levels in water equaled 7.5 MPC and mercury levels reached 10 MPC. Apart from metals, soils were polluted with impermissible levels of oil products and microbes. Health risks were estimated as 'high' for people living in the closest settlement. Major causes for such high risks include toxicity of wastes, a long period during which the object has existed as a source of pollution, and its proximity to residential areas.

Conclusion. The object creates high health risks and is to be eliminated immediately.

Keywords: sludge deposits; environmental damage; public health risks; objects of accumulated damage; general cleaning

For citation. Zaitseva N.V., May I.V., Maksimova E.V., Chupakhina L.V., Selyanova T.V. Sludge Deposits of a Former Phosphor-Producing Plant as an Object of Accumulated Environmental Damage and a Source of Public Health Risks. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2023, vol. 15, no. 5, pp. 322-342. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-944

Длительная, ресурсоемкая, не всегда экологически безопасная хозяйственная деятельность человека в ряде случаев приводила к тому, что после завершения функционирования предприятия и организации оставляли после себя уже неиспользуемые, но загрязняющие окружающую среду объекты. Такими объектами являлись и являются до настоящего времени места складирования бытовых и промышленных отходов, отвалы породы, шламонакопители, заброшенные здания, сооружения, склады невостребованных агрохимикатов и т.п. Нередко такие объекты находятся либо в границах поселений, либо в непосредственной близости к ним [1, 2, 7].

Ситуация носит общемировой характер [6, 23]. Каждая страна создает собственную систему управления объектами накопленного экологического ущерба [12, 13]. При этом мировой опыт позволил выработать важнейшие принципы и подходы к ликвидации опасных объектов, негативное воздействие которых не было устранено или устраниено в полном объеме. Такими принципами являются:

- привлечение виновников возникновения объектов накопленного экологического ущерба к финансированию мероприятий по их ликвидации;

- признание обязательств государства в случаях, когда виновник не найден, не платежеспособен или истек срок давности действия закона;
- обязательность исследования территории на предмет наличия опасностей разной природы и происхождения;
- приоритет рекультивации тех территорий, влияние которых на состояние окружающей среды и здоровье людей вызывает наибольшие опасения; прочие объекты могут оставаться законсервированными на длительный период;
- обеспечение информирования всех заинтересованных сторон о состоянии территории до и после проведения ликвидационных работ.

В Российской Федерации Федеральным законом от 3 июля 2016 г. № 254-ФЗ предусмотрено категорирование объектов накопленного вреда окружающей среде (ОНВОС) для определения из них приоритетных «в целях обоснования очередности проведения работ по ликвидации накопленного вреда окружающей среде и принятия неотложных мер» (п. 6 ст. 80.1 Федерального Закона № 7-ФЗ).

В целом в стране зарегистрировано более 3,5 тысяч объектов, обладающих признаками накопленного вреда окружающей среде. Один из таких объектов расположен в Самарской области. Это шламоотвальное хозяйство бывшего фосфорного химического завода. Завод существовал с 1963 года и выпускал различную продукцию на основе производства желтого фосфора. Шламоотвальное хозяйство являлось структурным подразделением цеха очистки химически загрязненных сточных вод и переработки фосфорсодержащего шлама. В 2008 году предприятие было ликвидировано, однако место хранения отходов своевременно не рекультивировали, и оно, до настоящего времени, продолжает оставаться источником загрязнения окружающей среды.

Анализ ранее выполненных исследований на аналогичных местах хранения отходов показал, что одной из особенностей воздействия фосфорных отвалов на окружающую природную среду является накопление тяжелых металлов в самих отвалах и дальнейшее их распространение с помощью водного и ветрового переноса на прилегающие природные экосистемы [4, 8, 11, 15, 26, 27].

В ряде работ описано химическое загрязнение почв и природных вод металлами в зонах хранения шламов [10, 21, 28]. Доказано что длительное хранение шламов аналогичного состава существенно ухудшает качество природных вод [16, 26]. В ряде исследований указывается на

вероятное микробное загрязнение территорий, прилегающих к объектам накопленного вреда [3, 14, 22, 28]. Выявлено, что страдает биологическое разнообразие растительности [17, 21]. И отечественные и зарубежные публикации свидетельствуют о доказанном ухудшении показателей состояния здоровья населения, постоянно проживающего в зонах влияния мест складирования промышленных отходов прошлой экономической деятельности [9, 14, 18, 25].

Потенциальные негативные эффекты, делают актуальным оперативную оценку опасностей и рисков, которые создают заброшенные бесхозные фосфорные отвалы с позицией определения их значимости и приоритетов в рамках программ ликвидации объектов накопленного вреда.

Цель. Оценка и характеристика риска для здоровья населения, которое формирует шламоотвальное хозяйство, расположенное на территории одного из городов Самарской области Российской Федерации.

Материалы и методы

Объект исследования – шламоотвальное хозяйство бывшего химического предприятия, выпускавшего сложные фосфорные удобрения, синтетические моющие средства, фосфатирующие и моющие концентраты для автомобильной промышленности и т.п. Также в составе завода функционировало производство сернистого алюминия – коагулянта, применяемого в системах очистки сточных вод.

В 2002 году предприятие было доведено до банкротства. Накопившиеся при ликвидации завода фосфорсодержащие отходы, некондиционные отходы дегтергентов и другие опасные отходы были складированы на промплощадке частично под завалами строительных конструкций, а также в грунтах, в наземных и подземных емкостях, поддонах, бочках, в технологическом оборудовании, в подземных сооружениях и внутриплощадочных сетях. На момент обследования в состав шламоотвального хозяйства входили хранилища коттрельного молока и известкового фосфорсодержащего шлама после очистки сточных вод.

Объект удален от жилой застройки на расстоянии около 1540 м. Расстояние объекта до ближайшего водного объекта – менее 370 м. Шламонакопитель расположен в границах поселения и в третьем поясе зоны санитарной охраны источника питьевого водоснабжения.

Аэрофотоснимок земельного участка шламоотвального хозяйства с прилегающей жилой застройкой приведен на рисунке.

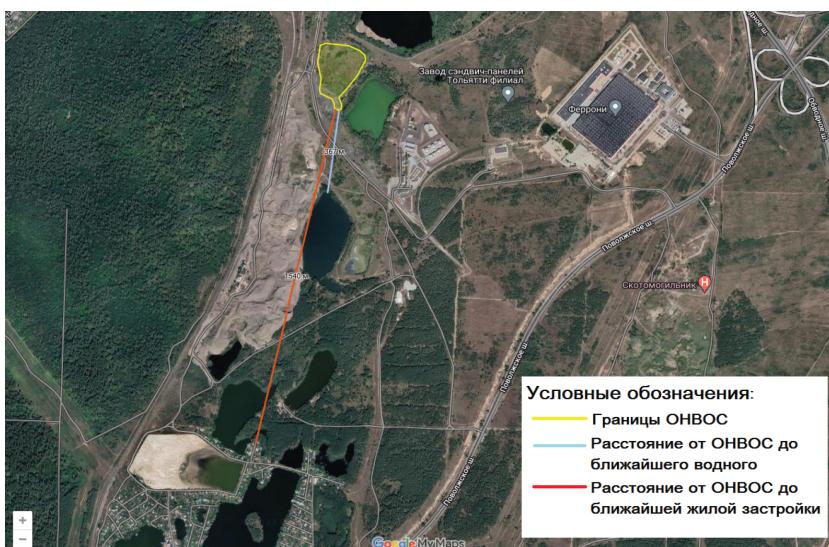


Рис. Карта-схема расположения отходов относительно жилой застройки и водного объекта

Для оценки рисков здоровью использованы фондовые данные санитарной службы, органов здравоохранения и материалы, подготовленные территориальной службой по надзору в сфере природопользования. Инструментальные исследования на объекте выполнялись с августа по октябрь 2022 г. силами аккредитованных в установленном порядке испытательно-лабораторных центров Межрегионального управления по Самарской и Ульяновской областям совместно с Центром лабораторного анализа и технических измерений по Приволжскому федеральному округу Российской Федерации и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Самарской области». Все исследования выполнялись с применением стандартизованных методов отбора и анализа проб.

Для оценки риска объекта накопленного вреда для здоровья населения применяли методические подходы², разработанные и утвержденные Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

² МР 2.1.10.0273–22. 2.1.10. Состояние здоровья населения в связи с состоянием окружающей среды и условиями проживания населения. Оценка воздействия объектов накопленного вреда окружающей среде на здоровье граждан и продолжительность их жизни, в том числе с возможностью проведения экспресс-оценки. Доступно по: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_423034/

Объект оценивали по 50 качественным и количественным показателям, объединенных в несколько групп: общие параметры объекта; климатические характеристики территории размещения объекта; пространственные характеристики по отношению к населенным пунктам; геолого-технологические характеристики; характеристика объектов среды обитания в зоне влияния объекта и на ближайшей жилой застройке. Каждой группе показателей придавали весовой коэффициент значимости.

Внутри отдельной группы каждый показатель шкалировали, учитывая уровень опасности для здоровья с учетом экспертного распределения весовых вкладов отдельных показателей и группы в целом (компонентные риски показателей и группы в целом) в совокупный риск нарушения здоровья и сокращения продолжительности жизни населения, постоянно проживающего в зоне влияния объекта НВОС. При том потенциальные нарушения здоровья дифференцировали с вероятной тяжести заболеваний [19, 20, 24].

Пример градирования параметров отдельных показателей приведен в таблице 1.

Таблица 1.

Фрагмент перечня показателей опасности объектов размещения отходов, являющихся источником накопленного вреда окружающей среде, с критериями диапазонов опасности

Показатель шкалы	Единицы измерения	Категории опасности объекта НВОС				
		Пренебрежимо малая	Низкая	Средняя	Высокая	Очень высокая
Общая характеристика объекта НВОС						
Период существования объекта	лет	[0;2];[40;+∞]	(40;30]	(30;20]	(20;10]	(10;2]
...						
Степень захламления прилегающей территории	шт/100 кв м	[0;1]	(1;2]	(2;5]	(5;10]	(10;+∞)
Техническое состояние объектов НВОС (степень разрушения)	%	[0;25]	(25;50]	(50;75]	(75;99]	полностью разрушен
Климатические характеристики территории размещения объекта НВОС						
Размещение в зоне вечной мерзлоты	—	нет	нет	нет	в слое сезонного промерзания	в зоне твердомерзлых грунтов
...						

Вероятность и масштабы чрезвычайных ситуаций	–	нет	нет	нет	да	да
Расположение в зоне опасных природных явлений	–	нет	нет	нет	да	да
Пространственные характеристики объекта НВОС относительно мест пользования населением						
Расположение объектов НВОС относительно зон санитарной охраны источников питьевого водоснабжения /	–	За пределами ЗСО	За пределами ЗСО	В третьем поясе ЗСО	Во втором поясе ЗСО	В первом поясе ЗСО
Наличие водоочистки/водоподготовки при заборе воды из поверхностного и/или подземного источника для хозяйствственно-питьевых нужд в зоне влияния объектов НВОС	–	да	да	нет	нет	нет
...						
Кратность превышения заболеваемости населения в ближайшей жилой застройке (муниципальном образовании) относительно среднерегионального/среднeterриториального уровня	раз	[1]	(1;1,2]	(1,2;1,5]	(1,5;2]	(2;+∞)
Геологические и гидрологические показатели территории						
Наличие обваловок, ограждений, отводных каналов и пр.	–	да	да	нет	нет	нет
Показатели качества объектов среды обитания						
Показатель качества атмосферного воздуха в зоне объектов НВОС	доли ПДК, ОБУВ	[0;0,5ПДК]	(0,5ПДК; 1ПДК]	(1ПДК; 2ПДК]	(2ПДК; 5ПДК]	(5ПДК;+∞)
Наличие жалоб населения на качество атмосферного воздуха	ед./год	[0]	[0]	[1;5)	(5;10)	(10;+∞)

....						
Показатель качества почвы в ближайшей жилой застройке	ед. измер.	$[0; BOR1]^{**}$	$(BOR1; BOR2]$	$(BOR2; BOR3]$	$(BOR3; BOR4]$	$(BOR4; +\infty)$

Примечания: *Перечень показателей не ограничен и определяется исключительно спецификой объекта и его влиянием на среду обитания;

** – BOR1, BOR2, BOR3, BOR4 – верхние значения диапазонов показателей качества объектов среды обитания в соответствии с их принадлежностью к 5-ти категориям риска здоровью соответственно.

Комплексная оценка самого объекта, параметров среды обитания и ответов со стороны здоровья обеспечивает расчет, генерируются показатели риска, ассоциированные с существованием объекта накопленного вреда. Совокупный риск (R) по всем группам показателей рассчитывали по формуле:

$$R = \sum_j R_j v_j \text{ где:}$$

R_j – величина риска здоровью от j -ой группы показателей;

v_j – весовой вклад j -ой группы показателей в совокупный риск.

В силу того, что величина риска могла располагаться на границе значений и принадлежать одновременно к разным диапазонам риска, объекту накопленного присваивалась категория, соответствующая максимальному значению функции принадлежности. Объект по результатам расчета риска относили к одной из установленных категорий: низкий (диапазона значений риска $[0; 0,25]$); умеренный $(0,15; 0,45]$; средний $(0,35; 0,65]$; высокий $(0,55; 0,85]$; чрезвычайно высокий $(0,75; 1,0]$. Объекту НВОС присваивается категория, соответствующая максимальному значению функции принадлежности.

Метод обеспечивает сравнимость объектов НВОС между собой и возможность относить объект к определенной категории риска негативного воздействия:

Результаты

Анализ фондовых материалов показал, что шламоотвал как бесхозный объект существует более 14 лет. Общая масса накопленных отходов составляет порядка 287 тысяч куб.м. Площадь шламоотвала составляет 8,4 гектара. Общая масса накопленных отходов составляет 287,0 тыс. м³. Ветра дуют в сторону жилой застройки в среднем с частотой порядка 12%.

Состав отходов – шламы и остатки некондиционных продуктов I-IV классов опасности с содержанием фосфора, органических веществ (фосфорсодержащих шламов, строительных отходов, загрязненных фосфором, серы комовой, органической жидкости, загрязненной фосфором, отходов извести некондиционной, несортированного мусора от сноса и разборки зданий). Фосфат-ионы в составе шламоотвала составляют от 15 до 22% (в зависимости от точки отбора пробы на объекте). Влажность шлама – от 7,1 до 7,4%. Порядка 70 % составляют инертные отходы (диоксид кремния).

Химический состав шламоотвала характеризуется присутствием целого комплекса металлов: марганец (до 0,25 массовых %); цинка (до 0,02%), мышьяка, кобальта, свинца (с массовыми долями порядка 0,01%).

Опасные вещества и отходы располагаются как внутри зданий, сооружений, так и на открытых площадках.

Для хранилища коттрельного молока, ввиду его особой токсичности, был запроектирован двойной экран с внутренним пластовым дренажем. Верхний экран выполнен из полиэтиленовой пленки толщиной 0,2 мм, второй из суглинка. Дренаж – для сбора химзагрязненной воды предполагал ее отвод через насосную обратно в шламонакопитель. После ликвидации предприятия насосная была демонтирована неустановленными лицами.

Лабораторный анализ показал, что почвы вблизи шламоотвального хозяйства интенсивно загрязнены: концентрации фосфорных соединений (валовый фосфор и фосфат-ионы) достигают в отдельных точках 250 мг/кг и 320 тыс. мг/кг при фоновом уровне 3,4 мг/кг и 29 тыс. мг/кг соответственно.

В почве зафиксировано присутствие целого комплекса тяжелых металлов, в том числе канцерогенов: никеля, мышьяка, свинца, кадмия. Некоторые показатели качества почв в зоне расположения объекта представлены в таблице 2.

В отдельных пробах содержание никеля превышало фоновый уровень почти в более чем в пять раз, свинца – в два раза. Концентрация марганца фиксировалась на уровнях в 10 раз выше, чем в фоновой точке. Содержание нефтепродуктов в почве в зоне объекта выше, чем в фоновой концентрации в 2,27 раз.

В атмосферном воздухе в зоне шламоотвального хозяйства отмечены превышения предельно допустимых концентраций по сере диоксиду до 10 ПДКм.р., азот (II) оксиду до 4,6 ПДКм.р. и взвешенным веществам до 2,5ПДКм.р. По фосфорному ангидриду, который является маркером для объектов хранения фосфорных предприятий, нарушеней гигиенических нормативов выявлено не было, но в 100% проб вещество фиксировали в значимых концентрациях (т.н. выше порога чувствительности метода).

Таблица 2.

**Показатели качества почв в зоне расположения шламоотвального хозяйства
(для металлов – подвижные формы содержание, глубина 0,05–0,2 м)**

№№ п/п	Определяемые показатели	Единицы измерения	Результаты испытания	Фоновая точка
1	Валовый фосфор	%	250	3,4
2	Фосфат-ионы	мг/кг	320000*	29000*
3	Сульфат-ионы	ммоль/100 г	7,5±0,6	4,1±0,4
4	Хлорид-ион	ммоль/100 г	1,05±0,16	0,24±0,04
5	Нитритный азот	мг/кг	0,23±0,09	0,060±0,023
6	Нефтепродукты	мг/кг	680±170	300±80
7	Марганец	мг/кг	3300	353±35
8	Цинк	мг/кг	640±100	23,0±7,0
9	Никель	мг/кг	108±25	23,0±9,0
10	Свинец	мг/кг	91±34	<30
11	Медь	мг/кг	78±25	<20

Примечание: *указано максимально зафиксированное значение

Таблица 3.

**Некоторые показатели качества поверхностных вод используемых
в рекреационных целях вблизи шламоотвального хозяйства**

№№ п/п	Определяемые показатели	Единицы измерения	Результаты испытания	Фоновая точка
1	Фосфат-ионы	мг/дм ³	4,070±0,600	0,140±0,022
2	Сульфат-ионы	мг/дм ³	530±80	60,0±9,0
3	Хлорид-ион	мг/дм ³	155±14	92,0±8,0
4	Нитрит-ион	мг/дм ³	0,130±0,018	<0,02
5	Нефтепродукты	мг/кг	0,540±0,140	0,110±0,039
6	Цинк	мг/кг	0,0087±0,0040	0,0067±0,0031
7	Свинец	мг/кг	0,203±0,050	0,170±0,040
8	Взвешенные вещества	мг/кг	15,0±1,8	6,0±1,1

Крайне настораживающим явился факт высокого загрязнения поверхностных вод используемых в рекреационных целях (таблица 3). В воде присутствовали те же компоненты, которые были характерны для объекта накопленного вреда: весь комплекс тяжелых металлов, нефтепродукты, различные формы фосфорсодержащих веществ. В таблице 3 приведены показатели по веществам, уровни которых превышали предельно-допустимые значения и/или фоновые значения компонентов. Обращает на себя

внимание высокая степень минерализации природных вод – концентрация сульфат-ионов была выше, чем в фоновой точке почти в девять раз, фосфат-ионов – в 7 раз. Очень высок уровень содержания в водах нитрит – ионов, которые при попадании в организм человека могут являться исходным материалом для образования нитрозаминов – опасных соединений с канцерогенными и мутагенными свойствами.

Обсуждение

Полученные результаты подтвердили гипотезу о значительном потенциальном влиянии длительно существующих шламоотвальных хозяйств среди обитания населения близлежащих территорий. Почти 20 лет фосфорные соединения и тяжелые металлы фильтровались через почвы в подземные горизонты, в том числе водоносные. Поскольку грунтовые воды находятся в непосредственном выходе, гидроизоляционный экран отсутствует, поверхностные водоисточники оказались незащищенными, что привело к их загрязнению.

Ситуация позволяла предполагать негативное влияние ОНВОС и на здоровье населения. Только за период с 2018 по 2022 гг. в органы санитарного надзора поступило 33 жалобы жителей на загрязнение атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод объектами, расположенным на территории бывшего фосфорного предприятия, включая шламонакопитель. В 2019 г. в городе прошел экологический митинг, резолюцию которого подписали 372 гражданина. Подписавшие резолюцию лица отмечали загрязнение атмосферного воздуха в результате возгораний отходов и/или иных аварийных ситуаций на территории объекта накопленного экологического вреда.

Анализ медицинской статистики показал, что у граждан, постоянно проживающих вблизи объекта накопленного вреда, частота заболеваний эндокринной системы и нарушения обмена веществ выше среднерегиональных и среднетерриториальных значений: у детей (в 5,24 раз), подростков (в 5,61 раз) и взрослого населения (в 5,76 раз). Частота регистраций заболеваний костно-мышечной системы выше данных территории сравнения в 9 раз (9,05/8,26/8,74 раз соответственно). По таким нозологиям как врожденные аномалии, нарушение системы кровообращения, болезни органов дыхания, болезни печени, болезни мочеполовой системы – показатели заболеваемости превышали почти в три раза во всех возрастных группах.

Таким образом, очевидно, что риски, рассчитанные по данным изучения объектов среды обитания, реализуются в форме конкретных заболеваний и детского и взрослого населения из зоны влияния ОНВОС.

Объект подлежат ликвидации в приоритетном порядке в краткосрочной перспективе.

К сожалению, на текущий момент действующий Приказ Министерства природных ресурсов не рассматривает риск для здоровья населения как обязательный составной элемент критериев категорирования объектов. Сопряжение оценок ущерба для окружающей среды для здоровья жителей представляется крайне актуальным и важным процессом, требующим нормативного закрепления. Усилиением фактора значимости объектов как первоочередных для ликвидации могли бы стать специальные углубленные исследования, включающие элементы биомониторинга человека. В научной литературе на сегодня достаточно доказательств того, что повышенные уровни техногенных токсикантов в биологических средах населения, прежде всего детского, могут являться серьезной доказательной базой негативного воздействия объекта на здоровье. Показатели состояния здоровья населения и в отечественной и в зарубежной практике рассматриваются как важнейшие аргументы в пользу определения объекта как приоритетного с позиций приведения к нормативному состоянию [5, 9, 10, 22, 25].

Заключение и выводы

Длительное существование шламоотвала бывшего фосфорного производства формирует загрязнение почв, природных водных объектов и почв целым комплексом тяжелых токсичных металлов, нефтепродуктами, органическими и неорганическими фосфорсодержащими соединениями. Риски для здоровья жителей ближайших населенных пунктов характеризуются как «высокие».

Объект подлежит первоочередной ликвидации, что, несомненно, приведет к улучшению экологической ситуации и медико-демографических показателей состояния здоровья жителей. Проведение работ по ликвидации шламоотвального хозяйства и рекультивации участка, кроме того, позволит вернуть в хозяйственный оборот порядка 8,4 га муниципальных земель.

Список литературы

1. Алыкова О.И., Чуйкова Л.Ю., Чуйков Ю.С. Накопленный экологический вред: проблемы и последствия. Сообщение 1. Государственный реестр ОН-ВОС // Астраханский вестник экологического образования. 2021. № 2 (62). С. 88-113. <https://doi.org/10.36698/2304-5957-2021-2-88-113>
2. Алыкова О.И., Чуйкова Л.Ю., Чуйков Ю.С. Накопленный экологический вред: проблемы и последствия. Сообщение 2. Анализ ситуации // Астра-

- ханский вестник экологического образования. 2021. № 2 (62). С. 114-137. <https://doi.org/10.36698/2304-5957-2021-2-114-137>
3. Березин Г.И., Кондакова Л.В., Домрачева Л.И., Дабах Е.В. Особенности микробных группировок почв в районе Кильмезского полигона захоронения ядохимикатов (Кировская область) // Принципы экологии. 2016. № 2. С. 4-15.
 4. Буковский М.Е., Решетов И.С. Влияние фосфогипсовых отвалов Уваровского химического завода на экологическое состояние реки Вороны // Вестник тамбовского университета. Серия: естественные и технические науки. 2017. Т. 22, №5-1. С. 777-779. <https://doi.org/10.20310/1810-0198-2017-22-5-777-779>
 5. Вековшинина С.А., Клейн С.В., Ханхареев С.С., Макарова Л.В., Мадеева Е.В., Болошинова А.А. Оценка качества среды обитания и рисков для здоровья населения г. Закаменска – территории длительного хранения отходов Джидинского вольфрамо-молибденового комбината // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96, №1. С. 15-20. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-1-15-20>
 6. Голденман Г. Опыт стран Европейского союза и стран Центральной и Восточной Европы в решении проблем прошлого экологического ущерба. Дискуссионный доклад для Всемирного банка // ИнЭкА-консалтинг. 2006. URL: <https://ineca.ru/?dr=projects&projects=social/pel/material&docname=optyt> (дата обращения: 02.03.2023).
 7. Дубовик Д.М. Объекты накапленного вреда: к вопросу о несанкционированных свалках // Российское право: образование, практика, наука. 2022. № 3. С. 93-99. https://doi.org/10.34076/2410_2709_2022_3_93
 8. Елсукова Е.Ю., Недбаев И.С., Кузьмина Д.С. Загрязнение почв в зоне воздействия производства фосфорных удобрений // Вестник Санкт-Петербургского университета. 2022. 67 (4). <https://doi.org/10.21638/spbu07.2022.406>
 9. Зайцева Н.В., Май И.В., Клейн С.В., Ханхареев С.С., Болошинова А.А. Научно-методические аспекты и практический опыт формирования доказательной базы причинения вреда здоровью населения в зоне влияния отходов прошлой экономической деятельности // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 11. С. 1038-1044. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-11-1038-1044>
 10. Иванова Ю.С., Горбачев В.Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами под влиянием несанкционированных свалок (медицинско-экологический аспект) // Ульяновский медико-биологический журнал. 2012. № 1. С. 119-124.
 11. Иванцова Е.А. Оценка воздействия ликвидации техногенного массива размещения отходов производства и потребления на атмосферный воздух //

- Инновационные технологии защиты окружающей среды в современном мире: материалы Всероссийской научной конференции с международным участием молодых ученых и специалистов. Казань, 2021. С. 1363-1368.
12. Кабацкая Л.Н. Зарубежный опыт правового регулирования ликвидации накопленного вреда окружающей среде // Журнал зарубежного законодательства и сравнительного правоведения. 2020. № 1. С. 114-128. <https://doi.org/10.12737/jflcl.2020.005>
13. Ледашева Т.Н., Чернышёв Д.А. Анализ зарубежного опыта решения проблем накопленного экологического ущерба // Науковедение: интернет-журнал. 2014. № 6 (25). 12 с. <https://doi.org/10.15862/83EVN614>
14. Гигиеническая оценка канцерогенного риска здоровью населения, ассоциированного с загрязнением депонирующих сред тяжелыми металлами / В.М. Боев, Л.В. Зеленина, Л.Х. Кудусова, Е.А. Кряжева, Д.О. Зеленин // Анализ риска здоровью. 2022. № 1. С. 17–26. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.1.02>
15. Плеханова И.О., Аймалетдинов Р.А. Влияние отходов производства фосфорных удобрений на экологическое состояние близлежащих территорий // Проблемы агрохимии и экологии. 2014. № 1. С. 50-54.
16. Сахаров В.А., Морозова О.А., Выпражкин Е.Н., Файзуллин Д.Р. Влияние свалки твердых бытовых отходов на водные объекты (на примере городской свалки в городе Южно-Сахалинске) // Ученые записки Сахалинского государственного университета. 2015. № 1 (11–12). С. 87-91.
17. Свиолупова Л.С., Чиванова С.В., Огородникова С.Ю. Сравнительная характеристика биохимических реакций растений на загрязнение почвы фосфор- и фторсодержащими соединениями // Бизнес. Наука. Экология родного края: Проблемы и пути их решения. 2013. С. 119-122
18. Соловьев А.А. Ликвидация объектов накопленного вреда, возникших при загрязнении окружающей среды нефтяными углеводородами // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2021. № 1 (298). С. 8-17.
19. GBD Diseases and Injuries Collaborators. Global burden of 369 diseases and injuries, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019 // The Lancet. 17 October 2020. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30925-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30925-9)
20. Global Burden of Disease Study 2019 (GBD 2019) Disability Weights. URL: <https://ghdx.healthdata.org/record/ihme-data/gbd-2019-disability-weights> (дата обращения: 06.03.2023).
21. Kassir L. N., Lartiges B., Ouaini N. Effects of fertilizer industry emissions on local soil contamination: a case study of a phosphate plant on the east Mediterranean coast // Environmental technology. 2012. Vol. 33. No. 8. P. 873-885.

22. Kleyn S.V., Vekovshinina S.A. Priority risk factors related to drinking water from centralized water supply system that create negative trends in population health // Health Risk Analysis. 2020. No 3. P. 48-59.
23. Lin H., Zhu Y., Ahmad N. et al. A scientometric analysis and visualization of global research on brownfields // Environ Sci Pollut Res. 2019. Vol. 26. P. 17666-17684. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05149-3>
24. Minsu Ock, Bomi Park, Hyesook Park, In-Hwan Oh, Seok-Jun Yoon, Bogeum Cho, and Min-Woo JoDisability Weights Measurement for 289 Causes of Disease Considering Disease Severity in Korea // J Korean Med Sci. 2019 Mar 26. Vol. 34 Suppl 1, e60. <https://doi.org/10.3346/jkms.2019.34.e60>
25. Ojuri O.O., Ayodele F.O., Oluwatuyi O.E. Risk assessment and rehabilitation potential of a millennium city dumpsite in Sub-Saharan Africa // Waste Manag. 2018. Vol. 76. P. 621-628. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.03.002>
26. Othman I., Al-Masri M. S. Impact of phosphate industry on the environment: a case study // Applied Radiation and Isotopes. 2007. Vol. 65, No. 1. P. 131-141.
27. Tayibi H., Choura M., Lopez F.A., Alguacil F.J., Lopez- Delgado A. Environmental impact and management of phosphogypsum // J. Environ. Manag. 2009. Vol. 90 (8). P. 237-238.
28. Tenodi S., Krčmar D., Agbaba J., Zrnić K., Radenović M., Ubavin D., Dalmacija B. Assessment of the environmental impact of sanitary and unsanitary parts of a municipal solid waste landfill // J. Environ. Manage. 2020. Vol. 258. P. 110019. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.110019>

References

1. Alykova O., Chuikova L., Chuikov Yu. Accumulated environmental damage: problems and consequences. Message 1. State registry of objects of accumulated environmental damage. *Astrakhanskii vestnik ekologicheskogo obrazovaniya* [Astrakhan Bulletin of Environmental Education], 2021, no. 2 (62), pp. 88-113. <https://doi.org/10.36698/2304-5957-2021-2-88-113>
2. Alykova O., Chuikova L., Chuikov Yu. Accumulated environmental damage: problems and consequences. Message 2. Analysis of the situation. *Astrakhanskii vestnik ekologicheskogo obrazovaniya* [Astrakhan Bulletin of Environmental Education], 2021, no. 2 (62), pp. 114-137. <https://doi.org/10.36698/2304-5957-2021-2-114-137>
3. Berezin G.I., Kondakova L.V., Domracheva L.I., Dabakh E.V. Features of soil microbial groups in the area Kilmezsky landfill dumping of toxic chemicals (Kirov region). *Printsipy ekologii* [Principles of ecology], 2016, no. 2 (18), pp. 4-15.

4. Bukovsky M.E., Reshetov I.S. Influence of phosphogypsum drops of Uvarovo chemical plant on ecological state of Vorona river. *Tambov University Reports. Series Natural and Technical Sciences*, 2017, vol. 22, no. 5-1, pp. 777-779. <https://doi.org/10.20310/1810-0198-2017-22-5-777-779>
5. Vekovshinina S.A., Kleyn S.V., Khankhareev S.S., Makarova L.V., Madeeva E.V., Boloshinova A.A. The assessment of environmental quality and risks for the population of the city of Zakamensk - territory of long-term storage of waste of Dzhidinsky tungsten-molybdenum combine. *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and sanitary], 2017, vol. 96, no. 1, pp. 15-20. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-1-15-20>
6. Goldenman G. Opyt stran Evropeiskogo soyuzu i stran Tsentral'noi i Vostochnoi Evropy v reshenii problem proshlogo ekologicheskogo ushcherba. Diskussionnyi doklad dlya Vsemirnogo banka [Experience of the countries of the European Union and the countries of Central and Eastern Europe in solving the problems of the ecological crisis. Discussion paper for the World Bank]. In *EKA-konsalting LLC*, 2006. <https://ineca.ru/?dr=projects&projects=social/pel/material&doc-name=opyt> (02.03.2022).
7. Dubovik D.M. On the problem of unauthorized dumps. *Russian law: education, practice, researches*. 2022. no 3. pp. 93-99. https://doi.org/10.34076/2410_270_9_2022_3_93
8. Elsukova E.Yu., Nedbaev I.S., Kuzmina D.S. Monitoring of soil pollution in the area affected by the production of phosphorus fertilizers. *Vestnik of Saint-Petersburg University. Earth Sciences*, 2022, vol. 67 (4). <https://doi.org/10.21638/spbu07.2022.406>
9. Zaitseva N.V., May I.V., Klein S.V., Khankharev S.S., Boloshinova A.A. Scientific and methodological aspects and practical experience for the formation of the evidential base of hazard to health in the population in the zone of influence of waste from the past economic activity. *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and sanitary], 2017, vol. 96, no. 11, pp. 1038-1044. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-11-1038-1044>
10. Ivanova Yu.S., Gorbachev V.N. Heavy metals pollution of soil under the influence of illegal dumping (health and environmental aspects). *Ul'yanovskii mediko-biologicheskii zhurnal* [Ulyanovsk Medical Biological Journal], 2012, no. 1, pp. 119-124.
11. Ivantssova E.A. Otsenka vozdeistviya likvidatsii tekhnogennogo massiva razmeshcheniya otkhodov proizvodstva i potrebleniya na atmosfernyi vozdukh [Assessment of the impact of the liquidation of the technogenic array of production and consumption waste disposal on the atmospheric air]. *Innovatsionnye*

- tekhnologii zashchity okruzhayushchei sredy v sovremenном мире: материалы Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem molodykh uchenykh i spetsialistov.* Kazan, 2021, pp. 1363-1368.
- 12. Kabatskaya L.N. Foreign experience in legal regulation of liquidation of accumulated environmental damage. *Journal of foreign legislation and comparative law*, 2020, no 1, pp. 114-128. <https://doi.org/10.12737/jflcl.2020.005>
 - 13. Ledashcheva T.N., Chernyshev D.A. Analysis of international experience of cumulative environmental harm problem solution. *Naukovedenie [Science of science]*, 2014, no. 6 (25), 12 p. <https://doi.org/10.15862/83EVN614>
 - 14. Boev V.M., Zelenina L.V., Kudusova L.H., Kryazheva E.A., Zelenin D.O. Hygienic assessment of carcinogenic health risks associated with contamination of depositing media with heavy metals. *Health Risk Analysis*, 2022, no. 1, pp. 17–26. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.1.02.eng>
 - 15. Plekhanova I.O., Aimaletdinov R.A. Effect of wastes of phosphorus fertilizers production on the soil agroecological condition. *Problemy agrohimii i ekologii [Problems of agrochemistry and ecology]*, 2014, no. 1, pp. 50-54.
 - 16. Sakharov V.A., Morozova O.A., Vypryazhkin E.N., Fayzulin D.R. Vliyanie sval'ki tverdykh bytovykh otkhodov na vodnye ob"ekty (na primere gorodskoy sval'ki v gorode Yuzhno-Sakhalinske) [The impact of a solid domestic waste dump on water bodies (on the example of a city dump in the city of Yuzhno-Sakhalinsk)]. *Uchenye zapiski Sakhalinskogo gosudarstvennogo universiteta [Scientific Notes of Sakhalin State University]*, 2015, no. 1 (11–12), pp. 87-91
 - 17. Svinolupova L.S., Chivanova S.V., Ogorodnikova S.Yu. Sravnitel'naya kharakteristika biokhimicheskikh reaktsiy rasteniy na zagryaznenie pochvy fosfor- i florsoderzhashchimi soedineniyami [Comparative characteristics of biochemical responses of plants to soil pollution with phosphorus- and fluorine-containing compounds]. *Biznes. Nauka. Ekologiya rodnogo kraja: Problemy i puti ikh resheniya [Business. The science. Ecology of the native land: Problems and ways to solve them]*, 2013, pp. 119-122.
 - 18. Soloviyano A.A. Elimination of accumulated damage objects caused by pollution of the environment by petroleum hydrocarbons. *Environmental protection in oil and gas complex*, 2021, no. 1 (298), pp. 8-17.
 - 19. GBD Diseases and Injuries Collaborators. Global burden of 369 diseases and injuries, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet*. 17 October 2020. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30925-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30925-9).
 - 20. Global Burden of Disease Study 2019 (GBD 2019) Disability Weights. Available at: <https://ghdx.healthdata.org/record/ihme-data/gbd-2019-disability-weights>

21. Kassir L. N., Lartiges B., Ouaini N. Effects of fertilizer industry emissions on local soil contamination: a case study of a phosphate plant on the east Mediterranean coast. *Environmental technology*, 2012, vol. 33, no. 8, pp. 873-885.
22. Kleyn S.V., Vekovshinina S.A. Priority risk factors related to drinking water from centralized water supply system that create negative trends in population health. *Health Risk Analysis*, 2020, no 3, pp. 48-59.
23. Lin H., Zhu Y., Ahmad N. et al. A scientometric analysis and visualization of global research on brownfields. *Environ Sci Pollut Res.*, 2019, vol. 26, pp. 17666-17684. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05149-3>
24. Minsu Ock, Bom Park, Hyesook Park, In-Hwan Oh, Seok-Jun Yoon, Bogeum Cho, and Min-Woo JoDisability Weights Measurement for 289 Causes of Disease Considering Disease Severity in Korea. *J Korean Med Sci*, 2019 Mar 26, 34 Suppl 1, e60. <https://doi.org/10.3346/jkms.2019.34.e60>
25. Ojuri O.O., Ayodele F.O., Oluwatuyi O.E. Risk assessment and rehabilitation potential of a millennium city dumpsite in Sub-Saharan Africa. *Waste Manag.*, 2018, vol. 76, pp. 621-628. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.03.002>
26. Othman I., Al-Masri M. S. Impact of phosphate industry on the environment: a case Study. *Applied Radiation and Isotopes*, 2007, vol. 65, no. 1, pp. 131-141.
27. Tayibi H., Choura M., Lopez F.A., Alguacil F.J., Lopez- Delgado A. Environmental impact and management of phosphogypsum. *J. Environ. Manag.*, 2009, 90 (8), pp. 237-238
28. Tenodi S., Krčmar D., Agbaba J., Zrnić K., Radenović M., Ubavin D., Dalmacija B. Assessment of the environmental impact of sanitary and unsanitary parts of a municipal solid waste landfill. *J. Environ. Manage*, 2020, vol. 258, pp. 110019. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.110019>

ВКЛАД АВТОРОВ

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку статьи для публикации.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

The authors contributed equally to this article.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Зайцева Нина Владимировна, д-р мед. наук, академик РАН, научный руководитель

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»

ул. Монастырская, 82, г. Пермь, 614045, Российская Федерация
znv@fcrisk.ru

Май Ирина Владиславовна, д-р биол. наук, профессор, заместитель директора по научной работе

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»

ул. Монастырская, 82, г. Пермь, 614045, Российская Федерация
may@fcrisk.ru

Максимова Екатерина Вадимовна, младший научный сотрудник отдела системных методов санитарно-гигиенического анализа и мониторинга

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»

ул. Монастырская, 82, г. Пермь, 614045, Российская Федерация
maksimova@fcrisk.ru

Чупахина Людмила Владимировна, главный врач

ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Самарской области»
проезд Георгия Митирева, 1, г. Самара, 443079, Российская Федерация
all@fguzsamo.ru

Селянова Татьяна Васильевна, заведующий отделением охраны здоровья и среды - врач по коммунальной гигиене

ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Самарской области»
проезд Георгия Митирева, 1, г. Самара, 443079, Российской Федерации

all@fguzsamo.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Nina V. Zaitseva, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Scientific Director

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies

82, Monastyrskaya, Str., Perm, 614045, Russian Federation

znv@fcrisk.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2356-1145>

Irina V. May, Doctor of Biological Sciences, Professor, Deputy Director responsible for research work

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies

82, Monastyrskaia, Str., Perm, 614045, Russian Federation

may@fcrisk.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0976-7016>

Ekaterina V. Maksimova, Junior researcher at the Department for Systemic Procedures of Sanitary-Hygienic Analysis and Monitoring

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies

82, Monastyrskaia, Str., Perm, 614045, Russian Federation

maksimova@fcrisk.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5714-9955>

Ludmila V. Chupakhina, Chief Physician

FBUZ «Center for Hygiene and Epidemiology in the Samara Region»

1, Georgy Mitirev's passage, Samara, 443079, Russian Federation

all@fguzsamo.ru

Tatyana V. Selyanova, Head of the Department of Health and Environment Protection - Communal Hygiene Doctor

FBUZ «Center for Hygiene and Epidemiology in the Samara Region»

1, Georgy Mitirev's passage, Samara, 443079, Russian Federation

all@fguzsamo.ru

Поступила 22.03.2023

После рецензирования 11.04.2023

Принята 20.04.2023

Received 22.03.2023

Revised 11.04.2023

Accepted 20.04.2023

DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-945**УДК 614.7; 711.5**

Научная статья

УГЛУБЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЫЛЕВОГО СОСТАВА ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ ДЛЯ ЗАДАЧ КОРРЕКТНОЙ ОЦЕНКИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И МОНИТОРИНГА

И.В. Май, С.Ю. Загороднов

Обоснование. Внедрение эффективных мер в части управления за пылевыми выбросами промышленных предприятий требуют надежных данных об источниках и выбрасываемых химических веществ. Корректная оценка геоэкологического воздействия пылевых выбросов осложняется химическим разнообразием твердой компоненты.

Цель. Отработка практического подхода по определению фактического уровня загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами в зоне влияния хозяйствующего субъекта для решения задач корректной оценки уровней воздействий и мониторинга качества атмосферного воздуха.

Материалы и методы. Анализ отобранных образцов пылевых выбросов предприятий проводился с применением сканирующего электронного микроскопа высокого разрешения (степень увеличения – от 5 до 300 000 крат; ускоряющее напряжение – от 0,3 до 30 кВ.) с рентгено-флуоресцентной приставкой S3400N «HITACHI» (предел обнаружения – порядка 5–10 мас. %, минимальная область исследования – 100 мкм). Обработка рентгенограмм производилась с использованием программного обеспечения «XRD 6000/7000 Ver. 5.21». Картирование результатов расчетов рассеивания пылевой составляющей проводилось на геоинформационной платформе программных продуктов фирмы ESRI – ArcView 3.2 и ArcGIS 9.3.1.

Результаты. На примере промышленного предприятия выполнены комплексные исследования пылевых выбросов, и определен профиль твердой компоненты основных источников загрязнения атмосферного воздуха. Установлено, что фактический состав пылей, выбрасываемый предприятием, кардинально отличается от данных задекларированных в ведомости инвентариза-

ции. По результатам анализа расчетов рассеивания выделены приоритетные (маркерные) для производства вещества, и установлена зона фактического воздействия пылевых выбросов на атмосферный воздух.

Заключение. По результатам исследования сделаны выводы о надежности использования профиля пылевого выброса как инструмента оценки фактического воздействия предприятия на атмосферный воздух в задачах нормирования, мониторинга и установления корректного уровня воздействия антропогенных пылевых выбросов при планировании природоохранных мероприятий.

Ключевые слова: геоэкологическое воздействие; пылевые выбросы; химический состав; атмосферный воздух; мониторинг

Для цитирования. Май И.В., Загороднов С.Ю. Углубленные исследования пылевого состава промышленных выбросов для задач корректной оценки геоэкологического воздействия и мониторинга // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. Т. 15, №5. С. 343-357. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-945

Original article

PROFOUND INVESTIGATION OF DUST CHEMICAL COMPONENT IN INDUSTRIAL EMISSIONS FOR CORRECT ESTIMATION OF GEOECOLOGICAL IMPACT AND MONITORING

I.V. May, S.Yu. Zagorodnov

Background. Effective management of dust emissions from industrial enterprises should be based on reliable data on emission sources and emitted components. Correct estimation of geoecological impacts exerted by dust emissions is a complicated process due to chemical diversity of the soil component in them.

Aim. The aim was to test a practical approach to identifying actual ambient air pollution with solid particles in a zone influenced by an economic entity for correct estimation of impacts and monitoring of ambient air quality.

Materials and methods. Samples of industrial dust emissions were analyzed with a scanning electronic high-resolution microscope (magnification was from $\times 5$ to $\times 300,000$; acceleration voltage varied between 0.3 to 30 kW) with S3400N HITACHI x-ray fluorescent device (the limit of detection was approximately 5–10

mass % and the minimum field of view was 100 μm). X-ray photographs were processed by using XRD 6000/7000 software, Version 5.21. The results obtained by calculating dispersion of the dust component were mapped with ArcView 3.2 and ArcGIS 9.3.1., GIS-platforms created by ESRI.

Results. Complex investigations of dust emissions were performed at a selected enterprise and this made it possible to identify a profile of the dust component in emissions from major sources. Actual composition of dusts emitted by the analyzed enterprise was established to differ fundamentally from the data declared in the inventory lists of emissions issued by the enterprise. The results of dispersion calculations gave grounds for spotting out substances that were priority (marker) ones for the analyzed production and we also estimated actual effects produced by dust emissions on ambient air.

Conclusions. The study results allow concluding that a dust emission profile is a reliable instrument for estimating actual impacts of an industrial enterprise on ambient air. It can be applied to solve tasks within setting standards, monitoring and estimating actual impacts exerted by anthropogenic dust emissions when environmental measures are being planned and developed.

Keywords: geoelectrical impacts; dust emissions; chemical composition; ambient air; monitoring

For citation. May I.V., Zagorodnov S.Yu. Profound Investigation of Dust Chemical Component in Industrial Emissions for Correct Estimation of Geoelectrical Impact and Monitoring. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2023, vol. 15, no. 5, pp. 343-357. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-945

Введение

Корректное и эффективное управление загрязнением атмосферного воздуха требует надежных данных о фактическом качестве среды, включая качественную и количественную характеристику, зонирование территории по уровню воздействия. Кроме того, комплексная система мероприятий, направленная на снижение повышенных уровней воздействия, должна базироваться на достоверных данных о фактических выбросах хозяйствующих субъектов, формирующих загрязнение атмосферного воздуха [6, 11, 14, 5, 1].

Сложившаяся практика показывает, что декларируемые хозяйствующими субъектами объемы пылевых выбросов зачастую отличаются от фактического уровня воздействия как по химическому содержанию, так и по корректности учета взвешенных частиц PM10 и PM2,5 [2]. В результате, неверное представление о химическом составе выбросов не позволяет надежно оценить уровень воздействия предприятий на атмосферный воздух

прилегающих территорий и установить вклад конкретных хозяйствующих субъектов, в том числе отдельных источников выбросов [9, 12, 7, 3, 10, 15].

Как следствие, установленные на начальном этапе отклонения влекут за собой последовательную цепочку некорректных решений по контролю и управлению за качеством атмосферного воздуха.

Ситуация требует изменений, тем более что загрязнение атмосферного воздуха пылью является значимым фактором риска для здоровья человека. Многочисленные отечественные и зарубежные исследования доказывают, что твердые частицы формируют повышенную заболеваемость и смертность населения [13, 17, 18, 19, 20, 4, 8, 16].

Цель исследования

Отработка практического подхода по определению фактического уровня загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами в зоне влияния хозяйствующего субъекта для решения задач корректной оценки уровней воздействий и мониторинга качества атмосферного воздуха.

Материалы и методы исследования

Углубленные исследования пылевых выбросов проводились на промышленных предприятиях, относящихся к различным видам промышленности. В ходе исследования были изучены составы твердых выбросов предприятий по производству первичного алюминия, горнодобывающего и машиностроительного профилей. В ходе исследования было отобрано и проанализировано более 330 технологических процессов.

Для определения фактического содержания химических компонентов в составе пылей и установления форм частиц использовался сканирующий электронный микроскоп высокого разрешения (степень увеличения – от 5 до 300 000 крат; ускоряющее напряжение – от 0,3 до 30 кВ.) с рентгено-флуоресцентной приставкой S3400N «HITACHI» (предел обнаружения – порядка 5–10 мас. %, минимальная область исследования – 100 мкм). Обработка рентгенограмм производилась с использованием программного обеспечения «XRD 6000/7000 Ver. 5.21».

При картировании и ситуационном моделировании учитывали источники пылевых выбросов крупных промышленных предприятий, геокодированных и привязанных к векторной карте территории крупного промышленного центра. Использованы программные продукты фирмы ESRI – ArcView 3.2 и ArcGIS 9.3.1. Расчеты рассеивания выполняли в программных продуктах реализующих гауссовые модели атмосферной

диффузии. Моделировали ситуации при разных метеорологических условиях, в том числе неблагоприятных для рассеивания выбрасываемых примесей.

Результаты исследования

Выполнение углубленных исследований пылевых выбросов хозяйствующих субъектов позволило установить фактический состав химических веществ, выделяемых в атмосферный воздух. Как показали результаты, состав пылевой компоненты разнообразен и определяется спецификой технологического процесса и применяемым на производстве сырьем. При этом следует отметить, что по набору химических веществ профиль пылевого выброса отдельных источников и в целом по хозяйствующему субъекту стабилен и постоянен. Пример состава пылей, установленный на предприятии по производству цветных металлов (алюминий), представлен на рисунке 1 и в таблице 1. Осредненный состав выбросов можно представить следующим образом: оксид алюминия (83,77 %), фторид натрия (5,53 %), прочие примеси (не более 10 % включают: фторид кальция, дисульфид железа, оксид железа).

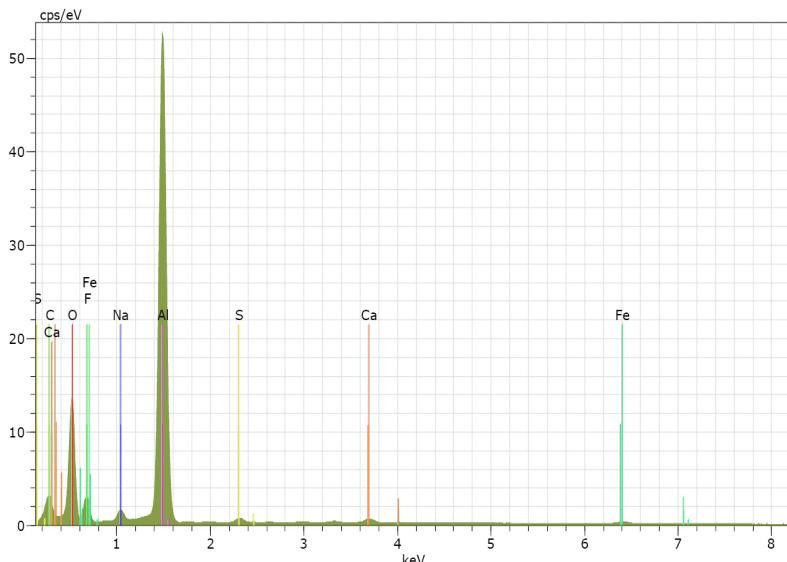


Рис. 1. Компонентный состав пыли от источника пылевыделения по производству цветных металлов (алюминий)

Таблица 1.

Пример установленного химического состава пылевого выброса от исследованного источника на предприятии по производству алюминия

Химическое вещество	Массовая доля в составе выброса, %
Al ₂ O ₃	83,77
NaF	5,53
Na ₂ SO ₄	2,75
CaF ₂	2,35
FeS ₂	2,17
SiO ₂	1,88
FeO	1,53

Стабильность и постоянство химического состава подтверждена морфологическими свойствами. Установленные формы частиц при увеличении от 500 до 1000 крат имеют однотипный набор форм (рисунок 2).

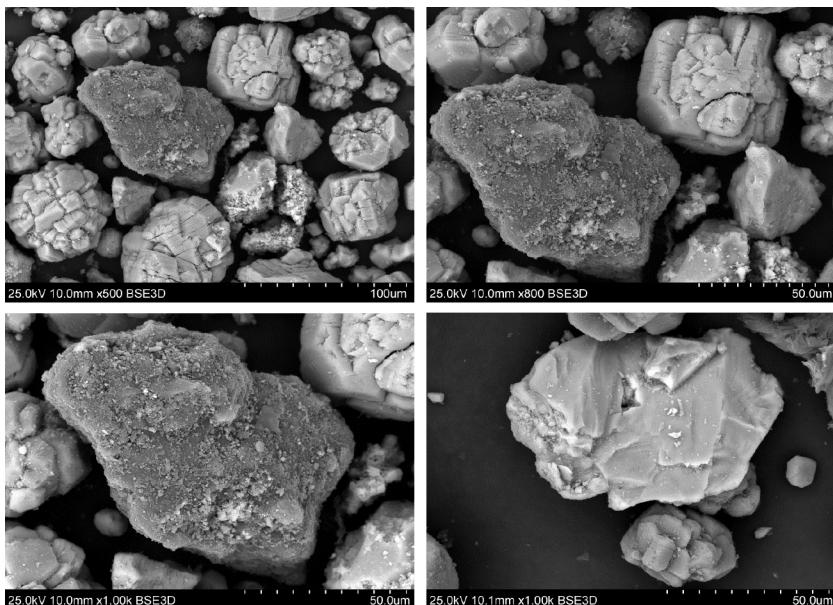


Рис. 2. Пример формы пылевых частиц от источника предприятия по производству алюминия (степень увеличения от 500 до 1000 крат)

Полученные результаты фактических данных о выбросах источников предприятий были соотнесены с нормируемыми показателями, учтены-

ми в составе природоохранной документации. Установлено, что в ведомости инвентаризации (по расчетным данным) предприятие декларирует в составе выбросов следующие химические вещества: фториды плохо растворимые, пыль неорганическую (до 20 % SiO_2) и смолистые вещества (возгоны пека). При этом в результате углубленных исследований химического состава выбросов дополнительно было установлено наличие оксида алюминия, фторидов хорошо растворимых, диНатрия сернокислого и т.д. Оксид алюминия, не учтенный в составе ведомости инвентаризации предприятия, содержится в составе выбросов в диапазоне 84,83–87,36 % в зависимости от источника. Кроме того, существенно отличается долевое содержание химических веществ в составе пылевой компоненты.

Аналогичным образом были получены результаты пылевого выброса от источников предприятия горнодобывающего профиля. По расчетным данным в ведомости инвентаризации предприятия основным выбрасываемым компонентом зарегистрирован оксид кремния (пыль неорганическая: до 20 % SiO_2), на его долю определено более 90 % валового выброса. При этом результаты углубленных исследований свидетельствуют, что фактический состав пылей характеризуется другими химическими веществами: хлоридом калия и натрия, оксидами железа, алюминия, калия, магния и т.д. Пример компонентного состава пылей, установленного на источнике предприятия горнодобывающего профиля, представлен на рисунке 3.

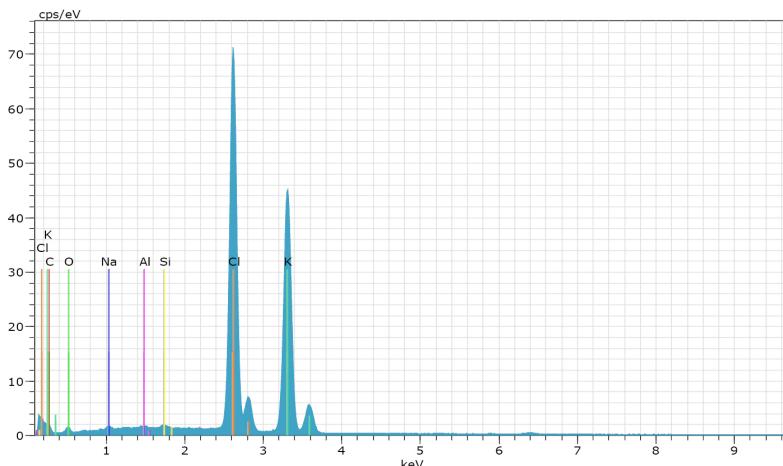


Рис. 3. Компонентный состав пыли от источника выброса предприятия горнодобывающего профиля

Балансовый расчет состава пылевых выбросов от источника по химическим веществам показал, что содержание хлористого калия в выбросах составляет до 90,09 %. С учетом ошибки определения осредненный состав выбросов от источника можно представить следующим образом: хлористый калий – $83,07 \pm 4,03$ %, хлористый натрий – $5,06 \pm 1,40$ %, прочие примеси – не более 12 %.

Для оценки фактического уровня воздействия хозяйствующего субъекта на атмосферный воздух полученные данные о пылевой составляющей твердой компоненты исследованных источников были внесены в ведомость инвентаризации источников предприятия по производству алюминия. С учетом как исходных, так и уточненных данных о выбросах, была проведена серия расчетов рассеивания. Результирующие картограммы приведены на рисунке 3.

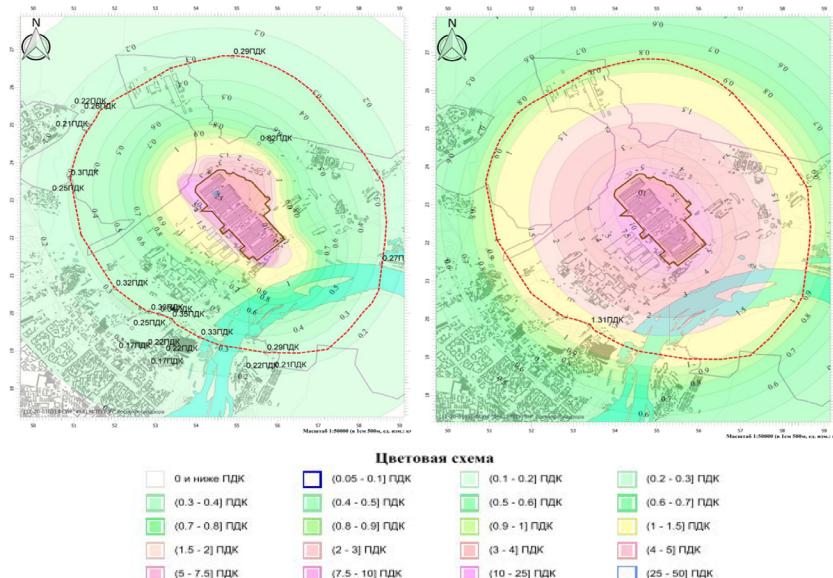


Рис. 3. Пространственное распределение пылевого загрязнения от исследованных источников (доли ПДК): а) с учетом данных инвентаризации предприятия; б) с учетом углубленного химического анализа пыли и полученного профиля выбросов

Как видно из представленных данных, картина пространственного распределения загрязнения атмосферы существенно меняется при внесении

изменений химического состава выброса в параметры источников. Так, результаты расчета с применением данных инвентаризации самого хозяйствующего субъекта позволяют оценить ситуацию как нормативную. На границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ) регистрируется максимальный уровень концентраций не выше 0,34 ПДК. Принятия дополнительных мер по снижению пылевых выбросов не требуется.

При приведении химического состава выброса к фактическому, без изменения параметра скорости выброса (г/с), оценка ситуации меняется. На границе СЗЗ предприятия фиксируется превышение гигиенического норматива по оксиду алюминия (до 1,3 раз). В зону повышенного пылевого загрязнения попадают жилые дома – в таком случае ситуация оценивается как ненормативная и требует принятия мер по снижению уровня загрязнения атмосферы.

По результатам расчетов рассеивания, загрязнение атмосферного воздуха на границе нормируемой территории исследованного предприятия, в том числе на границе СЗЗ, определяется химическими веществами, маркерными для данного производства: диАлюминий триоксид (в пересчете на алюминий), пыль неорганическая (до 20 % SiO_2), взвешенные вещества, фториды плохо растворимые, фториды хорошо растворимые.

Заключение

Пылевые выбросы промышленных предприятий сложны и разнообразны по химическому содержанию, что зачастую не отражается в разрешительной природоохранной документации, утвержденной в установленном порядке.

Применение углубленного химического анализа пыли существенно повышает качество инвентаризации выбросов, а, следовательно, корректность расчетов рассеивания и всей последующей цепочки решений, основанных на данных результатах.

В настоящем исследовании показано, что установление и применение для оценки ситуации фактического химического профиля пылевого выброса позволило пересмотреть ранее полученные данные об уровне загрязнения атмосферы на границе санитарно-защитной зоны предприятия. Предварительные расчеты характеризовали ситуацию как нормативную, не требующую разработки воздухоохраных мероприятий. При применении корректных данных о составе выбросов загрязнение воздуха оценивалось как повышенное, было отмечено превышение ПДК по оксиду алюминия. В зону загрязнения попадали участки селитебных территорий с расположе-

женными на них жилыми домами. Кроме того, установлено, что оксид алюминия является маркерным веществом для исследованного производства и содержится в составе пылевой компоненты выброса на уровне до 87,36 %.

Выделение в составе профиля выброса маркерного вещества (вещества наиболее типичного для конкретного производства) может являться основанием для включения данного загрязнителя в программы мониторинга или производственного контроля. Уровни содержания и динамика изменения концентрации маркера в воздухе могут рассматриваться как индикаторы соответствия выбросов допустимым нормативам и/или как индикаторы приближения ситуации к критическим состояниям, требующим упреждающих, корректирующих действий.

Конфликт интересов. Авторы не заявляют о конфликте интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Список литературы

- Горбанев С.А., Федоров В.Н., Тихонова Н.А. О состоянии и совершенствовании управления санитарно-эпидемиологическим благополучием в Арктической зоне Российской Федерации // Экология человека. 2019. № 10. С. 4-14. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-10-4-14>
- Графкина М.В., А.В. Азаров Д.Р. Добринский Николенко Д.А. К вопросу контроля и нормирования выбросов мелкодисперсной пыли в атмосферный воздух при движении автомобильного транспорта // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12, № 4(103). С. 373-380. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2017.4.373-380>
- Жижин Н.Н., Дьяков М.С., Ходяшев М.Б. Анализ средств управления качеством атмосферного воздуха в условиях крупного города // Анализ риска здоровью. 2019. № 4. С. 50-59. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.05>
- Зайцева Н.В., Землянова М.А., Кольдебекова Ю.В., Жданова-Заплесевичко И.Г., Пережогин А.Н., Клейн С.В. Оценка аэрогенного воздействия приоритетных химических факторов на здоровье детского населения в зоне влияния предприятий по производству алюминия // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98, № 1. С. 68-75.
- Иванова И.Г., Данилов Д.А., Гусев К.Ю. Ситуационная модель системы принятия решений на основе данных экологического мониторинга в условиях развития городских территорий // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2020. Т. 8, № 1(28). <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2020.28.1.041>

6. Карелин А.О., Ломтев А.Ю., Волкодаева М.В., Еремин Г.Б. Совершенствование подходов к оценке воздействия антропогенного загрязнения атмосферного воздуха на население в целях управления рисками для здоровья // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98, № 1. С. 82-86.
7. May I.V., Kokoulina A.A., Zagorodnov S.Y., Popova E.V. Exposure assessment for population to fine particles in the influence zones of emissions from industrial stationary emission sources // Health Risk Analysis. 2014. № 1. С. 21-30.
8. Самуленков Д.А., Мельникова И.Н., Сапунов М.В. Дистанционные методы зондирования загрязнения окружающей среды, влияние на здоровье населения // Сборник тезисов докладов Четырнадцатой Всероссийской открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: Электронный сборник тезисов докладов, Москва, 14–29 ноября 2016 года. Москва: Институт космических исследований Российской академии наук, 2016. С. 193.
9. Сергеева А.С., Закороев Р.Р., Зыбкин А.Ю., Осипов Д.К., Лаврентьев А.А. Несовершенства применения сводных расчетов для определения вкладов конкретных источников в загрязнение воздушного бассейна региона // Молодой ученый. 2019. № 47 (285). С. 161-164.
10. Смирнова Е.Э., Токарева Л.Д. Сравнительный анализ моделей расчета загрязнения воздуха // Наука, образование, производство в решении экологических проблем (экология-2021): материалы XVII Международной научно-технической конференции: в 2 томах, Уфа, 19 мая 2021 года. Том 2. Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2021. С. 231-238.
11. Степанова А.В. Совершенствование государственного управления в области охраны атмосферного воздуха // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. 2019. № 2 (28). С. 67-74.
12. Шарова И.В. Нормирование выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух // Вестник современных исследований. 2018. № 12.1 (27). С. 428-430.
13. Prosviryakova I.A., Shevchuk L.M. Hygienic assessment of PM10 and PM2.5 contents in the atmosphere and population health risk in zones influeunced by emissions from stationary sources located at industrial enterprises // Health Risk Analysis 2018, no. 2, pp. 14–22. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2018.2.02.eng>
14. Шагидуллин А.Р. Применение сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха для решения задач по управлению качеством окружающей среды // Российский журнал прикладной экологии. 2022. № 1(29). С. 60-67. <https://doi.org/10.24852/2411-7374.2022.1.60.67>

15. Романов А.А., Леоненко Е.В. О методическом обеспечении эксперимента по квотированию выбросов // Экология производства. 2021. № 4(201). С. 78-87.
16. Петров С.Б. Эколо-эпидемиологическая оценка заболеваемости населения болезнями системы кровообращения и органов дыхания в зоне влияния атмосферных выбросов многотопливной теплоэлектроцентрали // Экология человека. 2018. № 6. С. 18-24. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2018-6-18-24>
17. Health Effects Institute. 2020. State of Global Air 2020. Special Report. Boston, MA: Health Effects Institute.
18. Health effects of particulate matter, World Health Organization, 2013.
19. Cardiovascular Disease and Air Pollution. A report by the Committee on the Medical Effects of Air Pollutants, 2006.
20. Wiesław A. Jedrychowski, Frederica P. Perera, John D. Spengler, Elżbieta Mroz, Laura Stigter, Elżbieta Flak, Renata Majewska, Maria Klimaszewska-Rembiasz, Ryszard Jacek Intrauterine exposure to fine particulate matter as a risk factor for increased susceptibility to acute broncho-pulmonary infections in early childhood // International Journal of Hygiene and Environmental Health. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2012.12.014>

References

1. Gorbanev S.A., Fedorov V.N., Tikhonova N.A. *Ekologiya cheloveka*, 2019, no. 10, pp. 4-14. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-10-4-14>
2. Grafkina M.V., A.V. Azarov D.R. *Vestnik MGSU*, 2017, vol. 12, no. 4(103), pp. 373-380. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2017.4.373-380>
3. Zhizhin N.N., D'yakov M.S., Khodyashev M.B. *Analiz riska zdorov'yu*, 2019, no. 4, pp. 50-59. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.05>
4. Zaytseva N.V., Zemlyanova M.A., Kol'dibekova Yu.V. *Gigiena i sanitariya*, 2019, vol. 98, no. 1, pp. 68-75.
5. Ivanova I.G., Danilov D.A., Gusev K.Yu. *Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii*, 2020, vol. 8, no. 1(28). <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2020.28.1.041>
6. Karelina A.O., Lomtev A.Yu., Volkodaeva M.V., Eremin G.B. *Gigiena i sanitariya*, 2019, vol. 98, no. 1, pp. 82-86.
7. May I.V., Kokoulina A.A., Zagorodnov S.Y., Popova E.V. Exposure assessment for population to fine particles in the influence zones of emissions from industrial stationary emission sources. *Health Risk Analysis*, 2014, no. 1, pp. 21-30.
8. Samulenkov D.A., Mel'nikova I.N., Sapunov M.V. Sbornik tezisov dokladov Chetyrnadtsatoy Vserossiyskoy otkrytoj konferentsii "Sovremennye problemy

- distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa": Elektronnyy sbornik tezisov dokladov, Moskva, 14–29 noyabrya 2016 goda [Collection of abstracts of the Fourteenth All-Russian open conference "Modern problems of remote sensing of the Earth from space": Electronic collection of abstracts, Moscow, November 14-29, 2016]. Moscow: Institute of Space Research of the Russian Academy of Sciences, 2016, p. 193.
9. Sergeeva A.S., Zakoroev R.R., Zybkina A.Yu., Osipov D.K., Lavrent'eva A.A. *Molodoy ucheny*, 2019, no. 47 (285), pp. 161-164.
 10. Smirnova E.E., Tokareva L.D. *Nauka, obrazovanie, proizvodstvo v reshenii ekologicheskikh problem (ekologiya-2021): materialy XVII Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii: v 2 tomakh, Ufa, 19 maya 2021 goda. Tom 2* [Science, education, production in solving environmental problems (Ecology-2021): Proceedings of the XVII International Scientific and Technical Conference: in 2 volumes, Ufa, May 19, 2021. Volume 2]. Ufa: Ufa State Aviation Technical University, 2021, pp. 231-238.
 11. Stepanova A.V. *Vestnik UGNTU. Nauka, obrazovanie, ekonomika. Seriya: Ekonomika*, 2019, no. 2 (28), pp. 67-74.
 12. Sharova I.V. *Vestnik sovremennoykh issledovaniy*, 2018, no. 12.1 (27), pp. 428-430.
 13. Prosviryakova I.A., Shevchuk L.M. Hygienic assessment of PM10 and PM2.5 contents in the atmosphere and population health risk in zones influenced by emissions from stationary sources located at industrial enterprises. *Health Risk Analysis*, 2018, no. 2, pp. 14–22. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2018.2.02.eng>
 14. Shagidullin A.R. *Rossiyskiy zhurnal prikladnoy ekologii*, 2022, no. 1(29), pp. 60-67. <https://doi.org/10.24852/2411-7374.2022.1.60.67>
 15. Romanov A.A., Leonenko E.V. *Ekologiya proizvodstva*, 2021, no. 4(201), pp. 78-87.
 16. Petrov S.B. *Ekologiya cheloveka*, 2018, no. 6, pp. 18-24. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2018-6-18-24>
 17. Health Effects Institute. 2020. State of Global Air 2020. Special Report. Boston, MA: Health Effects Institute.
 18. Health effects of particulate matter, World Health Organization, 2013.
 19. Cardiovascular Disease and Air Pollution. A report by the Committee on the Medical Effects of Air Pollutants, 2006.
 20. Wiesław A. Jedrychowski, Frederica P. Perera, John D. Spengler, Elżbieta Mroz, Laura Stigter, Elżbieta Flak, Renata Majewska, Maria Klimaszewska-Rembiasz, Ryszard Jacek Intrauterine exposure to fine particulate matter as a risk factor for increased susceptibility to acute broncho-pulmonary infections in early

childhood. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 2013.
<https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2012.12.014>

ВКЛАД АВТОРОВ

Май И.В.: общая концепция исследования, интерпретация данных, написание текста статьи.

Загороднов С.Ю.: анализ данных, проведение расчетов рассеивания, написание текста статьи.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Irina V. May: general research concept, data interpretation, original draft preparation.

Sergey Yu. Zagorodnov: data analysis, dispersion calculations, writing the text of the article.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Май Ирина Владиславовна, доктор биологических наук, профессор, заместитель директора по научной работе

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр медико-биологических технологий управления рисками здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

*ул. Монастырская, 82, г. Пермь, 614045, Российская Федерация
may@fcrisk.ru*

Загороднов Сергей Юрьевич, старший научный сотрудник

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр медико-биологических технологий управления рисками здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

*ул. Монастырская, 82, г. Пермь, 614045, Российская Федерация
Zagorodnov@fcrisk.ru*

DATA ABOUT THE AUTHOR

Irina V. May, Doctor of Biological Science, Professor, Deputy Director for Research Work

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies

82, Monastyrska Str., Perm, 614045, Russian Federation

may@fcrisk.ru

SPIN-code: 2946-8825

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0976-7016>

Scopus Author ID: 56548428200; 57137897400

Sergey Yu. Zagorodnov, Senior Researcher

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies

82, Monastyrska Str., Perm, 614045, Russian Federation

Zagorodnov@fcrisk.ru

SPIN-code: 5405-2119

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6357-1949>

ResearcherID: Q-1771-2017

Scopus Author ID: 56667504100

Поступила 15.03.2023

Received 15.03.2023

После рецензирования 11.04.2023

Revised 11.04.2023

Принята 25.04.2023

Accepted 25.04.2023

DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-946

УДК 613.644, 614,7



Научная статья

РИСК ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ КАК КРИТЕРИЙ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ АЭРОПОРТА

И.В. Май, Д.Н. Кошурников

В настоящей работе рассмотрены и апробированы методические подходы по оценке риска здоровью населения в рамках установления и использования седьмой подзоны аэродрома. Апробация выполнена на одном из крупных гражданских аэропортов России.

В рамках апробации выполнено построение контуров авиационного шума в соответствии с методикой ИКАО. Контуры авиационного шума верифицированы результатами инструментальных измерений. Выполнен расчет акустической экспозиции через оценку средневзвешенного суточного эквивалентного уровня шума (LDN), который составил 65 дБА. Оценка риска здоровью показала, что при длительном (хроническом) воздействии в первую очередь оказывают влияние на сердечно-сосудистую систему: возникают умеренные риски к 23 годам, высокие к 55 годам и очень высокие к 63 годам. Выявленные нарушения могут проявляться в виде повышенного кровяного давления, болезней сердца, инфаркта и других нарушений здоровья.

Обоснование. Одной из наиболее значимых проблем установления седьмой подзоны является обоснование возможности использования ПАТ для объектов, нормируемых по санитарно-эпидемиологическим показателям, в частности по эквивалентным уровням шума (для территорий), эквивалентным и максимальным (для помещений).

Цель. Цель состояла в апробации предлагаемых подходов к оценке риска здоровью населения в границах приаэродромной территории.

Материалы и методы. В качестве объекта исследования рассматривали один из крупных гражданских аэропортов страны, расположенный в средней географической полосе и характеризующийся уровнем около 200 взлетно-посадочных операций в сутки. В ходе этапа оценки экспозиции выполняли построение расчетных контуров авиационного шума с использованием сер-

тифицированного программного обеспечения, реализующего «Метод расчета контуров авиационного шума» (ICAO Doc 9911-2018). При этом в качестве показателя экспозиции при воздействии шума использовали величину эквивалентного уровня средневзвешенного шума ($L_{A_{\text{дн}}}$, дБА), как меры контакта населения с вредным фактором.

На территории предполагаемой застройки были выполнены непрерывные измерения АШ, обусловленные взлетно-посадочными операциями ВС, в количестве более 600 пролетов ВС (за период измерения) по фактору воздействия АШ на исследуемую территорию. В рамках оценки зависимости экспозиция-ответ использовали рекуррентные уравнения нарастания риска, построенные на основании признанных парных математических моделей. Риск измеряли в диапазоне от 0 до 1, принимая во внимание шкалу.

Результаты. Рассчитанный эквивалентный уровень шума для дневного и ночного времени суток для интенсивности полетов, соответствующей интенсивности полетов в период нормальной деятельности аэродрома (2019 г.) на рассматриваемой территории составил $L_{A_{\text{экв.д}}} = 66,0$ дБА (при выполнении операции «взлет»), $L_{A_{\text{экв.н}}} = 52,0$ дБА (при выполнении операции «посадка»).

Оценка риска здоровью показала, что уровни средневзвешенного суточного шума $L_{A_{\text{дн}}} = 65,0$ дБА при длительном (хроническом) воздействии в первую очередь оказывают влияние на сердечно-сосудистую систему, что приводит к возникновению умеренных рисков к 23 годам, высоких к 55 годам и очень высоких к 63 годам.

Установлено, что проживание в течение более 15 лет на приаэродромной территории с выявленными уровнями шумовой нагрузки может иметь следствием негативные изменения в состоянии здоровья.

Заключение. В целом подтверждено, что оценка риска для здоровья должна рассматриваться как важный инструмент обоснования границ зоны влияния аэропортов (аэродромов). Результаты такой оценки являются ключевым критерием дальнейшего использования территории в части размещения объектов капитального, в том числе жилищного строительства и последующей их эксплуатации.

Ключевые слова: зона влияния аэропорта; санитарная (седьмая) подзона; расчет уровня шума; оценка риска здоровью

Для цитирования. Май И.В., Кошурников Д.Н. Риск для здоровья как критерий безопасности населения в зоне влияния аэропорта // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. Т. 15, №5. С. 358-372. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-946

Original article

HEALTH RISK AS A CRITERION TO ESTIMATE POPULATION SAFETY IN AN AIRPORT ZONE

I.V. May, D.N. Koshurnikov

The paper considers and tests methodological approaches to assessing public health risks when establishing and using the sanitary (seventh) subzone in an airport zone. Testing was performed at a large civilian airport in Russia. It involved outlining noise contours in accordance with the ICAO methodology. The aviation noise contours were verified with the results produced by instrumental measurements. Acoustic exposure was calculated through assessing averaged daily equivalent noise level (LDN) that was equal to 65 dBA. Health risk assessment showed that long-term exposure primarily affected the cardiovascular system: moderate risks would occur by 23 years; high, by 55 years; and very high, by 63 years. Identified health disorders may become apparent through elevated blood pressure, heart diseases, myocardial infarctions and others.

Background. *It is quite common to locate certain objects within an AZ that are subject to sanitary-epidemiological standardization. Use of any AZ for location of such objects should be well grounded and this is a significant issue occurring when the sanitary (seventh) subzone is established. In particular, this concerns equivalent outdoor noise levels and equivalent and maximum permissible indoor noise levels.*

Purpose. *Our research goal was to test the suggested approach to health risk assessment within the boundaries of an aircraft zone.*

Materials and methods. *Our research object was a large civil aviation airport located in the temperate zone with an average daily number of landings and takeoffs being about 200. At the exposure assessment stage, we calculated aircraft noise contours by using a certified software package that was based on «Recommended Method for Computing Noise Contours Around Airports» (ICAO Doc 9911-2018). We took an equivalent averaged noise level (L_{Aday} , dBA) as an indicator applied to estimate population exposure to a harmful factor.*

We performed continuous AN measurements on a territory that was planned for development. This AN occurred due to AC takeoffs and landings with more than 600 AC flights detected during the measurement period. This determined effects produced by AN on the examined territory. Assessment of “exposure – response” and “exposure – effect” relationships involved using recurrent risk

growth equations built on conventional pair mathematical models. This risk was measured within a range from 0 to 1 and scale was considered when giving its estimates.

Results. *This value was calculated based on maximum noise levels established during a single aircraft flight when it took off or landed along a route that was the most significant for determining exposure to aircraft noise. We also calculated equivalent noise levels at day and at night that corresponded to flight intensities typical for normal airport operations (2019). These levels were $L_{Aeq.day} = 66,0 \text{ dBA}$ (“takeoff”), $L_{Aeq.night} = 52,0 \text{ dBA}$ (“landing”).*

Health risk assessment indicated that long-term (chronic) exposure to average daily noise $L_{Ad} = 65 \text{ dBA}$ primarily produced effects on the cardiovascular system. This created moderate risks by the age of 23 years; high risks, 55 years; and extremely high risks, by 63 years.

We established that living for more than 15 years in an airport zone with identified noise levels could result in negative health outcomes.

Conclusion. *Overall, we have confirmed that health risk assessment should be considered an important instrument for substantiating boundaries of a zone influenced by an airport. Results produced by such assessment are a key criterion in determining how to use a territory near an airport in future as regards locating capital objects there including residential areas and their exploitation.*

Keywords: *airport zone; sanitary (seventh) subzone; noise computation; risk assessment*

For citation. *May I.V., Koshurnikov D.N. Health Risk as a Criterion to Estimate Population Safety in an Airport Zone. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2023, vol. 15, no. 5, pp. 358-372. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-946*

Введение

За последние пять лет на территории Российской Федерации введен ряд нормативных актов [1, 2, 3, 4, 5] определяющих обязанность, порядок и правила установления приаэродромных территорий (далее - ПАТ) с выделением семи подзон.

Внешняя граница приаэродромной территории с 2017 года определялась по системе показателей «...шумового, электромагнитного воздействий, концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе...». С 2021 году внешняя граница устанавливается исключительно по воздействию «...эквивалентного уровня звука, возникающего в связи с полетами воздушных судов...» [3, 4].

По данным публичной информации Росавиации за рассматриваемый период с 2017 года обоснование седьмой подзоны выполнено для более чем 180 аэродромов по всей стране. Однако, к выполненным обоснованиям границ возникает ряд вопросов: достоверны ли границы расчетных контуров авиационного шума; обеспечивается ли экологическая безопасность для населения при шумовом воздействии; достаточен ли режим использования ПАТ для объектов, нормируемых по санитарно-эпидемиологическим требованиям.

Введенные в действие в 2021 году изменения в нормативно-методическую базу установления приаэродромной территории (прежде всего, седьмой подзоны) предполагают два очень важных аспекта:

- обязательность инструментальной верификации акустических расчетов, выполненных в строгом соответствии с рекомендациями международной организации гражданской авиации (ИКАО);
- обязательность выполнения оценки риска для здоровья населения в зоне влияния аэропорта.

Многолетний опыт расчета и установления ПАТ на территории Российской Федерации показал, что только одной расчетной оценки недостаточно и требуется инструментальная верификация расчетных контуров [6]. Введенная в 2022 году «Методика установления седьмой подзоны приаэродромной территории, расчета и оценки рисков для здоровья человека (утв. Приказом Роспотребнадзора от 07.12.2022 г. № 664) [5] закрепила данные позиции с целью недопущения необоснованного установления границ седьмой подзоны ПАТ. При этом для верификации установлены требования как по размещению точек, так и по количеству (частоте) измерений с целью учета максимального возможного количества шумовых событий. Следует отметить, что верификация характерна для действующих аэродромов, и абсолютно не требуется на начальном этапе для установления седьмой подзоны ПАТ в отношении объектов, планируемых к строительству. Верификация границ седьмой подзоны для проектируемых объектов должна быть проведена в течение одного года после ввода объекта в эксплуатацию.

Одной из наиболее значимых проблем установления седьмой подзоны является обоснование возможности использования ПАТ для объектов, нормируемых по санитарно-эпидемиологическим показателям, в частности по эквивалентным уровням шума (для территорий), эквивалентным и максимальным (для помещений). Процедура оценки риска здоровью населения для данных задач в Российской Федерации выполняется по

классической схеме (идентификация опасности, оценка зависимостей «экспозиция-ответ» и «экспозиция-эффект», оценка экспозиции, характеристика риска), в которую вместе с тем, введены элементы динамики. Учитывается эволюция, нарастание риска с увеличением периода воздействия [7].

Такой подход дает возможность определить те временные интервалы, в течение которых риск существует, но остается приемлемым. Такая оценка важна, поскольку дает понимание периодов выполнения шумо-защитных мероприятий разного рода или переселения жителей из небезопасных зон.

Оценка риска обеспечивает и понимание возможности дальнейшего использования земельных участков и ведения хозяйственной деятельности в границах седьмой подзоны ПАТ. Кроме того, используемый подход позволяет выполнить прогноз изменения санитарно-гигиенической ситуации в условиях стабилизации или изменения уровней воздействия авиационного шума на население.

Цель исследования

Цель состояла в апробации предлагаемых подходов к оценке риска здоровью населения в границах приаэродромной территории.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования рассматривали один из крупных гражданских аэропортов страны, расположенный в средней географической полосе и характеризующийся уровнем около 200 взлетно-посадочных операций в сутки. На этапе идентификации были учтены маршруты полетов воздушных судов, расположение аэродрома и его контрольная точка, эксплуатируемые типы воздушных судов, порядок набора высоты при вылете и снижении высоты при заходе на посадку и иные данные, которые могут быть получены по данным официальной государственной информации.

В ходе этапа оценки экспозиции выполняли построение расчетных контуров авиационного шума с использованием сертифицированного программного обеспечения, реализующего «Метод расчета контуров авиационного шума» (ICAO Doc 9911-2018). Во внимание принимали пиковые значения интенсивности полетов ВС, что соответствует требованиям санитарной службы России (письмо главного санитарного врача РФ № 02/13090-2021-27 от 30.06.2021 г. [9]). При расчетном построении конту-

ров седьмой подзоны в основу были положены интенсивность ВПО и типы ВС на уровне 2019 г., в периоды наиболее интенсивного движения ВС (следует отметить, что данное письмо послужило сдерживающим фактором в развитии территорий населенных пунктов, сопряженных с приближением жилой застройки к границам аэродромов).

Результатом расчетного построения контуров АШ, верифицированных результатами инструментальных измерений в контрольных точках, являются корректированные уровни шума, характеризующие действительную картину акустического воздействия на местности. Полученные корректированные уровни рассматривали как отправную точку для оценки экспозиции за оцениваемый промежуток времени через учет числа и продолжительности шумовых событий. При этом в качестве показателя экспозиции при воздействии шума использовали величину эквивалентного уровня средневзвешенного шума (L_{DN} , дБА), как меры контакта населения с вредным фактором по уравнению (1).

$$L_{DN} = 10 \lg \frac{1}{24} \left(16 \cdot 10^{\frac{L_{Aday}}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{Anight+10}}{10}} \right) \quad (1)$$

$L_{Aday} = L_{Aeq,16}$ – эквивалентный скорректированный 16-ти часовой уровень дневного шума;

$L_{Anight} = L_{Aeq,8}$ – эквивалентный скорректированный 8-ми часовой уровень ночного шума.

Учитываемые при расчете показатели $L_{A_{\text{ЭКВ},d}}$, $L_{A_{\text{ЭКВ},n}}$ устанавливаются как взвешенные (эквивалентные) величины для заданного периода времени ($L_{A_{\text{ЭКВ},d}} = 16$ часов (с 7.00 до 23.00 часов) и $L_{A_{\text{ЭКВ},n}} = 8$ часов (с 23.00 до 7.00 часов)) и могут учитываться как самостоятельные величины оценки экспозиции для оценки возможных последствий АШ на здоровье населения.

На территории предполагаемой застройки были выполнены непрерывные измерения АШ, обусловленные взлетно-посадочными операциями ВС, в количестве более 600 пролетов ВС (за период измерения) по фактору воздействия АШ на исследуемую территорию.

В рамках оценки зависимости экспозиция-ответ использовали рекуррентные уравнения нарастания риска, построенные на основании признанных парных математических моделей [10, 11]. Рассматривали модели связи фактора авиационного шума с показателями состояния здоровья населения, доказанными в эпидемиологических исследованиях по трем основным органам и системам: органы слуха, сердечно-сосудистая и нервная системы. Перечисленные органы и системы являются основ-

ными органами-мишениями при воздействии шума, что подтверждается и докладами ВОЗ [12].

Оценка агрегированного риска нарушений сердечно-сосудистой, нервной системы и органов слуха, основанная на эволюционных математических моделях развития неблагоприятных эффектов под воздействием шума выполняла решением системы рекуррентных уравнений (2).

$$\begin{cases} R_{t+1}^{Act} = R_t^{Act} + \left[0,0118 \cdot R_t^{Act} + 0,001 \cdot \left\langle \frac{L_{den,t} \cdot (1 - R_t^{Act})}{50} - 1 \right\rangle \right] C \\ R_{t+1}^{Acc} = R_t^{Acc} + \left[0,052 \cdot R_t^{Acc} + 0,015 \cdot \left\langle \frac{L_{den,t} \cdot (1 - R_t^{Acc})}{58,5} - 1 \right\rangle \right] C \\ R_{t+1}^{Auc} = R_t^{Auc} + \left[0,0074 \cdot R_t^{Auc} + 0,0016 \cdot \left\langle \frac{L_{den,t} \cdot (1 - R_t^{Auc})}{43} - 1 \right\rangle \right] C \end{cases} \quad (2)$$

начальные уровни (R_t при $t=0$): $R_0^{Act} = 0.023$; $R_0^{Acc} = 0.007$; $R_0^{Auc} = 0.02855$.

R_i^{Ai} – риск нарушения i-той системы органов на начальный (заданный) момент времени t;

R_{t+1}^{Ai} – риск нарушения i-той системы органов для следующего временного шага ($t+1$) (зависит от C);

R_t^{Act} – агрегированный риск развития нарушений различной тяжести слухового аппарата (шум в ушах, кондуктивная нейросенсорная потеря слуха, потеря слуха, вызванная шумом) на момент времени t;

R_t^{Acc} – агрегированный риск развития нарушений различной тяжести сердечно-сосудистой системы (повышение кровяного давления, гипертензивная болезнь сердца, ишемическая болезнь сердца, стенокардия, инфаркт миокарда) вызванная шумом) на момент времени t;

R_t^{Auc} – агрегированный риск развития на момент t нарушений нервной системы (нервное напряжение, расстройство сна, когнитивные нарушения, вегето-сосудистая дистония);

$L_{den,t}$ – средневзвешенный суточный уровень шума в исследуемый период t, (дБ);

C – временной эмпирический коэффициент;

$\langle \rangle$ – скобки Келли, принимающие значения $\langle x \rangle = 0$ при $x < 0$ и $\langle x \rangle = x$ при $x \geq 0$.

Величина приведенного индекса характеризует риск в условиях экспозиции при заданном сценарии пребывания человека внутри и вне помещения. Риск измеряли в диапазоне от 0 до 1, принимая во внимание шкалу:

– величина индекса риска менее 0,05: риск оценивается как пренебрежимо малый, приемлемый, слабо влияющий на уровень состояния здоровья на исследуемой территории. Обязательных дополнительных мероприятий по снижению риска не требуется, рекомендуются меры по организации сокращенного (выборочного) мониторинга шумовой нагрузки;

– величина индекса риска находится в диапазоне 0,05-0,35: риск оценивается как умеренный риск, неприемлемый. Обязательными являются мероприятия, обеспечивающие снижение шумовой нагрузки до нормативов шума внутри помещений и до приемлемого риска здоровью с учетом реального сценария экспозиции населения;

– величина индекса риска находится в диапазоне 0,35-0,6: риск оценивается как высокий риск, неприемлемый. Обязательными являются мероприятия по снижению шумовой нагрузки до нормативов шума внутри помещений и до приемлемого риска с учетом реального сценария экспозиции населения. Рекомендуется ежегодный контроль исполнения мероприятий и пересмотр степени риска.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе исследования установлено, что средний максимальный уровень шума, рассчитанный на основании максимальных уровней звука, установленных при разовых пролетах ВС при взлете и посадке с наиболее значимого курса с точки зрения воздействия авиационного шума, за период наблюдений составил $L_{A_{\max}} = 69,0$ дБА. Рассчитанный эквивалентный уровень шума для дневного и ночного времени суток для интенсивности полетов, соответствующей интенсивности полетов в период нормальной деятельности аэродрома (2019г.) на рассматриваемой территории составил $L_{A_{\text{экв.д}}} = 66,0$ дБА (при выполнении операции «взлет»), $L_{A_{\text{экв.н}}} = 52,0$ дБА (при выполнении операции «посадка»).

Оценка риска здоровью показала, что уровни средневзвешенного суточного шума $L_{A_{\text{дн}}} = 65,0$ дБА при длительном (хроническом) воздействии в первую очередь оказывают влияние на сердечно-сосудистую систему, что приводит к возникновению умеренных рисков к 23 годам, высоких к 55 годам и очень высоких к 63 годам. Выявленные нарушения могут проявляться в виде повышенного кровяного давления, болезней сердца, инфаркта и других. Фрагмент результатов оценки риска для зоны с уровнем эквивалентного суточного шума приведен 65,0 дБА (табл. 1).

Таблица 1.

Риск здоровью населения (\tilde{R}_t^{Acoe}) в условиях хронической экспозиции шума с уровнем средневзвешенного суточного шума $L_{Adn} = 65,0$ дБА

Возраст	Риск заболеваний органов слуха под воздействием фактора	Риск заболеваний сердечно-сосудистой системы под воздействием фактора	Риск заболеваний нервной системы под воздействием фактора	Приведенный риск заболеваний органов слуха под воздействием фактора	Приведенный риск заболеваний сердечно-сосудистой системы под воздействи	Приведенный риск заболеваний нервной системы под воздействи	Совокупный приведенный индекс риска органов слуха, сердечно-сосудистой системы, нервной системы под воздействи
t	R_t^{Acoe}	R_t^{Acc}	R_t^{Ans}	$\tilde{R}_t^{Ai} = \frac{\Delta R_t^{Ai}}{1 - R_t^{Ai/\phi}}$		$\tilde{R}_t^{Acoe} = \frac{\Delta R_t^{Acoe}}{1 - R_t^{Acoe/\phi}}$	
1	0.0288	0.0086	0.0295	0.000	0.001	0.001	0.002
5	0.0296	0.0160	0.0335	0.001	0.007	0.004	0.012
10	0.0307	0.0274	0.0386	0.003	0.016	0.008	0.027
15	0.0319	0.0418	0.0438	0.004	0.027	0.012	0.044
17	0.0324	0.0486	0.0459	0.005	0.033	0.014	0.051
20	0.0331	0.0601	0.0492	0.006	0.042	0.017	0.063
23	0.0338	0.0734	0.0525	0.007	0.052	0.019	0.077
25	0.0343	0.0833	0.0547	0.008	0.060	0.021	0.087
30	0.0356	0.1129	0.0605	0.010	0.084	0.026	0.116
35	0.0370	0.1508	0.0664	0.011	0.114	0.031	0.151
40	0.0383	0.1991	0.0724	0.013	0.154	0.035	0.195
45	0.0398	0.2611	0.0787	0.016	0.207	0.040	0.251
50	0.0413	0.3405	0.0851	0.018	0.277	0.046	0.322
51	0.0416	0.3589	0.0864	0.018	0.293	0.047	0.339
52	0.0419	0.3782	0.0877	0.019	0.311	0.048	0.356
53	0.0422	0.3986	0.0890	0.019	0.330	0.049	0.375
54	0.0425	0.4200	0.0904	0.020	0.350	0.050	0.394
55	0.0428	0.4424	0.0917	0.020	0.371	0.051	0.415
60	0.0444	0.5733	0.0985	0.022	0.500	0.057	0.539
61	0.0448	0.6036	0.0999	0.023	0.531	0.058	0.569
62	0.0451	0.6356	0.1013	0.023	0.565	0.059	0.600
63	0.0454	0.6691	0.1027	0.024	0.601	0.060	0.634
64	0.0458	0.7044	0.1041	0.025	0.640	0.061	0.670
65	0.0461	0.7415	0.1055	0.025	0.681	0.062	0.709
70	0.0478	0.9577	0.1127	0.028	0.944	0.068	0.949

■ Риск малый ■ Риск умеренный ■ Риск высокий ■ Риск очень высокий

Установлено, что проживание в течение более 15 лет на приаэродромной территории с выявленными уровнями шумовой нагрузки может иметь следствием негативные изменения в состоянии здоровья. Ситуация требует выполнения ряда шумозащитных мероприятий, минимизацию жилой застройки, использование территории для целей, не связанных с постоянным проживанием граждан. При этом выявлено, что градиент нарастания неблагоприятных эффектов у лиц пожилого возраста более высок, чем у лиц юного и молодого возраста. Это свидетельствует о том, что процесс нарастания риска неравномерен и существуют группы риска населения, которые требуют более пристального внимания и разработки повышенных мер защиты при воздействии шумового фактора.

Заключение

Результаты оценки воздействия шумового фактора при эксплуатации ВС на рассматриваемой территории показали, что уровень риска для здоровья населения оценивается как умеренный, высокий и очень высокий в зависимости от длительности воздействия. Полученные данные свидетельствуют, что в отношении уже размещенной на территории застройки требуется проведение шумозащитных мероприятий в целях обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

В целом подтверждено, что оценка риска для здоровья должна рассматриваться как важный инструмент обоснования границ зоны влияния аэропортов (аэродромов). Результаты такой оценки являются ключевым критерием дальнейшего использования территории в части размещения объектов капитального, в том числе жилищного строительства и последующей их эксплуатации. Несомненно, рассчитанные риски являются ориентировочной характеристикой негативного воздействия и могут корректироваться с учетом результат медицинской статистики. Вместе с тем, данный инструмент дает широкие возможности для принятия управлеченческих решений архитектурно-планировочного, санитарного и технического характера.

Практическим результатом использованием методологии оценки риска здоровью населения, как критерия безопасности использования приаэродромной территории, будет служить соблюдение установленных санитарно-эпидемиологических нормативов на этапе ввода объекта капитального строительства в эксплуатацию с учетом реализованных мероприятий по защите от воздействия авиационного шума.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о спонсорстве. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Список литературы

1. Федеральный закон от 01.07.2017 г. N 135-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ в части совершенствования порядка установления и использования приаэродромной территории и санитарно-защитной зоны».
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 2 декабря 2017 г. № 1460 «Об утверждении Правил установления приаэродромной территории, Правил выделения на приаэродромной территории подзон и Правил

разрешения разногласий, возникающих между высшими исполнительными органами государственной власти субъектов Российской Федерации и уполномоченными Правительством Российской Федерации федеральными органами исполнительной власти при согласовании проекта решения об установлении приаэродромной территории».

3. Федеральный закон от 11.06.2021 N 191-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
4. СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий».
5. «Методика установления седьмой подзоны приаэродромной территории, расчета и оценки рисков для здоровья человека (утв. Приказом Роспотребнадзора от 07.12.2022 г. № 664, зарегистрирована в Министерстве юстиции РФ рег. № 71458 от 13.12.2022 г.)»
6. Картышев М. О. Верификация расчетных границ седьмой подзоны приаэродромной территории аэродромов // Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология – 2021): материалы XVII Международной научно-технической конференции: в 2 томах / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. Уфа: УГАТУ, 2021. С. 202-205. URL: https://www.ugatu.su/media/uploads/MainSite/Ob%20universitete/Izdateli/EI_izd/2021-146.pdf
7. Zaitseva N., May I., Koshurnikov D., Balashov S. Evolution of the health disorders risk in the population under development of urbanized territories // Akustika. 2021. Vol. 39. P. 201-206.
8. Клейн С.В., Кошурников Д.Н. Оценка шумовой экспозиции и связанного с ней риска здоровью населения, проживающего в зоне влияния аэропорта // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 3-6. С. 1806-1812.
9. Письмо Роспотребнадзора № 02/13090-2021-27 от 30.06.2021 г. «О внесении изменений в порядок установления размеров приаэродромных территорий и согласования размещения объектов недвижимости в их пределах».
10. Haralabidis A.S, Dimakopoulou K., Vigna-Taglianti F., et al. Acute effects of night-time noise exposure on blood pressure in populations living near airports // European Heart Journal. 2008. Vol. 29. Issue 5. P. 658–664. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehn013>

11. Stansfeld S.A., Berglund B, Clark C., et al. Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: exposure-effect relationships // The Lancet. 2005. Vol. 366, Issue 9487. P. 1942-1949. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(05\)66660-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(05)66660-3)
12. WHO Regional Office for Europe. Environmental Noise Guidelines for the European Region (2018). 2018. <http://www.who.int/europe/publications/item/9789289053563> www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise/publications/2018/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018

References

1. Federal Law dated 01.07.2017. N 135-FZ "On Amending Certain Legislative Acts of the Russian Federation in Part of Improving the Procedure for Establishing and Using Aerodrome Territory and Sanitary Protection Zone".
2. Decree of the Government of the Russian Federation of December 2, 2017, No. 1460 "On Approval of the Rules for Establishing Aerodrome Territory, the Rules for Allocating Subzones on Aerodrome Territory and the Rules for Resolving Disagreements Arising between the Higher Executive Bodies of State Power of the Subjects of the Russian Federation and the Federal Executive Bodies Authorized by the Government of the Russian Federation when Agreeing a Draft Decision on Establishing Aerodrome Territory".
3. Federal Law dated 11.06.2021 N 191-FZ "On Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation".
4. SanPiN 2.1.3684-21 "Sanitary and epidemiological requirements for the maintenance of the territories of urban and rural settlements, water bodies, drinking water and drinking water supply, atmospheric air, soils, living quarters, operation of industrial and public premises, organization and conduct of sanitary and anti-epidemic (preventive) measures".
5. "Methodology for establishing the seventh subzone of the airfield territory, calculation and assessment of risks to human health (approved by Order of Rospotrebnadzor dated 07.12.2022, No. 664, registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation reg. No. 71458 dated 13.12.2022)"
6. Kartshev M. O. *Nauka, obrazovanie, proizvodstvo v reshenii ekologicheskikh problem (Ekologiya – 2021): materialy XVII Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii: v 2 tomakh* [Science, education, production in solving environmental problems (Ecology - 2021): Proceedings of the XVII International Scientific and Technical Conference: in 2 volumes]. Ufa: UGATU, 2021, pp. 202-205. https://www.ugatu.su/media/uploads/MainSite/Ob%20universitete/Izdateli/El_izd/2021-146.pdf

7. Zaitseva N., May I., Koshurnikov D., Balashov S. Evolution of the health disorders risk in the population under development of urbanized territories. *Akustika*, 2021, vol. 39, pp. 201-206.
8. Kleyn S.V., Koshurnikov D.N. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 2013, vol. 15, no. 3-6, pp. 1806-1812.
9. Letter of Rospotrebnadzor No. 02/13090-2021-27 dated 30.06.2021 “On amendments to the procedure for establishing the size of aerodrome territories and approval of the placement of real estate within them”.
10. Haralabidis A.S., Dimakopoulou K., Vigna-Taglianti F., et al. Acute effects of night-time noise exposure on blood pressure in populations living near airports. *European Heart Journal*, 2008, vol. 29, no. 5, pp. 658–664. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehn013>
11. Stansfeld S.A., Berglund V., Clark C., et al. Aircraft and road traffic noise and children’s cognition and health: exposure-effect relationships. *The Lancet*, 2005, vol. 366, no. 9487, pp. 1942-1949. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(05\)66660-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(05)66660-3)
12. WHO Regional Office for Europe. Environmental Noise Guidelines for the European Region (2018). 2018. <http://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289053563www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise/publications/2018/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018>

ВКЛАД АВТОРОВ

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку статьи для публикации.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

The authors contributed equally to this article.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРЕ

Май Ирина Владиславовна, д-р биол. наук, профессор, заместитель директора по научной работе

*ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»
ул. Монастырская, 82, г. Пермь, 614045, Российская Федерация
may@scrisk.ru*

Кошурников Дмитрий Николаевич, старший научный сотрудник отдела системных методов санитарно-гигиенического анализа и мониторинга

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»
ул. Монастырская, 82, г. Пермь, 614045, Российская Федерация
kdn@fcrisk.ru

DATA ABOUT THE AUTHOR

Irina V. May, Doctor of Biological Sciences, Professor, Deputy Director Responsible for Research Work
Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies
82, Monastyrskaya Str., Perm, 614045, Russian Federation
may@fcrisk.ru
SPIN-code: 2946-8825
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0976-7016>
Scopus Author ID: 56548428200

Dmitrii N. Koshurnikov, Senior research fellow of System Sanitary Hygienic Analysis and Monitoring Department
Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies
82, Monastyrskaya Str., Perm, 614045, Russian Federation
kdn@fcrisk.ru
SPIN-code: 1855-8030
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5510-7388>
Scopus Author ID: 57038990800

Поступила 10.03.2023

Received 10.03.2023

После рецензирования 03.04.2023

Revised 03.04.2023

Принята 25.04.2023

Accepted 25.04.2023

DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-947**УДК 614.78; 711.55**

Научная статья

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ КАК ВАЖНЫЙ КРИТЕРИЙ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ЗОНИРОВАНИЯ

И.В. Май, Э.В. Седусова, С.Ю. Балашов, К.Н. Саранина

Обоснование. Актуальность исследования определена важностью учета параметров здоровья населения при принятии планировочных решений на урбанизированных территориях.

Цель. Отработать подходы к использованию данных об экологических рисках здоровью населения в задачах функционального зонирования крупного промышленного центра.

Материалы и методы. На основе расчетов рассеивания выбросов от 2500 промышленных источников и 4000 участков улично-дорожной сети и данных экологического мониторинга выполнена оценка аэрогенного риска здоровью жителей от загрязнения атмосферного воздуха.

Результаты. Установлено, что из 3619 территориальных зон города с нормируемым качеством воздуха, 1889 участков (905 участков размещение жилых домов, 984 участка с рекреационным функционалом и т.п.) полностью или частично расположены в зонах неприемлемого риска для здоровья жителей города.

Заключение. Показано, что несоответствие реального уровня опасности для жителей города и функционального назначения зоны требует разрешения ситуации либо через изменение назначения зоны, либо через выполнение воздухоохраных мероприятий, обеспечивающих нормативное качество воздуха и уровни приемлемого риска для здоровья жителей. Каждый из вариантов требует эколого-экономического обоснования. Решение по изменению ситуации в каждой конкретной территориальной зоне должно приниматься отдельно с учетом уровней, причин и источников опасности для жителей города и на основе экономических оценок и технических возможностей реализации мероприятий. При этом приоритет должен отдаваться жизни и здоровью населения. Предложен алгоритм учета экологических факторов в задачах градостроительного зонирования города.

Ключевые слова: экологические риски; здоровье населения; функциональное зонирование; урбанизированные территории; уровни риска

Для цитирования. Май И.В., Седусова Э.В., Балашов С.Ю., Саранина К.Н. Экологический риск здоровью населения как важный критерий градостроительного зонирования // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. Т. 15, №5. С. 373-388. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-947

Original article

ENVIRONMENTAL RISKS FOR PUBLIC HEALTH AS A SIGNIFICANT CRITERION FOR CREATING FUNCTIONAL ZONES IN A CITY WITHIN URBAN DEVELOPMENT

I.V. May, E.V. Sedusova, S.Yu. Balashov, K.N. Saranina

Background. This study focuses on a vital issue concerning the necessity to consider public health when making decisions on urban development.

Purpose. Test approaches to using available data on environmental public health risks when creating functional zones in a large industrial center.

Materials and Methods. Aerogenic health risks associated with ambient air pollution were assessed by calculating dispersion of emissions from 2500 industrial sources and 4000 traffic network sections as well as by using environmental monitoring data.

Results. We established that 1889 land spots of 3619 functional zones with standardized air quality were fully or partially located in areas with unacceptable public health risks. These land spots included 905 residential areas and 984 spots with recreational potential.

Conclusion. Obviously, an inconsistency between actual health hazards for city population and a functional purpose of a zone requires immediate action. Either a functional purpose should be changed, or certain air protection activities should be implemented to make ambient air quality conform to the existing standards and to guarantee acceptable health risks levels. Either option requires environmental and economic substantiation. Any decision on changes in a specific situation in each specific functional zone should be made separately considering hazards, their sources and reasons for their occurrence. These decisions should

rely on economic estimates and technical capabilities necessary for implementation of planned activities. People's life and health should always remain the top priority. The study describes an algorithm for considering environmental factors when functional zones are created within urban development.

Keywords: environmental risks; public health; creating functional zones; city within urban development; risks levels

For citation. May I.V., Sedusova E.V., Balashov S.Yu., Saranina K.N. Environmental Risks for Public Health as a Significant Criterion for Creating Functional Zones in a City Within Urban Development. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2023, vol. 15, no. 5, pp. 373-388. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-947

Введение

Обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения является одним из основных условий реализации конституционных прав граждан на охрану здоровья и благоприятную окружающую среду. Идея создания и распространения практики «Здоровых городов» предполагает пересмотр основных принципов охраны здоровья на урбанизированных территориях. Новые политики взаимодействия всех ветвей власти и гражданского общества, реорганизация системы здравоохранения, участие населения в решении вопросов здоровья и окружающей среды не снимают проблемы развития промышленных и транспортных объектов города [10, 14, 16].

Для целого ряда городов промышленное производство, крупные транспортные комплексы являются источниками экономического и социального благополучия населения. Предприятия создают и поддерживают рабочие места, являются крупными налогоплательщиками и, соответственно, наполняют региональные и местные бюджеты. При этом даже наилучшие доступные современные технологии зачастую не являются совершенно безотходными.

Сопряженное решение задач сохранения здоровья населения города и развития промышленного потенциала города возможно, в том числе, и архитектурно-планировочными средствами [20]. Подход «Здоровье во всех политиках» поддержан повсеместно и предполагает укрепление здоровья, в том числе ассоциированного с качеством среды обитания через взаимодействие всех ветвей власти и межсекторальных сетей. Реализация этих подходов на местном уровне имеет особое значение. Муниципалитет понимается как наименьшая административная единица и всеобъемлющая

система, в которой сосуществуют и взаимодополняют друг друга предприятия, транспорт, коммунальные службы как источники экологической опасности и жители и объекты социальной структуры как реципиенты экологических рисков.

В России на текущий момент действующим градостроительным законодательством не установлено императивное требование учета риска воздействия факторов среды обитания на здоровье населения при территориальном планировании, градостроительном зонировании, планировке территории. Вместе с тем, все предпосылки для этого существуют [4, 6-9, 11-13].

Разработаны и широко применяются математические модели распространения загрязнений в атмосферном воздухе от источников промышленных предприятий и от автотранспорта [3]. Методология оценки риска здоровью при воздействии факторов внешней среды обеспечивает оперативный и понятный для лиц, принимающих решения, анализ и прогноз ответов со стороны здоровья на негативное воздействие ряда факторов [1, 2, 5, 15, 19]. Векторные карты городов, построенные на базе геоинформационных систем, существенно расширяют аналитические возможности пространственного анализа городских территорий [17, 18].

Цель работы

Отработать подходы к использованию данных об экологических рисках здоровью населения для задач градостроительного крупного промышленного центра.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования был выбран город Пермь – краевой центр с населением порядка 1 млн. человек. Питьевые воды в городе характеризуются как качественные, не формирующие значимых рисков для здоровья. Основные экологические проблемы города связаны с выбросами промышленных предприятий и автотранспорта.

В ходе исследования сформирована актуальная компьютерная база данных о параметрах порядка 2500 источников выбросов основных промышленных предприятий и выбросов автотранспорта на 4139 участках улично-дорожной сети города. С использованием геоинформационной системы ArcGIS 9.3.1 на электронной карте территории отображали стационарные и передвижные источники выбросов в городской системе координат в масштабе 1:20 000 в виде точечных, линейных и полигональных объектов. В 176 тысячах точек, покрывающих всю территорию города, выполнены

расчеты приземных концентраций загрязняющих веществ с применением общепринятой в России модели атмосферной диффузии выбросов стационарных и передвижных источников. Всего в расчетах рассматривали 245 химических веществ – компонентов выбросов стационарных и передвижных источников загрязнения атмосферы города, в том числе 9 загрязняющих веществ от выбросов автотранспорта и 245 загрязняющих веществ от основных промышленных предприятий. Расчетные данные верифицированы результатами инструментальных наблюдений 7 постов экологического мониторинга, расположенных в разных частях города.

По классической процедуре выполнена оценка риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух в расчетных точках, покрывающих всю селитебную территорию города [15]. Проведен анализ пространственного расположения зон различных уровней риска. Выполнено сопряжение тематического слоя «риски для здоровья» с тематическим слоем «функциональные градостроительные зоны». Слой «градостроительный зоны» включал в себя 3319 территориальных зон, для которых установлены экологические критерии безопасности населения. В границах таких зон допускается размещение жилья, социально-культурных объектов, объектов отдыха и рекреации, детские школьные и дошкольные образовательные и лечебно-оздоровительные учреждения и т.п. В качестве гипотезы принимали, что в этих зонах недопустимым является такое загрязнение воздуха, которое может спровоцировать риски нарушения здоровья у горожан.

Результаты исследования и их обсуждения

Установлено, что в отдельных зонах города наблюдаются превышения гигиенических нормативов содержания вредных веществ в атмосферном воздухе: по пыли (до 4ПДКс.с.), формальдегиду (до 4,8ПДКс.с.), бензолу (до 5ПДКс.с.), фенолу (до 4ПДКс.с.). Соответственно, предполагали, что могут формироваться и неприемлемые риски для здоровья граждан.

Гипотеза получила подтверждение после расчетов уровней риска.

Суммарный канцерогенный риск, сформированный выбросами предприятий и автотранспорта, составил в точках жилой застройки от 1×10^{-7} (риск минимальный, целевой) до $4,3 \times 10^{-3}$ (риск неприемлемый, настораживающий).

Неприемлемый неканцерогенный риск для здоровья жителей города формируется в отношении болезней органов дыхания, репродуктивной системы, сердечно-сосудистой системы и ряда других. На рисунке приведе-

ны результаты пространственного анализа хронического риска для жителей города, ассоциированного с загрязнением атмосферного воздуха (рис. 1).

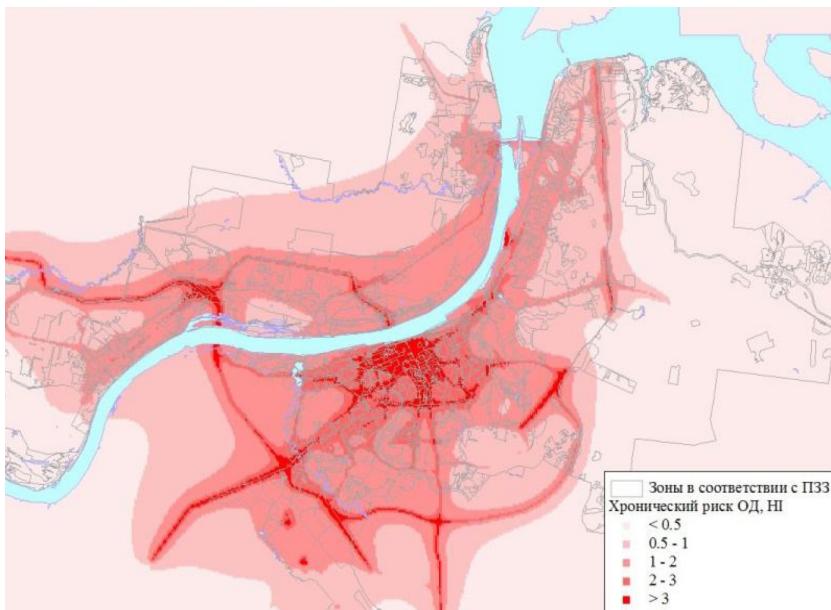


Рис. Пространственное распределение уровней риска формирования болезней органов дыхания на территории г. Перми вследствие длительного воздействия загрязнения атмосферного воздуха

Уровни риска в отношении болезней органов дыхания фиксировались как самые высокие (hazardIndex достигал 18,3 на отдельных участках жилой застройки при целевом уровне НИ=1,0 и приемлемом НИ=3,0). Наибольшие риски формируются вдоль крупных автомобильных магистралей и в центре города, который при любых направлениях ветров подвержен влиянию каких-либо промышленных и коммунальных объектов, расположенных в разных частях Перми.

Болезни органов дыхания были приняты в качестве «лимитирующего» показателя.

Именно карту рисков болезней органов дыхания сопрягали с функциональными зонами города.

В результате пространственного соединения (пересечения) была получена информация об уровнях риска на территории каждой функци-

ональной зоны. В таблице 1 представлена обобщающая информация о количестве конкретных функциональных зон, расположенных в зонах различных уровней рисков.

Таблица 1.

Количество функциональных зон, расположенных в зонах различных уровней неканцерогенного хронического риска развития заболеваний органов дыхания у населения

Тип зоны	Наименование зоны	Уровень риска, НИ			
		Целе-вой НИ<1	Допу-стимый 1≤НИ≤3	Насторожи-вающий 3<НИ≤6	Высо-кий НИ>6
ГЛ	Зона городских лесов	108	80	9	
Ж-1	Зона много- и среднестаткой жилой застройки	3	23	17	
Ж-2	Зона среднестаткой жилой застройки	36	100	24	
Ж-3	Зона малоэтажной застройки	27	36	2	
Ж-4,5	Зона индивидуальной жилой застройки	88	121	11	
P-1	Зона парков	13	12	4	
P-2	Зона рекреационно-ландшафтных тер-риторий	119	83	11	
P-3	Зона садовых и дачных участков	95	67	3	
P-4	Зона специальных зеленых насаждений	3	1		
P-5	Зона биопарков	1	2		
P-6	Зона рекреационных лесных массивов	83	49	3	
P-Э	Зона Р-Эспланада			1	
C-4	Зона кладбищ и мемориальных парков	13	13		
СХ	Зона сельскохозяйственного использования	27	9	3	
Т-1,2	Территории общего пользования (скве-ры, бульвары)	69	60	32	
Т-3	Долины малых рек	1	1	1	
Ц-1,2	Зона обслуживания и деловой активности	35	112	42	1
Ц-5	Зона оптовой торговли, открытых рынков	7	32	14	
ЦС-1	Зона учреждений здравоохранения	12	36	15	
ЦС-2	Зона высших, средних специальных учебных заведений и научных комплексов	13	35	10	
ЦС-3	Зона спортивно-зрелищных сооружений	22	30	9	
ЦС-4	Зона религиозных объектов	4	15	2	
ЦС-К	Зона общественных пространств и объ-ектов культурного развития		1		
Ц-4	Прочие нормируемые территории	21	98	17	1

Из 3619 территориальных зон города с нормируемыми по экологическим показателям качества воздуха 1889 участков (905 участков территориальных зон, на которых допускается размещение жилых домов, и 984 участка территориальных зон, на которых допускается размещение иных объектов) полностью или частично расположены в зонах неприемлемого риска для здоровья жителей города.

Так, в зоне недопустимого настораживающего риска расположено 9 зон городских лесов; 54 жилые зоны; 22 природно-рекреационные зоны и т.п.

Несоответствие реального уровня опасности для жителей города и функционального назначения зоны требует разрешения ситуации:

– либо через изменение функционального назначения зоны и использование территории для целей, не требующих высокого качества среды обитания (размещение новых промышленных объектов, коммунально-складских сооружений и пр.);

– либо через выполнение воздухоохраных мероприятий, обеспечивающих нормативное качество воздуха и уровни приемлемого риска для здоровья жителей.

Детальный анализ ситуаций в нескольких зонах города показал, что возможно использование обоих вариантов.

Так, в зоне влияния крупного промышленного узла и активно используемой транспортной магистрали в восточной части города располагается старая частная застройка. Риск для здоровья жителей домов – настораживающий, близкий к верхней границе диапазона (НІ составляет от 4,5 до 5,7). Вклад промышленных предприятий в риск – 75,5%. Автотранспорт, несмотря на то, что трасса расположена недалеко и является довольно нагруженной магистралью, вносит в риски менее 25%. Приоритетные факторы аэрогенного риска в данной зоне: соединения хрома (вклад в неприемлемый риск для здоровья порядка 55%); взвешенные вещества (19,4%), азота диоксид (9,3%), железа оксид (5,2%), акролеин (1,2 %) и пр.

Промышленная территория сформирована почти 15 хозяйствующими субъектами, связанными инженерной инфраструктурой, логистическими комплексами. Имеется перспектива развития предприятий. Представляется, что зона повышенного риска, максимально приближенная к промплощадкам, в перспективе не должна рассматриваться как потенциальная территория для размещения объектов жилья или объектов социального назначения. Зона коммунально-складских объектов или зоны исключительно деловой застройки могли бы постепенно заменить частную жилую застройку и рассматриваться как буферная территория, предназначенная

для демпфирования или исключения негативного влияния на места пользования населением. При этом ориентир на общее снижение загрязнения для самих хозяйствующих субъектов сохраняется, что в целом может и должно улучшать качество воздуха в городе.

Другая зона: участок крупной автомагистрали и одновременно территория, которая находится под факелом промышленных выбросов предприятий северо-западного промышленного узла города. Наиболее высокий риск болезней органов дыхания формируется для жителей 10 многоэтажных домов. Принимая во внимание, что вблизи этих домов, тоже в зонах неприемлемого риска расположены культурно-бытовые объекты (несколько магазинов, детская и спортивная площадка), можно предположить, что граждане испытывают негативное воздействие атмосферного загрязнения практически постоянно.

Расчеты показали, что вклад автотранспорта в риск на данной территории составляет 93,9%. Промпредприятия формируют порядка 6% вклада.

Архитектурно-планировочные изменения в данном случае не представляются реальными – строительная ситуация сложилась и затраты на вывод жилья, к примеру, нецелесообразны. Улучшение ситуации лежит исключительно в плоскости оптимизации улично-дорожного движения в городе с акцентом на внедрение лучших средств и инструментов управления транспортными потоками, улучшение качества используемого топлива, развитие, повышение комфортности, регулярности и привлекательности для населения общественного транспорта и т.п.

Несомненно, решение по изменению ситуации в каждой конкретной территориальной зоне должно приниматься отдельно с учетом уровней, причин и источников опасности для жителей города. При этом необходимо учитывать экономические оценки и технические возможности реализации мероприятий, отдавая приоритет экономическим параметрам стоимости жизни и здоровья населения.

Предложен алгоритм учета экологических факторов в задачах градостроительного зонирования города, включающий следующие этапы:

– сбор максимально полной информации о потенциальных источниках загрязнения территории города и негативного воздействия на окружающую среду и здоровье жителей;

– построение карт распределения фактора риска по территории города;

– оценка риска при воздействии экологических факторов риска;

– построение карт распределения риска для здоровья по территории города;

- сопряжение карт риска и карт градостроительного зонирования города;
- выявление зон несоответствия экологических требований и территориальных зон;
- установление причин и источников несоответствий для каждой зоны;
- принятие решений по изменению ситуации.

Заключение

Анализ законодательной и инструктивно-методической базы России в части градостроительного зонирования показал, что в отечественном правовом поле обязательность учета экологических показателей (уровня химического загрязнения, шумовой нагрузки и т.п.), а также показателей риска для здоровья жителей не закреплена и слабо развита методическая база.

На примере г. Перми установлено, уровни загрязнения атмосферного воздуха формируют неприемлемый риск для здоровья жителей города. Индекс опасности неканцерогенного хронического риска в отношении органов дыхания достигает 18НІ при приемлемом уровне 3,0. Средний по городу канцерогенный риск составляет $5,8 \times 10^{-4}$ при приемлемом уровне 1×10^{-4} .

Пространственное распределение рисков для здоровья неравномерно. Это объясняется в том числе тем фактом, что в городе нередко жилая застройка и объекты рекреации находятся вплотную к зонам, на которых разрешается размещение объектов негативного воздействия на окружающую среду (промышленные предприятия), а транспортная система функционирует в городе не оптимально.

Из 3619 территориальных зон города с нормируемыми по экологическим показателям качества воздуха 1889 участков (905 участков территориальных зон, на которых допускается размещение жилых домов, и 984 участка территориальных зон, на которых допускается размещение рекреационных объектов) полностью или частично расположены в зонах неприемлемого риска для здоровья жителей города.

Решение по изменению ситуации в каждой конкретной территориальной зоне должно приниматься отдельно с учетом уровней, причин и источников опасности для жителей города. При этом необходимо учитывать экономические оценки и технические возможности реализации мероприятий, отдавая приоритет экономические параметры стоимости жизни и здоровья населения.

Предложен алгоритм учета экологических факторов в задачах градостроительного зонирования города.

Конфликт интересов. Авторы не заявляют о конфликте интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Список литературы

1. Авалиани С.Л., Новиков С.М., Шашина Т.А., Додина Н.С., Кислицин В.А., Мишина А.Л. Проблемы совершенствования системы управления качеством окружающей среды на основе анализа риска здоровью населения // Гигиена и санитария. 2014. Т. 93. № 6. С. 5–8.
2. Андреева Е.Е., Балашов С.Ю. Уровни и пространственное распределение риска для здоровья населения г. Москвы при воздействии химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух // Здоровье семьи – 21 век. 2014. № 2 (2). С. 17–30.
3. Белихов А.Б., Леготин Д.Л., Сухов А.К. Современные компьютерные модели распространения загрязняющих веществ в атмосфере // Вестник КГУ им. Н.А. Некрасова. 2013. № 1. С. 120–127.
4. Бобкова Т.Е. Зонирование территории перспективной застройки с применением методологии оценки риска здоровью населения // Гигиена и санитария. 2009. № 6. С. 38–41.
5. Май И.В., Клейн С.В. Анализ риска здоровью населения от воздействия выбросов автотранспорта и пути его снижения // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 1–8. С. 1895–1901.
6. Клейн С.В., Кошурников Д.Н., Чигвинцев В.М. Опыт зонирования городской территории по уровню риска возможного нарушения здоровья населения под воздействием техногенного шума внешней среды // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17. № 5–2. С. 469–476.
7. Король К.С., Вековшинина С.А. Пространственный анализ ингаляционного риска для здоровья населения при обосновании градостроительных решений в крупном промышленном центре // Здоровье семьи – 21 век. 2015. № 3 (3). С. 55–71.
8. Куцлин Д.А., Буторина М.В. Охрана воздушной среды: зонирование территории г. Якутска по факторам загрязнения атмосферы // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Серия: Экономика. Социология. Культурология. 2017. № 2 (06). С. 13–21.
9. Май И.В., Клейн С.В., Вековшинина С.А., Балашов С.Ю. Использование методологии оценки риска при разработке генерального плана городского поселения // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 1. С. 22–28.
10. Вековшинина С.А., Клейн С.В., Жданова-Заплесвичко И.Г., Четвёркина К.В. Качество среды обитания и риск здоровью населения, проживающего

- под воздействием выбросов предприятий цветной металлургии и деревообрабатывающей промышленности // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 1. С. 16–20.
11. Сафонова И.В., Епринцев С.А., Каверина Н.В. Оценка антропогенного загрязнения почвенного покрова урбанизированных территорий городского округа г. Воронеж // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. 2014. № 3. С. 99–104.
 12. Фокин С.Г. Оценка риска здоровью населения при проектировании транспортных потоков Москвы // Гигиена и санитария. 2009. № 6. С. 36–38.
 13. Шеремет Р.Д., Глубокова С.В., Гапонов Д.А. О методике изучения и оценки электромагнитной обстановки при территориальном планировании муниципальных образований // Инженерный вестник Дона. 2018. № 1 (48). С. 27.
 14. Azimi, M., Feng, F., Zhou, C. Environmental policy innovation in China and examining its dynamic relations with air pollution and economic growth using SEM panel data // Environmental Science and Pollution Research. 2020. T. 27 (9). P. 9987–9998.
 15. Environmental Health Risk Assessment. Guidelines for assessing human health risks from of Environmental hazards. 2012. <https://www.health.gov.au/sites/default/files/documents/2022/07/enhealth-guidance-guidelines-for-assessing-human-health-risks-from-environmental-hazards.pdf> (дата обращения: 03.03.2023).
 16. Health in All Policies: From the Global to the Local. Washington, D.C., Pan American Health Organization. 2016.
 17. Maantay Ju.A., McLafferty S. Geospatial Analysis of Environmental Health. Dordrecht: Springer Science+Business Media B.V. 2011. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-0329-2>
 18. Awange J.L., KyaloKiema J.B. Environmental Geoinformatics. Monitoring and Management. Berlin: Springer-Verlag. 2013. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-34085-7>
 19. Poggio L., Hepperle E., Schulin R., Vrščaj B., Marsan F.A. Introducing a method of human health risk evaluation for planning and soil quality management of heavy metal-polluted soils—an example from grugliasco (Italy) // Landscape and Urban Planning. 2008. Vol. 88. № 2-4. P. 64–72.
 20. Murphy M., Koohsari M.J., Badland H., Giles-Corti B. Supermarket access, transport mode and BMI: the potential for urban design and planning policy across socio-economic areas // Public Health Nutrition. 2017. Vol. 20. № 18. P. 3304–3315.

References

1. Avaliani S.L., Novikov S.M., Shashina T.A., Dodina N.S., Kislitsin V.A., Mishina A.L. The urgent problems of the improvement of the environment management system based on the analysis of health risk assessment. *Gigiena i sanitariya*, 2014, vol. 93, no. 6, pp. 5–8.
2. Andreeva E.E., Balashov S.Yu. Levels and spatial distribution of health risk to moscow city population from environmental air chemicals. *Zdorov'e sem'i – 21 vek*, 2014, no. 2 (2), pp. 17–30.
3. Belikhov A.B., Legotin D.L., Sukhov A.K. Sovremennye komp'yuternye modeli rasprostraneniya zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosfere [Modern computer models of the distribution of pollutants in the atmosphere]. *Vestnik KGU im. N.A. Nekrasova*, 2013, no. 1, pp. 120–127.
4. Bobkova T.Ye. Future built-up area zoning by applying the methodology for assessing the population health risk. *Gigiena i sanitariya*, 2009, no. 6, pp. 38–41.
5. May I.V., Klein S.V. The analysis of risk to health of the population from influence of motor transport emissions and ways of its decrease. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 2011, vol. 13, no.1–8, pp. 1895–1901.
6. Klein S.V., Koshurnikov D.N., Chigvintsev V.M. Experience of urban territory zoning on risk level of possible violation of the population health as a result of environmental technogenic noise. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 2015, vol. 17, no. 5–2, pp. 469–476.
7. Korol K.S., Vekovshinina S.A. Spatial analysis of population inhalation health risk in justifying architectural decisions of a big industrial centre. *Zdorov'e sem'i – 21 vek*, 2015, no. 3 (3), pp. 55–71.
8. Kuklin D.A., Butorina M.V. City territory zoning with the atmosphere pollution factors. *Vestnik Severo-Vostochnogo federal'nogo universiteta im. M.K. Ammosova. Seriya: Ekonomika. Sotsiologiya. Kul'turologiya*, 2017, no. 2 (06), pp. 13–21.
9. May I.V., Kleyn S.V., Vekovshinina S.A., Balashov S.Yu. The use of the methodology of risk assessment in the elaboration of the general layout of an urban settlement. *Gigiena i sanitariya*, 2016, vol. 95, no. 1, pp. 22–28.
10. Vekovshinina Svetlana A., Kleyn S.V., Zhdanova-Zaplesvichko I.G., Chetverkinna K.V. The quality of environment and risk to health of the population residing under the exposure to emissions from colored metallurgy enterprises and wood processing industry. *Gigiena i sanitariya*, 2018, vol. 97, no. 1, pp. 16–20.
11. Safonova I.V., Eprintsev S.A., Kaverina N.V. Evaluation of anthropogenic soil pollution in urban areas of the Voronezh city. *Vestnik VGU. Ceriya: Geografiya. Geoekologiya*, 2014, no. 3, pp. 99–104.

12. Fokin S.G. Population health risk assessment on designing the transport streams of Moscow. *Gigiena i sanitariya*, 2009, no. 6, pp. 36–38.
13. Sheremet R.D., Gaponov D.A., Glubokova S.V. About the method of studying and evaluating the electromagnetic environment during the territorial planning of municipalities. *Inzhenernyy vestnik Dona*, 2018, no. 1 (48), pp. 27
14. Azimi M., Feng F., Zhou C. Environmental policy innovation in China and examining its dynamic relations with air pollution and economic growth using SEM panel data. *Environmental Science and Pollution Research*, 2020, vol. 27 (9), pp. 9987–9998.
15. Environmental Health Risk Assessment. Guidelines for assessing human health risks from of Environmental hazards. 2012. <https://www.health.gov.au/sites/default/files/documents/2022/07/enhealth-guidance-guidelines-for-assessing-human-health-risks-from-environmental-hazards.pdf> (accessed Mart 3, 2023).
16. Health in All Policies: From the Global to the Local. Washington, D.C., Pan American Health Organization, 2016
17. Maantay Ju.A., McLafferty S. Geospatial Analysis of Environmental Health. Dordrecht: Springer Science+Business Media B.V., 2011. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-0329-2>
18. Awange J.L., KyaloKiema J.B. Environmental Geoinformatics. Monitoring and Management. Berlin: Springer-Verlag, 2013. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-34085-7>
19. Poggio L., Hepperle E., Schulin R., Vrščaj B., Marsan F.A. Introducing a method of human health risk evaluation for planning and soil quality management of heavy metal-polluted soils—an example from grugliasco (Italy). *Landscape and Urban Planning*, 2008, vol. 88, no. 2-4, pp. 64–72.
20. Murphy M., Koohsari M.J., Badland H., Giles-Corti B. Supermarket access, transport mode and BMI: the potential for urban design and planning policy across socio-economic areas. *Public Health Nutrition*, 2017, vol. 20, no. 18, pp. 3304–3315.

ВКЛАД АВТОРОВ

Май И.В.: общая концепция исследования, интерпретация данных, написание текста статьи.

Седусова Э.В.: интерпретация данных, написание текста статьи.

Балашов С.Ю.: написание текста статьи, статистическая обработка данных.

Саранина К.Н.: анализ литературы, сбор данных.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Irina V. May: conceptualization, data interpretation, original draft preparation.
Ella V. Sedusova: data interpretation, original draft preparation.
Stanislav Yu. Balashov: original draft preparation, data of statistical processing.
Kseniya N. Saranina: literature analysis, data collection.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Май Ирина Владиславовна, доктор биологических наук, профессор

*Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр медико-биологических технологий управления рисками здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
ул. Монастырская, 82, г. Пермь, 614045, Российская Федерация
may@fcrisk.ru*

Седусова Элла Викторовна, научный сотрудник

*Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр медико-биологических технологий управления рисками здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
ул. Монастырская, 82, г. Пермь, 614045, Российская Федерация
ella@fcrisk.ru*

Балашов Станислав Юрьевич, заведующий лабораторией

*Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр медико-биологических технологий управления рисками здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
ул. Монастырская, 82, г. Пермь, 614045, Российская Федерация
stas@fcrisk.ru*

Саранина Ксения Николаевна, магистр кафедры охраны окружающей среды

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет
ул. Комсомольский проспект, 29, г. Пермь, 614990, Российская Федерация
kseniyasaranova@yandex.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS**Irina V. May**, Doctor of Biological Science, Professor*Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies**82, Monastyrskay Str., Perm, 614045, Russian Federation**may@fcrisk.ru**SPIN-code: 2946-8825**ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0976-7016>**Scopus Author ID: 56548428200***Ella V. Sedusova**, Researcher*Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies**82, Monastyrskay Str., Perm, 614045, Russian Federation**ella@fcrisk.ru**SPIN-code: 6647-5680**ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4599-083X>**Scopus Author ID: 57202891738***Stanislav Yu. Balashov**, Laboratory Manager*Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies**82, Monastyrskay Str., Perm, 614045, Russian Federation**stas@fcrisk.ru**SPIN-code: 8539-5556**ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6923-0539>**Scopus Author ID: 57202894522***Kseniya N. Saranina**, Master of the Department of Environmental Protection*Perm National Research Polytechnic University**29, Komsomolsky prospekt, Perm, 614039, Russian Federation**kseniyasaranina@yandex.ru*

Поступила 02.03.2023

Received 02.03.2023

После рецензирования 31.03.2023

Revised 31.03.2023

Принята 20.04.2023

Accepted 20.04.2023

ЗДРАВООХРАНЕНИЕ И ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

PUBLIC HEALTH AND PREVENTIVE MEDICINE

DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-948

УДК 159.9.07



Научный обзор

ИНТЕРНЕТ-ЗАВИСИМОСТЬ: ФАКТОРЫ РИСКА И ИНДИВИДУАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОДРОСТКОВ

О.Л. Москаленко

Цель исследования: обзор отечественных и зарубежных исследований в области формирования интернет-зависимости у подростков.

Материалы и методы. В статье представлен обзор литературы и проанализированы научные исследования о распространенности интернет-аддикции, формировании интернет-зависимости и индивидуально-психологических особенностях подростков по данным исследователей различных стран. Авторами статьи проведен научный поиск с использованием соответствующих ключевых слов, в поисковых системах PubMed и Google Scholar, по базам данных для поиска научной информации: библиотека РФФИ, PsyJournals, PsyArxiv, Scopus, Web of Science, MedLine, The Cochrane Library, EMBASE, Global Health, CyberLeninka, РИНЦ (eLIBRARY.RU) и другим.

Результаты. Для изучения наличия интернет-зависимости и его видов в исследованиях применяются анкетирование («Chen Internet Addiction Scale» (CIAS), «Game Addiction Scale for Adolescents» (GASA) и «The Social Media Disorder Scale» (SMDS), русскоязычные версии опросников), психологическое тестирование и психологическое наблюдение. Значимыми факторами риска возникновения интернет-зависимости у подростков являются: высокая возбудимость (раздражительность, нервозность); снижение самоконтроля (снижение проявления собственных эмоций и побуждений к деятельности); эмоциональная неустойчивость (перепады настроения, импульсивность,

непоследовательность действий); тревожно-депрессивные состояния; склонность к интроверсии по комплексу свойств личности; недостаточная развитость эмоционального (социального) интеллекта (восприятие, использование, понимание и управление эмоциями), затруднения в учебном процессе.

Заключение. Раннее предупреждение развития интернет-зависимости нужно проводить в образовательных учреждениях. Персонализированная профилактика интернет-зависимости в возрастной группе подростков наиболее эффективна и может значительно снизить заболеваемость. Выявить у подростков склонность к аддиктивному поведению может квалифицированный психолог. Воспитание у детей и подростков разумного использования технологий. Для лучшей идентификации общих черт и различных видов интернет-зависимости от потребляемого контента необходимы дополнительные исследования у подростков.

Ключевые слова: интернет-зависимость; индивидуально-психологические особенности подростков; критерии интернет-зависимости; подростки; возрастные особенности аддикций

Для цитирования. Москаленко О.Л. Интернет-зависимость: факторы риска и индивидуально-психологические особенности подростков // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. Т. 15, №5. С. 389-412. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-948

Scientific Review

INTERNET DEPENDENCE: RISK FACTORS AND INDIVIDUAL PSYCHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF ADOLESCENTS

O.L. Moskalenko

Purpose: a review of domestic and foreign studies in the field of the formation of Internet addiction in adolescents.

Materials and methods. The article presents a review of the literature and analyzes scientific research on the prevalence of Internet addiction, the formation of Internet addiction and the individual psychological characteristics of adolescents according to researchers from various countries. The authors of the article conducted a scientific search using the relevant keywords in PubMed and Google Scholar search engines, in databases for searching scientific information:

RFBR Library, PsyJournals, PsyArxiv, Scopus, Web of Science, MedLine, The Cochrane Library, EMBASE, Global Health, CyberLeninka, RSCI (eLIBRARY.RU) and others.

Results. To study the presence of Internet addiction and its types, surveys are used in research (“Chen Internet Addiction Scale” (CIAS), “Game Addiction Scale for Adolescents” (GASA) and “The Social Media Disorder Scale” (SMDS), Russian-language versions of questionnaires), psychological testing and psychological observation. Significant risk factors for Internet addiction in adolescents are: high excitability (irritability, nervousness); decrease in self-control (decrease in the manifestation of one's own emotions and motivations for activity); emotional instability (mood swings, impulsiveness, inconsistency of actions); anxiety-depressive conditions; tendency to introversion according to a complex of personality traits; insufficient development of emotional (social) intelligence (perception, use, understanding and management of emotions), difficulties in the educational process.

Conclusion. Early warning of the development of Internet addiction should be carried out in educational institutions. Personalized prevention of Internet addiction in the adolescent age group is the most effective and can significantly reduce the incidence. A qualified psychologist can identify a tendency to addictive behavior in adolescents. Educate children and adolescents in the reasonable use of technology. More research is needed in adolescents to better identify commonalities and different types of Internet content addiction.

Keywords: internet addiction; individual psychological characteristics of adolescents; criteria for Internet addiction; adolescents; age characteristics of addictions

For citation. Moskalenko O.L. Internet Dependence: Risk Factors and Individual Psychological Characteristics of Adolescents. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2023, vol. 15, no. 5, pp. 389-412. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-948

В настоящее время возрастает компьютеризация современного общества и использования высоких технологий, проблема распространения интернет-зависимого (ИЗ) поведения среди детей и подростков стала особенно актуальна.

В современной науке подростковый возраст (12-17 лет) определяется в зависимости от пола, региона проживания, страны, культурных, национальных особенностей.

Подростковый возраст - 13-16 лет мальчики; 12-15 лет девочки (Схема возрастной периодизации, 1965 г.). В этот период происходят важные

психо-физиологические изменения: 10-13 лет (переход от конкретного к абстрактному мышлению, фантазии, мышление ребенка, перепады настроения и эмоций, снижение интереса к учебе и успеваемости); 13-17 лет (развитие абстрактного мышления, переживание изменений своего тела, повышенная тревожность, возможны депрессивные состояния). Также подростковый возраст характеризуется изменениями: физического развития, полового, психо-сексуального и социального [23, с. 361-367; 21, с. 163-170].

Выготский Л.С. выделяет 2 фазы подросткового периода негативную и позитивную:

1) негативная - неуправляемый всплеск эмоций, раздражительность, негативный настрой, снижение интереса к окружающему миру, недовольство и отрицательное отношение к «кому-чему-либо»;

2) позитивная - способность к коммуникации, эмоции становятся устойчивыми.

Согласно данным многочисленных исследований распространенность использования сети Интернет выросла во всех социальных группах, особенно среди подростков и студентов [10, с. 3-9; 6, с. 158-167].

У пользователей сети Интернет, преимущественно подростков и лиц молодого возраста возникает феномен ИЗ, который характеризуется потерей контроля над пребыванием в сети Инternет и навязчивой тягой к различным видам деятельности сети Интернет, что в дальнейшем приводит к формированию психо-социальных и психосоматических проблем.

Опубликованные в мировой литературе данные о распространенности ИЗ среди подростков очень широко варьируют в зависимости от исследованных этно-социальных групп и применяемых критериев диагностики и опросников. Так распространенность ИЗ среди подростков и молодых людей РФ составляет 4,25%-22,6% [7, с. 93-94; 7, с. 44-49; 20, с. 382-390; 15; 16, с. 90-97; 24]; в Европе 1,5%-10% (в среднем 4,5%); в США 0,3%-8,2%; в Азиатских странах 8,2%-25% [37, с. S89-s99; 38, с. 784-795; 39, с. 334-354; 16, с. 90-97].

В Российской популяции до настоящего времени не достаточно изучены проблемы влияния ИЗ и ее видов на психическую патологию подростков [2, с. 165-182; 14, с. 15-20; 18, с. 56]. ИЗ у подростков является наиболее значимым психологомедицинским вопросом в научных исследованиях, проведенных во многих странах [32, с. 273-278; 33, с. 3; 34, с. 68-69; 35, с. 1-10].

Так, выделяют факторы способствующие формированию ИЗ [28, с. 601-610; 29, с. 4053-4061; 30, с. 1-16]: повышенная обидчивость, тревожность (раздражительность), низкая стрессоустойчивость, агрессивность,

склонность к депрессии [31, с. 101304]. Такие эмоциональные проявления могут являться коморбидностью с широким спектром психопатологических состояний (тревожно-депрессивные расстройства) [27, с. 511-514; 19, с. 442-449; 8, с. 10-28]. Хорошо известно, что ИЗ связана с психологическими проблемами, такими как эмоциональная нестабильность [27, с. 511-514;], импульсивность, низкий уровень самоконтроля [31, с. 101304], инфантильность [24, с. 76-83; 22, с. 393-407].

В.Л. Малыгин с соавт., 2001 г. отмечает на отсутствие строго ограниченного определения ИЗ и выверенных общих критериев оценки ИЗ, что является ограничением для диагностики и анализа распространённости ИЗ [15; 16, с. 90-97]. Также варьирование данных многочисленных исследований может быть связано с различными методами (опросниками) и диагностическими критериями ИЗ и понимания самого феномена ИЗ или «патологического использования сети Интернет», [17, с. 18-19; 18, с. 56].

Для изучения наличия ИЗ поведения и его видов в исследованиях применяются анкетирование («Chen Internet Addiction Scale» (CIAS), «Game Addiction Scale for Adolescents» (GASA) и «The Social Media Disorder Scale» (SMDS), русскоязычные версии опросников), психологическое тестирование и психологическое наблюдение.

В РФ часто используется тест К. Янг «Internet Addiction Test» [52, с. 1434-1444; 14, с. 15]. Опросник (русскоязычная версия) состоит из 40 вопросов, каждый вопрос оценивался по бальной шкале, далее баллы суммируются, получая итоговый результат: «20-49 баллов»- обычный пользователь сети Интернет; «50-79 баллов»- некоторые проблемы, связанные с чрезмерным увлечением Интернетом; «80-100 баллов» – ИЗ [16, с. 15].

По диагностическим критериям тест ИЗ «Chen Internet Addiction Scale (CIAS)» наиболее подходит к универсальным диагностическим компонентам для всех вариантов аддикций [50, с. 231-267; 51, с. 234-238]. Шкала ИЗ CIAS [40, с. 280-294] включает 5 шкал и 2 типа надшкальных критериев, каждое утверждение оценивается в баллах, далее баллы суммируются, общий балл расценивается как наличие, склонность или отсутствие ИЗ. Итоговый результат: «27-42 баллов» - отсутствие ИЗ; «43-64 балла»- склонность к возникновению ИЗ; «65 баллов и выше» - наличие ИЗ [40, с. 280-294; 41, с. 106845; 43, с. 545-551].

Малыгин В.Л., 2015 г. дает определение ИЗ, как «вариант нехимической аддикции, объект зависимости определенный поведенческий паттерн, связанный с негармоничным использованием ресурсов сети Интернет» [16, с. 90-97; 17, с. 15].

В исследовании Малыгина В.Л. с соавт., 2015 г. установлено, что индивидуально-психологические особенности подростков с ИЗ отличаются повышенной импульсивностью (действия без обдумывания, эмоционально несдержанны, нетерпеливы, раздражительны), отвлекаемостью, снижением концентрации внимания, не способностью контролировать поведение и эмоции [15; 18, с. 56].

Значимыми факторами риска возникновения ИЗ у подростков являются [51, с. 234-235; 53, с. 123; 54, с. 225-232]: высокая возбудимость (раздражительность, нервозность); снижение самоконтроля (снижение проявления собственных эмоций и побуждений к деятельности); эмоциональная неустойчивость (перепады настроения, импульсивность, непоследовательность действий); тревожно-депрессивные состояния; склонность к интроверсии по комплексу свойств личности; недостаточная развитость эмоционального (социального) интеллекта (восприятие, использование, понимание и управление эмоциями), затруднения в учебном процессе [47, с. 2249-2256; 48, с. 787; 49, с. 668].

Следует отметить, в исследовании Меркульева Ю.А., Малыгина В.Л. с соавт. 2020 г., наиболее важным симптомом, характеризующим ИЗ у подростков, является уровень социальной адаптации [18, с. 56] и степень выраженности социальной адаптации напрямую коррелирует со степенью выраженности зависимости [15; 16, с. 90-97; 18, с. 56].

Эверт Л.С. с соавт., 2022 г. изучили частоту встречаемости и структуру онлайн-поведения у подростков респ. Хакасия в различных возрастно-половых и этнических группах. Установлено, что у мальчиков чаще регистрировалось неадаптивное пользование интернетом (36,3%), у девочек интернет-зависимое патологическое пользование интернетом (15,6%). При распределении подростков по возрастной группе патологическое пользовании интернетом чаще регистрировалось в группе от 15 до 18 лет (25,2%), чем в группе от 12 до 14 лет (6,1%).

По данным Терешченко С. с соавт. (2021 г.) распространенность ИЗ среди подростков Центральной Сибири составляет 7,1-10,4% в зависимости от потребляемого контента. В недавнем исследовании Терешченко С. с соавт. (2022 г.) в изучении потребляемого Интернет-контента у Сибирских подростков установлено, что у девочек в 3 раза чаще регистрировалась зависимость от социальных сетей, тогда как у мальчиков в 2 раза чаще регистрировалась игровая зависимость [70, с. 397].

В исследовании Трусовой А.В. и Канашова А.Е. (2021 г.) учащихся в возрасте 15-18 лет (УФО, Челябинская область) установлена выраженная

ность признаков ИЗ поведения у девушки, в сравнении с юношами. Оценка выраженности ИЗ проводилась с применением шкалы CIAS. Умеренные признаки ИЗ выявлены - 58,5%, выраженные признаки и высокий риск ИЗ - 10,3% обследованных [26, с. 5-15].

В психологии интернет-зависимости (ИЗ) выделяют 2 направления исследований [55, с. 107045; 56, с. 225-232; 57]: 1) психология интернет-пользователей (характеризуется преобладанием негативизма, напряженностью, сложностями в самораскрытии и принятии своих потребностей, большинство из них имеют одну неудовлетворяемую потребность) и 2) психология интернет-зависимости (тревожность, повышенная возбудимость и агрессивность, эмоциональная неустойчивость) [15, с. 27-54; 58, с. 959-965; 59, с. 720-728].

В работе Аладышкина А.С., 2006 г. установлено, что использование сети Интернета приводит к «аутации личности» и к формированию аддикции [2, с. 5].

По данным Лоскутовой, В.А., 2004 г. в группу риска формирования ИЗ поведения относятся юноши в возрастной группе до 21 года, имеющие какие-либо аддикции и аффективные расстройства [14, с. 15].

По результатам исследований, проведенных Войскунским А.Е. с соавт, 2018 г. [3, с. 90-100; 4, с. 75-80] выявлено, что взаимосвязь ИЗ и личностных характеристик у школьников отмечается только у мальчиков [6, с. 75-80].

Меркурьевой Ю.А., Краснов И.О. с соавт. 2013г., проведено исследование подростков (г. Москва) с ИЗ поведением, средний возраст 16,3 лет. Установлено, что учащиеся используют сеть Интернет как способ поддерживания недостаточной психической активности и постоянное появление новых стимулов позволяет на некоторое время повысить концентрацию внимания, что в дальнейшем может приводить к большему истощению и утомлению [15; 16, с. 90-97; 18, с. 56].

Личностные различия влияют на склонность к интернет-зависимому поведению [36, с. 306-307; 60, с. 134-136; 61, с. 3013].

Данные многочисленных исследований указывают [68, с. 680-685; 69, с. 2265-2283; 70; 71, с. 1395; 73, с. 153-155], что фактором риска развития ИЗ являются особенности функционирования ЦНС проявляющиеся как своеобразный психологический паттерн [62, с. 20-26; 63, с. 53-57; 64, с. 1885; 72, с. 277-283; 74, с. 1275-1283]; лица, наделенные такими особенностями, быстро переходят к болезненному и патологическому использованию сети Интернет, что в дальнейшем может переходить в болезнь [42, с. 335-345; 44, с. 4635-4642; 45; 46; 50, с. 231-267].

При ИЗ выделяют физические симптомы (дорсопатия, туннельное поражение нервных стволов руки, неряшливость и др.) и психологические (невозможность остановиться, раздражение при отсутствии сети Интернет, тревожно-депрессивные состояния, увеличение времени проводимого в сети Интернет, начинаются проблемы с учебным процессом, профессиональной деятельностью) [65, с. 601-610; 66, с. 776-787; 67].

Хорошо, известно, что одним из критериев диагностики ИЗ является наличие социальной дезадаптации (СД). СД - проявляется затруднениями в приобретении специальности, трудовой деятельности и в межличностных отношениях. В проведенном исследовании Малыгина В.Л. с соавт, 2020 г., подростков школ г. Москва с ИЗ в сравнении с контрольной группой, регистрировались достоверно высокие показатели по шкалам: «дезадаптивность» - незрелость личности, невротические отклонения, дисгармония в сфере принятия решений. Шкала «неприятие себя» - неудовлетворенность своими личностными чертами; «неприятие других» - регистрировались высокие показатели. По шкалам «адаптивность, приятие других» (низкая потребность в общении, взаимодействии) и «эмоциональный комфорт» отмечались достоверно низкие показатели [17; 18, с. 90-97; 17, с. 16-19; 18, с. 56].

Бахтин И.С., 2016 г. в своем исследовании отмечает, что в «современной науке существуют несколько подходов, описывающих феномен личности, склонной к аддиктивному поведению. И несмотря на то, что наиболее адекватным подходом к описанию природы данного феномена является комплексное изучение причин (биологических, социальных, психологических), важнейшей областью научного поиска остается личность, с ее особенностями, внутренними конфликтами и способами адаптации. Именно на уровне личностной организации проявляется аддиктивное поведение, как доклиническая форма нарушения функционирования психики» [1, с. 12].

Соловьева С.Л., 2009 г., отмечает, что основным мотивом поведения подростков склонных к аддиктивным формам поведения (ИЗ, кибераддикция), является бегство от реальности: «детям не удается найти в реальной действительности сферы деятельности, способные привлечь внимание, увлечь, обрадовать или вызвать эмоциональную реакцию» [23].

Важно заметить, что в исследовании Григорьевой М.В., 2010 г. [5, с. 93-94], приводятся данные и рассматриваются особенности влияния на обучающихся подростков школы и родителей в процессе сотрудничества с учителями [5, с. 93-94].

По мнению Кириленко Н.П., 2015 г. подросткам необходима своевременная первичная профилактика компьютерной зависимости (чтение ин-

формации, информирование о проблеме). В образовательной организации наиболее целесообразно осуществлять взаимодействие компетентных по проблеме специалистов-психологов с обучающимися, родителями и учителями [11, с. 175-181].

Колмогорцева А.А., 2021 г. отмечает, что на психофизиологическом уровне обучающиеся подростки и юноши еще полностью не созрели и имеют импульсивное поведение (действуют по первому побуждению под влиянием сиюминутных стимулов, эмоций без обдумывания поступков). С процессом взросления и психо-физиологического созревания, интерес к «зависанию» в сети Интернет снижается, так как появляются новые адаптивные способы самореализации [12, с. 15-20].

По данным исследований проведенных в РФ и зарубежных, число школьников и студентов в Интернете возрастает быстрее, чем число лиц в других возрастных группах [14, с. 15-20; 13, с. 28-53].

Таким образом, раннее предупреждение развития ИЗ нужно проводить в образовательных учреждениях. Персонализированная профилактика ИЗ в возрастной группе подростков наиболее эффективна и может значительно снизить заболеваемость. Выявить у подростков склонность к аддиктивному поведению может квалифицированный психолог.

Профилактику ИЗ рекомендуется проводить в информировании подростков и студентов о механизмах, проявлениях, диагностике, последствиях и формировании здорового образа жизни [9, с. 5]. Также профилактическую и психологическую работу с ИЗ пациентами необходимо проводить с учетом индивидуально-психологических особенностей интернет-аддиков подростков и группы риска. Воспитание у детей и подростков разумного использования технологий. Для лучшей идентификации общих черт и различных видов интернет-зависимости от потребляемого контента необходимы дополнительные исследования у подростков.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о спонсорстве. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Список литературы

1. Бахтин И.С. Личностные особенности курсантов военноморских высших военных учебных заведений, склонных к аддиктивному поведению: дисс. ... канд. психолог. наук. 2016. 160 с.

2. Варламова С., Гончарова Е., Соколова И. Интернет-зависимость молодежи мегаполисов: критерии и типология // Мониторинг общественного мнения. 2015. №2(126). С. 165-182. <https://doi.org/10.14515/monitoring.2015.2.11>
3. Войскунский А.Е. Актуальные проблемы психологии зависимости от Интернета // Психологический журнал. 2004. Т. 25, № 1. С. 90-100.
4. Войскунский А.Е., Митина О.В. Связь интернет-зависимости с гендером и социальным статусом подростков // Цифровое общество как культурно-исторический контекст развития человека: сборник научных статей. Государственный социально-гуманитарный университет. 2018. С. 75-80
5. Григорьева М.В. Психология взаимодействия школьника и образовательной среды // Известия Саратовского университета. Новая серия. Акмеология образования. Психология развития. 2010. № 4. С. 93-94.
6. Грицинская В.Л., Москаленко О.Л. Использование компьютерных технологий при проведении диспансеризации детского населения республики Тыва // В мире научных открытий. 2017. Т. 9, № 2. С. 158-167. <https://doi.org/10.12731/wsd-2017-2-158-167>
7. Гришин С.Г. Интернет-зависимость молодежи // Информационная безопасность регионов. 2017. №2. С. 44-49.
8. Деревянных Е.В., Балашова Н.А., Яскевич Р.А. и др. Частота и выраженность тревожно-депрессивных нарушений у студентов медицинского вуза // В мире научных открытий. 2017. Т. 9, № 1. С. 10-28. <https://doi.org/10.12731/wsd-2017-1-10-28>
9. Дрепа М.И. Психологическая профилактика Интернет-зависимости у студентов: дис. канд. психол. наук. Ставрополь, 2010. 254 с.
10. Зальмунин К.Ю., Менделевич В.Д. Профили аддикций как инструмент для сравнительной оценки химических и нехимических зависимостей // Журнал неврологии и психиатрии. 2018. № 2. С. 3-9.
11. Кириленко Н.П. Компьютерная зависимость: сущность и факторы возникновения как основы профилактики // сборник: Категория «социального» в современной педагогике и психологии материалы 3-й научно-практической конференции с международным участием: Ульяновск, 2015. С. 175-181.
12. Колмогорцева А.А., Рыльская Е.А. Индивидуально-психологические особенности личности с интернет-зависимостью // Психология. Психофизиология. 2021. Т. 14, № 1. С.14-22.
13. Кочетков Н.В. Интернет-зависимость и зависимость от компьютерных игр в трудах отечественных психологов // Социальная психология и общество. 2020. Т. 11, №1. С. 27-54. <https://doi.org/10.17759/sps.2020110103>

14. Лоскутова В.А. Интернет-зависимость как форма нехимических аддиктивных расстройств: дис. ... канд. мед. наук. Новосибирск, 2004. 157 с.
15. Малыгин В.Л., Антоненко А.А, Меркульева Ю.А., Искандирова А.С. Психопатологические феномены, сопровождающие интернет-зависимое поведение у подростков // Медицинская психология в России. 2014. №3(26) [Электронный ресурс]. URL: http://mpnj.ru/archiv_global/2014_3_26/nomer_nomer08.php (дата обращения 04.01.2023)
16. Малыгин В.Л., Меркульева Ю.А., Шевченко Ю.С. и др. Сравнительные особенности психологических свойств и социальной адаптации интернет-зависимых подростков и подростков, зависимых от каннабиноидов // Национальный психологический журнал. 2018. №3. С. 90-97. <https://doi.org/10.11621/npj.2018.0308>
17. Малыгин В.Л., Феликсов К.А., Искандирова А.С. и др. Интернет-зависимое поведение. Критерии и методы диагностики: учебное пособие. М.: МГМСУ, 2011. 32 с.
18. Меркульева Ю.А., Малыгин В.Л., Искандирова А.С. Нейропсихологическая диагностика интернет-зависимости у подростков. Психиатрия. 2013. №4. С. 56.
19. Москаленко О.Л. Характеристика свойств темперамента у юношей-студентов разных соматотипов г. Железногорска // В мире научных открытий. 2015. № 8-1 (68). С. 442-449.
20. Москаленко О.Л., Деревянных Е.В., Балашова Н.А., Яскевич Р.А. Депрессивные расстройства среди обучающихся медицинских высших учебных заведений. // Russian Journal of Education and Psychology. 2021. Т. 12, № 4-2. С. 382-390. <https://doi.org/10.12731/2658-4034-2021-12-4-2-382-390>
21. Москаленко О.Л., Пуликов А.С. Влияние антропотехногенного загрязнения на психосоматическое состояние юношей // Вестник КрасГАУ. 2014. № 5 (92). С. 163-170.
22. Пуликов А.С., Москаленко О.Л. Особенности экологической морфологии юношей Сибири в условиях городского антропотехногенного загрязнения // В мире научных открытий. 2015. № 6-1 (66). С. 393-407.
23. Пуликов А.С., Москаленко О.Л., Зайцева О.И. Адаптационный потенциал юношей Красноярского края как показатель состояния здоровья // В мире научных открытий. 2011. № 4 (16). С. 361-367.
24. Пуликов А.С., Москаленко О.Л., Зайцева О.И. Особенности адаптации организма юношей в возрастном аспекте в различных экологических условиях // В мире научных открытий. 2011. № 5 (17). С. 76-83.
25. Соловьева С.Л. Аддиктивное поведение как способ компенсации эмоционального дефицита [Электронный ресурс] // Медицинская психология в России

- ции: электронный научный журнал. 2009. № 1. URL: http://www.medpsy.ru/mpj/archiv_global/2009-1-1/nomer/nomer18.php?ysclid=ls12vgbgt655411446 (дата обращения 4.01.2023)
26. Трусова А.В., Канащов А.Е. Распространенность интернет-зависимого поведения среди российских подростков в возрасте 15-18 лет // Вопросы наркологии. 2021. №2. С. 5-14. https://doi.org/10.47877/0234-0623_2021_05_5
 27. Черник А.В. Взаимосвязь тревожности и интернет-аддикции у студентов // Современные научные исследования и разработки. 2017. Т. 2, № 1(9). С. 511-514.
 28. Al-Khani A.M., Saquib J., Rajab A.M., Khalifa M.A. et al. Internet addiction in Gulf countries: A systematic review and meta-analysis. *Journal of behavioral addictions*, 2021, no. 10, pp. 601-610. <https://doi.org/10.1556/2006.2021.00057>
 29. Andreassen C.S., Pallesen S. Social Network Site Addiction-An Overview. *Current Pharmaceutical Design*, 2014, no. 20, pp. 4053-4061. <https://doi.org/10.2174/13816128113199990616>
 30. Ang C.S. Internet habit strength and online communication: Exploring gender differences. *Computers in Human Behavior*, 2017, vol. 66, pp. 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.09.028>
 31. Aparicio-Martínez P., Ruiz-Rubio M., Perea-Moreno A.J. et al. Gender differences in the addiction to social networks in the Southern Spanish university students. *Telematics and Informatics*, 2020, no. 46, p. 101304. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2019.101304>
 32. Balhara Y.P.S., Singh S., Saini R., Dahiya N. et al. Should Internet gaming disorder be considered a subtype of generalized problematic internet use? Findings from a study among medical college students. *Perspectives in Psychiatric Care*, 2021, no. 57, pp. 272-278. <https://doi.org/10.1111/ppc.12558>
 33. Beard K. Modification in the Proposed Diagnostic Criteria for Internet Addiction. *Cyberpsychology & Behavior*, 2011, no. 4, p. 3.
 34. Biao-Bin V., Man-Na H., Bi-Qun Q., Yong-Hong H. Relationship between internet behavior and subjective well-being of teenagers. *Chinese Journal of Clinical Psychology*, 2006, vol. 14, pp. 68-69.
 35. Bickham D.S. Current research and viewpoints on internet addiction in adolescents. *Current pediatrics reports*, 2021, no. 9, pp. 1-10. <https://doi.org/10.1007/s40124-020-00236-3>
 36. Block J.J. Internet Addiction. *The American Journal of Psychiatry*, 2008, no. 165, pp. 306-307.
 37. Boer M. van den Ejnden, R.; Boniel-Nissim M., Wong S.L., Inchley J.C. et al. Adolescents' Intense and Problematic Social Media Use and Their Well-

- Being in 29 Countries. *The Journal of adolescent health: official publication of the Society for Adolescent Medicine*, 2020, no. 66, pp. S89-s99. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2020.02.014>
38. Boer M., van den Ejnden R.J., Finkenauer C., Boniel-Nissim M., Marino C. et al. Cross-national validation of the social media disorder scale: findings from adolescents from 44 countries. *Addiction*, 2022, no. 117, pp. 784-795. <https://doi.org/10.1111/add.15709>
39. Brenner P.S., DeLamater J. Lies, Damned Lies, and Survey Self-Reports? Identity as a Cause of Measurement Bias. *Soc Psychol Q*, 2016, no. 79, pp. 333-354. <https://doi.org/10.1177/0190272516628298>
40. Chen S.H., Weng L.C., Su Y.J., Wu H.M., Yang, P.F. Development of Chinese Internet Addiction Scale and its psychometric study. *Chin. J. Psychol*, 2003, vol. 45, no. 3, pp. 279-294. <https://doi.org/10.1037/t44491-000>
41. Cheng C., Lau Y.C., Chan L., Luk J.W. Prevalence of social media addiction across 32 nations: Meta-analysis with subgroup analysis of classification schemes and cultural values. *Addictive behaviors*, 2021, no. 117, p. 106845. <https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2021.106845>
42. Chien Chou, Linda Condron, John C. Belland A Review of the Research on Internet Addiction. *Educational Psychology Review*, 2005, no. 4, pp. 335-345.
43. Chih-Hung Ko, Cheng-Fang Yen et. al. Screening for Internet Addiction: An Empirical Study on Cut-off Points for the Chen Internet Addiction Scale. *Medical Sciences*, 2005, vol. 21, no. 12, pp. 545-551. [https://doi.org/10.1016/S1607-551X\(09\)70206-2](https://doi.org/10.1016/S1607-551X(09)70206-2)
44. Chung S., Lee J., Lee H.K. Personal factors, internet characteristics, and environmental factors contributing to adolescent internet addiction: a public health perspective. *Int. J. Environ Res Public Health*, 2019, vol. 16, no. 23, pp. 4635-4642. <https://doi.org/10.3390/ijerph16234635>
45. Costache M.E., Frick A., Månssson K., Engman J., Faria V. et al. Higher and lower-order personality traits and cluster subtypes in social anxiety disorder. *PLoS ONE*, 2020, vol. 15, no. 4. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232187>
46. Durkee T., Carli V., Floderus B., Wasserman C. et al. Pathological Internet Use and Risk-Behaviors among European Adolescents. *Int. J. Environ Res Public Health*, 2016, no.13, p. 30294. <https://doi.org/10.3390/ijerph13030294>
47. Feng Y., Ma Y., Zhong Q. The relationship between adolescents' stress and internet addiction: a mediated-moderation model. *Front. Psychol*, 2019, vol. 10, pp. 2248-2256. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02248>
48. Gonzalez-Bueso V., Santamaría J.J., Fernandez D., Merino L. et al. J. Internet Gaming Disorder in Adolescents: Personality, Psychopathology and Evaluation

- of a Psychological Intervention Combined With Parent Psychoeducation. *Front Psychol*, 2018, no. 9, p. 787. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00787>
49. González-Bueso V., Santamaría J.J., Fernández D., Merino L. et al. J. Association between internet gaming disorder or pathological video-game use and comorbid psychopathology: a comprehensive review. *International journal of environmental research and public health*, 2018, no. 15, p. 668. <https://doi.org/10.3390/ijerph15040668>
50. Griffiths M.D. Internet and video-game addiction. Adolescent Addiction. Epidemiology, Assessment and Treatment. ed. by Cecilia A. Essau. Elsevier Inc., 2008, pp. 231-267. <https://doi.org/10.1016/B978-012373625-3.50010-3>
51. Griffiths, M.D. Conceptual issues concerning internet addiction and internet gaming disorder: Further critique on Ryding and Kaye (2017). *International journal of mental health and addiction*, 2018, no. 16, pp. 233-239. <https://doi.org/10.1007/s11469-017-9818-z>
52. Jiang Q., Huang X., Tao R. Examining Factors Influencing Internet Addiction and Adolescent Risk Behaviors Among Excessive Internet Users. *Health Commun*, 2018, no. 33, pp. 1434-1444. <https://doi.org/10.1080/10410236.2017.1358241>
53. Kaess M., Klar J., Kindler J., Parzer P. et al. Excessive and pathological Internet use - Risk-behavior or psychopathology? *Addictive behaviors*, 2021, no. 123, pp. 107045. <https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2021.107045>
54. Kaye L.K., Ryding F.C. "Internet addiction": A conceptual minefield. *International Journal of Mental Health and Addiction*, 2018, no. 16, pp. 225-232.
55. Kimberly S. Young, Cristiano Nabuco de Abreu. Internet addiction: a handbook and guide to evaluation and treatment. Canada, 2011, 314 p.
56. Kimberly Young. Assessment of internet addiction. URL: <https://netaddiction.com/> (дата обращения: 15.01.2023).
57. Kuss D.J., Griffiths M.D., Binder J.F. Internet addiction in students: Prevalence and risk factors. *Computers in Human Behavior*, 2013, vol. 29, no. 3, pp. 959-966. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.12.024>
58. Kwok-Kei Mak, Ching-Man Lai et. al. Epidemiology of internet behaviors and addiction among adolescents in six Asian countries. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 2014, vol. 17, no. 11, pp. 720-728. <https://doi.org/10.1089/cyber.2014.0139>
59. Latkin C.A., Edwards C., Davey-Rothwell M.A. et al. The relationship between social desirability bias and self-reports of health, substance use, and social network factors among urban substance users in Baltimore, Maryland.

- Addictive behaviors*, 2017, no. 73, pp. 133-136. <https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2017.05.005>
60. Lopez-Fernandez, O. Generalised versus specific internet use-related addiction problems: A mixed methods study on internet, gaming, and social networking behaviours. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2018, no. 15, p. 2913. <https://doi.org/10.3390/ijerph15122913>
61. Montag C., Bey K., Sha P., Li M., Chen Y.F. et al. Is it meaningful to distinguish between generalized and specific Internet addiction? Evidence from a cross-cultural study from Germany, Sweden, Taiwan and China. *Asia-Pacific Psychiatry*, 2015, no. 7, pp. 20-26. <https://doi.org/10.1111/appy.12122>
62. Orzack M. H.,Orzack D. S. Treatment of Computer Addicts with Complex Co-Morbid Psychiatric Disorders. *CyberPsychol. Behavior*, 1999, no. 5, pp. 53-57.
63. Paakkari L., Tynjälä J., Lahti H., Ojala K. et al. Problematic Social Media Use and Health among Adolescents. *International journal of environmental research and public health*, 2021, no. 18, p. 1885. <https://doi.org/10.3390/ijerph18041885>
64. Pontes H.M. Investigating the differential effects of social networking site addiction and Internet gaming disorder on psychological health. *Journal of behavioral addictions*, 2017, no. 6, pp. 601-610. <https://doi.org/10.1556/2006.6.2017.075>
65. Reer F., Festl R., Quandt T. Investigating problematic social media and game use in a nationally representative sample of adolescents and younger adults. *Behaviour & Information Technology*, 2021, no. 40, pp. 776-789. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2020.1724333>
66. Rich M., Tsappis M., Kavanagh J.R. Problematic interactive media use among children and adolescents: Addiction, compulsion, or syndrome? 2017. *Psychology Research and Behavior Management*, vol. 12, pp. 447-455. <https://doi.org/10.2147/PRBM.S208968>
67. Shen Y., Wang L., Huang C., Guo J. et al. Sex differences in prevalence, risk factors and clinical correlates of internet addiction among Chinese college students. *Journal of affective disorders*, 2021, no. 279, pp. 680-686. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2020.10.054>
68. Sümen A., Evgin D. Social media addiction in high school students: a cross-sectional study examining its relationship with sleep quality and psychological problems. *Child Indicators Research*, 2021, no. 14, pp. 2265-2283. <https://doi.org/10.1007/s12187-021-09838-9>
69. Suris J.C., Akre C., Piguet C., Ambresin A.E. et al. A. Is Internet use unhealthy? A cross-sectional study of adolescent Internet overuse. *Swiss medical weekly*, 2014, no. 144, p. w14061. <https://doi.org/10.4414/smw.2014.14061>

70. Tereshchenko S., Kasparov E., Smolnikova M., Shubina M., Gorbacheva N., Moskalenko O. Internet addiction and sleep problems among russian adolescents: a field school-based study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, vol. 18, no. 19. p. 397. <https://doi.org/10.3390/ijerph181910397>
71. Vesely S., Klöckner C.A. Social Desirability in Environmental Psychology Research: Three Meta-Analyses. *Frontiers in psychology*, 2020, no. 11, p. 1395. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01395>
72. Weinstein A., Lejoyeux M. Internet addiction or excessive internet use. *Am J. Drug Alcohol Abuse*, 2010, no. 36, pp. 277-283. <https://doi.org/10.3109/00952990.2010.491880>
73. Yao-Guo G., Lin-Yan S., Feng-Lin C. A research on emotion and personality characteristics in junior high school students with internet addiction disorders. *Chinese Journal of Clinical Psychology*, 2006, no. 14, pp. 153-155.
74. Yu Y., Sun H., Gao F. Susceptibility of shy students to internet addiction: a multiple mediation model involving Chinese middle-school students. *Front Psychol.*, 2019, vol. 10, pp. 1275-1283. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01275>

References

1. Bakhtin I.S. *Lichnostnye osobennosti kursantov voennomorskikh vysshikh voennykh uchebnykh zavedeniy, sklonnykh k addiktivnomu povedeniyu* [Personal features of cadets of naval higher military educational institutions prone to addictive behavior], 2016, 160 p.
2. Varlamova S., Goncharova E., Sokolova I. Internet-zavisimost' molodezhi megapolisov: kriterii i tipologiya [Internet addiction of youth in megalopolises: criteria and typology]. *Monitoring obshchestvennogo mneniya* [Public opinion monitoring], 2015, no. 2(126), pp. 165-182. <https://doi.org/10.14515/monitoring.2015.2.11>
3. Voyskunskiy A.E. Aktual'nye problemy psichologii zavisimosti ot Interneta [Actual problems of the psychology of Internet addiction]. *Psichologicheskiy zhurnal* [Psychological journal], 2004, vol. 25, no. 1, pp. 90-100.
4. Voyskunskiy A.E., Mitina O.V., Ragimova A.G. Svyaz' internet-zavisimosti s genderom i sotsial'nym statusom podrostkov [Communication of Internet addiction with gender and social status of adolescents]. *Tsifrovoe obshchestvo kak kul'turno-istoricheskiy kontekst razvitiya cheloveka* [Digital society as a cultural and historical context of human development: a collection of scientific articles], 2018, pp. 75-80.
5. Grigor'eva M.V. Psichologiya vzaimodeystviya shkol'nika i obrazovatel'noy sredy [Psychology of interaction between a schoolchild and the educational

- environment]. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Akmeologiya obrazovaniya. Psichologiya razvitiya* [Bulletin of the Saratov University. New series. Acmeology of education. Psychology of development], 2010, no. 4, pp. 93-94.
6. Gritsinskaya V.L., Moskalenko O.L. Ispol'zovanie komp'yuternykh tekhnologiy pri provedenii dispanserizatsii detskogo naseleniya respubliki Tyva [The use of computer technology in the conduct of clinical examination of the child population of the Republic of Tyva]. *V mire nauchnykh otkrytiy* [In the world of scientific discoveries], 2017, vol. 9, no. 2, pp. 158-167. <https://doi.org/10.12731/wsd-2017-2-158-167>
 7. Grishin S.G. Internet-zavisimost' molodezhi [Internet addiction of youth]. *Informatsionnaya bezopasnost' regionov* [Information security of regions], 2017, no. 2, pp. 44-49.
 8. Derevyannykh E.V., Balashova N.A., Yaskevich R.A., Moskalenko O.L. Chastota i vyrazhennost' trevozhno-depressivnykh narusheni u studentov meditsinskogo vuza [Frequency and severity of anxiety-depressive disorders in medical students]. *V mire nauchnykh otkrytiy* [In the world of scientific discoveries], 2017. vol. 9, no. 1, pp. 10-28. <https://doi.org/10.12731/wsd-2017-1-10-28>
 9. Drepa M.I. *Psichologicheskaya profilaktika Internet-zavisimosti u studentov* [Psychological prevention of Internet addiction among students]. Stavropol, 2010, 254 pp.
 10. Zal'munin K.Yu., Mendelevich V.D. Profili addiktsiy kak instrument dlya srovnitel'noy otsenki khimicheskikh i nekhimicheskikh zavisimostey [Addiction profiles as a tool for comparative evaluation of chemical and non-chemical addictions]. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii* [Journal of Neurology and Psychiatry], 2018, no. 2, pp. 3-9.
 11. Kirilenko N.P. *Komp'yuternaya zavisimost': sushchnost' i faktory vozniknoveniya kak osnovy profilaktiki* [Computer addiction: the essence and factors of occurrence as the basis for prevention]. Ulyanovsk, 2015, pp. 175-181.
 12. Kolmogortseva A.A., Ryl'skaya E.A. Individual'no-psichologicheskie osobennosti lichnosti s internet-zavisimost'yu [Individual psychological characteristics of a person with Internet addiction]. *Psichologiya. Psikhofiziologiya* [Psychology. Psychophysiology], 2021, vol. 14, no. 1, pp. 14-22.
 13. Kochetkov N.V. Internet-zavisimost' i zavisimost' ot komp'yuternykh igr v trudakh otechestvennykh psichologov [Internet addiction and dependence on computer games in the works of Russian psychologists]. *Sotsial'naya psichologiya i obshchestvo* [Social psychology and society], 2020, vol. 11, no. 1, pp. 27-54. <https://doi.org/10.17759/sps.2020110103>

14. Loskutova V.A. *Internet-zavisimost' kak forma nekhimicheskikh addiktivnykh rasstroystv* [Internet addiction as a form of non-chemical addictive disorders]. Novosibirsk, 2004. 157 p.
15. Malygin V.L., Antonenko A.A., Merkur'eva Yu.A., Iskadirova A.S. Psikhopatologicheskie fenomeny, soprovozhdayushchie internet-zavisimoe povedenie u podrostkov [Psychopathological phenomena accompanying Internet-addicted behavior in adolescents] *Meditinskaya psichologiya v Rossii* [Medical psychology in Russia], 2014, no. 3(26). URL: http://mprj.ru/archiv_global/2014_3_26/nomer/nomer08.php
16. Malygin V.L., Merkur'eva Yu.A., Shevchenko Yu.S., Malygin Ya.V. et al. Sravnitel'nye osobennosti psikhologicheskikh svoystv i sotsial'noy adaptatsii internet-zavisimykh podrostkov i podrostkov, zavisimykh ot kannabinoidov [Comparative features of the psychological properties and social adaptation of Internet-addicted adolescents and adolescents dependent on cannabinoids]. *Natsional'nyy psichologicheskiy zhurnal* [National Psychological Journal], 2018, no. 3, pp. 90-97. <https://doi.org/10.11621/npj.2018.0308>
17. Malygin V.L., Feliksov K.A., Iskadirova A.S. et al. *Internet-zavisimoe povedenie. Kriterii i metody diagnostiki* [Internet addictive behavior. Criteria and methods of diagnostics]. M.: MGMSU, 2011, 32 p.
18. Merkur'eva Yu. A., Malygin V. L., Iskadirova A. S. Neyropsikhologicheskaya diagnostika internet-zavisimosti u podrostkov [Neuropsychological diagnosis of Internet addiction in adolescents]. *Psichiatriya*, 2013, no. 4, p. 56.
19. Moskalenko O.L. Kharakteristika svoystv temperamenta u yunoshay-studentov raznykh somatotipov g. Zheleznogorska [Characteristics of the properties of temperament in male students of different somatotypes in Zheleznogorsk]. *V mire nauchnykh otkrytiy* [In the world of scientific discoveries], 2015, no. 8-1 (68), pp. 442-449.
20. Moskalenko O.L., Derevyannykh E.V., Balashova N.A., Yaskevich R.A. Depressivnye rasstroystva sredi obuchayushchikhsya meditsinskikh vysshikh uchebnykh zavedeniy [Depressive disorders among students of medical higher educational institutions]. *Russian Journal of Education and Psychology*, 2021, vol. 12, no. 4-2, pp. 382-390. <https://doi.org/10.12731/2658-4034-2021-12-4-2-382-390>
21. Moskalenko O.L., Pulikov A.S. Vliyanie antropotekhnogennogo zagryazneniya na psikhosomaticeskoe sostoyanie yunoshay [Influence of anthropogenic pollution on the psychosomatic state of young men]. *Vestnik KrasGAU* [Bulletin of the Krasnoyarsk Agrarian University], 2014, no. 5(92), pp. 163-170.

22. Pulikov A.S., Moskalenko O.L. Osobennosti ekologicheskoy morfologii yunoshey Sibiri v usloviyakh gorodskogo antropotekhnogennogo zagryazneniya [Peculiarities of ecological morphology of youths in Siberia under conditions of urban anthropogenic pollution]. *V mire nauchnykh otkrytiy* [In the world of scientific discoveries], 2015, no. 6-1(66), pp. 393-407.
23. Pulikov A.S., Moskalenko O.L., Zaytseva O.I. Adaptatsionnyy potentsial yunoshey krasnoyarskogo kraya kak pokazatel' sostoyaniya zdorov'ya [Adaptive potential of young men of the Krasnoyarsk Territory as an indicator of the state of health]. *V mire nauchnykh otkrytiy* [In the world of scientific discoveries], 2011, no. 4(16), pp. 361-367.
24. Pulikov A.S., Moskalenko O.L., Zaytseva O.I. Osobennosti adaptatsii organizma yunoshey v vozrastnom aspekte v razlichnykh ekologicheskikh usloviyakh [Features of the adaptation of the body of young men in the age aspect in various environmental conditions]. *V mire nauchnykh otkrytiy* [In the world of scientific discoveries], 2011, no. 5(17), pp. 76-83.
25. Solov'eva S.L. Addiktivnoe povedenie kak sposob kompensatsii emotSIONAL'nogo defitsita [Addictive behavior as a way to compensate for emotional deficit]. [Elektronnyy resurs]. *Meditinskaya psichologiya v Rossii* [Medical psychology in Russia], 2009, no. 1. http://www.medpsy.ru/mprj/archiv_global/2009-1-1/nomer/nomer18.php?ysclid=lsl28vgbgt655411446
26. Trusova A.V., Kanashov A.E. Rasprostranennost' internet-zavisimogo povedeniya sredi rossiyskikh podrostkov v vozraste 15-18 let [The prevalence of Internet addictive behavior among Russian adolescents aged 15-18 years]. *Voprosy narkologii* [Questions of narcology], 2021, no. 1, pp. 5-14. https://doi.org/10.47877/0234-0623_2021_05_5
27. Chernik A.V. Vzaimosvyaz' trevozhnosti i internet-addiktsii u studentov [The relationship between anxiety and Internet addiction in students]. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i razrabotki* [Modern scientific research and development], 2017, vol. 2, no. 1(9), pp. 511-514.
28. Al-Khani A.M., Saquib J., Rajab A.M., Khalifa M.A. et al. Internet addiction in Gulf countries: A systematic review and meta-analysis. *Journal of behavioral addictions*, 2021, no. 10, pp. 601-610. <https://doi.org/10.1556/2006.2021.00057>
29. Andreassen C.S., Pallesen S. Social Network Site Addiction-An Overview. *Current Pharmaceutical Design*, 2014, no. 20, pp. 4053-4061. <https://doi.org/10.2174/13816128113199990616>
30. Ang C.S. Internet habit strength and online communication: Exploring gender differences. *Computers in Human Behavior*, 2017, vol. 66, pp. 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.09.028>

31. Aparicio-Martínez P., Ruiz-Rubio M., Perea-Moreno A.J. et al. Gender differences in the addiction to social networks in the Southern Spanish university students. *Telematics and Informatics*, 2020, no. 46, p. 101304. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2019.101304>
32. Balhara Y.P.S., Singh S., Saini R., Dahiya N. et al. Should Internet gaming disorder be considered a subtype of generalized problematic internet use? Findings from a study among medical college students. *Perspectives in Psychiatric Care*, 2021, no. 57, pp. 272-278. <https://doi.org/10.1111/ppc.12558>
33. Beard K. Modification in the Proposed Diagnostic Criteria for Internet Addiction. *Cyberpsychology & Behavior*, 2011, no. 4, p. 3.
34. Biao-Bin V., Man-Na H., Bi-Qun Q., Yong-Hong H. Relationship between internet behavior and subjective well-being of teenagers. *Chinese Journal of Clinical Psychology*, 2006, vol. 14, pp. 68-69.
35. Bickham D.S. Current research and viewpoints on internet addiction in adolescents. *Current pediatrics reports*, 2021, no. 9, pp. 1-10. <https://doi.org/10.1007/s40124-020-00236-3>
36. Block J.J. Internet Addiction. *The American Journal of Psychiatry*, 2008, no. 165, pp. 306-307.
37. Boer M. van den Eijnden, R.; Boniel-Nissim M., Wong S.L., Inchley J.C. et al. Adolescents' Intense and Problematic Social Media Use and Their Well-Being in 29 Countries. *The Journal of adolescent health: official publication of the Society for Adolescent Medicine*, 2020, no. 66, pp. S89-s99. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2020.02.014>
38. Boer M., van den Eijnden R.J., Finkenauer C., Boniel-Nissim M., Marino C. et al. Cross-national validation of the social media disorder scale: findings from adolescents from 44 countries. *Addiction*, 2022, no. 117, pp. 784-795. <https://doi.org/10.1111/add.15709>
39. Brenner P.S., DeLamater J. Lies, Damned Lies, and Survey Self-Reports? Identity as a Cause of Measurement Bias. *Soc Psychol Q*, 2016, no. 79, pp. 333-354. <https://doi.org/10.1177/0190272516628298>
40. Chen S.H., Weng L.C., Su Y.J., Wu H.M., Yang, P.F. Development of Chinese Internet Addiction Scale and its psychometric study. *Chin. J. Psychol*, 2003, vol. 45, no. 3, pp. 279-294. <https://doi.org/10.1037/t44491-000>
41. Cheng C., Lau Y.C., Chan L., Luk J.W. Prevalence of social media addiction across 32 nations: Meta-analysis with subgroup analysis of classification schemes and cultural values. *Addictive behaviors*, 2021, no. 117, p. 106845. <https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2021.106845>

42. Chien Chou, Linda Condron, John C. Belland A Review of the Research on Internet Addiction. *Educational Psychology Review*, 2005, no. 4, pp. 335-345.
43. Chih-Hung Ko, Cheng-Fang Yen et. al. Screening for Internet Addiction: An Empirical Study on Cut-off Points for the Chen Internet Addiction Scale. *Medical Sciences*, 2005, vol. 21, no. 12, pp. 545-551. [https://doi.org/10.1016/S1607-551X\(09\)70206-2](https://doi.org/10.1016/S1607-551X(09)70206-2)
44. Chung S., Lee J., Lee H.K. Personal factors, internet characteristics, and environmental factors contributing to adolescent internet addiction: a public health perspective. *Int. J. Environ Res Public Health*, 2019, vol. 16, no. 23, pp. 4635-4642. <https://doi.org/10.3390/ijerph16234635>
45. Costache M.E., Frick A., Måansson K., Engman J., Faria V. et al. Higher and lower-order personality traits and cluster subtypes in social anxiety disorder. *PLoS ONE*, 2020, vol. 15, no. 4. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232187>
46. Durkee T., Carli V., Floderus B., Wasserman C. et al. Pathological Internet Use and Risk-Behaviors among European Adolescents. *Int. J. Environ Res Public Health*, 2016, no. 13, p. 30294. <https://doi.org/10.3390/ijerph13030294>
47. Feng Y., Ma Y., Zhong Q. The relationship between adolescents' stress and internet addiction: a mediated-moderation model. *Front. Psychol*, 2019, vol. 10, pp. 2248-2256. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02248>
48. Gonzalez-Bueso V., Santamaría J.J., Fernandez D., Merino L. et al. J. Internet Gaming Disorder in Adolescents: Personality, Psychopathology and Evaluation of a Psychological Intervention Combined With Parent Psychoeducation. *Front Psychol*, 2018, no. 9, p. 787. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00787>
49. González-Bueso V., Santamaría J.J., Fernández D., Merino L. et al. J. Association between internet gaming disorder or pathological video-game use and comorbid psychopathology: a comprehensive review. *International journal of environmental research and public health*, 2018, no. 15, p. 668. <https://doi.org/10.3390/ijerph15040668>
50. Griffiths M.D. Internet and video-game addiction. Adolescent Addiction. Epidemiology, Assessment and Treatment. ed. by Cecilia A. Essau. Elsevier Inc., 2008, pp. 231-267. <https://doi.org/10.1016/B978-012373625-3.50010-3>
51. Griffiths, M.D. Conceptual issues concerning internet addiction and internet gaming disorder: Further critique on Ryding and Kaye (2017). *International journal of mental health and addiction*, 2018, no. 16, pp. 233-239. <https://doi.org/10.1007/s11469-017-9818-z>
52. Jiang Q., Huang X., Tao R. Examining Factors Influencing Internet Addiction and Adolescent Risk Behaviors Among Excessive Internet Users. *Health Commun*, 2018, no. 33, pp. 1434-1444. <https://doi.org/10.1080/10410236.2017.1358241>

53. Kaess M., Klar J., Kindler J., Parzer P. et al. Excessive and pathological Internet use - Risk-behavior or psychopathology? *Addictive behaviors*, 2021, no. 123, pp. 107045. <https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2021.107045>
54. Kaye L.K., Ryding F.C. "Internet addiction": A conceptual minefield. *International Journal of Mental Health and Addiction*, 2018, no. 16, pp. 225-232.
55. Kimberly S. Young, Cristiano Nabuco de Abreu. Internet addiction: a handbook and guide to evaluation and treatment. Canada, 2011, 314 p.
56. Kimberly Young. Assessment of internet addiction. URL: <https://netaddiction.com/> (дата обращения: 15.01.2023).
57. Kuss D.J., Griffiths M.D., Binder J.F. Internet addiction in students: Prevalence and risk factors. *Computers in Human Behavior*, 2013, vol. 29, no. 3, pp. 959-966. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.12.024>
58. Kwok-Kei Mak, Ching-Man Lai et. al. Epidemiology of internet behaviors and addiction among adolescents in six Asian countries. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 2014, vol. 17, no. 11, pp. 720-728. <https://doi.org/10.1089/cyber.2014.0139>
59. Latkin C.A., Edwards C., Davey-Rothwell M.A. et al. The relationship between social desirability bias and self-reports of health, substance use, and social network factors among urban substance users in Baltimore, Maryland. *Addictive behaviors*, 2017, no. 73, pp. 133-136. <https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2017.05.005>
60. Lopez-Fernandez, O. Generalised versus specific internet use-related addiction problems: A mixed methods study on internet, gaming, and social networking behaviours. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2018, no. 15, p. 2913. <https://doi.org/10.3390/ijerph15122913>
61. Montag C., Bey K., Sha P., Li M., Chen Y.F. et al. Is it meaningful to distinguish between generalized and specific Internet addiction? Evidence from a cross-cultural study from Germany, Sweden, Taiwan and China. *Asia-Pacific Psychiatry*, 2015, no. 7, pp. 20-26. <https://doi.org/10.1111/appy.12122>
62. Orzack M. H.,Orzack D. S. Treatment of Computer Addicts with Complex Co-Morbid Psy chiatric Disorders. *CyberPsychol. Behavior*, 1999, no. 5, pp. 53-57.
63. Paakkari L., Tynjälä J., Lahti H., Ojala K. et al. Problematic Social Media Use and Health among Adolescents. *International journal of environmental research and public health*, 2021, no. 18, p. 1885. <https://doi.org/10.3390/ijerph18041885>
64. Pontes H.M. Investigating the differential effects of social networking site addiction and Internet gaming disorder on psychological health. *Journal of behavioral addictions*, 2017, no. 6, pp. 601-610. <https://doi.org/10.1556/2006.6.2017.075>

65. Reer F., Festl R., Quandt T. Investigating problematic social media and game use in a nationally representative sample of adolescents and younger adults. *Behaviour & Information Technology*, 2021, no. 40, pp. 776-789. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2020.1724333>
66. Rich M., Tsappis M., Kavanagh J.R. Problematic interactive media use among children and adolescents: Addiction, compulsion, or syndrome? 2017. *Psychology Research and Behavior Management*, vol. 12, pp. 447-455. <https://doi.org/10.2147/PRBM.S208968>
67. Shen Y., Wang L., Huang C., Guo J. et al. Sex differences in prevalence, risk factors and clinical correlates of internet addiction among Chinese college students. *Journal of affective disorders*, 2021, no. 279, pp. 680-686. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2020.10.054>
68. Sümen A., Evgin D. Social media addiction in high school students: a cross-sectional study examining its relationship with sleep quality and psychological problems. *Child Indicators Research*, 2021, no. 14, pp. 2265-2283. <https://doi.org/10.1007/s12187-021-09838-9>
69. Suris J.C., Akre C., Piguet C., Ambresin A.E. et al. A. Is Internet use unhealthy? A cross-sectional study of adolescent Internet overuse. *Swiss medical weekly*, 2014, no. 144, p. w14061. <https://doi.org/10.4414/smw.2014.14061>
70. Tereshchenko S., Kasparov E., Smolnikova M., Shubina M., Gorbacheva N., Moskalenko O. Internet addiction and sleep problems among russian adolescents: a field school-based study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, vol. 18, no. 19. p. 397. <https://doi.org/10.3390/ijerph181910397>
71. Vesely S., Klöckner C.A. Social Desirability in Environmental Psychology Research: Three Meta-Analyses. *Frontiers in psychology*, 2020, no. 11, p. 1395. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01395>
72. Weinstein A., Lejoyeux M. Internet addiction or excessive internet use. *Am J Drug Alcohol Abuse*, 2010, no. 36, pp. 277-283. <https://doi.org/10.3109/00952990.2010.491880>
73. Yao-Guo G., Lin-Yan S., Feng-Lin C. A research on emotion and personality characteristics in junior high school students with internet addiction disorders. *Chinese Journal of Clinical Psychology*, 2006, no. 14, pp. 153-155.
74. Yu Y., Sun H., Gao F. Susceptibility of shy students to internet addiction: a multiple mediation model involving Chinese middle-school students. *Front Psychol.*, 2019, vol. 10, pp. 1275-1283. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01275>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРЕ

Москаленко Ольга Леонидовна, старший научный сотрудник, кандидат биологических наук

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Научно-исследовательский институт медицинских проблем Севера»*

*ул. Партизана Железняка, 3г, г. Красноярск, 660022, Российская
Федерация
gre-ll@mail.ru*

DATA ABOUT THE AUTHOR

Olga L. Moskalenko, Senior Researcher, Candidate of Biological Sciences
*Federal State Budgetary Scientific Institution «Scientific Research Institute
of medical problems of the North»*

*3g, Partizan Zheleznyaka Str, Krasnoyarsk, 660022, Russian Federation
gre-ll@mail.ru*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4268-6568>

Scopus Author ID: 57221448825

ResearcherID: H-4076-2017

Поступила 14.02.2023

Received 14.02.2023

После рецензирования 25.03.2023

Revised 25.03.2023

Принята 01.04.2023

Accepted 01.04.2023

DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-949**УДК 159.99**

Научная статья

БЛАГОПОЛУЧИЕ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ СФЕРЕ И ЖИЗНЕСТОЙКОСТЬ ВРАЧЕЙ И МЕДИЦИНСКОГО ПЕРСОНАЛА

*Е.А. Шмелева, П.А. Кисляков, Т.В. Карасева,
О.А. Силаева, Д.А. Прияткин*

Обоснование. Благополучие врачей и медицинского персонала является жизненно важными для их профессиональной деятельности. Жизнестойкость признана ключевым условием благополучия и является важным фактором социономических профессий. В медицинской практике жизнестойкость помогает врачам и медицинскому персоналу справляться с трудностями и преодолевать выгорание.

Цель - изучить взаимосвязь благополучия в профессиональной деятельности врачей и медицинского персонала с жизнестойкостью и поддерживающими ее условиями.

Методы. Была изучена группа из 178 медицинских работников, в т.ч. врачей, среднего и младшего медицинского персонала. Шкала жизнестойкости обеспечивала общий показатель жизнестойкости и ее компонентов, шкала хорошего самочувствия ВОЗ оценивала самочувствие в течение последних двух недель. Оценивались привлекательность профессии, настроение, которое она вызывает и удовлетворенность личности потребности в безопасности. Связи между переменными были изучены с помощью коэффициентов корреляции Спирмена с учетом должности и множественного регрессионного анализа.

Результаты. Были обнаружены значимые положительные корреляции между самочувствием и общей жизнестойкостью ($r = 0,599, p < 0,01$), должностью ($r = 0,361, p < 0,01$), привлекательностью профессии ($r = 0,359, p < 0,01$), настроением ($r = 0,361, p < 0,01$) и удовлетворенностью потребности в безопасности ($r = 0,159, p < 0,05$).

Заключение. Благополучие в профессиональной сфере врачей и медицинского персонала связано с приверженностью профессиональной деятель-

ности, контролем и принятием риска, привлекательностью профессии, настроением, которое она вызывает, удовлетворенностью потребности в психологической безопасности. Полученные результаты подтверждают рассмотрение жизнестойкости в качестве ресурсного компонента профессионального благополучия врачей и медицинского персонала. Стратегии обеспечения благополучия в профессии должны учитывать практики вмешательств, стимулирующих выявленные корреляты.

Ключевые слова: жизнестойкость; самочувствие; безопасность; медицинские работники

Для цитирования. Шмелева Е.А., Кисляков П.А., Карасева Т.В., Силаева О.А., Прияткин Д.А. Благополучие в профессиональной сфере и жизнестойкость врачей и медицинского персонала // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. Т. 15, №5. С. 413-438. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-949

Original article

PROFESSIONAL WELL-BEING AND RESILIENCE OF DOCTORS AND MEDICAL STAFF

*E.A. Shmeleva, P.A. Kislyakov, T.V. Karaseva,
O.A. Silaeva, D.A. Prijatkin*

Background. The well-being of doctors and medical staff is vital to their professional activities. Resilience is recognized as a key condition for well-being and is an important factor in socioeconomic professions. In medical practice, resilience helps doctors and medical staff cope with difficulties and overcome burnout.

Purpose. The aim is to study the relationship of well-being in the professional activities of doctors and medical personnel with resilience and conditions supporting it.

Methods. A group of 178 medical workers, including doctors, secondary and junior medical personnel, was studied. The resilience scale provided a general indicator of resilience and its components, the WHO well-being scale assessed well-being over the past two weeks. The attractiveness of the profession, the mood it evokes and the satisfaction of the individual with the need for security were evaluated. The relationships between the variables were studied using Spearman correlation coefficients, taking into account the position and multiple regression analysis.

Results. Significant positive correlations were found between well-being and general resilience ($r = 0,599$, $p < 0,01$), position ($r = 0,361$, $p < 0,01$), attrac-

tiveness of the profession ($r = 0,359, p < 0,01$), mood ($r = 0,361, p < 0,01$) and satisfaction with the need for security ($r = 0,159, p < 0,05$).

Conclusion. Well-being in the professional sphere of doctors and medical personnel is associated with commitment to professional activity, control and risk-taking, attractiveness of the profession, the mood that it causes, satisfaction of the need for psychological security. The results obtained confirm the consideration of resilience as a resource component of the professional well-being of doctors and medical personnel. Strategies for ensuring well-being in the profession should take into account the practices of interventions that stimulate the identified correlates.

Keywords: resilience; well-being; safety; medical workers

For citation. Shmeleva E.A., Kislyakov P.A., Karaseva T.V., Silaeva O.A., Prijatkin D.A. Professional well-being and resilience of doctors and medical staff. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2023, vol. 15, no. 5, pp. 413-438. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-949

Введение

Проблеме изучения жизнестойкости и ее взаимосвязи с личностными особенностями посвящено немало исследований. Жизнестойкость рассматривается как фактор совладания со стрессом, как фактор устойчивости, как ресурс преодоления трудных жизненных ситуаций. Жизнестойкость способна оказывать воздействие на личность, а ее повышение гармонизирует отношения личности и среды. Профессия врача, среднего и младшего медицинского персонала, являясь социономической, тем не менее содержит определенный риск для сохранения благополучия медицинских работников в связи с профессиональной деятельностью. Наше исследование посвящено роли жизнестойкости медицинских работников в поддержании их психологического благополучия.

Благополучие в сфере профессиональной деятельности считается необходимым условием ощущения человеком благополучия жизни в целом. К.П. Ломакина и С.О. Зуева характеризуют профессиональное благополучие как многомерный конструкт, от которого зависит и субъективное благополучие, непосредственно связанное с профессией [7].

Ценности и смыслы профессиональной деятельности, позитивное эмоционально-чувственное отношение к профессии, по мнению Е.В. Бородкиной, обеспечивают интегративный характер благополучия в профессиональной сфере [2]; С.А. Минурова и И.В. Заусенко рассматривают его как результат направленности на позитивное функционирование в профессии и переживания удовлетворенности ее результатами [9].

Р.А. Березовской проведен обзор систематический обзор исследований профессионального благополучия [2], в т.ч. модели П. Варра, в которой благополучие поддерживается условиями и содержанием профессиональной деятельности, а эмоциональное благополучие, стремление к росту и развитию, автономия и компетентность определяют его структуру [31]. С местом, которое занимает в системе смысловых отношений и ценностей специалиста его профессиональная деятельность, связывает субъективное благополучие человека Р.М. Шамионов [14].

В качестве предмета нашего исследования выбрано влияние на благополучие в профессиональной сфере врачей и медицинского персонала их жизнестойкости, настроения, самочувствия в связи с профессиональной деятельностью, привлекательности работы, а также удовлетворения потребности в психологической безопасности.

В исследовании использован ресурсный подход к жизнестойкости личности С. Мадди: если рассматривать ресурсы в контексте жизненных стратегий, то они представляют возможности и средства, с помощью которых можно справиться со стрессом, а также основу для саморегуляции поведения и деятельности. Жизнестойкость по С. Мадди включает вовлеченность в процесс жизни, готовность контролировать значимые события своей жизни и принятие вызова жизни и представляет собой способность проявлять устойчивость в экстремальных условиях деятельности, совладать с трудностями, идти к цели, переводить все внешние потенциально несущие угрозу воздействия и влияния в возможности для изменения [5, 6, 8]. Активность, оптимизм, направленность на активное преодоление трудностей и саморазвитие обусловливают высокий уровень жизнестойкости личности.

А.Н. Фоминова характеризует жизнестойкость как личностную установку на преодоление на основе индивидуальных ресурсов личности [13]. Сравнительный анализ жизнестойкости, копинг-стратегий и стрессоустойчивости врачей-терапевтов, проведенный Е.С. Ермаковой, показал, что стаж профессиональной деятельности значимо связан с их жизнестойкостью. У врачей со стажем менее 10 лет отмечены более высокие показатели контроля [3].

Изучая жизнестойкость врачей, Р.И. Стецишин установил, что для них вовлечённость определяется развитой способностью уверенного профессионального и жизненного поведения, контроль – убежденностью в контролируемости жизни, а высший уровень жизнестойкости достигается в период зрелости, как в развитии личности, так и в профессии, когда стаж составляет 11-15 лет [11].

А.И. Рерке с соавт. установили, что реалистичное мышление и восприятие, развитость профессиональных смысложизненных ориентаций, целеустремленность повышает жизнестойкость и помогает адаптироваться медицинским работникам к сложным социальным обстоятельствам таким, как, например, пандемия Covid-19 преодолевать синдром профессионального выгорания у врачей [29, 30].

Пандемия Covid-19 стала стресс-фактором для всего общества, а для медицинских работников – в самой большой степени. Условия высокого стресса и возбуждения у медицинского персонала во время пандемии Covid-19, выявленные нами ранее, обнаружили, что жизнестойкость выступает их личностным ресурсом. Медики с высокой степенью жизнестойкости вовлекают себя в то, что они делают, и считают, что они могут влиять на ход жизненных событий, рассматривая работу, в условиях неопределенности и риска положительным стимулом к развитию. Выявлено, что параметры жизнестойкости медицинского персонала отрицательно связаны с тревогой и эмоциональным выгоранием медиков в период пандемии COVID-19 [4].

M. Gawrych с соавт. продемонстрировали, что предикторами психического благополучия медицинских работников являются стаж, пол и профессия [21]. Именно опыт работы и профессия стали ресурсом психического здоровья медицинских работников во время COVID-19. При этом медицинские работники-женщины проявили подверженность более высокому стрессу, чем мужчины, а благодаря многолетнему опыту (стажу) медицинских работников стресс снижается. У медсестер была меньше выражена тяжесть тревоги, чем у других медицинских работников.

Причины возникновения неблагополучия медицинского персонала психиатрических больниц (депрессия, гнев, физическое здоровье) и психологической безопасности в связи с работой E.L Kelley с соавт. видят в конфликтах с другими сотрудниками, личностной реакцией на социальный конфликт и физические угрозы со стороны пациентов [23].

Предыдущие исследования показали, что межличностные, организационные и культурные характеристики системы здравоохранения, такие как продолжительный рабочий день, недостаточные трудовые ресурсы, высокая острота, неудовлетворенность потребителей, или неспособность эффективно отвлечься от работы во внебарочее время способствуют снижению жизнестойкости [20, 24].

Жизнестойкость на рабочем месте определяется как способность персонала эффективно адаптироваться к невзгодам [26, 32] и считается жизненно важным компонентом компетенции в области здравоохранения,

способствующим способности медицинского учреждения достигать своих целей и предоставлять эффективные услуги целевой группе населения.

Психологическую жизнестойкость в дополнение к осознанности Kandi и Zeinali рассматривают фактором, который защищает медицинских работников от стресса на работе [15]. В. Moreno-Jiménez с соавт. определяют жизнестойкость как способность противостоять стрессовым ситуациям и фокусируется на внутреннем опыте человека и психическом восприятии [27]. Жизнестойкие люди обладают высокой способностью контроля и считают вызовы возможностью для роста. Жизнестойкие люди знают важность, смысл и ценности того, кто они и что они делают. Кроме того, в решении проблем они рассматривают изменения и риск как нормальный аспект жизни [25].

Исследование A.H. Kandi and Zeinali показало, что медсестры с более высоким уровнем жизнестойкости имели более высокое качество жизни [15], а К. Hatamipour с соавт. выявили, что психологическая жизнестойкость имела положительную корреляцию с качеством жизни медсестер [22], выступая его предиктором [34].

R. Epstein выявил более низкий уровень жизнестойкости у медицинского персонала, считая, что устойчивость особенно важна в паллиативной помощи, где клиницисты ежедневно сталкиваются с потерей, горем, конфликтами и трудными решениями [19]. При этом он установил, что жизнестойкие люди быстрее «приходят в норму» после испытаний, а также становятся сильнее.

Целью исследования является изучение ресурсного потенциала профессиональной жизнестойкости в благополучии медицинских работников (врачей и медицинского персонала) в связи с условиями их работы.

Материалы и методы исследования

Участники исследования. В исследуемую выборку вошли 178 медицинских работников, в т.ч. 46 человек (25,8%) – врачи, 105 человек (59%) – средний медицинский персонал (медсестры, фельдшера), 27 человек (15,2%) – младший медицинский персонал; из них 159 человек (89,3%) – женщины, 19 человек (10,2%) – мужчины; в возрасте от 20 до 67 лет ($M = 44$ года). Стаж работы в сфере здравоохранения составил: 12,4% респондентов - от 1 до 5-ти лет, 11,2% - 5-10 лет, 32,6% - 10-25 лет, 43,8% - более 25 лет. Средний стаж работы участников исследования составил 22 года. Исследование проводилось в г. Иваново и Ивановской области.

Методический инструментарий. Исследование было направлено на анализ предикторов благополучия медицинских работников в професси-

ональной деятельности. Онлайн-анкета была разработана с использованием Яндекс-форм, респонденты были уведомлены о том, что ответы на вопросы свидетельствовали об их согласии. Приглашения принять участие в исследовании были распространены среди соответствующих профессиональных организаций (например, больниц, поликлиник и т.п.), и размещены в социальных сетях, в основном в близких группах медицинских работников. Участники добровольно ответили на анонимный опрос и выразили свое информированное согласие в рамках опроса. Процедуры были четко объяснены, и участники могли прервать опрос или выйти из него в любой момент, не объясняя причин своего поступка.

Онлайн-анкета охватывала следующие области: общие демографические данные; привлекательность работы, настроение, которое она вызывает, профессиональную жизнестойкость, самочувствие, удовлетворенность потребности в безопасности.

Были собраны социально-демографические данные о поле, возрасте, профессии, статусе занятости и стаже профессиональной деятельности.

Для измерения психологического благополучия и жизнестойкости использовались:

- оценка степени привлекательности работы, при этом цифра «1» характеризует работу, которая очень не нравится; «9» - работу, которая очень нравится;

- оценка настроения, которое вызывает работа, которую выполняют респонденты по шкале от «-2» - обычно плохое до «2» - обычно хорошее;

- шкала хорошего самочувствия ВОЗ (WHO-5, Well-being Index [30]). Это методика для оценки самочувствия в течение последних двух недель и измеряет его по шкале от 0 до 25 баллов, выявляя депрессивную симптоматику при оценках менее 10 баллов, не вызывая негативных реакций [16; 17];

- тест жизнестойкости С. Мадди (в русскоязычной адаптации Е.Н. Осина, Е.И. Рассказовой [10]), позволяет оценить выраженность вовлеченности в происходящее, контроля над происходящим, принятия риска, которые препятствуют возникновению внутреннего напряжения в стрессовых ситуациях за счет стойкого совладания со стрессами и восприятия их как менее значимых. Более высокий балл указывает на более высокий уровень жизнестойкости. Вопросы оценивались по 4-балльной шкале Лайкерта (не согласен = 0, согласен = 3);

- опросник «Оценка удовлетворенности личности в потребности безопасности» (О. Ю. Зотова) позволяет оценить степень удовлетворенности пятибалльной шкале от «-2» - совсем нет до «2» - в очень большой степени.

Анализ данных. Полученные эмпирические данные осмысливались и обрабатывались с помощью качественных и количественных методов анализа, в том числе: описательные статистики, корреляционный анализ Спирмена, линейный регрессионный анализ (метод шагового отбора), Н-критерий Краскела-Уоллиса. Расчеты производились на базе пакета статистических программ SPSS 26.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты диагностики у медицинских работников степени привлекательности работы, настроения, жизнестойкости, самочувствия и удовлетворения потребности в безопасности представлены на рисунках 1-4 и в таблицах 1-2.

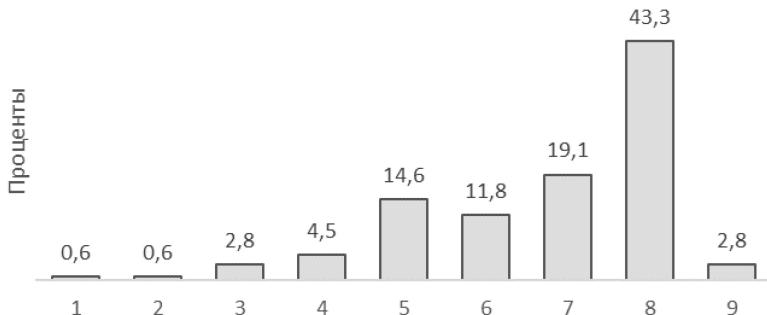


Рис. 1. Оценка медицинскими работниками привлекательности работы

Какое настроение вызывает у Вас работа,
которую Вы выполняете?



Рис. 2. Распределение самооценок настроения медицинских работников
в связи с профессиональной деятельностью

Как следует из распределения оценок привлекательности работы, большей части респондентов их работа больше нравиться, чем не нравится, при этом более 43,3% респондентов работа очень нравится.

Больше половины участников опроса отмечают, что работа у них вызывает хорошее настроение, причем у трети из них – обычно хорошее.

Привлекательность работы и настроение, которое она вызывает, создают у врачей и медицинского персонала ощущение благополучия в профессиональной сфере.

На рис. 3 представлено распределение по уровням компонентов жизнестойкости и интегрального показателя «общая жизнестойкость» у медицинских работников.

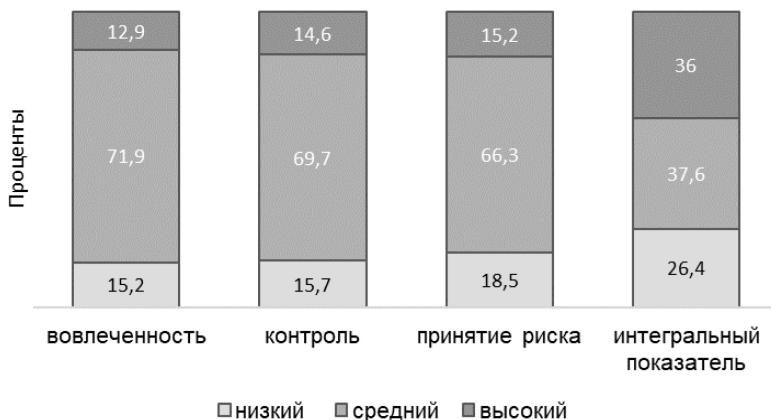


Рис. 3. Процентное соотношение уровней жизнестойкости у медицинских работников

Видно, что как компоненты, так и интегральный показатель жизнестойкости выражены преимущественно на среднем уровне.

В общей выборке медицинских работников наблюдается незначительное преобладание компонента жизнестойкости «вовлеченность». Это соответствует выводам Н.Ф. Фоминой с соавт., которые установили, что у врачей наиболее выражена «вовлеченность», позволяющая получать удовольствие от работы, чувствовать себя в ней уверенными и ориентированными на результат и справляться со стрессом, а «принятие риска» - наименее выражено, что авторы связывают с затруднениями при отказе от комфортных условий и безопасности в пользу возможности приобрести опыт и дополнительные знания в ситуациях риска [12].

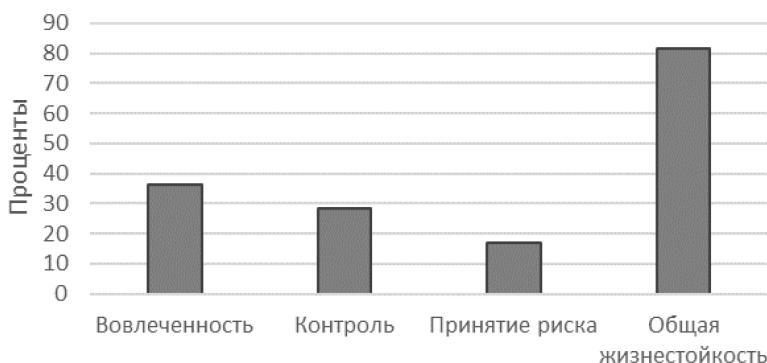


Рис. 4. Средние значения компонентов и интегрального показателя жизнестойкости ($n=178$)

Сравнительный анализ компонентов жизнестойкости респондентов и нормативных показателей обнаружил преобладание компонента «принятие риска» по сравнению с нормативными (табл.1).

*Таблица 1.
Дескриптивные статистики показателей жизнестойкости
медицинских работников ($n=178$)*

	Мин	Макс	Результаты проведенного исследования		Нормативные значения	
			M	SD	M	SD
Вовлеченность	12	54	36,37	8,226	37,64	8,08
Контроль	9	47	28,32	6,799	29,17	8,43
Принятие риска	5	28	16,76	4,724	13,91	4,39
Общая жизнестойкость	36	123	81,45	17,798	80,72	18,53

Такое преобладание свидетельствует о том, что профессия медицинского работника, по сути своей являясь социономической, имеет определенную степень рискованности, а сами медицинские работники осознают этот риск и убеждены в том, что они способны в условиях профессиональной деятельности его контролировать. Нормативные показатели превышает и интегральный показатель - общая жизнестойкость медицинских работников, т.е. ее можно рассматривать как базовую личностную и профессиональную особенность, позволяющую медицинским работникам преодолевать трудности.

Таблица 2.

Демографические характеристики медицинских работников и их связи с благополучием в профессиональной сфере (n=178)

Переменные	Врачи, %	Средний медицинский персонал, %	Младший медицинский персонал, %		
Пол					
Женский, %	89,1	99,0	92,6		
Мужской, %	10,9	1,0	7,4		
Возраст	45,85±12,68	42,81±10,68	45,04±10,32		
	M±SD	M±SD	M±SD	Критерий	p
Стаж работы					
1-5 лет	1,5±0,70	2,07±0,92	2,5±1,64		
5-10 лет	6,5±1,19	6±1,604	6,5±1,29		
10-25 лет	17,4±4,68	18,21±4,29	17,71±4,11		
Более 25 лет	35,2±8,70	35,22±8,99	38,2±13,26		
Настроение в связи с работой	0,52±1,29	0,84±1,02	0,89±1,013		
Ранг	81,15	91,98	94,09	H=1,806	0,405
Привлекательность работы					
Ранг	6,17±1,92	6,99±1,36	6,93±1,26		
Ранг	73,73	95,75	92,07	H=6,526	0,038
Жизнестойкость					
Вовлеченность	33,04±8,786	37,31±7,555	38,33±8,458		
Ранг	71,71	94,25	102,19	H=8,347	0,015
Контроль	24,89±6,926	29,22±6,432	30,67±6,038		
Ранг	66,15	94,40	110,22	H=14,808	<0,001
Принятие риска	16,13±4,617	16,67±4,747	18,22±4,685		
Ранг	84,66	86,89	107,89	H=4,136	0,126
Общая жизнестойкость	74,07±18,723	83,20±16,857	87,22±16,421		
Ранг	70,65	93,22	107,13	H=9,869	0,007
Самочувствие	12,91±5,66	17,10±5,214	18,59±4,701		
Ранг	59,23	96,50	113,87	24,047	<0,001
Удовлетворение потребности в безопасности	5,73±5,749	5,61±6,554	6,93±4,763		
Ранг	81,13	84,41	93,09	H=1,014	0,602

По переменной «настроение», которое вызывает у респондентов выполняемая работа, между всеми группами медицинских работников не выявлено значимых различий – все одинаково позитивно оценивают свое настроение как «чаще хорошее» в связи с работой ($p > 0,05$). А вот по пере-

менной «привлекательность работы» при общей ее оценке выше среднего между группами респондентов выявлены значимые различия ($p < 0,05$). Среднему и младшему медицинскому персоналу их работа нравится больше, чем врачам. Причиной тому может служить осознание медицинскими сестрами, фельдшерами своей причастности к выполнению лечебных процедур и проведению медицинских манипуляций (забор крови, постановка капельниц, оказание медицинской помощи); для санитарок и сестер-хозяек, младших медсестер – понимание необходимости своего труда: ежедневной уборки, ухода за пациентами, транспортировки пациентов и их сопровождения и т.п. Для них работа в одном коллективе с врачами представляется довольно престижной, особо значимой, имеющей социально одобряемое значение. Для врачей, по всей видимости, высокая ответственность за результаты своей работы, ее интенсивность, гораздо больший риск возможных ошибочно принятых решений, постоянная включенность в ее исполнение, вызывающие нередко их эмоциональное выгорание, может отражаться на настроении, самочувствии и влиять на оценку привлекательности работы.

Оказалось, что группы врачей и группы среднего и младшего медицинского персонала отличаются по компонентам жизнестойкости «вовлеченность» и «контроль» ($p < 0,05$ и $p < 0,001$ соответственно). Вторые ощущают большую вовлеченность в то, чем они профессионально занимаются, оценивая эту включенность как способность влиять и контролировать ход выполняемой работы в большей степени, нежели врачи. Их постоянная включенность в исполнение четко регламентированных действий, следование установленному графику медицинских манипуляций, времени их проведения, выполнение элементарных технологических процедур, определяющих качество условий и поддерживающих порядок оказания медицинской помощи, определяют более высокие показатели вовлеченности и контроля. По компоненту жизнестойкости «принятие риска» группы не отличаются ($p > 0,05$). Врачи и медицинский персонал одинаково высоко оценивают степень риска профессии и выполнения работы, и, действуя в рискованных условиях способны прогнозировать результаты лечения и рассматривать их стимулом для дальнейшей профессиональной деятельности.

В таблице 3 представлены результаты корреляционного анализа по критерию Спирмена между показателями самочувствия, жизнестойкости, стажа, должности, привлекательности работы и настроения, которое она вызывает.

Таблица 3.
Оценки параметров корреляции (по Спирмену)

Переменные	Стаж	Должность	Привлекательность работы	Настроение	Вовлеченность	Контроль	Принятие риска	Общая жизнестойкость	Самочувствие
Стаж	1,000								
Должность	-,108	1,000							
Привлекательность работы	,038	,151*	1,000						
Настроение	,004	,094	,464**	1,000					
Вовлеченность	-,092	,209**	,421**	,405**	1,000				
Контроль	-,253**	,286**	,373**	,308**	,769**	1,000			
Принятие риска	-,112	,120	,267**	,195**	,647**	,642**	1,000		
Общая жизнестойкость	-,169*	,234**	,404**	,355**	,930**	,913**	,797**	1,00	
Самочувствие	-,072	,361**	,359**	,365**	,543**	,565**	,493**	,599**	1,00
Потребность в безопасности	,000	,072	,001	,094	,025	-,026	,090	,029	,197*

Обнаружены значимые положительные корреляции между:

- самочувствием (активностью и энергичностью) и общей жизнестойкостью ($r = 0,599, p < 0,01$) через приверженность своей профессиональной деятельности в медицинской сфере, осознание и принятие риска в ней, способности контролировать результаты труда и при необходимости вносить корректизы;

- самочувствием и квалификацией медицинского работника (врач, средний и младший медицинский персонал), соответствующей его должности ($r = 0,361, p < 0,01$), отражающие ощущение хорошего самочувствия от профессиональной деятельности в медицинской сфере, ее социономического профиля;

- самочувствием, наполненностью жизни интересными и важными событиями и привлекательностью профессии ($r = 0,359, p < 0,01$), направленной на оказание помощи другим людям в ситуациях, требующих медицинского вмешательства, готовностью и способностью эту помочь квалифицированно оказывать

- самочувствием, чувством бодрости в связи с работой и настроением, которое она вызывает ($r = 0,361, p < 0,01$)

- самочувствием по признакам спокойствия и расскованности, ощущению свежести и отдыха после сна и удовлетворенностью потребности в психологической безопасности ($r = 0,159, p < 0,05$), создающей уверенность в референтной значимости профессии, психологической защищенности в ней.

Таким образом, выявленные взаимосвязи отражают множественную корреляцию между самочувствием и всеми указанными переменными у врачей и медицинского персонала, по значимости которой можно оценивать их благополучие в связи с профессиональной деятельностью. Жизнестойкость выступает ресурсом, который позволяет медицинским работникам ощущать хорошее самочувствие и настроение, быть довольным выполняемой работой и своим участием в ней. Жизнестойкость проявила отрицательную корреляционную взаимосвязь со стажем - больший стаж может снижать общую жизнестойкость медицинских работников ввиду их эмоционального выгорания, высокой интенсивности работы и ответственности за ее результат и других факторов. Результаты исследования показывают возможности позитивного использования врачами и медицинским персоналом своих личностных ресурсов жизнестойкости, активизирующих их на преодоление трудностей.

Проведенный линейный регрессионный анализ (метод шагового отбора) между переменными «самочувствие» (зависимая переменная, С) и «общая жизнестойкость» (ОЖ), «должность» (Д), «привлекательность работы» (ПР), «удовлетворенность потребности в безопасности» (УПБ) (предикторы) позволил выделить из исследуемых переменных предикторы профессионального благополучия медицинских работников (табл.4).

Оценки параметров регрессии (самочувствие (С))

Таблица 4.

Предикторы	B	P	R ²	F
Общая жизнестойкость (ОЖ)	0,554	<0,001	0,487 <i>p < 0,001</i>	40,814 <i>p < 0,001</i>
Должность (Д)	0,180	0,002		
Привлекательность работы (ПР)	0,146	0,02		
Удовлетворенность потребности в безопасности (УПБ)	0,114	0,042		

$$C = -5,390 + 0,176 * ОЖ + 1,618 * Д + 0,529 * ПР + 0,106 * УПБ$$

По выявленным предикторам – общей жизнестойкости, профессии/должности, настроению в связи с работой, удовлетворенностью потребности в психологической безопасности на работе, вместе с зависимой переменной - ощущением хорошего самочувствия, можно оценивать благополучие врачей и медицинского персонала в связи с профессиональной деятельностью.

Полученные результаты согласуются с выводами M. Gawrych с соавт. о важности разработки персонализированных вмешательств с учетом основных предикторов психического благополучия и создания индивидуальных программ для конкретных медицинских профессий [21] и обоснованием M.A. Zakeri с соавт. целесообразности эффективных мер в продвижении профессионального качества жизни медперсонала, внедряя соответствующие программы обучения и консультирования для повышения психологической жизнестойкости [34].

Для улучшения благополучия медицинского персонала E.L. Kelley с соавт. считают целесообразными меры, направленные на межличностные взаимоотношения персонала, методы поддержания личного здоровья и индивидуальные навыки преодоления неблагоприятных ситуаций на рабочем месте [23].

В качестве мер вмешательства R. Epstein предлагает: 1) культивирование «наблюдательного я» - способности к осознанности, самоконтролю, установлению ограничений и отношениям, которые способствуют конструктивному и здоровому взаимодействию (а не отказу) от часто сложных проблем на работе; 2) развитие чувства общности, важных как для жизнестойкости членов профессиональных сообществ медицинских работников, так и для обеспечения безопасности пациентов и ухода за ними; 3) поддержку усилий по повышению способности к жизнестойкости всех работников здравоохранения [19].

A.Bruria с соавт. в качестве программы повышения жизнестойкости на работе предложили различные программы и механизмы поддержки, повышающие способность медицинских работников эффективно справляться с возникающими трудностями в связи с профессией: поощрение коммуникативных стратегий, повышенная эмпатия, отстраненность от травмирующих событий и т. д., основываясь на том, более высокий уровень жизнестойкости способствует эффективности труда, и поддержанию эмоционального благополучия персонала [18]. M. Vagni с соавт., учитывая то, что жизнестойкость и позитивные навыки преодоления трудностей обеспечивают устойчивость к последствиям стресса, связанного с рабо-

той в стрессогенных условиях, обосновали целесообразность программ обучения жизнестойкости медицинских работников [33].

Заключение

Проблема психологического благополучия медицинских работников в связи с их профессиональной деятельностью является для психологической науки в целом и для психологии медицинского труда, в частности, особо актуальной. Значительное число врачей и медицинских работников совсем недавно испытывали симптомы депрессии и посттравматического стрессового расстройства, включая эмоциональное выгорание после пандемии Covid-19 [4]. Жизнестойкость выступает именно тем ресурсом, который помогает им преодолеть последствия социально-психологического и медико-социального вызова в связи с этой сложной ситуацией.

Проведенное нами исследование показало, что на психологическое благополучие медицинских работников в контексте их профессиональной деятельности оказывают влияние их общая жизнестойкость, специфика должности, соответствующей уровню квалификации, привлекательность и настроение в связи с выполняемой работой, удовлетворенность потребности в психологической безопасности, а также хорошее самочувствия.

Общая жизнестойкость обладает ресурсным потенциалом и обеспечивает хорошее самочувствие, настроение, привлекательность работы, что отражается на благополучии в профессиональной сфере.

Полученные данные об особенностях профессионального благополучия врачей и медицинского персонала говорят о необходимости продолжения работы, связанной с психологической поддержкой их жизнестойкости. В программах обучения и сопровождения особое место должны занимать приемы, направленные на понимание медицинскими работниками того, что их активные действия, упорство способствуют достижению поставленных целей, что любые события являются ценными источниками опыта, позволяющими развиваться, совладать и преодолеть жизненные, в т.ч. профессиональные трудности, расти и развиваться возможно на основе актуализации жизнестойких навыков.

К ограничениям результатов следует отнести то, что выборка не является репрезентативной, поэтому распространять результаты на всю совокупность нельзя. В рамках лонгитюдного и более масштабного исследования возможно выявить закономерности развития параметров благополучия в профессиональной сфере в связи с жизнестойкостью, проявлением признаков привлекательности профессии, настроением медицинских ра-

ботников, занимающих различные должности, имеющих различный стаж работы и уровень жизнестойкости.

Заключение комитета по этике. Исследование было проведено в соответствии с принципами положения Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (Declaration of Helsinki, and approved by the Institutional Review Board), а также Этическим кодексом психолога Российского психологического общества.

Информированное согласие. Информированное согласие было получено от всех субъектов, участвовавших в исследовании.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о спонсорстве. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-18-00678, <https://rscf.ru/project/22-18-00678/>, ИвГУ.

Список литературы

1. Бородкина Е.В. К вопросу изучения субъективного благополучия в профессионально-педагогической деятельности // Психология и педагогика: методика и проблемы практического применения. 2012. № 28. С. 31-34.
2. Березовская Р.А. Профессиональное благополучие: проблемы и перспективы психологических исследований // Психологические исследования. 2016. Т. 9. № 45. С. 2. <https://doi.org/10.54359/ps.v9i45.489>
3. Ермакова Е.С. Жизнестойкость, копинг-стратегии и стрессоустойчивость врачей // Вестник психофизиологии. 2021. № 1. С. 39-47.
4. Кисляков П. А., Шмелева Е. А., Карасева Т. В., Прияткин Д.А. Жизнестойкость и копинг-стратегии медицинских работников в противодействии эмоциональному выгоранию (во время четвертой волны пандемии COVID-19 в России)] // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2022. Т. 14, № 6. С. 226-262. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2022-14-6-226-262>
5. Леонтьев Д.А., Рассказова Е.И. Тест жизнестойкости. М.: Смысл, 2006. 63 с.
6. Лобза О.В. Жизнестойкость как компонент психологической безопасности личности // Вестник Прикамского социального института. 2019. № 2 (83). С. 75–79.

7. Ломакина К. П., Зуева С. О. Субъективное благополучие в контексте профессиональной деятельности // Материалы 68-й научно-практической конференции преподавателей и студентов : В 2 частях. Часть I. Благовещенск, 2018. С. 84-88.
8. Мадди С. Смыслообразование в процессе принятия решения // Психологический журнал. 2005. Т. 26. № 6. С. 87-102.
9. Минюрова С.А., Заусенко И.В. Личностные детерминанты психологического благополучия педагога // Педагогическое образование в России. 2013. № 1. С. 94–101.
10. Осин Е.Н., Рассказова Е.И. Краткая версия теста жизнестойкости: психометрические характеристики и применение в организационном контексте // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. 2013. №2. С. 147-165.
11. Стецишин Р.И. Личностно-психологические ресурсы жизнестойкости: на примере личности врача-клинициста: дисс. ... канд. психол. наук. Краснодар, 2008. 187 с.
12. Фомина Н.Ф., Федосеева Т.Е. Исследование показателей жизнестойкости в аспекте личности профессионала // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 6. № 6. URL: <http://scienceeducation.ru/ru/article/view?id=25947> (дата обращения: 03.04.2023)
13. Фоминова А.Н. Жизнестойкость личности: монография. М.: Изд-во «Прометей», 2012. 151 с.
14. Шамионов Р. М. Субъективное благополучие личности: психологическая картина и факторы. Саратов: Научная книга, 2008. 296 с.
15. Alipour Hamze Kandi N., Zeinali A. Relationship between personality characteristics, internal locus of control, psychological hardiness and nurses' quality of life // J. Res. Develop. Nursing and Midwifery, 2017, vol. 14, no.1, pp. 8-15. <https://doi.org/10.29252/jgbfnm.14.1.8>
16. Bech P. Measuring the dimensions of psychological general well-being by the WHO-5 // QoL Newsletter, 2004, vol. 32, pp. 15-16.
17. Bech P., Olsen L.R., Kjoller M. Measuring well-being rather absence of distress symptoms. A comparison of the SF-36 Mental Health subscale and the WHO-Five Well-Being Scale // Int. J. Meth. Psychiatr. Res. 2002, vol. 12, no. 2, pp. 85-91.
18. Bruria A., Maya S. T., Gadi S., Orna T. Impact of emergency situations on resilience at work and burnout of Hospital's healthcare personnel // International Journal of Disaster Risk Reduction, 2022, vol. 76, p. 102994. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.102994>

19. Epstein R. Cultivating resilience: mindful practice and communities of care // *J. Pain Symptom Manag.*, 2015, vol. 49, no. 2, p. 392. <https://doi.org/10.1016/j.jpainsympman.2014.11.154>
20. Forbes M.P., Iyengar S., Kay M. Barriers to the psychological well-being of Australian junior doctors: a qualitative analysis // *BMJ Open*, 2019, vol.9, e027558. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-027558>
21. Gawrych M., Cichoń E., Kiejn A. Mental health predictors of medical staff in the early stage of COVID-19 pandemic in Poland // *Archives of Psychiatry and Psychotherapy*, 2023, vol. 1, pp. 42–53. <https://doi.org/10.12740/APP/156923>
22. Hatamipour K., Hoveida F., Rahimaghaei F., Babaemamiri N., Ashoori J. The nurses' quality of life based on burnout, perceived social support and psychological hardiness // *J. Res. Develop. Nursing and Midwifery*, 2017, vol. 14, pp. 22–28. <https://doi.org/10.29252/jgbfnm.29214.29251.29222>
23. Kelley E. L., Fenwick K., Brekke J.S., Novaco R. W. Well-being and safety among inpatient psychiatric staff: the impact of conflict, assault, and stress reactivity // *Adm. Pol. Ment. Health*, 2016, vol. 43, no. 5, pp. 703-716. <https://doi.org/10.1007/s10488-015-0683-4>
24. Lebares C. C., Guvva E., Ascher N., O'Sullivan P.S., Harris H.W., Epel E.S. Burnout and Stress Among US Surgery Residents: Psychological Distress and Resilience // *Journal of the American College of Surgeons*, 2018, vol. 226 (1), pp. 80-90.
25. Maddi S. R. Hardiness: The courage to grow from stresses // *J. Posit. Psychol.*, 2006, vol. 1, pp. 160–168. <https://doi.org/10.1080/17439760600619609>
26. McTiernan K., McDonald N. Occupational stressors, burnout and coping strategies between hospital and community psychiatric nurses in a Dublin region // *Journal of Psychiatric and Mental Health Nursing*, 2014, vol. 22, no. 3. <https://doi.org/10.1111/jpm.12170>
27. Moreno-Jiménez B., Rodríguez-Muñoz A., Hernández E. G., Blanco L. M. Development and validation of the occupational hardiness questionnaire // *Psicothema*, 2014, vol. 26, no. 2, pp. 207–214.
28. Rerke V. I., Belyakova N.V., Mottaeva A.B., Shipovskaya L.P., Ignatyeva A.V., Blinov L.V., Kalina I.G. Hardiness in the structure of personal resources conducive to overcoming professional burnout among workers during a pandemic // *Revista Gênero E Interdisciplinaridade*, 2021, vol. 2, no.1. <https://doi.org/10.51249/gei.v2i01.142>
29. Rerke V. I., Belyakova N.V., Mottaeva A.B., Shipovskaya L.P., Ignatyeva A.V., Blinov L.V., Kalina I.G. Students and education during the covid-19 pandemic: study and perspectives // *Política e Gestão Educacional*, 2021, vol. 25, no. S6, p. 16160. <https://doi.org/10.22633/rpge.v25iesp.6.16160>

30. The World Health Organisation- Five Well-Being Index (WHO-5). <https://www.corc.uk.net/outcome-experience-measures/the-world-health-organisation-five-well-being-index-who-5/> (дата обращения 09.04.2023)
31. Warr P. The measurement of well-being and other aspects of mental health // Journal of Occupational Psychology. 1990, vol. 63, no. 3, pp. 193-210.
32. Yanchus N.J., Periard D.A., Osatuke K. Further examination of predictors of turnover intention among mental health professionals // Journal of Psychiatric and Mental Health Nursing. 2017, vol. 24, no.1. <https://doi.org/10.1111/jpm.12354> (дата обращения 03.04.2023)
33. Vagni M., Maiorano T., Giostra V., Pajardi D., Bartone P. Emergency Stress, Hardiness, Coping Strategies and Burnout in Health Care and Emergency Response Workers During the COVID-19 Pandemic // Front. Psychol. 2022, vol.13, P. 918788. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.918788>
34. Zakeri M.A., Ghaedi-Heidari F., Khalooobagheri E., Hossini Rafsanjanipoor S.M., Ganjeh H., Pakdaman H., Abbasifard M., Mehdizadeh M., Zakeri Bazmandeh A., Dehghan M. The Relationship Between Nurse's Professional Quality of Life, Mindfulness, and Hardiness: A Cross-Sectional Study During the COVID-19 Outbreak // Front. Psychol., 2022, vol.13, p. 866038. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.866038>

References

1. Borodkina E.V. K voprosu izucheniya sub"ekтивnogo blagopoluchiya v professional'no-pedagogicheskoy deyatel'nosti [On the issue of studying subjective well-being in professional and pedagogical activity]. *Psichologiya i pedagogika: metodika i problemy prakticheskogo primeneniya* [Psychology and pedagogy: methodology and problems of practical application], 2012, no. 28. pp. 31-34.
2. Berezovskaya R.A. Professional'noe blagopoluchie: problemy i perspektivy psihologicheskikh issledovanij [Professional well-being: problems and prospects of psychological research]. *Psichologicheskie issledovaniya* [Psychological research], 2016, vol. 9, no. 45, p. 2. <https://doi.org/10.54359/ps.v9i45.489>
3. Ermakova E.S. Zhiznestojkost', koping-strategii i stressoustojchivost' vrachej [Resilience, coping strategies and stress resistance of doctors]. *Vestnik psichofiziologii* [Bulletin of Psychophysiology], 2021, no. 1, pp. 39-47.
4. Kislyakov P.A., Shmeleva E. A., Karaseva T. V., Priyatkin D.A. Zhiznestojkost' i koping-strategii medicinskikh rabotnikov v protivodejstvii emocional'nому vygoraniyu (vo vremya chetvertoj volny pandemii COVID-19 v Rossii) [Resil-

- ience and coping strategies of medical workers in countering emotional burnout (during the fourth wave of the COVID-19 pandemic in Russia)]. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2022, vol. 14, no. 6, pp. 226-262. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2022-14-6-226-262>
5. Leont'ev D.A., Rasskazova E.I. *Test zhiznestojkosti* [Test of resilience]. Moscow: Smysl Publ., 2006, 63 p.
 6. Lobza O.V. Zhiznestojkost' kak komponent psihologicheskoy bezopasnosti lichnosti [Resilience as a component of psychological security of the individual]. *Vestnik Prikamskogo social'nogo instituta* [Bulletin of the Prikamsky Social Institute], 2019, vol. 2, no. 83, pp. 75–79.
 7. Lomakina K. P., Zueva S. O. *Materialy 68-j nauchno-prakticheskoy konferencii prepodavatelej i studentov* [Materials of the 68th Scientific and Practical Conference of teachers and students]. Part I. Blagoveshchensk: Blagoveshchensk State Pedagogical University Publ., 2018, pp. 84-88.
 8. Maddi S. Smysloobrazovanie v processe prinyatiya resheniya [Semantic formation in the decision-making process]. *Psichologicheskij zhurnal* [Psychological Journal], 2005, vol. 26, no. 6, pp. 87-102.
 9. Minyurova S.A., Zausenko I.V. Lichnostnye determinanty psihologicheskogo blagopoluchiya pedagoga [Personal determinants of psychological well-being of a teacher]. *Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii* [Pedagogical education in Russia], 2013, no 1. pp. 94–101.
 10. Osin E.N., Rasskazova E.I. Kratkaya versiya testa zhiznestojkosti: psihometricheskie harakteristiki i primenie v organizacionnom kontekste [A brief version of the resilience test: psychometric characteristics and application in an organizational context]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 14. Psichologiya* [Bulletin of the Moscow University. Series 14. Psychology], 2013, no. 2, pp. 147-165.
 11. Stecishin R.I. *Lichnostno-psihologicheskie resursy zhiznestojkosti: na primere lichnosti vracha-klinicista* [Personality-psychological resources of resilience: on the example of the personality of a clinician]: PhD dissertation. Krasnodar, 2008, 187 p.
 12. Fomina N.F., Fedoseeva T.E. Issledovanie pokazatelej zhiznestojkosti v aspekte lichnosti professionala [The study of indicators of resilience in the aspect of the personality of a professional]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2016, vol. 6, no. 6. <http://scieducation.ru/ru/article/view?id=25947> (accessed April, 3, 2023).
 13. Fominova A.N. *Zhiznestojkost' lichnosti* [Resilience of personality]. Moscow: Prometej Publ., 2012, 151 p.

14. Shamionov R. M. *Sub "ekтивное благополучие личности: психологическая картина и факторы" [Subjective well-being of the individual: psychological picture and factors]*. Saratov: Nauchnaya kniga Publ., 2008, 296 p.
15. Alipour Hamze Kandi N., Zeinali A. Relationship between personality characteristics, internal locus of control, psychological hardiness and nurses' quality of life. *J. Res. Develop. Nursing and Midwifery*, 2017, vol. 14, no. 1, pp. 8–15. <https://doi.org/10.29252/jgbfm.14.1.8>
16. Bech P. Measuring the dimensions of psychological general well-being by the WHO-5. *QoL Newsletter*, 2004, vol. 32, pp. 15-16.
17. Bech P., Olsen L.R., Kjoller M. Measuring well-being rather absence of distress symptoms. A comparison of the SF-36 Mental Health subscale and the WHO-Five Well-Being Scale. *Int. J. Meth. Psychiatr. Res.*, 2002, vol. 12, no. 2, pp. 85–91.
18. Bruria A., Maya S. T., Gadi S., Orna T. Impact of emergency situations on resilience at work and burnout of Hospital's healthcare personnel. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2022, vol. 76, p. 102994, <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.102994>
19. Epstein R. Cultivating resilience: mindful practice and communities of care. *J. Pain Symptom Manag.*, 2015, vol. 49, no. 2, p. 392. <https://doi.org/10.1016/j.jpainsympman.2014.11.154>
20. Forbes M.P., Iyengar S., Kay M. Barriers to the psychological well-being of Australian junior doctors: a qualitative analysis. *BMJ Open*, 2019, vol.9, e027558. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-027558>
21. Gawrych M., Cichoń E., Kiejn A. Mental health predictors of medical staff in the early stage of COVID-19 pandemic in Poland. *Archives of Psychiatry and Psychotherapy*, 2023, vol. 1, pp. 42–53. <https://doi.org/10.12740/APP/156923>
22. Hatamipour K., Hoveida F., Rahimaghaei F., Babaeiamiri N., Ashoori J. The nurses' quality of life based on burnout, perceived social support and psychological hardiness. *J. Res. Develop. Nursing and Midwifery*, 2017, vol. 14, pp. 22–28. <https://doi.org/10.29252/jgbfm.29214.29251.29222>
23. Kelley E. L., Fenwick K., Brekke J.S., Novaco R. W. Well-being and safety among inpatient psychiatric staff: the impact of conflict, assault, and stress reactivity. *Adm. Pol. Ment. Health*, 2016, vol. 43, no. 5, pp. 703-716. <https://doi.org/10.1007/s10488-015-0683-4>
24. Lebares C. C., Guvva E., Ascher N., O'Sullivan P.S., Harris H.W., Epel E.S. Burnout and Stress Among US Surgery Residents: Psychological Distress and Resilience. *Journal of the American College of Surgeons*, 2018, vol. 226 (1), pp. 80-90.
25. Maddi S. R. Hardiness: The courage to grow from stresses. *J. Posit. Psychol.*, 2006, vol. 1, pp. 160–168. <https://doi.org/10.1080/17439760600619609>

26. McTiernan K., McDonald N. Occupational stressors, burnout and coping strategies between hospital and community psychiatric nurses in a Dublin region. *Journal of Psychiatric and Mental Health Nursing*, 2014, vol. 22, no. 3. <https://doi.org/10.1111/jpm.12170>
27. Moreno-Jiménez B., Rodríguez-Muñoz A., Hernández E. G., Blanco L. M. Development and validation of the occupational hardness questionnaire. *Psicothema*, 2014, vol. 26, no. 2, pp. 207–214.
28. Rerke V. I., Belyakova N.V., Mottaeva A.B., Shipovskaya L.P., Ignatyeva A.V., Blinov L.V., Kalina I.G. Hardiness in the structure of personal resources conducive to overcoming professional burnout among workers during a pandemic. *Revista Gênero E Interdisciplinaridade*, 2021, vol. 2, no. 1. <https://doi.org/10.51249/gei.v2i01.142>
29. Rerke V. I., Belyakova N.V., Mottaeva A.B., Shipovskaya L.P., Ignatyeva A.V., Blinov L.V., Kalina I.G. Students and education during the covid-19 pandemic: study and perspectives. *Política e Gestão Educacional*, 2021, vol. 25, no. S6, p. 16160. <https://doi.org/10.22633/rpge.v25iesp.6.16160>
30. The World Health Organisation- Five Well-Being Index (WHO-5). <https://www.corc.uk.net/outcome-experience-measures/the-world-health-organisation-five-well-being-index-who-5/> (accessed April, 9, 2023)
31. Warr P. The measurement of well-being and other aspects of mental health. *Journal of Occupational Psychology*. 1990, vol. 63, no. 3, pp. 193-210.
32. Yanchus N.J., Periard D.A., Osatuke K. Further examination of predictors of turnover intention among mental health professionals. *Journal of Psychiatric and Mental Health Nursing*, 2017, vol. 24, no.1. <https://doi.org/10.1111/jpm.12354>
33. Vagni M., Maiorano T., Giostra V., Pajardi D., Bartone P. Emergency Stress, Hardiness, Coping Strategies and Burnout in Health Care and Emergency Response Workers During the COVID-19 Pandemic. *Front. Psychol.* 2022, vol. 13, p. 918788. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.918788>
34. Zakeri M.A., Ghaedi-Heidari F., Khaloobagheri E., Hossini Rafsanjanipoor S.M., Ganjeh H., Pakdaman H., Abbasifard M., Mehdizadeh M., Zakeri Bazzmandeh A., Dehghan M. The Relationship Between Nurse's Professional Quality of Life, Mindfulness, and Hardiness: A Cross-Sectional Study During the COVID-19 Outbreak. *Front. Psychol.*, 2022, vol. 13, p. 866038. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.866038>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Шмелева Елена Александровна, доктор психологических наук, доцент профессор кафедры психологии и социальной педагогики; про-

фессор кафедры физической культуры, спорта и здорового обра-
за жизни

*Ивановский государственный университет; Российской государ-
ственный социальный университет*

*ул. Кооперативная, 24, г. Шуя, 155508, Российской Федерации; ул.
В.Пика, 4, стр.1, г. Москва, 129226, Российской Федерации
noc_shmeleva@mail.ru*

Кисляков Павел Александрович, доктор психологических наук, доцент,
профессор кафедры психологии, конфликтологии и бихевиористи-
ки; главный научный сотрудник

*Российский государственный социальный университет; Научно-ис-
следовательский институт Федеральной службы исполнения на-
казаний (ФКУ НИИ ФСИН России)*

*ул. В. Пика, 4, стр.1, г. Москва, 129226, Российской Федерации; ул.
Житная, 14, г. Москва, 119991, Российской Федерации
pack.81@mail.ru*

Карасева Татьяна Вячеславовна, доктор медицинских наук, профессор,
профессор кафедры физической культуры и безопасности жизне-
деятельности

*Ивановский государственный университет
ул. Ермака, 39, г. Иваново, 153025, Российской Федерации
akmecentr@mail.ru*

Силаева Ольга Александровна, кандидат психологических наук

*Ивановский государственный университет
ул. Кооперативная, 24, г. Шуя, 155508, Российской Федерации
konkyrs2012@inbox.ru*

Прияткин Данила Андреевич, студент

*Ивановская государственная медицинская академия
Шереметевский просп., 8, г. Иваново, 153012, Российской Федерации
danilapritkin@gmail.com*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Elena A. Shmeleva, Dr. Sci. (Psychology), Associate Professor, Professor of
the Department of Psychology and Social Pedagogy; Professor of the
Department of Physical Culture, Sports and Healthy Lifestyle

*Ivanovo State University; Russian State Social University
24, Kooperativnaya Str., Shuya, 155508, Russian Federation; 4, p.1,
V.Pika Str., Moscow, 129226, Russian Federation
noc_shmeleva@mail.ru
SPIN-code: 3992-6436
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4698-5226>
ResearcherID: H-7821-2016
Scopus Author ID: 56375922700*

Pavel A. Kislyakov, Dr. Sci. (Psychology), Associate Professor, Professor of the Department of Psychology, Conflictology and Behavioral; Chief Scientific Officer
*Russian State Social University; Research Institute of the Federal Penitentiary Service (FKU Research Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia)
4, p.1, V.Pika str., Moscow, 129226, Russian Federation; 14, Zhitnaya Str., Moscow, 119991, GSP-1, Russian Federation
pack.81@mail.ru
SPIN-code: 1375-5625
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1238-9183>
Researcher ID: E-4701-2016
Scopus Author ID: 56348736600*

Tatiana V. Karaseva, Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of Physical Culture and Life Safety
*Ivanovo State University
39, Ermak Str., Ivanovo, 153025, Russian Federation;
SPIN-code: 6817-9156
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0708-7423>
Scopus Author ID: 7003527902
akmecentr@mail.ru*

Olga A. Silaeva, PhD in psychology
*Ivanovo State University
24, Kooperativnaya Str., Shuya, 155508, Russian Federation
konkyrs2012@inbox.ru
SPIN-code: 5626-1141
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9321-0757>*

ResearcherID: E-8649-2016

Scopus Author ID: 56348693700

Danila A. Prijatkin, student

Ivanovo State Medical Academy

8, Sheremetjevo Ave., Ivanovo, 153012, Russian Federation

danielapritkin@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3084-6384>

Поступила 10.05.2023

Received 10.05.2023

После рецензирования 25.04.2023

Revised 25.04.2023

Принята 28.04.2023

Accepted 28.04.2023

НАУЧНЫЕ ОБЗОРЫ И СООБЩЕНИЯ

SCIENTIFIC REVIEWS AND REPORTS

DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-951

УДК 616.8-085.2.3.



Научный обзор

РАСТИТЕЛЬНЫЕ ПИГМЕНТЫ В ПСИХИАТРИИ И НЕВРОЛОГИИ: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ. ЧАСТЬ I (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Р.А. Беккер, Ю.В. Быков

Цель исследования. Представить читателю подробный исторический обзор о применении человеком растительных пигментов в медицинских целях, начиная с глубокой древности. Показать, как обосновывают, с разных точек зрения, современная химическая теория цвета и эволюционная биология растений – такие часто наблюдаемые общие свойства у многих растительных пигментов, как антиоксидантная и анти-свободнорадикальная активность. Представить читателю данные о результатах изучения современными методами фармакологических свойств и потенциальной терапевтической полезности для психиатрии и неврологии некоторых избранных растительных пигментов.

Методология проведения работы. Для получения представления о том, каковы были первоначальные обоснования для применения человеком растительных пигментов в медицинских целях, мы обратились к книгам по истории медицины и истории фармакологии. Для получения представления о том, какова связь между спектром поглощения молекулы и её химическими свойствами (в частности, свойствами восстановителя, донора электронов, антиоксиданта и скавенджера свободных радикалов) – мы обратились к книге по химии пигментов. А для получения представления о биологической роли пигментов в тканях растений – к книге по эволюционной биологии. Затем мы выбрали, основываясь на списках растительных пигментов, представленных

в двух наиболее авторитетных руководствах по самостоятельной окраске тканей в домашних условиях с помощью натуральных красителей, некоторые наиболее интересные для наших целей растения. Мы провели поиск информации о применении этих растений в психиатрии и неврологии и об их нейро-фармакологических свойствах с помощью поисковых систем PubMed, Google Scholar, Science Direct, Web of Science. Собранные нами данные обобщены и представлены читателю в настоящем обзоре.

Результаты. Полученные нами в результате составления настоящего обзора данные, на наш взгляд, свидетельствуют о значительном терапевтическом потенциале для применения некоторых растительных пигментов в психиатрии и неврологии. Доказательная база для применения в психиатрии и неврологии разных растительных пигментов – различна по качеству. Для одних растительных пигментов (например, для куркумина из куркумы длинной, или для кроцина и кроцетина из шафрана посевного, или для робуринов из коры дуба обыкновенного, эпигаллокатехин галлата из зелёного чая, хлорогеновой и кофейной кислот из зёрен натурального кофе) имеются положительные данные небольших рандомизированных клинических исследований (РКИ), для других – пока только данные популяционных исследований (например, о связи потребления грецких орехов и оливок с частотой депрессий) в сочетании с данными открытых исследований биологически активных добавок (БАД) с этими пигментами.

Область применения результатов. Полученные нами результаты, по нашему мнению, дают теоретические и практические основания для применения некоторых растительных пигментов (куркумина, кроцина и кроцетина, эпигаллокатехина галлата, хлорогеновой и кофейной кислот, робуринов, олеуропеина, юглона) в комплексном лечении синдрома хронической усталости (СХУ), лёгких форм тревожных и депрессивных расстройств, лёгких когнитивных нарушений (КН), особенно у пациентов, отказывающихся от фармакотерапии или плохо её переносящих.

Ключевые слова: история медицины; история психиатрии; история неврологии; химическая теория цвета; растительные пигменты; антиоксиданты; депрессивные расстройства; тревожные расстройства; деменция; кроцетин; кроцин; куркумин; эпигаллокатехина галлат; хлорогеновая кислота; кофейная кислота; юглон; олеуропеин; робурин

Для цитирования. Беккер Р. А., Быков Ю. В. Растительные пигменты в психиатрии и неврологии: история и современность. Часть I (обзор литературы) // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. Т. 15, №5. С. 439-472. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-951

Scientific Review

PLANT PIGMENTS IN PSYCHIATRY AND NEUROLOGY: HISTORICAL AND MODERN USES. PART I (LITERATURE REVIEW)

R.A. Bekker, Yu.V. Bykov

Purpose. To provide the reader with a detailed historical overview of the human use of plant pigments for medical purposes, starting from ancient times. To show how modern chemical theory of color and evolutionary biology of plants explain, from their very different points of view – some commonly observed properties of many plant pigments, such as their antioxidant and anti-free radical activity. To present modern data on pharmacological properties and potential therapeutic utility in psychiatry and neurology of some selected plant pigments.

Methodology. To get an idea of what originally were the rationales for human use of plant pigments for medical purposes, we turned to books on the history of medicine and on the history of pharmacology. To get an idea of what is the relationship between the absorption spectrum of a molecule and its chemical properties (in particular, properties of a reducing agent, an electron donor, an antioxidant and a free radical scavenger) – we turned to the book on the chemistry of pigments. And to get an idea of the evolutionary role of pigments in plant tissues – to the book on evolutionary biology. We then selected, based on the lists of plant pigments provided in two of the most authoritative manuals for DIY fabric dyeing with natural dyes – some of the plants that looked most interesting for our purposes. We then searched for information about the use of these plants in psychiatry and neurology and about their neuropharmacological properties, with the use of search engines such as PubMed, Google Scholar, Science Direct, Web of Science. The data we have collected were summarized and presented to the reader in this review.

Results. The data that we have obtained in the process of compiling this review, in our opinion, do indicate a significant therapeutic potential for the use of certain plant pigments in psychiatry and neurology. The evidence base for the use of various plant pigments in psychiatry and neurology – significantly varies in quality. For some plant pigments (for example, for curcumin from turmeric, or for crocetin and crocin from saffron, or for roburin from common oak bark, epigallocatechin gallate from green tea leaves, chlorogenic acid and caffeic acid from coffee beans), there is positive data from small randomized clinical trials.

For others, so far there is only data from population studies (for example, on the correlation between consumption of walnuts and olives with the lowered incidence of depression), combined with some open-label studies on dietary supplements that contain those pigments.

Practical implications. Our results, in our opinion, provide theoretical and practical grounds for the use of some plant pigments (curcumin, crocin and crocetin, epigallocatechin gallate, chlorogenic and caffeic acids, roburin, oleuropein, juglone) in the combination treatment of chronic fatigue syndrome, mild forms of anxiety and depressive disorders, mild cognitive impairment, early stages of Alzheimer disease and other neurodegenerative diseases, especially in patients who refuse pharmacotherapy or who do not tolerate it well.

Keywords: history of medicine; history of psychiatry; history of neurology; chemical theory of color; plant pigments; antioxidants; depressive disorders; anxiety disorders; dementia; crocin; crocetin; curcumin; epigallocatechin gallate; chlorogenic acid; caffeic acid; juglone; oleuropein; roburin

For citation. Bekker R.A., Bykov Yu.V. *Plant Pigments in Psychiatry and Neurology: Historical and Modern Uses. Part I (Literature Review).* Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2023, vol. 15, no. 5, pp. 439-472. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-951

Введение

Общее представление о растительных пигментах

Как известно, все без исключения фотосинтезирующие организмы – то есть многоклеточные растения, одноклеточные водоросли и цианобактерии – вынуждены, вследствие своего фотосинтетического и, в случае растений, неспособного к активному передвижению образа жизни, синтезировать целый ряд естественных пигментов (красящих веществ). На сегодняшний день из разных видов растений выделены и химически идентифицированы уже тысячи различных растительных пигментов [19].

Столь большое разнообразие известных пигментов именно у фотосинтезирующих организмов (по сравнению с гораздо мельчайшим разнообразием известных пигментов у животных организмов, у бактерий и архей и у грибов) не должно вызывать у нас особого удивления. Дело в том, что фотосинтетический образ жизни того или иного организма априорно предполагает способность синтезировать все необходимые этому организму для нормальной жизнедеятельности первичные метаболиты (белки, жиры, углеводы, нуклеиновые кислоты, витамины, компоненты клеточных мембран и т. д.) из простейших неорганических веществ – углекислого газа,

воды, аммиака, фосфатов, сульфатов – при помощи энергии солнечного света [34].

А это, в свою очередь, означает, что именно растения и другие фотосинтезирующие организмы – обладают, среди всех живых организмов, наибольшим богатством и разнообразием «биохимических фабрик», предназначенных для производства всех нужных их организму веществ, в рамках каждой отдельно взятой клетки – гораздо большим разнообразием, чем у бактерий и архей, у животных или у грибов [34].

Некоторая часть всего этого биохимического разнообразия, доступного растительным клеткам, используется ими для производства так называемых «вторичных метаболитов». Среди вторичных метаболитов растений могут быть и интересующие нас в рамках данной статьи красящие вещества (пигменты), и ароматические вещества, и ядовитые вещества (токсины), и сигналы для других растений, для насекомых-опылителей или для животных и птиц, распространяющих семена [34].

При этом важно понимать, что у разных видов бактерий и архей может наблюдаться гораздо большее межвидовое разнообразие биохимии, занимаемых экологических ниш и образов жизни, чем у фотосинтезирующих организмов (фотосинтез у них у всех одинаков), или у животных и грибов. Например, какие-то бактерии могут жить, окисляя железо, а какие-то другие – окисляя или, напротив, восстанавливая серу или азот. Такие способы извлечения химической энергии для обеспечения жизнедеятельности недоступны ни растениям, ни животным, ни грибам. Но в рамках каждой отдельно взятой клетки – бактерия или архея есть существо достаточно примитивное, с ограниченным набором доступных ей биохимических каскадов, даже по сравнению с животными и грибами, не говоря уже о растениях, которые, как уже говорилось выше, являются чемпионами по степени доступного им внутриклеточного биохимического разнообразия [34].

На этом основании Гарольд Мак-Ги, учёный, который занимается исследованием химической природы запахов и обоняния, назвал именно растения «величайшими химиками-синтетиками, величайшими художниками и парфюмерами Вселенной» [34].

Химическая классификация и биологическая роль растительных пигментов

Среди всего многообразия растительных пигментов, на основании сходства их химического строения и/или сходства выполняемых ими фи-

зиологических функций в тканях растения, можно выделить несколько основных, наиболее важных семейств [19]:

- 1) Хлорофиллы;
- 2) Ксантофиллы;
- 3) Каротиноиды;
- 4) Беталайны;
- 5) Антоцианы;
- 6) Фенольные и полифенольные соединения;
- 7) Танины;
- 8) Терпеноиды;
- 9) Хиноны, в том числе антрахиноны и нафтохиноны;
- 10) Флавоноиды;
- 11) Порфирины;
- 12) Меланины.

Сегодня мы знаем, что все без исключения растения синтезируют эти красители для своих собственных физиологических нужд, а вовсе не для того, чтобы радовать своим видом наши глаза [19].

Так, например, хлорофилл – является первым звеном в цепи фотосинтеза. Каротиноиды нужны растениям для поглощения избытка видимого светового излучения Солнца в тех диапазонах длин волн, которые не поглощаются хлорофиллом и не используются для фотосинтеза. Они нужны растениям также для защиты от ультрафиолетового (УФ) и ионизирующего излучения Солнца, от перегрева или переохлаждения, от засухи, от окислительного и нитрозативного стресса [19].

Антоцианы, придающие яркую окраску цветкам и созревшим плодам многих растений – нужны им для того, чтобы привлекать своим видом насекомых-опылителей и/или животных и птиц, распространяющих семена. А также, опять-таки, для защиты от неблагоприятных воздействий внешней среды, таких, как засуха, УФ, ионизирующее или избыточное видимое излучение Солнца, окислительный и нитрозативный стресс, перегрев или переохлаждение [19].

Но, как это произошло и со многими другими веществами, которые изначально синтезировались растениями, животными и/или микроорганизмами для своих собственных нужд – растительные пигменты человек очень быстро приспособил для многих других, нужных ему самому, целей – а именно, для целей декоративных, кулинарных, ритуальных, медицинских и других. Именно об этом пойдёт речь ниже.

Историки медицины и фармакологии сегодня полагают, что использование растительных пигментов в медицине началось существенно позже,

чем использование их людьми для окраски собственного тела (кожи и/или волос), шкур животных, пряжи, тканей и изготовленных из них предметов одежды, предметов обихода, зданий и сооружений, а также для придания аппетитного внешнего вида пище [30, 46].

Кроме того, историки медицины и фармакологии считают, что использование растительных пигментов для окраски собственного тела (кожи и/или волос) и для придания аппетитного внешнего вида пище – было важной предпосылкой для начала их медицинского применения, поскольку именно оно позволило человеку впервые подметить как местные эффекты растительных пигментов (например, бактерицидный, противогрибковый, ранозаживляющий или противовоспалительный), так и их системные эффекты при приёме внутрь (например, проконгнитивный, антидепрессивный и/или противотревожный) [30, 46].

Поэтому ниже мы, прежде чем приступить к описанию истории медицинского применения растительных пигментов – кратко опишем историю применения людьми из разных культур растительных пигментов для окраски собственного тела, одежды, пряжи и тканей, предметов обихода, зданий и сооружений, и для придания аппетитного внешнего вида пище [30, 46].

Краткая социокультурная история использования человеком растительных пигментов в немедицинских целях

Археологические данные свидетельствуют о том, что люди начали использовать в различных немедицинских целях (для окраски собственного тела, шкур животных, одежды, пряжи и тканей, предметов обихода, стен своих жилищ, для придания красивого внешнего вида пище и т. д.) растительные пигменты ещё в доисторическую эпоху, во времена неолита [30, 46].

Доказательства использования древними людьми растительных пигментов в подобных целях были обнаружены параллельно в самых разных древних цивилизациях, таких, как Древний Египет, Вавилон, Древняя Греция, Древний Рим, Древняя Индия [30, 46].

Самые ранние свидетельства использования человеком растительных пигментов в таких целях датируются 8 000 лет до нашей эры. Именно столько – обнаруженным археологами на Ближнем Востоке доказательствам использования красной краски, полученной из корней марены красильной (*Rubia tinctorum L.*), для ритуальной раскраски лица и тела и для придания красивой розово-красной окраски сушёному, вяленому или копчёному мясу [30, 46].

В одной из самых древних цивилизаций – древнеегипетской – для окраски пряжи и тканей, таких, как лён и шерсть, широко использовались растительные пигменты, добываемые из растения индигофера красильная (*Indigofera tinctoria L.*), из лавсонии неколючай или, иначе говоря, натуральной хны (*Lawsonia inermis L.*), из марены красильной (*Rubia tinctorum L.*) или марены дикой (*Rubia peregrina L.*) [30, 46].

Также широко использовались растительные пигменты для окраски одежды и тканей в Древней Греции и Древнем Риме. Среди них – такие, как индигофера красильная (*Indigofera tinctoria L.*), лавсония неколючая (*Lawsonia inermis L.*), марена красильная и её ближайшие родственники – марена сердцелистная и марена дикая (*Rubia tinctorum L.*, *Rubia cordifolia L.*, *Rubia peregrina L.*, соответственно), вайда красильная (*Isatis tinctoria L.*), куркума длинная (*Curcuma longa L.*), шафран посевной (*Crocus sativus L.*) [30, 46].

Исторические предпосылки для начала использования человечеством растительных пигментов именно в лечебных целях

В Древнем мире и в Средние века люди – в том числе люди хорошо образованные, включая врачей – были суеверны. Их тогдашние представления об устройстве мироздания были весьма антропоцентричными. В частности, тогда люди верили в то, что всё сущее на Земле создано богами (или единственным Богом, после перехода к единобожию) ради пользы человека и в интересах человека – для его пропитания, для его лечения, или же просто для услады его взора и нюха [30, 46].

Исходя из этих мистических представлений, древние люди и люди Средневековья часто основывали свои представления о лечебных свойствах тех или иных растений на сугубо внешнем сходстве их с теми или иными органами человека [30, 46].

Так, например, корень мандрагоры лекарственной (*Mandragora officinalis L.*) часто бывает внешне очень похож на мужской половой член в висячем положении. А его клубни-корневища при этом могут напоминать яички. Из этого древние люди выводили представление о том, что экстракт корня мандрагоры, якобы, должен помогать при «мужском половом бессилии» (говоря нынешним языком – при эректильной дисфункции) [30, 46].

А листья одного из видов филодендрона (Филодендрон плющевидный, *Philodendron hederaceum*) – внешне напоминают сердце (или, по крайней мере, его упрощённое схематическое изображение). Из этого древние люди выводили представление о том, что, будто бы, это растение способно помочь при заболеваниях сердца [30, 46].

Листья и съедобные плоды (бобы) фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris*) – внешне напоминают сильно уменьшённые человеческие почки (отсюда распространённое англоязычное название фасоли – *kidney beans*, буквально «почкообразные бобы»). Из этого древние люди, опять-таки, выводили представление о том, что, будто бы, употребление фасоли способно помогать при тех или иных проблемах с почками [30, 46].

Однако мистические представления древних людей и людей Средневековья о лечебных свойствах различных растений основывались вовсе не только на внешнем сходстве тех или иных органов растений (плодов, листьев или корней) с какими-то органами человеческого тела [30, 46].

Другая же часть этих представлений базировалась на идее о мистическом, магическом или символическом значении тех или иных цветов видимого спектра. При этом у древних людей из разных культурных традиций были совершенно разные представления на этот счёт. Тем не менее, почему-то во многих культурах, независимо друг от друга, многие из этих представлений удивительным образом совпали. Это является ещё одним примером «конвергентной культурной эволюции мемов», согласно Ричарду Докинзу [17].

Вот лишь некоторые из этих представлений о магическом значении различных цветов (цвета упорядочены по убыванию длины волны излучения видимого спектра, т. е., как в радуге) [11]:

- 1) **Жёлтый цвет** во многих древних культурах ассоциировался с Солнцем и светом. В Древнем Египте жёлтый цвет ассоциировался с богом Ра, который считался богом Солнца и света. А в Древнем Китае и в Древней Японии жёлтый цвет был цветом традиционных одеяний «Солнцеликого императора», и считался священным цветом, символом власти и авторитета.
- 2) **Оранжевый цвет** во многих древних культурах ассоциировался с энергией и жизненной силой. В индуизме оранжевый цвет считается цветом санньяси – аскета, отказавшегося от мирских удовольствий ради духовного и физического здоровья, покоя и долголетия. А в Древнем Египте оранжевый цвет ассоциировался с богом творения Атумом и использовался как символ восходящего Солнца, символ рассвета и расцвета.
- 3) **Красный цвет** во многих древних культурах ассоциировался с кровью, страстью, жизненной силой, а также с внешней красотой (отсюда выражение про красивого юношу или красивую девушку – «кровь с молоком»). В Древней Греции и Древнем Риме красный

цвет был цветом бога войны (Ареса у древних греков и Марса у древних римлян) и ассоциировался с кровью, конфликтами и насилием. А в Древнем Китае и Древней Индии красный цвет ассоциировался с удачей и процветанием, и был популярным цветом свадебных платьев.

- 4) **Зелёный цвет** во многих древних культурах ассоциировался с ростом, жизнью и плодородием, потому что это – цвет живых растений. В Древнем Египте зелёный цвет ассоциировался с богом Осирисом, который считался богом загробной жизни и последующего воскресения при переселении душ. А в древней кельтской традиции зелёный цвет ассоциировался с миром природы и считался священным цветом.
- 5) **Синий или голубой цвет** во многих древних культурах ассоциировался с безоблачным небом, с чистой водой, а также с божественным или духовным началом. В Древнем Египте синий или голубой цвет ассоциировался с богом Амоном и считался священным цветом. В индуизме синий или голубой цвет является цветом бога Кришны, одного из главных божеств индуизма, который считается воплощением всего божественного.
- 6) **Фиолетовый или пурпурный цвет** во многих древних культурах ассоциировался с королевской властью и/или с властью знати, с богатством, со знатным и/или благородным происхождением. В Древнем Риме, а позднее – в средневековой Византии – пурпур был цветом одежды императора и считался символом власти и богатства. А в Древнем Египте пурпурный цвет ассоциировался с богом плодородия Мином, и использовался как символ жизни и возрождения.
- 7) **Белый цвет** во многих древних культурах ассоциировался с чистотой и невинностью. В Древней Греции и Древнем Риме белый цвет считался цветом богини Афины или Минервы, соответственно. Эта богиня ассоциировалась с мудростью, праведностью, справедливостью. А в Древнем Египте белый цвет ассоциировался с богиней Исией, которая была богиней плодородия и материнства.
- 8) **Чёрный цвет** во многих древних культурах ассоциировался с цветом самых плодородных разновидностей почв (чернозёмов), с плодородием и возрождением природы. Одновременно чёрный цвет во многих древних культурах ассоциировался с «возвращением в землю», со смертью, тьмой и подземным миром. В Древнем Египте чёрный цвет ассоциировался с богом Анубисом, который считался

богом загробной жизни и мумификации. В некоторых африканских культурах чёрный цвет и по сей день ассоциируется с плодородием и возрождением природы.

На основе этих религиозно-мистических представлений о символическом или магическом значении разных цветов, люди Древнего мира и Средневековья начали использовать растительные пигменты соответствующих цветов не только для окраски одежд, предметов обихода и т. д., но и для окраски принимаемых внутрь лекарств [30, 46].

Например, если красный цвет символически обозначает кровь, а также внешнюю красоту – то логично, что окрашенные в красный цвет растения и их соки, экстракты или выжимки (например, гранат, спелые красные томаты, красный сладкий или красный жгучий перец, красную свёклу, красную морковь, краснокочанную капусту, марену красильную, красный грейпфрут, красные яблоки и т. д.) с глубокой древности рекомендовали принимать внутрь «при малокровии», бледности. Если оранжевый цвет означает энергию и жизненную силу, рассвет и расцвет – то древним людям представлялось весьма логичным рекомендовать морковь и апельсин, оранжевый грейпфрут, мандарин, оранжевые сладкие перцы, оранжевые сорта томатов, шафран и куркуму, лавсонию неколючую (натуруальнюю хну) внутрь при слабости (астении), утомляемости, недомогании, недостатке энергии и сил [30, 46].

Если синий или голубой цвет символически обозначает связь с богами (или с единым Богом) и небом – то древним людям представлялось логичным рекомендовать приём внутрь окрашенных в синий или голубой цвет составов, содержащих, среди прочего, натуральный индиго (экстракт корня индигоферы красильной или вайды красильной) – от практических любых проблем со здоровьем, в надежде, что боги (или единый Бог) услышат и помогут. А если зелёный цвет означает плодородие и возрождение, новую жизнь – то нет ничего удивительного в том, что ещё отец всей современной научной медицины Гиппократ II, рекомендуя в целом преимущественно молочно-растительную диету и отказ от излишеств в пище, особенно акцентировал внимание на важности употребления в пищу зелени, а также овощей и фруктов зелёного цвета [30, 46].

Такой подход древних людей и людей Средневековья к лечению вообще, и к составлению лекарственных смесей в частности – безусловно, способствовал значительному усилению плацебо-эффекта. Сегодня мы знаем, что любые цветные лекарства (таблетки, капсулы, настойки, инъекционные и инфузионные растворы) – субъективно кажутся пациентам

«эффективнее» аналогичных бесцветных лекарств того же химического состава, но без добавления красителя [12].

Однако, как мы покажем далее, эффективность многих растительных пигментов в лечении различных психических и неврологических заболеваний основана не только на плацебо-эффекте.

Теоретические предпосылки для потенциальной терапевтической эффективности некоторых растительных пигментов в психиатрии и неврологии с современной точки зрения

Напомним для начала, на каких физико-химических принципах вообще основано наше цветовосприятие. Оно основано на том, что определённые химические вещества активно поглощают определённые длины волн из видимой нам части спектра электромагнитного излучения (ЭМИ). А другие длины волн, также из видимой нами части спектра ЭМИ, эти же вещества активно отражают. Этот отражённый свет, попадая в наши глаза, поглощается светочувствительными пигментами (родопсинами), содержащимися в особых клетках – палочках и колбочках – сетчатки нашего глаза [15].

При этом весьма важно то, что три разных типа колбочек в наших глазах содержат разные типы светочувствительных пигментов, с максимумом поглощения в разных диапазонах длин волн видимой части спектра ЭМИ – красной, зелёной или синей. Поэтому разные типы колбочек с разной степенью вероятности отреагируют на раздражение светом той или иной длины волны. Именно световое раздражение тех или иных разновидностей колбочек в определённых сочетаниях – как раз и создаёт у нас специфическое ощущение, воспринимаемое нашим головным мозгом как тот или иной цвет или оттенок цвета [15].

Отсутствие всякого раздражения палочек и колбочек (полное отсутствие отражённого света от того или иного предмета, полное поглощение этим предметом всей видимой нами части спектра ЭМИ) – воспринимается нами как темнота или чернота, или как чёрный цвет предмета. И напротив, одновременное, синхронное раздражение всех типов колбочек в одинаковой степени – воспринимается нами как белый свет, или как белый цвет предмета, или как прозрачность того или иного предмета (в том случае, если свет беспрепятственно проходит сквозь него, не испытывая значимого поглощения ни в одном из поддиапазонов видимой нами части спектра ЭМИ) [15].

Сегодня в нашем распоряжении имеется так называемая «химическая теория цвета». Она позволяет, на основании известного химического стро-

ения молекулы того или иного природного или синтетического вещества (в том числе – даже такого вещества, которое ещё не было ни разу синтезировано человеком, а была лишь предсказана теоретически возможность его создания) – довольно точно предсказать заранее (вернее, смоделировать на компьютере) спектр поглощения этого вещества в инфракрасном (ИК), видимом и УФ диапазонах длин волн [15].

Таким образом, сегодня мы можем, на основании химического строения молекулы того или иного вещества, заранее довольно точно предсказать, какой именно цвет будет иметь это вещество, будучи выделено в чистом виде [15].

Верно, однако, и обратное – современная химическая теория цвета позволяет, на основании уже известного (установленного лабораторными методами) спектра поглощения того или иного вещества в ИК, видимом и/или УФ диапазонах (прежде всего, конечно, в ИК диапазоне, как наиболее важном для химической характеристики вещества) – если не расшифровать полностью его химическую структуру, то, во всяком случае, доказать наличие в его молекуле тех или иных радикалов (тех или иных частей) [15].

Именно на этом основано широкое применение в современной химии методов ИК спектроскопии, спектроскопии в видимом свете и УФ спектроскопии для изучения и идентификации химической структуры веществ [15].

Так вот, современная химическая теория цвета предсказывает, что многие из тех органических веществ, которые имеют для нас яркую окраску (то есть отражают те или иные длины волн в видимой нами части спектра ЭМИ) – должны, как раз именно вследствие особенностей своего химического строения (которые и обуславливают такой их спектр поглощения и отражения ЭМИ) – автоматически являться также сильными восстановителями (активными донорами электронов). Поэтому они могут являться эффективными антиоксидантами и скавенджерами свободных радикалов [15].

Этот постулат оказался справедливым как для многих растительных пигментов, так и для целого ряда синтетических красителей – например, для широко применяемого в медицине именно в качестве антиоксиданта и скавенджера свободных радикалов **метиленового синего** [51].

Кроме того, как мы уже указывали выше, во вводной части статьи, многие пигменты синтезируются растениями именно для защиты от окислительного и нитрозативного стресса, от негативного влияния избытка солнечного излучения в тех диапазонах длин волн видимого света, которые не используются для фотосинтеза, а также от УФ и ионизирующего

излучения Солнца, от перегрева, переохлаждения, засухи и других неблагоприятных факторов внешней среды [19].

Между тем, несмотря на миллиарды лет, которые прошли с момента появления на Земле первых фотосинтезирующих организмов (предков всех нынешних цианобактерий, одноклеточных водорослей и многоклеточных растений) и разделения всего живого на растительное и животное царства – те миллиарды лет, в течение которых растения и животные эволюционировали разными путями и независимо друг от друга – значительная часть биохимических механизмов в наших клетках, клетках животных и клетках растений – всё-таки имеет сходство, хотя, конечно, есть и большие различия [17].

Именно благодаря сходству ряда биохимических процессов в растительных и животных клетках – многие из тех веществ, которые являются природными антиоксидантами и скавенджерами свободных радикалов, радиозащитными и фотозащитными средствами для растений – также являются эффективными антиоксидантами, скавенджерами свободных радикалов, радио- и фотозащитными средствами (или, напротив, фотосенсибилизирующими средствами, что также бывает) и для клеток животных организмов, включая нас самих. Относится это и ко многим растительным пигментам [17].

Между тем, сегодня нам хорошо известно, что окислительный и нитрозативный стресс и свободнорадикальное повреждение нейронов и глиальных клеток – являются одним из общих центральных звеньев патогенеза таких разных психических и неврологических заболеваний, как депрессии, биполярное аффективное расстройство (БАР), тревожные расстройства, астенические состояния, синдром хронической усталости (СХУ), нейродегенеративные заболевания (НДЗ) и другие [44].

Окислительный и нитрозативный стресс и свободнорадикальное повреждение клеток, в свою очередь, вторично запускают многие другие патологические процессы в центральной нервной системе (ЦНС) – в частности, митохондриальную дисфункцию, нарушение чувствительности ЦНС к инсулину (развитие инсулинерезистентности ЦНС), нейровоспаление, угнетение процессов нейрогенеза, дендритогенеза и синаптогенеза, нейропластичности и синаптической пластичности, активацию проапоптотических внутриклеточных сигнальных каскадов и угнетение активности антиапоптотических сигнальных каскадов [44].

Всё это, в конечном итоге, приводит к апоптотической гибели нервных и глиальных клеток, к развитию дегенеративных и дистрофических про-

цессов в ЦНС при самых разных психических и неврологических заболеваниях, включая депрессии, БАР, шизофрению, различные НДЗ и т. д., к развитию при них когнитивных нарушений (КН) [44].

Отсюда легко сделать логичный вывод о том, что многие антиоксиданты и скавенджеры свободных радикалов (в том числе, конечно, и многие растительные пигменты, занимающие немалое место среди прочих известных нам сегодня антиоксидантов) – должны, именно вследствие своих антиоксидантных и анти-свободорадикальных свойств, оказывать вторичное (то есть вытекающее именно из этих свойств) противовоспалительное, инсулин-сенситизирующее, нейропротективное, нейротрофическое, антидепрессивное и/или анксиолитическое и/или прокогнитивное (антидементное, антиамнестическое) и/или антиастеническое (адаптогенное) действие [44].

Как мы покажем ниже, для целого ряда растительных пигментов – это действительно так и есть. И именно это обуславливает потенциальную терапевтическую пользу данных растительных пигментов при тех или иных психических и/или неврологических заболеваниях.

Современная доказательная база по применению некоторых растительных пигментов в психиатрии и неврологии

На протяжении всей своей истории человечество применяло (и продолжает применять, несмотря на появление большого количества разнообразных синтетических красителей) в качестве источников натуральных красителей для окраски пряжи и тканей или, например, для подкрашивания поседевших волос, или для придания аппетитного внешнего вида пище – великое множество самых различных растений [16, 18].

Многие из этих красящих растений по совместительству также являются и лекарственными растениями и/или прямыми и ароматическими растениями [16, 18].

То, что многие красящие растения по совместительству являются также прямыми и ароматическими растениями, и наоборот – не должно нас особенно удивлять. Дело в том, что многие летучие ароматические (пахучие) соединения, выделяемые растениями – на самом деле являются либо продуктами естественного катаболизма пигментов в самом растении, либо побочными продуктами, образующимися в процессе биосинтеза пигментов, либо – продуктами фотолиза, радиолиза или озонолиза пигментов под влиянием солнечного света (особенно УФ-излучения), ионизирующей радиации или кислорода и озона в воздухе [34].

Например, многие пахучие вещества, общие для всех зелёных растений – так называемые «летучие вещества зелёных листьев» (*green leaf volatiles*) – являются на самом деле продуктами распада (фотолиза или озонолиза) хлорофилла и каротиноидов. Основное пахучее вещество цветков шафрана (сафранал) – является продуктом распада их основного пигмента – кроцетина. Основное пахучее вещество корня куркумы (куркумин-альдегид) – является продуктом распада его главного пигмента – куркумина. И таких примеров в растениях – великое множество [34].

Согласно литературе, для придания пряже и тканям или поседевшим волосам бледно-жёлтого, палевого, бронзового («цвета лёгкого загара») или золотистого оттенка могли применяться настои и отвары таких разных лекарственных, съедобных и пряных растений, как ромашка лекарственная (*Matricaria chamomilla L.*), мята перечная (*Mentha piperita L.*), мелисса лекарственная (*Melissa officinalis L.*), розмарин лекарственный (*Rosmarinus officinalis L.*), шелуха лука (*Allium cepa L.*), кожура и косточки авокадо (*Persēa americāna L.*) и др. [16, 18].

Однако, во-первых, такая окраска не специфична (именно потому, что для неё может применяться великое множество самых разных растений), слаба и нестойка. Она связана всего лишь с широко распространённым в самых разных растениях содержанием танинов и других вяжущих, дубильных веществ. При этом для большинства из упомянутых выше растений – будь то мелисса, мята, ромашка или розмарин – применение их именно в качестве красящих явно не является и никогда не являлось основным их применением в повседневной практике человечества [16, 18].

Красящие свойства (в отличие от лекарственных и ароматических свойств) у упомянутых выше растений не привлекли значительного внимания исследователей. Поэтому нам по сей день точно не известно, какими именно танинами окрашивают пряжу, волосы или ткань, скажем, луковая шелуха или кожица авокадо. Нам также не известно точно, чем, условно говоря, танины луковой шелухи химически отличаются от танинов ромашки, или от танинов кожицы авокадо [16, 18].

Во-вторых же, в силу ограниченности объёма данной статьи, мы, даже если бы очень захотели, всё равно не смогли бы рассмотреть в ней все те растения, которые когда-либо применялись человечеством в качестве источников натуральных пигментов. Кроме того, некоторые из упомянутых нами выше, потенциально пригодных для окраски чего-либо, растений (например, мята перечная, розмарин лекарственный, мелисса ле-

карственная) – уже рассматривались нами в качестве пряных и ароматических растений в другой статье, которая тоже состоит из двух частей [1, 2].

Поэтому в рамках первой части данной статьи мы сосредоточимся только на некоторых из тех красящих растений, которые содержат сильные специфические пигменты, и которые исторически применялись человечеством в первую очередь или во многом именно как источники для извлечения природных красителей [16, 18].

В рамках данной статьи мы последовательно рассмотрим шафран посевной (*Crocus sativus L.*), куркуму длинную (*Curcuma longa L.*), чайный куст (*Camellia sinensis L.*), кофейное дерево (*Coffea arabica L.* или *Coffea robusta L.*), оливу европейскую (*Olea europaea L.*), гречкий орех (*Juglans regia L.*), дуб обыкновенный (*Quercus robur L.*) [16, 18].

Во второй же части данной статьи мы рассмотрим некоторые другие потенциально интересные для психиатрии и неврологии красящие растения, которые не вошли в первую часть данного обзора из-за нехватки места. Кроме того, во второй части данной статьи мы поговорим о той исторической роли, которую сыграли некоторые растительные пигменты в великих нейрогистологических открытиях XIX и XX веков.

Во второй части данной статьи мы также представим читателю клинический случай из нашей собственной практики, описывающий эффективность применения растительных пигментов в составе комплексной терапии депрессивного состояния у 23-летней девушки с синдромом поликистозных яичников, избыточной массой тела и наличием мелких уратных конкрементов в почках – без применения классической психофармакотерапии (ПФТ).

*Шафран посевной (*Crocus sativus L.*)*

Высушенные рыльца растения шафран посевной (*Crocus sativus L. stigma*) исторически, на протяжении более чем 2 000 лет, использовались человечеством и в качестве источника ярко-жёлтого или оранжевого красителя для окраски пряжи, тканей, предметов одежды, и в качестве пищевого красителя (например, для придания красивой ярко-жёлтой или оранжевой окраски рису в плове, бульону, супам и соусам и т. д.), и в качестве ароматической специи (пряности), и как лекарственное средство от многих разных заболеваний – в том числе как раз психических и неврологических, таких, как депрессивные и тревожные расстройства, КН, различные НДЗ, синдром дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ) [1, 2, 16].

Ярко-жёлтую или оранжевую окраску настоя, настойки или экстракта из рыльцев шафрана посевного обуславливает в первую очередь содержание в нём особого каротиноида – кроцетина – и его гликозида, кроцина

(или, иными словами, кроцетин является агликоном кроцина). Аромат же шафрана обусловлен в основном образованием при распаде и окислении кроцетина летучего альдегида – сафранала [1, 2, 16].

Современные исследования систематически подтверждают эффективность и безопасность применения экстрактов из рылец шафрана посевного или кроцина в лечении тревожных и депрессивных расстройств, СДВГ, лёгких КН, в торможении прогрессирования различных НДЗ [44].

Так, в одном двойном слепом плацебо-контролируемом рандомизированном клиническом исследовании (РКИ) от 2006 года Мошири с соавторами изучали эффективность и безопасность применения биологически активной добавки (БАД) с экстрактом из рылец шафрана посевного (*Crocus sativus L. stigma*) в лечении депрессивных расстройств лёгкой и умеренной степени. В этом исследовании приняли участие 40 взрослых амбулаторных пациентов. Все они были случайным образом распределены к получению либо 1 капсулы 30 мг/сут экстракта рылец шафрана посевного, либо плацебо в монотерапии на протяжении 6 недель [36].

В данном РКИ экстракт рылец шафрана посевного (*Crocus sativus L. stigma*) оказался статистически достоверно эффективнее плацебо в отношении устранения симптомов депрессии и тревоги, измеренных по шкалам Гамильтона для депрессии и для тревоги (HAM-D и HAM-A) на сроках 2, 4 и 6 недель терапии. Различий в частоте развития побочных эффектов (ПЭ) между экстрактом шафрана и плацебо зарегистрировано не было [36].

В другом, более позднем (от 2016 года), также двойном слепом плацебо-контролируемом РКИ, Мазиди с соавторами изучали эффективность и безопасность приёма БАД с экстрактом из рылец шафрана посевного (*Crocus sativus L. stigma*) в устраниении симптомов тревоги и депрессии у пациентов с тревожно-депрессивным расстройством (ТДР). В этом РКИ приняли участие 60 взрослых пациентов с ТДР. Все они были рандомизированы к приёму дважды в сутки либо капсул с 50 мг экстракта рылец шафрана посевного (т. е. 100 мг/сут экстракта рылец шафрана посевного), либо плацебо, на протяжении 12 недель [33].

Авторы этого РКИ, как и предыдущего, тоже отметили значительное снижение показателей депрессии и тревожности по шкалам самооценки депрессии и тревоги Бека (BDI, BAI соответственно) к срокам 4, 6, 8 и 12 недель терапии у пациентов, получавших экстракт рылец шафрана, по сравнению с плацебо. Различий в частоте ПЭ между экстрактом рылец шафрана и плацебо здесь, как и в предыдущем РКИ, тоже зарегистрировано не было [33].

В том же 2016 году Басири-Могадам с соавторами опубликовали результаты двойного слепого сравнительного РКИ, в котором сопоставлялись эффективность и безопасность экстракта из рылец шафрана посевного (*Crocus sativus L. stigma*) и стандартного бензодиазепинового транквилизатора (БДТ) диазепама в качестве анксиолитиков (АЛ) у пациентов, ожидающих плановой операции по удалению паховой грыжи [9].

В этом РКИ приняли участие 102 пациента, являющихся кандидатами на удаление паховой грыжи. Все они были рандомизированы к получению либо 25 мг/сут экстракта из рылец шафрана посевного (*Crocus sativus L. stigma*), либо 5 мг/сут диазепама, в течение всего срока ожидания плановой операции, который мог составлять до 8 месяцев. Авторы этого исследования сообщили, что экстракт рылец шафрана посевного в данной когорте пациентов оказался более эффективным и более безопасным АЛ, чем диазепам, и практически не вызывал такие свойственные диазепаму ПЭ, как головокружение, сонливость и седация, чрезмерная миорелаксация по утрам [9].

В 2015 году Мусави с соавторами представили результаты двойного слепого плацебо-контролируемого РКИ, посвящённого изучению эффективности и безопасности экстракта из рылец шафрана посевного (*Crocus sativus L. stigma*) и очищенного кроцина, в сопоставлении с плацебо, в уменьшении депрессивной, тревожной, негативной и когнитивной симптоматики шизофрении, при использовании их в качестве адьювантов к стандартному лечению антипсихотиками (АП) [37].

В этом исследовании приняли участие 62 пациента с хроническими формами шизофрении. Все они были рандомизированы к получению 2 раза в день либо капсулы с 15 мг экстракта из рылец шафрана посевного (*Crocus sativus L. stigma*), т. е. 30 мг/сут экстракта шафрана, либо капсулы с 15 мг чистого кроцина (т. е. 30 мг/сут чистого кроцина), либо капсул плацебо, в дополнение к продолжению стандартной терапии АП. Авторы данного исследования сумели показать, что как экстракт рылец шафрана посевного, так и чистый кроцин в исследованных дозах при сочетании с АП безопасны, хорошо переносятся пациентами с шизофренией, и эффективны в уменьшении депрессивной, тревожной, негативной и когнитивной симптоматики шизофрении, в улучшении когнитивного и социального функционирования пациентов с хронической шизофренией [37].

Наблюдалась также тенденция к уменьшению проявлений экстрапирамидного синдрома (ЭПС) и акатизии у пациентов, получавших АП в сочетании с экстрактом рылец шафрана посевного, или в сочетании с чистым

кроцином, по сравнению с пациентами, получавшими АП в сочетании с плацебо [37].

В 2010 году Ахундзаде с соавторами представили результаты одновременно проводившихся ими двух двойных слепых контролируемых РКИ, посвящённых изучению сравнительной эффективности и безопасности экстракта из рылец шафрана посевного (*Crocus sativus L. stigma*) в лечении болезни Альцгеймера (БА) лёгкой или умеренной степени тяжести. В первом из них экстракт из рылец шафрана посевного (в дозе 15 мг 2 раза в сутки = 30 мг/сут) сравнивался с плацебо, а во втором (в той же дозе 15 мг 2 раза в сутки = 30 мг/сут) – со стандартной при БА монотерапией ингибитором ацетилхолинэстеразы (ИАХЭ) – донепезилом (5 мг 2 раза в сутки = 10 мг/сут донепезила) [4, 5].

В первом из двух упомянутых нами выше двойных слепых РКИ приняли участие 46 пациентов в возрасте 55 лет и старше с лёгкими или умеренными степенями тяжести БА. Все они были рандомизированы к получению на протяжении 16 недель либо экстракта из рылец шафрана посевного, либо плацебо. В результате данного исследования выяснилось, что экстракт из рылец шафрана посевного в указанной дозе статистически достоверно эффективнее плацебо в уменьшении КН, а также в уменьшении проявлений тревоги и депрессии у пациентов с лёгкими и умеренными степенями тяжести БА. Было также показано, что экстракт из рылец шафрана посевного в исследованной дозе безопасен и хорошо переносится в данной когорте пациентов. Уровень ПЭ не отличался от плацебо [4].

Во втором из упомянутых нами выше двойных слепых РКИ приняли участие 54 пациента в возрасте 55 лет и старше с лёгкими или умеренными степенями тяжести БА. Все они были рандомизированы к получению либо экстракта из рылец шафрана посевного, либо донепезила, на протяжении 22 недель. К этому сроку оказалось, что экстракт из рылец шафрана посевного обладает в данной когорте пациентов эффективностью, сопоставимой с таковой у донепезила. При этом экстракт шафрана посевного также оказался безопаснее донепезила, лучше переносился и не вызывал у данной категории пациентов таких свойственных донепезилу ПЭ, как брадикардия, гипотензия, тошнота, слюнотечение и др. [5].

В 2016 году Цолаки с соавторами представили систематический обзор о применении экстракта из рылец шафрана посевного у пациентов с лёгкими или умеренными амнестическими или мультидоменными КН, находящихся на доклинической стадии БА, и у пациентов с начальными или ранними клиническими стадиями БА. Они сделали вывод, что экстракт

шафрана посевного эффективен и безопасен в уменьшении КН и торможении прогрессирования БА, и является хорошим выбором у пациентов с минимальными КН на доклинической стадии БА или в начальных и ранних стадиях БА [47].

А в 2018 году Маркс с соавторами опубликовали большой систематический обзор и мета-анализ, посвящённый изучению эффективности и безопасности применения экстракта шафрана посевного либо очищенных пигментов, выделенных из него (кроцина и кроцетина), в лечении депрессивных и тревожных расстройств. В этот мета-анализ вошли данные из 32 РКИ. Авторы данного мета-анализа заключили, что экстракт шафрана или кроцин в монотерапии оказались статистически достоверно эффективнее плацебо как в отношении симптомов депрессии ($P < 0,001$), так и в отношении симптомов тревоги ($P < 0,006$) [32].

Кроме того, авторы этого мета-анализа показали также, что экстракт шафрана или кроцин статистически достоверно эффективнее плацебо при использовании в качестве адьюванта или потенцирующего агента в дополнение к стандартным антидепрессантам (АД) при лечении депрессии и/или тревоги ($P = 0,028$) [32].

Куркума длинная (Curcuma longa L.)

Корень с корневищами растения куркума длинная (*Curcuma longa L.*) исторически часто использовались человеком как более дешёвый заменитель дорогостоящих рылец шафрана посевного (а иногда – в измельчённом виде – даже как подделка под измельчённый шафран) [1, 2, 16].

Подобно рыльцам шафрана посевного, корень с корневищами куркумы использовался и в качестве источника ярко-жёлтого или оранжевого красителя для предметов одежды, пряжи и тканей, и в качестве пищевого красителя, и в качестве ароматической специи (пряности), и как лекарство от многих разных болезней – и тоже в том числе именно психических и неврологических, таких, как депрессивные и тревожные расстройства, СДВГ, КН, различные НДЗ [1, 2, 16].

Ярко-жёлтую или оранжевую окраску корней и корневищ куркумы длинной предопределяет содержание в них особых пигментов, так называемых куркуминоидов – прежде всего куркумина (дифероилметана) [1, 2, 16].

Современные исследования систематически подтверждают эффективность и безопасность применения куркумина, среди прочих расстройств, при которых он оказался эффективен – в лечении тревожных и депрессивных расстройств, шизофрении, СДВГ, лёгких КН, в торможении прогрессирования различных НДЗ [44].

В 2015 году Панахи с соавторами опубликовали результаты двойного слепого плацебо-контролируемого РКИ, в котором изучалась эффективность и безопасность применения куркумина, в дополнение к стандартной ПФТ, для лечения симптомов депрессии и тревожности у пациентов с большим депрессивным расстройством (БДР), в сопоставлении с адьювантным применением плацебо в дополнение к стандартной ПФТ [39].

В этом РКИ приняли участие 111 пациентов. Исследование проводилось на протяжении 6 недель. Из всех участников исследования 61 пациент был рандомизирован к получению куркумина в дозе 1000 мг/сут в дополнение к стандартной ПФТ, а 50 пациентов – к получению плацебо в дополнение к стандартной ПФТ. К срокам 4 и 6 недель авторы данного РКИ зафиксировали статистически достоверное снижение оцениваемых врачом уровней депрессии и тревожности по Госпитальной шкале тревоги и депрессии (HADS), а также снижение уровня оцениваемой самим пациентом тяжести депрессии по шкале Бека BDI-II [39].

Авторы данного РКИ сделали вывод, что куркумин является эффективным средством адьювантного лечения тревоги и депрессии при БДР, и что куркумин в сочетании с ПФТ у этой категории пациентов безопасен и хорошо переносится, не вызывает существенных ПЭ [39].

В 2018 году результаты предыдущих авторов подтвердило другое двойное слепое плацебо-контролируемое РКИ, также посвящённое изучению эффективности и безопасности адьювантного применения куркумина при БДР. В этом РКИ приняли участие 30 пациентов. Все они были рандомизированы к получению в дополнение к стандартной ПФТ либо куркумина, либо плацебо, на протяжении 12 недель [27].

В этом исследовании начальная доза куркумина составляла 500 мг/сут, и постепенно повышалась с шагом 250 мг в неделю до 1500 мг/сут. На сроках 2, 4, 6, 8 и 12 недель адьювантный куркумин оказался статистически достоверно эффективнее адьювантного плацебо в устраниении симптомов депрессии, измеренных по шкале депрессии Монтгомери-Асберга MADRS, и симптомов тревоги, измеренных по шкале тревоги Гамильтона HAM-A [27].

Авторы этого РКИ тоже показали, что адьювантный куркумин в сочетании со стандартной ПФТ эффективен и безопасен в лечении симптомов депрессии и тревоги при БДР, и хорошо переносится, не вызывает дополнительных ПЭ. Они также сумели показать, что использованная ими более высокая конечная доза куркумина (1500 мг/сут) статистически достоверно эффективнее более низких доз, традиционно использовавшихся в других исследованиях по адьювантному применению куркумина при БДР [27].

А в 2019 году были опубликованы результаты небольшого 8-недельного двойного слепого плацебо-контролируемого РКИ, посвящённого изучению эффективности и безопасности адьювантного назначения куркумина, в дополнение к стандартной ПФТ, для улучшения когнитивного функционирования, уменьшения проявлений депрессии и тревожности у пациентов с шизофренией [28].

В этом исследовании приняли участие 12 пациентов с шизофренией. Все они были рандомизированы к получению либо 300 мг/сут куркумина, либо плацебо. По истечении 8 недель у пациентов, получавших в дополнение к стандартной ПФТ куркумин, были статистически достоверно значительно лучше показатели когнитивного функционирования (особенно рабочая память), ниже уровни депрессии и тревоги по шкалам НАМ-Д и НАМ-А, по сравнению с пациентами, получавшими в дополнение к ПФТ плацебо. При этом куркумин в сочетании с ПФТ был безопасен, хорошо переносился и не вызывал повышения уровня ПЭ, по сравнению с плацебо [28].

Кроме того, у пациентов, получавших адьювантный куркумин, были статистически достоверно ниже уровни ряда воспалительных цитокинов (особенно интерлейкина-6, ИЛ-6) и показатели окислительного стресса (перекисного окисления липидов, ПОЛ) в плазме крови [28].

В другом небольшом двойном слепом плацебо-контролируемом РКИ, также от 2019 года, Мёдовник с соавторами изучали эффективность и безопасность адьювантного применения куркумина, в дополнение к стандартной ПФТ, в уменьшении негативной симптоматики шизофрении, в сопоставлении с плацебо [35].

В упомянутом выше РКИ приняли участие 38 пациентов с шизофренией. Исследование проводилось на протяжении 24 недель. Из 38 участников данного РКИ 20 человек были рандомизированы к адьювантному получению высокой дозы куркумина (3000 мг/сут) в дополнение к стандартной ПФТ, а 18 пациентов – к адьювантному получению плацебо в сочетании со стандартной ПФТ. Была показана статистически достоверно более высокая эффективность адьювантного назначения куркумина в сочетании с ПФТ в отношении уменьшения негативной симптоматики шизофрении, по сравнению с добавлением к стандартной ПФТ плацебо. При этом, как и в предыдущем исследовании, добавление куркумина к стандартной ПФТ было безопасным, хорошо переносилось и не вызывало дополнительных ПЭ (несмотря на высокую дозу куркумина – 3000 мг/сут), по сравнению с добавлением плацебо [35].

В обоих вышеупомянутых РКИ наблюдалась также тенденция к снижению уровней ЭПС и акатизии у пациентов с шизофренией, получавших в дополнение к АП куркумин, по сравнению с пациентами, получавшими адьювантно плацебо [28, 35].

*Листья чайного куста (*Camellia sinensis L.*)*

В Древнем Китае настой из ферментированных и высушенных листьев чайного куста (*Camellia sinensis L.*), в виде зелёного или чёрного чая, широко применялся не только в качестве бодрящего, тонизирующего напитка и лекарственного средства, но и для окраски пряжи и тканей, предметов одежды [16, 18].

Между тем листья чайного куста, помимо общеизвестного ныне содержания в них бесцветных пуриновых алкалоидов с психостимулирующими, тонизирующими и энергизирующими свойствами (теофиллина, теобромина, кофеина, теакрина и др.) – содержат великое множество других биологически активных веществ, в том числе – дающие тёмное окрашивание танины, полифенолы и катехины, а также летучие терпеноиды и др. [20, 42].

Давно известное антидепрессивное, противотревожное, антистрессовое, нейропротективное и прокогнитивное (антидементное) действие систематического потребления чёрного и зелёного чая связывают в основном с содержанием в нём эпигаллокатехин-3-галлата и других катехиновых и полифенольных антиоксидантов. Некоторую часть эффекта приписывают также содержанию в чае бесцветных L-теанина и пуриновых алкалоидов [13, 21, 31, 48].

Показано, что эпигаллокатехин-3-галлат, один из основных катехинов листьев чайного куста, который придаёт, наряду с танинами, чайному напитку тёмный цвет и терпковатый вкус (и окрашивает ткани и пряжу) – оказывает антидепрессивное и анксиолитическое действие у пациентов с рассеянным склерозом (РС), снижает уровень кортизола в крови, тормозит прогрессирование РС, оказывает антиоксидантное и противовоспалительное действие [40].

В другом двойном слепом плацебо-контролируемом РКИ было показано, что 8-недельный приём БАД с эпигаллокатехин-3-галлатом из листьев чайного куста у пациентов с БАР и шизофренией, получающих поддерживающую терапию АП, приводит к статистически достоверному снижению показателей психотических симптомов по шкале PANSS, депрессивных и тревожных симптомов по шкалам HAM-D и HAM-A соответственно, а также к уменьшению ЭПС и акатизии, по сравнению с плацебо [29].

Одновременно с этим отмечалось снижение уровней воспалительных цитокинов и других маркеров воспаления и оксидативного стресса в плазме крови пациентов, по сравнению с плацебо [29].

*Плоды кофейного дерева (*Coffea arabica L.* или *Coffea robusta L.*)*

Настой зёрен натурального кофе (*Coffea arabica L.* или *Coffea robusta L.*), подобно настою листьев чайного куста (*Camellia sinensis L.*), тоже исторически использовался не только как бодрящий и тонизирующий напиток и как лекарство, но и как средство для окраски пряжи и тканей в тёмные цвета [16, 18].

Причиной того, что натуральный кофе имеет тёмный цвет и окрашивается в тёмный цвет волокна пряжи и тканей, является высокое содержание в нём ряда специфических танинов и полифенолов. Одной из важнейших среди полифенольных кислот натурального кофе является так называемая хлорогеновая кислота, она же – 3-кофеилхинная кислота, сложный эфир кофейной кислоты и хинной кислоты, тоже присутствующих в натуральном кофе по отдельности [41].

Показано, что хлорогеновая кислота, наряду с кофейной кислотой и пуриновыми алкалоидами (кофеином, теобромином) – играет важную роль в общем антидепрессивном, прокогнитивном и улучшающем концентрацию внимания эффекте натурального чёрного кофе у добровольцев [6, 24, 25].

Показано также, что положительное воздействие на концентрацию внимания, память, настроение и уровень энергии сохраняются и при приеме декофеинизированного кофе, а также при приеме экстрактов зелёного (незрелого) кофе, не содержащих кофеина, но содержащих большое количество хлорогеновой и кофейной кислот [6, 24, 25].

Также показано, что хлорогеновая и кофейная кислоты повышают у людей чувствительность как ЦНС, так и периферических тканей к инсулину, тормозят нарастание инсулинорезистентности ЦНС и периферических тканей с возрастом или при потреблении чрезмерно высококалорийной пищи, снижают риск развития ожирения, СД 2-го типа, диабетической энцефалопатии и связанной с ней деменции. А это весьма важно, поскольку инсулинорезистентность ЦНС, своеобразный «мозговой сахарный диабет 2-го типа» – вне зависимости от того, наблюдается ли она при сохранный или при также нарушенной чувствительности периферических тканей к инсулину – согласно некоторым гипотезам, является одним из центральных звеньев патогенеза и депрессивных состояний, и БАР, и шизофрении, и некоторых распространённых НДЗ, таких, как БА и БП [52].

А в экспериментах на животных показано, что хлорогеновая и кофейная кислоты обладают мощными антиоксидантными, противовоспалительными и нейропротективными свойствами в таких разных моделях повреждения ЦНС, как модель ишемического инсульта (модель ишемии-и-реперфузии), модель вызванной накоплением β -амилоида BA, модель экспериментальной БП, модель физиологического старения мозга, модель интоксикации свинцом [23, 26, 38, 45, 49].

*Грецкий орех (*Juglans regia L.*)*

Грецкий орех (*Juglans regia L.*), он же – «красильный орех» – как легко понять из одного из синонимичных названий этого растения, исторически использовался человеком вовсе не только как источник съедобных плодов (орехов), но и как источник красителя для окраски пряжи и тканей в бурый или коричневый цвет, а также как лекарственное растение. В этих целях применялись настои и отвары из коры, листьев, зелёной наружной скорлупы незрелых орехов, а также из самих орехов, либо из легко снимаемой кожицы ядер молодых орехов [16, 18].

Тот цвет, в который грецкий орех окрашивает пряжу и ткани (и даже пальцы при его чистке) – во многом обусловлен содержанием во всех частях растения особого нафтохинонового соединения с вяжущими и дубильными свойствами – юглона [16, 18].

Юглон синтезируется грецким орехом для своих собственных нужд: он высоко токсичен для насекомых. Кроме того, он является так называемым «аллелопатическим соединением» – то есть он тормозит или угнетает рост растений-конкурентов других видов [16, 18].

Наряду с красящими свойствами, юглон обладает и многими лечебными свойствами, в частности, антиоксидантной, противовоспалительной и анти-свободнорадикальной активностью. Показано, что юглон тормозит полимеризацию тау-белков и образование фибрилл в экспериментальной модели БА, угнетает накопление β -амилоида и уменьшает воспалительную реакцию на него [3].

В масштабном популяционном исследовании NHANES было обнаружено, что у тех, кто регулярно потребляет грецкие орехи, был статистически достоверно ниже уровень депрессивных и тревожных расстройств, а также реже и в более позднем возрасте развивались КН [8].

В двух систематических обзорах, посвящённых изучению роли потребления грецких орехов в поддержании ментального здоровья, хорошего настроения и когнитивных функций, указывается, что, наряду с высоким содержанием омега-3 полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), маг-

ния, железа, цинка – этот эффект связан также с высоким содержанием в гречих орехах юглона и других природных антиоксидантов нафтохинонового ряда [14, 43].

*Листья оливы европейской (*Olea europaea L.*)*

Олива европейская (*Olea europaea L.*), она же – олива масличная, олива красильная – как следует из одного из синонимичных её названий, издавна использовалась человеком не только для отжима из её плодов оливкового масла или для употребления в пищу обработанных щёлочью, избавленных от горечи плодов (оливок или маслин), но и как красящее и одновременно лекарственное растение [16, 18].

Настой, отвар или экстракт листьев оливы европейской, а также тот щелочной протравливающий раствор, который остаётся после удаления горечи из её плодов – содержат чрезвычайно горькое, вяжущее и дубильное полифенольное соединение – олеуропеин. Именно это соединение делает оливки без их предварительной протравки щёлочью совершенно несъедобными. Это же соединение, в зависимости от продолжительности выдержки ткани или пряжи в его растворе, придаёт ткани или пряже либо нежно-оливковый цвет, либо цвет хаки («защитный») [16, 18].

Листья оливы европейской исторически использовали для окраски в защитно-маскировочный цвет хаки военной формы почти всех европейских армий прошлого [16, 18].

Использовали экстракт или настой из листьев оливы европейской и как лекарственное средство. При этом древние люди исходили из совершенно ненаучного, мистического представления о том, что лекарство, для того, чтобы помогать – просто обязано быть горьким, малосъедобным. В основе этого представления лежала мистическая идея о том, что употребление внутрь чего-то отвратительно горького – якобы должно создать неудобства для «злых духов» или «демонов», овладевших душой и телом больного, и, таким образом, создать благоприятные условия для их изгнания или переселения в другое тело [30, 46].

Разумеется, исходя из таких мистических представлений, широко применялись листья оливы европейской и в лечении самых разных психических и неврологических заболеваний – депрессивных и тревожных расстройств, психозов, деменций и т. д. [30, 46].

Современные исследования показывают, что олеуропеин из листьев оливы европейской, а также целостный экстракт листьев оливы, содержащий также олеокантал, лигстрозид и ряд других полифенольных соединений – действительно обладают мощной противовоспалительной,

антиоксидантной, анти-свободнорадикальной, нейропротективной, прогностивной (антидементной), антидепрессивной и анксиолитической активностью в самых разных моделях повреждения мозга (модель ишемии-реперфузии, модель БА, модель постенаркозных КН и др.) и в самых разных моделях депрессии (модель хронического непредсказуемого стресса, модель депрессии, вызванной введением резерпина или бактериального ЛПС и др.) [7, 22, 50].

*Кора, листья и плоды дуба обыкновенного (*Quercus robur L.*)*

Кору, листья и плоды (жёлуди) дуба обыкновенного (*Quercus robur L.*) люди издавна использовали одновременно и как лекарственное средство, и как средство для окрашивания пряжи, кож и тканей в коричневый цвет [16, 18].

Окраску эту придаёт настою из коры и листьев или плодов дуба обыкновенного высокое содержание в нём танинов, прежде всего робуринов А и В [16, 18].

Применение же внутрь настоев, отваров и экстрактов из коры и листьев дуба обыкновенного, как и в случае с оливой европейской, изначально основывалось на их горьком, вяжущем, терпком и в целом неприятном вкусе, и на свойственном древним людям мистическом представлении о том, что будто бы употребление внутрь горечи способно помочь «изгнанию злых духов», овладевших телом и душой больного и вызывающих симптомы болезни [30, 46].

Применялись настои, отвары и экстракти из коры и листьев дуба обыкновенного, в соответствии с этими представлениями, и для лечения психических расстройств – депрессивных и тревожных состояний, СХУ и т. д.

Современные исследования показали, что обогащённый робуринами А и В экстракт из коры и листьев дуба обыкновенного – эффективен в лечении СХУ, уменьшает проявления усталости, патологической утомляемости, умственной и физической слабости (астении), боли в мышцах и суставах, улучшает настроение и сон пациентов с СХУ, снижает показатели оксидативного стресса и воспаления в крови [10].

Заключение

Как видно из приведённых нами данных литературы, изначально человек начал применять в медицине красящие растения и экстракти из них на основании религиозно-мистической веры в символическое и/или магическое значение тех или иных цветов и цветовых сочетаний. Разумеется, это не имело ничего общего с современным научным подходом.

В то же время мы сегодня знаем, как на основании химической теории цвета, так и на основании изучения физиологической роли тех или иных

пигментов в организмах растений – о том, что многие растительные пигменты по совместительству являются также и активными антиоксидантами и скавенджерами свободных радикалов.

Этот антиоксидантный и анти-свободнорадикальный эффект многие растительные пигменты способны проявлять как в клетках первоначально синтезировавших их растений, так и в клетках питающихся этими растениями животных (включая и наши собственные клетки, в том числе мозговые).

А поскольку окислительный и нитрозативный стресс и свободнорадикальное повреждение нервных и глиальных клеток – ныне признаются одними из центральных звеньев патогенеза таких разных психических и неврологических заболеваний, как депрессивные и тревожные расстройства, БАР, шизофрения, СХУ, различные НДЗ – то нет ничего удивительного в том, что многие растительные пигменты, при изучении их фармакологических свойств современными методами, оказались действительно полезными в психиатрии и неврологии.

Представленные нами в настоящем обзоре литературные данные дают, на наш взгляд, основания для применения экстрактов из шафрана посевного и куркумина из куркумы длинной при лёгких формах депрессивных и тревожных расстройств, при различных НДЗ, богатых робуринами экстрактов коры дуба обыкновенного – при СХУ, экстрактов из грецкого ореха, содержащих юглон, и экстрактов из листьев оливы европейской, содержащих олеуропеин, экстрактов зелёного чая, содержащих эпигаллокатехин-3-галлат и другие чайные катехины, экстрактов натурального кофе, содержащих кофейную и хлорогеновую кислоты – при лёгких формах депрессивных и тревожных расстройствах, а также для профилактики или торможения развития НДЗ. Особенно это важно для пациентов, плохо переносящих ПФТ или отказывающихся от неё по тем или иным причинам.

Список литературы / References

1. Беккер Р.А., Быков Ю.В. Пряные и ароматические растения в психиатрии и неврологии: научный обзор. Часть I // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2018. Т. 10. № 1. С. 90-123. <https://doi.org/10.12731/wsd-2018-1-90-123>
2. Беккер Р.А., Быков Ю.В. Пряные и ароматические растения в психиатрии и неврологии: научный обзор. Часть II // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2018. Т. 10. № 2. С. 40-73. <https://doi.org/10.12731/wsd-2018-2-40-73>
3. Ahmad T., Suzuki Y.J. Juglone in Oxidative Stress and Cell Signaling // Antioxidants (Basel), 2019, vol. 4, no. 9, p. 91. <https://doi.org/10.3390/antiox8040091>

4. Akhondzadeh S., Sabet M.S., Harirchian M., Togha M., Cheraghmakani H., Razeghi S., Hejazi S.S., Yousefi M., Alimardani R., Jamshidi A. Saffron in the treatment of patients with mild to moderate Alzheimer's disease: a 16-week, randomized and placebo-controlled trial // *J Clin Pharm Ther*, 2010(a), vol. 5, no. 35, pp. 581-588. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2710.2009.01133.x>
5. Akhondzadeh S., Sabet M.S., Harirchian M.H., Togha M., Cheraghmakani H., Razeghi S., Hejazi S.S., Yousefi M.H., Alimardani R., Jamshidi A. A 22-week, multicenter, randomized, double blind controlled trial of Crocus sativus in the treatment of mild-to-moderate Alzheimer's disease // *Psychopharmacology (Berl)*, 2010(b), vol. 4, no. 207, pp. 637-643. <https://doi.org/10.1007/s00213-009-1706-1>
6. Alharbi W.M., Azmat A., Ahmed M. Comparative effect of coffee robusta and coffee arabica (Qahwa) on memory and attention // *Metab Brain Dis*, 2018, vol. 4, no. 33, pp. 1203-1210. <https://doi.org/10.1007/s11011-018-0230-6>
7. Alirezaei M., Rezaei M., Hajighahramani S., Sookhtehzari A., Kiani K. Oleuropein attenuates cognitive dysfunction and oxidative stress induced by some anesthetic drugs in the hippocampal area of rats. // *J Physiol Sci*, 2017, vol. 67, no. 1, pp. 131-139. <https://doi.org/10.1007/s12576-016-0446-3>
8. Arab L., Guo R., Elashoff D. Lower Depression Scores among Walnut Consumers in NHANES // *Nutrients*, 2019, vol. 2, no. 11, p. 275. <https://doi.org/10.3390/nu11020275>
9. Basiri-Moghadam M., Hamzei A., Moslem A.R., Pasban-Noghabi S., Ghorbani N., Ghenaati J. Comparison of the Anxiolytic Effects of Saffron (*Crocus sativus* L.) and Diazepam Before Herniorrhaphy Surgery: A Double Blind Randomized Clinical Trial. Zahedan // *J Res Med Sci*, 2016, no. 18.
10. Belcaro G., Saggino A., Cornelli U., Luzzi R., Dugall M., Hosoi M., Feragalli B., Cesarone M.R. Improvement in mood, oxidative stress, fatigue, and insomnia following supplementary management with Robuvit®. // *J Neurosurg Sci*, 2018, vol. 62, no. 4, pp. 423-427. <https://doi.org/10.23736/S0390-5616.18.04384-9>
11. Braem H. *The Power of the Colours: Meaning & Symbolism* // Elvea Verlag. 2020. 194 p.
12. Brown W.A. *The Placebo Effect in Clinical Practice* // Oxford University Press. 2012. 177 p.
13. Camfield D.A., Stough C., Farrimond J., Scholey A.B. Acute effects of tea constituents L-theanine, caffeine, and epigallocatechin gallate on cognitive function and mood: a systematic review and meta-analysis // *Nutr Rev*, 2014, vol. 8, no. 72, pp. 507-22. <https://doi.org/10.1111/nure.12120>
14. Chauhan A., Chauhan V. Beneficial Effects of Walnuts on Cognition and Brain Health // *Nutrients*, 2020, vol. 2, no. 1, p. 550. <https://doi.org/10.3390/nu12020550>

15. Christie R. Colour Chemistry: RSC. Royal Society of Chemistry, 2014. 360 pages.
16. Davey K. Natural Dyeing: Learn How to Create Color and Dye Textiles Naturally // Hardie Grant. 2022. 144 p.
17. Dawkins R. The Selfish Gene // Scientific American. 2004. 352 p.
18. Dean J., Casselman K.D. Wild Color, Revised and Updated Edition: The Complete Guide to Making and Using Natural Dyes // Potter Craft. 2010. 144 p.
19. Eskin N.M. Plant Pigments, Flavors and Textures: The Chemistry and Biochemistry of Selected Compounds // Academic Press. 2012. 236 p.
20. Fisher A. Tea Medicine // CreateSpace Independent Publishing Platform. 2014. 280 p.
21. Gilbert N. The science of tea's mood-altering magic // Nature, 2019, vol. 7742, no. 566, p. 8-9. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-00398-1>
22. Grewal R., Reutzel M., Dilberger B., Hein H., Zotzel J., Marx S., Tretzel J., Sarafeddinov A., Fuchs C., Eckert G.P. Purified oleocanthal and ligstroside protect against mitochondrial dysfunction in models of early Alzheimer's disease and brain ageing. // Exp Neurol, 2020, no. 328, p. 113248. <https://doi.org/10.1016/j.expneurol.2020.113248>.
23. Habtemariam S. Protective Effects of Caffeic Acid and the Alzheimer's Brain: An Update // Mini Rev Med Chem, 2017. vol. 8, no. 17, pp. 667-674. <https://doi.org/10.2174/1389557516666161130100947>
24. Jackson P.A., Haskell-Ramsay C., Forster J., Khan J., Veasey R., Kennedy D.O., Wilson A.R., Saunders C., Wightman E.L. Acute cognitive performance and mood effects of coffee berry and apple extracts: A randomised, double blind, placebo controlled crossover study in healthy humans // Nutr Neurosci, 2022, vol. 25, no. 11, pp. 2335-2343. <https://doi.org/10.1080/1028415X.2021.1963068>
25. Jackson P.A., Wightman E.L., Veasey R., Forster J., Khan J., Saunders C., Mitchell S., Haskell-Ramsay C.F., Kennedy D.O. A Randomized, Crossover Study of the Acute Cognitive and Cerebral Blood Flow Effects of Phenolic, Nitrate and Botanical Beverages in Young, Healthy Humans // Nutrients, 2020, vol. 8, no. 12, p. 2254. <https://doi.org/10.3390/nu12082254>
26. Ji X., Wang B., Paudel Y.N., Li Z., Zhang S., Mou L., Liu K., Jin M. Protective Effect of Chlorogenic Acid and Its Analogues on Lead-Induced Developmental Neurotoxicity Through Modulating Oxidative Stress and Autophagy // Front Mol Biosci, 2021, no. 8, p. 655549. <https://doi.org/10.3389/fmolb.2021.655549>
27. Kanchanatawan B., Tangwongchai S., Sughondhabhirom A., Suppapitiporn S., Hemrunrojn S., Carvalho A.F., Maes M. Add-on Treatment with Curcumin Has Antidepressive Effects in Thai Patients with Major Depression: Results of a Randomized Double-Blind Placebo-Controlled Study // Neurotox Res, 2018, no. 33, pp. 621–633. <https://doi.org/10.1007/s12640-017-9860-4>

28. Kucukgoncu S., Guloksuz S., Tek C. Effects of Curcumin on Cognitive Functioning and Inflammatory State in Schizophrenia: A Double-Blind, Placebo-Controlled Pilot Trial // *J Clin Psychopharmacol*, 2019, no. 39, pp. 182–184. <https://doi.org/10.1097/JCP.00000000000001012>
29. Loftis J.M., Wilhelm C.J., Huckans M. Effect of epigallocatechin gallate supplementation in schizophrenia and bipolar disorder: an 8-week, randomized, double-blind, placebo-controlled study // *Ther Adv Psychopharmacol*, 2013, vol. 1, no. 3, pp. 21-27. <https://doi.org/10.1177/2045125312464103>
30. Magner LN, Kim OJ. *A history of medicine* // CRC Press. 2017. 464 p.
31. Mancini E., Beglinger C., Drewe J., Zanchi D., Lang U.E., Borgwardt S. Green tea effects on cognition, mood and human brain function: A systematic review // *Phytomedicine*, 2017, no. 34, pp. 26-37. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2017.07.008>
32. Marx W., Lane M., Rocks T., Ruusunen A., Loughman A., Lopresti A., Marshall S., Berk M., Jacka F., Dean O.M. Effect of saffron supplementation on symptoms of depression and anxiety: a systematic review and meta-analysis // *J Affect Disord*, 2018, no. 227, pp. 330-337. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2017.11.020>
33. Mazidi M., Shemshian M., Mousavi S.H., Norouzy A., Kermani T., Moghiman T., Sadeghi A., Mokhber N., Ghayour-Mobarhan M., Ferns G.A. A double-blind, randomized and placebo controlled trial of Saffron (*Crocus sativus L.*) in the treatment of anxiety and depression // *J Complement Integr Med*, 2016, vol. 2, no. 13, pp. 195-199. <https://doi.org/10.1515/jcim-2015-0043>
34. McGee H. *Nose Dive: A Field Guide to the World's Smells* // Penguin Books. 2022. 688 p.
35. Miodownik C., Lerner V., Kudkaeva N., Lerner P.P., Pashinian A., Bersudsky Y., Eliyahu R., Kreinin A., Bergman J. Curcumin as Add-On to Antipsychotic Treatment in Patients With Chronic Schizophrenia: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Study // *Clin Neuropharmacol*, 2019, no. 42, pp. 117–122. <https://doi.org/10.1097/WNF.0000000000000344>
36. Moshiri E., Basti A.A., Noorbala A.A., Jamshidi A.H., Abbasi H.S., Akhondzadeh S. *Crocus sativus L.* (petal) in the treatment of mild-to-moderate depression: a double-blind, randomized and placebo-controlled trial // *Phytomedicine*, 2006, vol. 9-10, no. 13, pp. 607-611. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2006.08.006>
37. Mousavi B., Bathaei S.Z., Fadai F., Ashtari Z. Safety evaluation of saffron stigma (*Crocus sativus L.*) aqueous extract and crocin in patients with schizophrenia // *Avicenna J Phytomed*, 2015, vol. 5, no. 5, pp. 413-419.
38. Nabavi S.F., Tejada S., Setzer W.N., Gortzi O., Sureda A., Braidy N., Daglia M., Manayi A., Nabavi S.M. Chlorogenic Acid and Mental Diseases: From Chem-

- istry to Medicine // Curr Neuropharmacol, 2017, vol. 4, no. 4, pp. 471-479. <https://doi.org/10.2174/1570159X14666160325120625>
39. Panahi Y., Badeli R., Karami G.R., Sahebkar A. Investigation of the efficacy of adjunctive therapy with bioavailability-boosted curcuminoids in major depressive disorder // Phytother. Res, 2015, no. 29, pp. 17–21. <https://doi.org/10.1002/ptr.5211>
40. Platero J.L., Cuerda-Ballester M., Sancho-Cantus D., Benlloch M., Ceron J.J., Rubio C.P., García-Pardo M.P., López-Rodríguez M.M., Ortí J.R. The Impact of Epigallocatechin Gallate and Coconut Oil Treatment on Cortisol Activity and Depression in Multiple Sclerosis Patients // Life (Basel), 2021, vol. 4, no. 11, p. 353. <https://doi.org/10.3390/life11040353>
41. Preedy V.R. Coffee in Health and Disease Prevention // Academic Press. 1st Ed. 2014. 1080 p.
42. Preedy V.R. Tea in Health and Disease Prevention // Academic Press. 1st Ed. 2012. 1612 pages.
43. Ros E., Singh A., O'Keefe J.H. Nuts: Natural Pleiotropic Nutraceuticals // Nutrients, 2021, vol. 9, no. 13, p. 3269. <https://doi.org/10.3390/nu13093269>
44. Ruiz P. Comprehensive textbook of psychiatry. LWW, 2017. 4997 pages.
45. Shah M.A., Kang J.B., Park D.J., Kim M.O., Koh P.O. Chlorogenic acid alleviates neurobehavioral disorders and brain damage in focal ischemia animal models // Neurosci Lett, 2021, no. 760, p. 136085. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2021.136085>
46. Sneader W. Drug discovery: a history // John Wiley and Sons. 2005. 472 p.
47. Tsolaki M., Karathanasi E., Lazarou I., Dovas K., Verykouki E., Karakosta A., Georgiadis K., Tsolaki A., Adam K., Kompatsiaris I. Efficacy and Safety of Crocus sativus L. in Patients with Mild Cognitive Impairment: One Year Single-Blind Randomized, with Parallel Groups, Clinical Trial // J Alzheimers Dis, 2016. vol. 1, no. 54, pp. 129-33. <https://doi.org/10.3233/JAD-160304>
48. Unno K., Furushima D., Tanaka Y., Tominaga T., Nakamura H., Yamada H., Taguchi K., Goda T., Nakamura Y. Improvement of Depressed Mood with Green Tea Intake // Nutrients, 2022 (a), vol. 14, no. 14, p. 2949. <https://doi.org/10.3390/nu14142949>
49. Unno K., Taguchi K., Hase T., Meguro S., Nakamura Y. Coffee Polyphenol, Chlorogenic Acid, Suppresses Brain Aging and Its Effects Are Enhanced by Milk Fat Globule Membrane Components // Int J Mol Sci, 2022 (b), vol. 10, no. 23, p. 5832. <https://doi.org/10.3390/ijms23105832>
50. Xu A.N., Nie F. Brain-derived neurotrophic factor enhances the therapeutic effect of oleuropein in the lipopolysaccharide-induced models of depression. // Folia Neuropathol, 2021, vol. 59, no. 3, pp. 249-262. <https://doi.org/10.5114/fn.2021.108550>

51. Xue H, Thaivalappil A, Cao K. The Potentials of Methylene Blue as an Anti-Aging Drug. // Cells, 2021, vol. 10, no. 12, p. 3379. <https://doi.org/10.3390/cells10123379>
52. Yanagimoto A., Matsui Y., Yamaguchi T., Hibi M., Kobayashi S., Osaki N. Effects of Ingesting Both Catechins and Chlorogenic Acids on Glucose, Incretin, and Insulin Sensitivity in Healthy Men: A Randomized, Double-Blinded, Placebo-Controlled Crossover Trial // Nutrients, 2022, vol.23, no.14, pp. 5063. <https://doi.org/10.3390/nu14235063>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Беккер Роман Александрович, независимый исследователь в области психофармакологии
ул. Бен-Гурион, 26/7, г. Азур, 5801726, Израиль
romanbekker2022@gmail.com

Быков Юрий Витальевич, врач анестезиолог-реаниматолог, врач психиатр-нарколог, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры анестезиологии и реаниматологии с курсом ДПО, педиатрический факультет ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный медицинский университет Минздрава России»
ул. Мира, 310, г. Ставрополь, 355017, Российская Федерация
yubykov@gmail.com

DATA ABOUT THE AUTHORS

Roman A. Bekker, independent researcher in the field of psychopharmacology
26/7, Ben-Gurion Str, Azur, 5801726, Israel
romanbekker2022@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0773-3405>

Yuriy V. Bykov, Anesthesiologist, Psychiatrist, Addiction Medicine Specialist, Candidate of Medical Sciences, Teaching Assistant at the Department of Anesthesiology, Reanimatology and Emergency Care, Department of Pediatrics Stavropol State Medical University
310, Mira Str, Stavropol, 355017, Russian Federation
yubykov@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4705-3823>

Поступила 20.03.2023

После рецензирования 15.05.2023

Принята 20.05.2023

Received 20.03.2023

Revised 15.05.2023

Accepted 20.05.2023

ОПЫТ РЕГИОНОВ

EXPERIENCE OF REGIONS

DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-952

UDC 615.2:336.5



Original article

ANALYSIS OF FEATURES OF MEDICATION SUPPLY STRUCTURE IN THE RUSSIAN FEDERATION AT THE REGIONAL LEVEL

*Zh.V. Mironenkova, S.Z. Umarov, O.I. Knysh,
L.M. Gabdulkhakova, M.A.E.Kh. El' Mussavi*

The changing trade procedures within the healthcare system aim to improve the procurement mechanisms for medical products (MP), means of supplier identification, ways to reduce contract prices, and informational foundation for contracting. Research on the efficiency of MP procurement systems in the federal subjects of the Russian Federation and legislative acts applied to them is especially relevant today. This work aims to compare structural differences in contract-regulated MP procurement systems in the Republic of Bashkortostan (RB). The official website www.zakupki.gov.ru provides data on volumes and structure of MP supply in medical and pharmaceutical organizations of the RB. This paper contains the indexes of supplier and consumer rotation in the RB trade in 2013 and 2017 and a comparative analysis of tenders according to the form of order placement. The authors calculated the efficiency gains of signed contracts and conducted a comparative analysis of the examined tenders in the MP procurement system according to federal legislation (federal laws). The work undertaken allowed the authors to determine development tendencies in the competition among MP suppliers, identify the structural specificity of the MP tenders, and demonstrate their efficiency. The authors present conclusions drawn based on the comparative analysis and provide recommendations on the improvement of MP procurement in the RB. They identify the high potential of the republic to implement digital public auctions as a form of an MP procurement mechanism in accordance with Federal Law No. 223-FZ.

Keywords: contracting system; medical products; suppliers

For citation. Mironenkova Zh.V., Umarov S.Z., Knysh O.I., Gabdulkhakova L.M., El'Mussavi M.A.E.Kh. Analysis of Features of Medication Supply Structure in the Russian Federation at the Regional Level. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2023, vol. 15, no. 5, pp. 473-487. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-952

Научная статья

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ СТРУКТУРЫ ЗАКУПОК ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Ж.В. Мироненкова, С.З. Умаров, О.И. Кныш,
Л.М. Габдулхакова, М.А.Э.Х. Эль Муссави**

Изменения в процедурах проведения торгов для нужд здравоохранения направлены на совершенствование системы закупок лекарственных препаратов (ЛП) в области способов определения поставщиков, снижения цен контрактов, информационного обеспечения контрактной системы. Особую актуальность имеют исследования эффективности системы закупок ЛП на уровне субъектов РФ с учетом применяемых нормативно-правовых актов. Цель работы: проведение сравнительного анализа по структурным особенностям закупок ЛП в условиях контрактной системы на уровне субъекта РФ – Республики Башкортостан (РБ). Методы исследования: Источником информации об объемах и структуре закупок ЛП медицинскими и фармацевтическими организациями в РБ являлся официальный сайт РФ www.zakupki.gov.ru. В статье приведены результаты определения индексов обновления поставщиков и заказчиков, участвовавших в торгах в 2013 и 2017 г.г.; сравнительного анализа торгов по форме размещения. Рассчитана экономия финансовых средств по результатам заключения контрактов, проведен её сравнительный анализ. Результаты и обсуждение: Сравнительный анализ проводимых торгов в электронной форме в соответствии с федеральными законами (ФЗ) в системе закупок ЛП позволил выявить тенденции в развитии конкуренции среди поставщиков ЛП. Установлены структурные особенности торгов, показана их эффективность. По результатам сравнительного анализа представлены выводы и приведены

рекомендации, направленные на совершенствование лекарственного обеспечения в РБ. Выявлено, что в Республике Башкортостан имеется высокий уровень потенциала для проведения закупок ЛП в виде открытого аукциона в электронной форме в соответствии с ФЗ-223.

Ключевые слова: контрактная система; лекарственные препараты; поставщики

Для цитирования. Мироненкова Ж.В., Умаров С.З., Кныш О.И., Габдулхакова Л.М., Эль Муссави М.А.Э.Х. Анализ особенностей структуры закупок лекарственных препаратов на региональном уровне в Российской Федерации // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. Т. 15, №5. С. 473-487. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-952

Introduction

Many environmental and social factors contribute to the improvement in public physical health, decrease in morbidity rate, accelerated recovery, and life expectancy. Among the most important ones is the supply of the population with medications to cure and prevent diseases. A more comprehensive approach to budget distribution in terms of medical supply [8] is brought about by the change in contracting regulations, new normative acts aligned with the antitrust legislation, Civil Code of the Russian Federation, Budgetary Code, and judicial practice. Shift within the digital tender procedures caused by transfer from Federal Law No. 94-FZ of July 21, 2005, to Federal Laws No. 223-FZ of July 18, 2011, and No. 44-FZ of April 5, 2013 [11–13]. These legislative transformations contribute to the enhancement of the government procurement system [9], methods of supplier identification, governmental contracting procedures [2], information support for the contracting system, and the experience of its implementation [3], active development of the digital economy, and competitive market for the procurement of medical products (MP).

There are numerous studies on medical procurement in the Russian federal subjects and individual medical facilities [4; 5; 7]. However, the authors take interest in the structural features of the medical market under changing contracting regulations and the efficiency of current procurement activities in the Republic of Bashkortostan. This field has never received scientific coverage before.

Materials and methods

This study aims to compare the structural specificities of medical supply procurement under the contracting system in the Republic of Bashkortostan.

The research objectives include the following: to calculate the supplier and customer rotation indexes for tenders in 2013 and 2017; to conduct a comparative analysis of tenders regarding their operational form by value and by quantity; to calculate the cost-saving on completion of the contracts.

In the course of this research, the authors applied the following research methods: the statistical method, the analytical method, comparative analysis. The official procurement informational portal of the Russian Federation www.zakupki.gov.ru served as a source of data on volumes and the structure of MP supply for medical and pharmaceutical organizations [6].

In this research, the authors utilized digital contract cards available through the web portal. They determined the region based on the basic procurement and contracting information for 2013 and 2017. A digital database was compiled via the Microsoft® Office Excel 2013 applied toolkit.

The supplier/customer rotation indexes calculated by the authors present a ratio of all the new suppliers/customers in the Republic of Bashkortostan (RB) that purchased or supplied MP in 2017 to the respective figure in 2013.

The authors selected the trades regulated by contracts aligning with Federal Laws No. 44-FZ and 223-FZ. To calculate the indexes, the following formula was used (1):

$$I_0 = m / M \quad (1)$$

where:

m – the number of new MP customers/suppliers;

M – the total number of MP customers/suppliers in 2017.

The authors calculated the cost-saving (CS) based on the data provided by the united contract roster. The indicator was found via the formula (2) based on the contracting performance over the researched periods:

$$CSc = \frac{N-P}{N} \times 100 \quad (2)$$

where:

P – the contract price;

N – the guaranteed maximum contract price according to its respective notice of procurement.

To apply the starting maximum price indicator, the absolute cost saving of the lots must be higher than zero.

The MP procurement distribution in the procurement system of the RB during each period under analysis (2013 and 2017) allowed the authors to identi-

fy the efficiency of the tenders as a ratio of tender efficiency in every operational form to the overall efficiency rate over the period under review.

Results

The conducted research found that 222 and 229 suppliers entered tenders in compliance with Federal Laws No. 94-FZ and 44-FZ in 2013 and 2017 respectively, while Federal Law No. 223-FZ served as a legislative foundation for 52 and 79 suppliers in the same years. The supplier/customer rotation indexes demonstrate a change in the structure of suppliers despite minor changes in their number (Table 1).

Table 1.
The MP supplier/customer rotation index in the RB, 2017

Contract system participants	<i>94-FZ /44-FZ</i>	<i>223-FZ</i>	Average
Suppliers	155/229=0.68	26/79=0.33	0.51
Customers	42/157=0.27	15/39=0.38	0.33

The rotation index reached its maximum in the group of suppliers that carry out the MP procurement based on Federal Law No. 44-FZ and amounted to 0.68. The calculated indicators highlighted the independent state of customers and rising competition between suppliers. Furthermore, they demonstrated low costs for the change of a supplier and contracting due to extensive usage of Internet technologies and a united database in tenders. The lowest rotation index in 2017 compared to 2013 was detected in the group of customers ($Io = 0.27$) that purchased the MP under the regulations listed in Federal Law No. 44-FZ. The latter indicates a relatively stable state of this group despite changing conditions within the procurement system.

The authors proceeded to conduct a comparative analysis of different tender forms by their share in the total tender number in monetary and quantitative terms. The results reveal that both in 2013 and 2017, the auction tender under Federal Laws No. 94-FZ and 44-FZ was the most stable organizational form. The average share of tenders of this type amounted to 22.59% in monetary terms and 18.23% in quantitative terms. The authors determined that the average number of four-member auctions maintaining the required competition level equaled 13.06%. At the same time, the average proportion of other trades organized as a price quotation request with four members amounted to 1.25% (Table 2-3).

Table 2.

The share of MP tenders in monetary terms in the RB according to their operational form and federal legislations in 2013 and 2017, %

Tender form	1 supplier				2 suppliers				3 suppliers				4 suppliers			
	94-FZ	44-FZ	223-FZ	223-FZ	94-FZ	44-FZ	223-FZ	223-FZ	94-FZ	44-FZ	223-FZ	223-FZ	94-FZ	44-FZ	223-FZ	223-FZ
	2013	2017	2013	2017	2013	2017	2013	2017	2013	2017	2013	2017	2013	2017	2013	2017
Auction	40.00	42.57	15.14	16.57	20.41	21.99	1.09	1.90	10.26	19.36	0	0.45	11.28	14.83	0	0
Price quotation request	2.23	0.76	13.67	59.77	10.57	0.09	10.67	4.99	2.91	0.10	0	0.42	2.34	0.16	0	4.74
Request for proposal	0	0.05	0	0	0	0.07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Single supplier tender	0	0.02	60.60	11.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	42.23	43.47	89.41	87.5	30.98	22.08	11.76	6.89	13.17	19.46	0	0.87	13.62	14.99	0	4.74

Table 3.

The share of MP tenders in quantitative terms in the RB according to their operational form and federal legislations in 2013 and 2017. in %

Tender form	1 supplier				2 suppliers				3 suppliers				4 suppliers			
	94-FZ	44-FZ	223-FZ	223-FZ	94-FZ	44-FZ	223-FZ	223-FZ	94-FZ	44-FZ	223-FZ	223-FZ	94-FZ	44-FZ	223-FZ	223-FZ
	2013	2017	2013	2017	2013	2017	2013	2017	2013	2017	2013	2017	2013	2017	2013	2017
Auction	16.56	35.87	19.20	14.20	11.16	23.87	1.49	3.09	9.39	15.90	0	0.62	13.95	19.15	0	0
Price quotation request	7.40	3.78	10.12	60.49	26.90	0.86	11.46	8.64	7.89	0.27	0	1.85	6.74	0.07	0	2.47
Request for proposal	0	0.02	0	0	0	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Single supplier tender	0	0.19	57.74	8.64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	23.96	39.85	87.05	74.69	38.06	24.76	12.95	11.73	17.28	16.17	16.17	2.47	20.69	19.22	19.22	2.47

The authors note that in 2013 and 2017, the proportion of four-member tenders carried out under Federal Law No. 223-FZ was only 4.74% of the total number. Furthermore, this type of tenders was performed exclusively in the form of a price quotation request. The total share of price quotation request tenders under Federal Laws No. 94-FZ and 44-FZ was significantly lower and amounted to an average of 6.74% in quantitative terms and 2.40% in monetary terms. However, there was a massive share of price quotation request tenders with one supplier regulated by Federal Law No. 223-FZ. It approximated an average of 36.72% in quantitative terms and 35.31% in monetary terms. Of interest is the fact that procurement from a single supplier is predominantly regulated by Federal Law No. 223-FZ. The monetary share of this type of tenders was 60.60%, while the proportion in quantitative terms amounted to 57.74%.

The analysis of procurement structure and its efficiency in the RB in monetary terms allowed the authors to determine that the tenders carried out under Federal Law No. 44-FZ in 2017 demonstrated the best performance. This group included auctions with an efficiency rate of 19.10% (Table 4).

Table 4.
**The tender efficiency according to the operational forms in the RB
in monetary terms, %**

Tender form	94-FZ	44-FZ	223-FZ	223-FZ	Average
	2013	2017	2013	2017	
Auction	15.86	19.10	12.92	14.36	15.56
Proce quotation request	17.57	13.96	11.93	9.54	13.25
Request for proposal	0	0.51	0	0	0.13
Single supplier tender	0	0.68	0	0.08	0.19
Total	33.43	34.25	24.85	23.98	29.13

In this research, the authors identified the efficiency of tenders according to their operational form and place in the structure of a respective period in the RB (Fig. 1).



Fig. 1. Efficiency distribution by the tender form according to Federal Laws No. 94-FZ, 44-FZ, and 223-FZ in the RB in 2013 and 2017

The authors determined the procurement via auction regulated by Federal Law No. 223-FZ as the most efficient form of tender in 2017. Its efficiency rate reached 59.88%. Auctions regulated by Federal Laws No. 94-FZ and 44-FZ also demonstrated an efficiency increase of 8.33%. Finally, the efficiency of auctions under Federal Law No. 223-FZ grew by 7.89% compared to the respective figure in 2013.

Discussion

In the face of limited financial resources, the research on governmental procurement structure in federal subjects of the Russian Federation becomes of prominent interest [1; 10]. The differentiation of MP procurement tenders conducted by the authors earlier revealed high developmental prospects of the digital economy. Furthermore, the conducted analysis pointed out the need to reduce the uncertainty and risks of failure in tenders as it may potentially lead to increased tender prices. On average, 95.67% of all MP procurement tenders under Federal Laws No. 94-FZ and 44-FZ in 2013 and 2017 were deemed successful. However, the number of successful tenders regulated by 223-FZ was lower and amounted to an average of 64.68%. In 2017, 42.22% of the tenders failed, including single-lot ones. The latter constituted 30.55% of the total procurement cost in the analyzed period.

In the present research, the authors conducted a comparative analysis of the MP procurement tenders in the Republic of Bashkortostan in 2013 and 2017. They established that the number of successful MP procurement tenders in the RB peaked in 2017 and concerned mostly the tenders regulated by Federal Law No. 44-FZ. The mentioned legislation promoted open digital auctions due to their prominent advantages. These include lower budget costs on the organization of tenders, the lack of need to compile a procurement statement for customers, and no need to revise MP procurement statements of individual customers for suppliers. At the same time, the bid increment amounted to 0.5% to 5% of the initial guaranteed maximum contract price. Digital signatures created a safer environment for the organization of tenders. However, some enterprises chose to enter tenders through the individual states as permitted by Federal Law No. 223-FZ. This allowed them to present their requirements for tender participants without carrying out all the tender steps. The authors find it interesting that in the examined situation, digital price quotation requests became the prevailing procurement method (69.92%) as they ensured fast and the simplest procurement procedure.

The comparison of the tenders revealed that in 2017, the introduction of the united digital system of request placement raised the competitiveness rate

among suppliers and significantly decreased the share of inefficient procurement methods. At the same time, the share of successful tenders went down. The authors attribute this to a cumulative purchase from a range of pharmaceutical organizations in the RB taking up a large proportion of the total tender capacity. This situation highlights the need for a decrease in risks and uncertainty associated with large lots.

Conclusion

In this research, the authors carried out a comparative analysis of MP procurement and its structural specificity in the contracting system within the Republic of Bashkortostan. The supplier and customer rotation indexes for 2013 and 2017 found in the course of the research demonstrated an independent state of customers that stems from a rising competition between suppliers, low costs of changing a supplier, contract formation in a widely digitalized procurement environment, and a united database available in digital tender platforms. The analysis of tenders by their operational form in monetary and quantitative terms indicated a lack of requests for proposals. The auction tenders under Federal Law No. 44-FZ, price quotation requests, and one-supplier tenders were the prevailing tender forms. Nevertheless, the fact that in 2017 the auction tenders under Federal Law No. 223-FZ demonstrated the highest cost-saving and tender efficiency compared to 2013. Therefore, this area requires further research with a view to finding ways to enhance tender mechanisms in the MP procurement in the Republic of Bashkortostan.

References

1. Petrukhina I.K., Yagudina R.I., Ryazanova T.K., Kurkin V.A., Pervushkin S.V., Egorova L.V., Loginova A.I., Khusainova, Blinkova, P.R. Analiz realizatsii federal'noy programmy obespecheniya neobkhodimymi lekarstvennymi preparatami v sub"ektakh Rossiyskoy Federatsii [Analysis of the implementation of the federal assurance program of supporting beneficiaries with indispensable medical preparations in the subjects of the Russian Federation]. *Farmatsiya i Farmakologiya* [Pharmacy & Pharmacology], 2020, vol. 8, no. 4, pp. 273–284.
2. Bariev M.F. *Razrabotka organizatsionno-metodicheskogo obespecheniya podgotovitel'nogo etapa organizatsii zakupok lekarstvennykh preparatov na regional'nom urovne (na primere Respubliki Tatarstan)* [Development of organizational and methodological support for the preparatory stage of the organization of procurement of medicines at the regional level (On the example of the Republic of Tatarstan)]; Dis. of cand. of pharm. sciences. Moscow, 2018, 24 p.

3. Bredneva N.D., Ugrymova T.A., Firsenko N.P., Kolchanova Zh.V. Issledovanie regulirovaniya protsedury zakupok lekarstvennykh preparatov dlya gosudarstvennykh i munitsipal'nykh nuzhd [Study of the regulation of the procurement procedure of drugs for the state and municipal needs]. *Meditinskaya Nauka i Obrazovanie Urala*, 2019, vol. 1, no. 97, pp. 114–116.
4. Mironenkova Zh.V., Davletyanova A.F., Gabdulkhakova L.M., Ilyinova Yu.G., Ivakina S.N., Yapparov R.G. Izuchenie dostupnosti lekarstvenny'x preparatov dlya lecheniya VICH-inficirovanny'x bol'ny'x v Respublike Bashkortostan [Research on the availability of medical drugs for the HIV patients treatment in the Republic of Bashkortostan]. *VICH-Infekciya i Immunosupressii* [HIV Infection and Immunosuppressive Disorders], 2019, vol. 11, no. 1, pp. 96–102. <https://doi.org/10.22328/2077-9828-2019-11-1-96-102>
5. Narkevich I.A., Barankina T.A., Bogdanov V.V., Yakimenko O.N., Edunova T.E. Optimizatsiya zakupok lekarstvennykh preparatov dlya statsionara mnogoprofil'noy meditsinskoy organizatsii [Optimization of procurements of medicines for hospital of multidisciplinary medical organization]. *Sibirskoye Meditsinskoye Obozreniye* [Siberian Medical Review], 2013, vol. 2, pp. 90–93.
6. Ofitsial'nyy sayt edinoy informatsionnoy sistemy v sfere zakupok, 2017 g. [Official website of the unified information system in the field of procurement, 2017]. URL: <https://zakupki.gov.ru/>
7. Pudovkin A.A., Shcherbina N.N., Perfil'ev A.A. Osobennosti zakupok lekarstvennykh sredstv dlya nuzhd gosudarstvennykh uchrezhdeniy zdravookhraneniya [Specifics of pharmaceuticals procurement for the needs of the state healthcare institutions]. *Vestnik Altayskoy Nauki*, 2014, vol. 2-3, no. 20-21, pp. 239–243.
8. Reykhtman T.V., Moshkova L.V. Podkhody k optimizatsii raspredeleniya mezhdru sub"ektami Rossiyskoy Federatsii finansovykh sredstv federal'nogo byudzheta, prednaznachennykh na zakupku dorogostoyashchikh lekarstvennykh preparatov dlya meditsinskogo primeneniya [Approaches to optimization of distribution among the subjects of the Russian Federation funds of the federal budget allocated for the purchase of expensive drugs for medical use]. *Sovremennyye Problemy Nauki i Obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education], 2015, vol. 2-2, p. 474.
9. Barankina T.A., Edunova T.E., Krasnopeeva I.V., Tolkova E.N. Retrospektivnyy analiz zakupok lekarstvennykh preparatov dlya mnogoprofil'noy meditsinskoy organizatsii [Retrospective analysis of procurement of pharmaceuticals for multi-profile medical organization]. *Sovremennyye Problemy Zdravookhraneniya i Meditsinskoy Statistiki* [Current Problems of Health Care and Medical Statistics], 2019, vol. 3, pp. 429–439.

10. Davletyanova A.F., Mironenkova Zh.V., Umarov S.Z., Knysh O.I. Sravnitel'nyy analiz zakupok lekarstvennykh preparatov dlya nuzhd meditsinskoy organizatsii v usloviyakh kontraktnoy sistemy [Comparative analysis of purchasing of medicines for the needs of a medical organization under conditions of a contract system]. *Sovremennyye Problemy Zdravookhraneniya i Meditsinskoy Statistiki* [Current Problems of Health Care and Medical Statistics], 2020, vol. 1, pp. 161–178.
11. *Federal'nyy Zakon “O zakupkakh tovarov, rabot, uslug otdel’nymi vidami yuridicheskikh lits”, N 223-FZ, ot 18.07.2011, 2011 g.* [Federal Law “On procurement of goods, works, and services by certain types of legal entities” No. 223-FZ from July 25, 2011]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_116964/
12. *Federal'nyy Zakon “O kontraktnoy sisteme v sfere zakupok tovarov, rabot, uslug dlya obespecheniya gosudarstvennykh i munitsipal’nykh nuzhd”, N 44-FZ, ot 05.04.2013, 2013 g.* [Federal Law “On the contract system in the field of procurement of goods, works, and services to meet state and municipal needs” No. 44-FZ from April 08, 2013]. URL: http://www.consultant.ru/document/Cons_doc_LAW_144624/
13. *Federal'nyy Zakon “O razmeshchenii zakazov na postavki tovarov, vypolnenie rabot, okazanie uslug dlya gosudarstvennykh i munitsipal’nykh nuzhd”, N 94-FZ, ot 21.07.2005, 2005* [Federal Law “On placing orders for the supply of goods, performance of work, and provision of services for state and municipal needs” No. 94-FZ from July 21, 2005]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_54598/

Список литературы

1. Анализ реализации федеральной программы обеспечения необходимыми лекарственными препаратами в субъектах Российской Федерации / Петрухина И.К., Ягудина Р.И., Рязанова Т.К., Куркин В.А., Первушкин С.В., Егорова Л.В., Логинова А.И., Блинкова П.Р. // Фармация и фармакология. 2020. Т. 8. № 4. С. 273-284.
2. Бариев М.Ф. Разработка организационно-методического обеспечения подготовительного этапа организации закупок лекарственных препаратов на региональном уровне (на примере Республики Татарстан): Дис. кан-та фарм. наук. М., 2018. 24 с.
3. Исследование регулирования процедуры закупок лекарственных препаратов для государственных и муниципальных нужд / Бреднева Н.Д., Угрюмова Т.А., Фирсенко Н.П., Колчанова Ж.В. // Медицинская наука и образование Урала. 2019. №1. С. 114-116.

4. Изучение доступности лекарственных препаратов для лечения ВИЧ-инфицированных больных в Республике Башкортостан / Мироненкова Ж.В., Давлетьянова А.Ф., Габдулхакова Л.М., Ильинова Ю.Г., Ивакина С.Н., Яппаров Р.Г. // ВИЧ-инфекция и иммуносупрессии. 2019. Т. 11. № 1. С. 96–102. <https://doi.org/10.22328/2077-9828-2019-11-1-96-102>
5. Оптимизация закупок лекарственных препаратов для стационара много-профильной медицинской организации. / Наркевич И.А., Баранкина Т.А., Богданов В.В., Якименко О.Н., Едунова Т.Е. // Сибирское медицинское обозрение. 2013. № 2. С. 90-93.
6. Официальный сайт единой информационной системы в сфере закупок, 2017 г. URL: <https://zakupki.gov.ru/>
7. Пудовкин А.А., Щербина Н.Н., Перфильев А.А. Особенности закупок лекарственных средств для нужд государственных учреждений здравоохранения // Вестник алтайской науки. 2014. Т. 2-3. № 20-21. С. 239–243.
8. Рейхтман Т.В., Мошкова Л.В. Подходы к оптимизации распределения между субъектами Российской Федерации финансовых средств федерального бюджета, предназначенных на закупку дорогостоящих лекарственных препаратов для медицинского применения // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-2. С. 474.
9. Ретроспективный анализ закупок лекарственных препаратов для много-профильной медицинской организации / Баранкина Т.А., Едунова Т.Е., Краснопеева И.В., Толкова Е.Н. // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2019. № 3. С. 429–439.
10. Сравнительный анализ закупок лекарственных препаратов для нужд медицинской организации в условиях контрактной системы / Давлетьянова А.Ф., Мироненкова Ж.В., Умаров С.З., Кныш О.И. // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2020. №1. С.161–178.
11. Федеральный закон «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц», N 223-ФЗ, от 18.07.2011, 2011 г. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_116964/
12. Федеральный закон «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд», N 44-ФЗ, от 05.04.2013, 2013 г. URL: http://www.consultant.ru/document/Cons_doc_LAW_144624/
13. Федеральный закон «О размещении заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд», N 94-ФЗ, от 21.07.2005, 2005 г. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_54598/

AUTHOR CONTRIBUTIONS

- Zhanna V. Mironenkova:** conducting of the experiment, interpretation of the results, preparation of the text of the paper.
- Sergey Z. Umarov:** conducting of the experiment, interpretation of the results, preparation of the text of the paper
- Olga I. Knysh:** conducting of the experiment, interpretation of the results, preparation of the text of the paper.
- Lyaysan M. Gabdulkhakova:** conducting of the experiment, interpretation of the results, preparation of the text of the paper.
- Mokhamad A.E.Kh. El' Mussavi:** conducting of the experiment, interpretation of the results, preparation of the text of the paper.

ВКЛАД АВТОРОВ

- Мироненкова Ж.В.:** проведение эксперимента, интерпретация результатов, подготовка текста статьи.
- Умаров С.З.:** проведение эксперимента, интерпретация результатов, подготовка текста статьи.
- Кныш О.И.:** проведение эксперимента, интерпретация результатов, подготовка текста статьи.
- Габдулхакова Л.М.:** проведение эксперимента, интерпретация результатов, подготовка текста статьи.
- Эль Муссави М.А.:** проведение эксперимента, интерпретация результатов, подготовка текста статьи.

DATA ABOUT THE AUTHORS

Zhanna V. Mironenkova

*Saint-Petersburg State Chemical and Pharmaceutical University
14, Professora Popova Str., St Petersburg, 197376, Russian Federation
mironenkova.zhanna@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1029-093X>*

Sergey Z. Umarov

*Saint-Petersburg State Chemical and Pharmaceutical University
14, Professora Popova Str., St Petersburg, 197376, Russian Federation
sergei.umarov@pharminnotech.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0771-6143>*

Olga I. Knysh

*Tyumen State Medical University
54, Odesskaya Str., Tyumen, 625023, Russian Federation*

knyshO@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6150-1683>

Lyaysan M. Gabdulkhakova

*Bashkir State Medical University
3, Lenina Str., Ufa, 450010, Russian Federation
gabdulchakova73@mail.ru*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1294-3976>

Mokhamad A.E.Kh. El' Mussavi

*Saint-Petersburg State Chemical and Pharmaceutical University
14, Professora Popova Str., St Petersburg, 197376, Russian Federation
drmohamadmoussawi@hotmail.com*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5432-7680>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Жанна В. Мироненкова

*Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет
ул. Профессора Попова, 4а, г. Санкт-Петербург, 197376, Российской Федерации
mironenkova.zhanna@yandex.ru*

Сергей З. Умаров

*Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет
ул. Профессора Попова, 4а, г. Санкт-Петербург, 197376, Российской Федерации
sergei.umarov@pharminnotech.com*

Ольга И. Кныш

*Тюменский Государственный Медицинский Университет
ул. Одесская, 54, г. Тюмень, 625023, Российская Федерация
knyshO@mail.ru*

Ляйсан М. Габдулхакова

*Башкирский Государственный Медицинский Университет
ул. Ленина 3, г. Уфа, 450010, Российской Федерации
gabdulchakova73@mail.ru*

Мохамад А. Э. Х. Эль Муссави

*Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет
ул. Профессора Попова, 4а, г. Санкт-Петербург, 197376, Российская Федерация
drmohamadmoussawi@hotmail.com*

Поступила 29.03.2023

Received 29.03.2023

После рецензирования 29.04.2023

Revised 29.04.2023

Принята 05.05.2023

Accepted 05.05.2023

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

INTERDISCIPLINARY RESEARCH

DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-950

УДК 614.256



Научный обзор

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В УСЛОВИЯХ УГРОЗЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭПИДЕМИЙ И ПАНДЕМИЙ В МЕГАПОЛИСЕ: ВОПРОСЫ ПУБЛИЧНО-ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

А.И. Землин, Е.В. Гоц, М.А. Матвеева

Целью исследования вопросов обеспечения безопасного и эффективного использования беспилотных автомобилей в мегаполисе в условиях распространения инфекционных заболеваний с использованием средств публично-правового регулирования является выработка на основе применения методик системно-правового анализа научно обоснованных предложений по совершенствованию законодательства в интересах применения беспилотных автомобилей в условиях мегаполиса в целях противодействия распространению эпидемий и пандемий. Отсутствие результатов научного осмысления опыта правового обеспечения функционирования транспортной системы мегаполиса в условиях эпидемий и пандемий, а, в особенности, – в период противодействия распространению коронавирусной инфекции COVID-19, как в иностранных государствах, так и в России, представляется немаловажным фактором негативного характера, минимизирующими потенциал использования беспилотных автомобилей для сокращения возможностей «перекрестного» заражения в районах с высокой плотностью населения, к числу которых, несомненно, относятся и мегаполисы.

Обоснование. Все большее возрастание угроз распространения эпидемий и пандемий, равно каких последствий, продемонстрированные, в том числе, и

по результатам коронавирусной инфекции COVID-19, влечет за собой вполне обоснованное внимание представителей практики и интерес научных работников к определению средств противодействия угрозам распространения инфекционных заболеваний. Особое значение поиск такого рода средств имеет для обеспечения безопасности населения, проживающего в отдельных местностях, характеризующихся наличием дополнительных факторов, влекущих существенное возрастание рисков заболевания. Речь, в частности, идет о ситуации в мегаполисах, отличающихся чрезвычайно высокой плотностью населения, которая в сочетании с наличием развитых транспортных коммуникаций, увеличенным пассажиропотоком способствует «перекрестному» заражению, быстрому распространению массовых инфекционных заболеваний. При этом, как показывают результаты исследования, применение беспилотных автомобилей в условиях мегаполиса в интересах осуществления мониторинга эпидемиологической обстановки в районах с высоким уровнем заражения, доставки больным медикаментов и т.п. обеспечивает минимизацию риска заражения медицинского персонала, существенно сокращает материальные расходы и временные затраты на осуществление такого рода мер.

Материалы и методы исследования. Использование методов сравнительно-правового анализа позволило авторам по результатам изучения зарубежных правовых источников, аналитических данных и научной литературы позволило авторам оценить применимость опыта правового регулирования и организации безопасного использования беспилотных автомобилей в мегаполисе в условиях возникновения и противодействия распространению эпидемий и пандемий. Формально-догматический анализ российских нормативных правовых и индивидуальных актов по вопросам обеспечения безопасного использования в условиях городской агломерации беспилотных автомобилей позволил выявить пробелы и противоречия, минимизирующие потенциал правового воздействия на участников исследуемых отношений.

Результаты. Комплексное системно-правовое исследование научных источников, норм международного, зарубежного и российского законодательства, правоприменимой практики позволило авторам сформулировать предложения по совершенствованию системы правового регулирования в целях безопасного использования в условиях мегаполиса беспилотных автомобилей при возникновении рисков возникновения и противодействия распространению эпидемий и пандемий.

Заключение. Легализация в российском публичном праве предлагаемых авторами специальных требований к обеспечению использования беспилотных автомобилей в условиях мегаполиса, их сетевому взаимодействию, правовых

оснований допуска к эксплуатации и условий их безопасного использования для осуществления мониторинга эпидемиологической обстановки, снабжения населения медикаментами и продуктами питания в условиях введения карантинных мер в городской агломерации, может способствовать устраниению выявленных пробелов в административном регулировании.

Ключевые слова: правовое обеспечение; эпидемия; пандемия; безопасность; риск; беспилотные автомобили; распространение инфекционных заболеваний

Для цитирования. Землин А.И., Гоц Е.В., Матвеева М.А. Обеспечение безопасного использования беспилотных автомобилей в условиях угрозы распространения эпидемий и пандемий в мегаполисе: вопросы публично-правового регулирования // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. Т. 15, №5. С. 488-518. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-950

Scientific Review

ENSURING THE SAFE USE OF UNMANNED VEHICLES UNDER THE THREATS OF EPIDEMICS AND PANDEMICS IN A MEGAPOLIS: ISSUES OF PUBLIC LEGAL REGULATION

A.I. Zemlin, E.V. Gots, M.A. Matveeva

The purpose of studying the issues of ensuring the safe and efficient use of unmanned vehicles in a megalopolis in the context of the spread of infectious diseases using public regulation tools is to develop, based on the application of methods of systemic legal analysis, evidence-based proposals for improving legislation in the interests of using unmanned vehicles in a megalopolis in order to countering the spread of epidemics and pandemics. The lack of results of scientific understanding of the experience of legal support for the functioning of the transport system of the metropolis in the context of epidemics and pandemics, and, in particular, during the period of countering the spread of the coronavirus infection COVID-19, both in foreign countries and in Russia, seems to be an important negative factor that minimizes the potential of using self-driving cars to reduce cross-contamination opportunities in high-density areas, which undoubtedly include metropolitan areas.

Background. The ever-increasing threat of the spread of epidemics and pandemics, as well as their consequences, demonstrated, among other things, by the results of the coronavirus infection COVID-19, entails the well-founded attention of practitioners and the interest of scientists in determining the means to counter

the threats of the spread of infectious diseases. Of particular importance is the search for such funds to ensure the safety of the population living in certain areas, characterized by the presence of additional factors that lead to a significant increase in the risk of the disease. In particular, we are talking about the situation in megacities characterized by an extremely high population density, which, combined with the presence of developed transport communications, increased passenger traffic, contributes to "cross" infection, the rapid spread of mass infectious diseases. At the same time, as the results of the study show, the use of unmanned vehicles in a metropolis in the interests of monitoring the epidemiological situation in areas with a high level of infection, delivering medicines to patients, etc. ensures minimization of the risk of infection of medical personnel, significantly reduces material costs and time spent on the implementation of such measures.

Materials and research methods. The use of methods of comparative legal analysis allowed the authors, based on the results of studying foreign legal sources, analytical data and scientific literature, allowed the authors to assess the applicability of the experience of legal regulation and the organization of the safe use of unmanned vehicles in a metropolis in the context of the emergence and counteraction to the spread of epidemics and pandemics. A formal dogmatic analysis of Russian regulatory legal and individual acts on the issues of ensuring the safe use of unmanned vehicles in an urban agglomeration made it possible to identify gaps and contradictions that minimize the potential for legal impact on the participants in the relations under study.

Results. A comprehensive systematic and legal study of scientific sources, norms of international, foreign and Russian legislation, law enforcement practice allowed the authors to formulate proposals for improving the system of legal regulation in order to safely use unmanned vehicles in a metropolis in the event of risks of occurrence and counteracting the spread of epidemics and pandemics.

Conclusion. Legalization in Russian public law of the special requirements proposed by the authors for ensuring the use of unmanned vehicles in a metropolis, their network interaction, the legal grounds for admission to operation and the conditions for their safe use to monitor the epidemiological situation, supply the population with medicines and food in the context of the introduction of quarantine measures in urban agglomeration, can contribute to the elimination of identified gaps in administrative regulation.

Keywords: legal support; epidemic; pandemic; safety; risk; unmanned vehicles; spread of infectious diseases

For citation. Zemlin A.I., Gots E.V., Matveeva M.A. Ensuring the Safe Use of Unmanned Vehicles Under the Threats of Epidemics and Pandemics in a Megapolis:

Issues Of Public Legal Regulation. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2023, vol. 15, no. 5, pp. 488-518. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-948

Введение

В настоящее время вопросы публичного правового регулирования вопросов оказания медицинской помощи различным категориям граждан [20], противодействие и профилактика заболеваний, представляющих опасность для окружающих [40], обеспечение безопасности медицинской деятельности и качества предоставляемых медицинских услуг [49] это междисциплинарные вопросы, которые решаются комплексом наук [21] на основании синтеза передовых идей и прорывных достижений [39]. Это обусловлено особой социальной чувствительностью к вопросам сбережения здоровья и серьезной ответственностью граждан и организаций, а также медицинских работников за нарушения законодательства в сфере общественного здравоохранения [41]. При этом сегодня наступает эра внедрения во все сферы общественной жизни новых технологий, цифровизация и информатизация данных сфер, что не остается без внимания ученых и практиков [43].

Системный анализ вопросов правового регулирования общественных отношений в целях безопасного использования в условиях мегаполиса беспилотных автомобилей при возникновении рисков возникновения и противодействия распространению эпидемий и пандемий предполагает изучение вопросов обеспечения безопасности на транспорте в сложной эпидемиологической обстановке [25, с. 28].

В настоящее время вопросы влияния эпидемий на безопасность на транспорте являются малоисследованной сферой, однако, представляются весьма значимыми, поскольку как террористические акты и финансовые кризисы, эпидемии порождают целый спектр имеющих последствий крайне негативного характера. Основательно отмечается, что государственные власти играют часто реагируют на возникновение и распространение эпидемий и пандемий, пытаясь сократить свои риски, что многократно усиливает их воздействие на социально-политические процессы и мировую экономику [48, с. 135].

Так, в результате одной из самых известных эпидемий, - «испанского гриппа» или «испанки», с которой сравнивают все современные эпидемии, начавшейся в последние месяцы 1-й мировой войны и продолжавшейся восемнадцать месяцев, умерло по разным данным 50-90 млн. человек или 2,7-5,3 процентов (на тот момент) населения Земли. Отмечается, что коли-

чество погибших, в зависимости от уровня развития медицины, благосостояния, бытовых условий и карантинных мер, варьировалось по разным странам мира от долей процента до четверти всего населения. Например, если США потеряли 6,5 процента населения, то в колониальной Индии грипп унес 18 млн. жизней, что сопоставимо с потерями всего населения планеты в годы Первой мировой войны [22].

Важным для настоящего исследования является обоснованное предположение о том, что широкому распространению заболевания способствовало развитие международной транспортной системы и массовое перемещение людей во время войны [23].

Иные последствия имела эпидемия атипичной пневмонии (2002-2003 годы). Всего было зарегистрировано 8436 случаев инфицирования в 30 странах мира. Экономические и социальные последствия эпидемии атипичной пневмонии (SARS) были не столь катастрофическими, как при эпидемии испанского гриппа, однако, весьма показательны с точки зрения воздействия на транспортный сектор, в первую очередь затронув пассажирские авиаперевозки. Так пассажиропоток в Гонконг упал на 65 процентов по сравнению с аналогичным показателем годом раньше. Общий ущерб от SARS варьирует, по разным оценкам, в районе 0,5 – 1 % ВВП стран Азиатско-Тихоокеанского региона, пострадавших от эпидемии. При этом прямой ущерб для азиатских стран оценивается в 12-18 млрд. долл., косвенный ущерб для мировой экономики – в 30-100 млрд. долл. [45, с. 28].

Анализ последствий SARS позволяет выделить характерные признаки, придающие значение болезни как угрозе для международной и национальной безопасности, к числу которых надлежит отнести следующие: передача от человека человеку при отсутствии переносчика возбудителя; инкубационный период более недели; имитация симптомов многих других болезней; нанесение наибольшего ущерба больничному персоналу; смертность более десяти процентов инфицированных лиц. Значимость указанных особенностей в том, что болезнь легко распространяется по маршрутам международных воздушных перевозок, подвергая риску завозной инфекции любой населенный пункт с аэропортом [26, с. 35].

Таким образом, пример эпидемии SARS продемонстрировал существенно возросшую степень угроз распространения эпидемий посредством переноски болезни с использованием возможностей транспортных перевозок, неотложную необходимость принятия профилактических мер в целях противодействия завозу и распространению пандемий, обеспечения безопасности на транспорте [47].

Эпидемия лихорадки Эболы также наглядно продемонстрировала возросшую взаимозависимость субъектов международного права в глобальном мире и степень значимости транспортной инфраструктуры в данном процессе, в том числе в вопросах распространения массовых заболеваний, [22, С. 93], актуализировав среди прочего проблему ответственности государств и международных организаций за распространение эпидемий, пандемий и массовых заболеваний [42, с. 51].

Зафиксированные в конце декабря 2019 года городе Ухань (КНР) с населением 11 млн. человек первые случаи заболевания инфекционном заболевании, вызванного коронавирусом 2019-nCoV, повлекли за собой введение карантина, приостановку железнодорожного и авиасообщения. Тем не менее, уже 30 января 2020 года Всемирная организация здравоохранения объявила эпидемию коронавируса угрозой всемирного значения. В тот же день Международный валютный фонд признал, что эпидемия повлияет на всю глобальную экономику. Прогноз подтвердился: по данным ВОЗ на 20 сентября 2020 года в мире было инфицировано 42 754 212 человек, из которых 1 150 961 умерло.

Отмечается, что прямые потери от пандемий обычно невелики по сравнению с косвенным ущербом для экономического развития [38]. При этом страх является определяющим драйвером при пандемиях: он заставляет сокращать рабочие места, прерывать транспортное сообщение, закрывать границы между странами и ограничивать перемещения людей, а также разрушает целые отрасли, такие как туризм, торговлю и транспорт [40].

Вполне очевидно, что поскольку транспорт и туризм образуют около десяти процентов мирового ВВП, влияние пандемии существенно на «здравье» экономики, в связи с чем, правовое обеспечение сотрудничества между государственным и частным секторами общества, внутри каждого из них, обеспечивающее принятие и реализацию оптимальных решений, приобретает особое значение [18, с. 41].

Анализируя влияние коронавируса на мировую экономику необходимо учитывать, что текущее развитие мировой экономики происходит в условиях глобализационных процессов, растущей интернационализации, либерализации, универсализации, модернизации, детерриториализации и информатизации. Наиболее очевидно затронутыми секторами стали те, которые прямо или косвенно связаны с перемещениями людей или которые предполагают их концентрацию. В контексте продолжающейся пандемии, основной удар, как в и случае предшествовавших пандемий 21 века, пришелся на авиационный транспорт [17].

Таким образом, практическая значимость и теоретическая актуальность решения на основе научного анализа вопросов правового обеспечения безопасного использования беспилотных автомобилей в условиях мегаполисах в целях предупреждения и борьбы с распространением пандемии, на вызывает сомнения.

Цель исследования

Целью исследования, является критическое осмысление точек зрения различных авторов представленных в отечественной и зарубежной научной литературе, а также в результате системного анализа правовых актов формулирование предложений по совершенствованию правовой основы безопасного и эффективного использования беспилотных автомобилей в мегаполисах в интересах предупреждения и противодействия распространению эпидемий и пандемий. Для достижения поставленной цели определены частные научные задачи, в числе которых: исследовать опыт правового обеспечения и организации использования беспилотных автомобилей в условиях и в интересах противодействия распространению пандемии коронавирусной инфекции COVID-19; проанализировать факторы, обеспечивающие безопасное и эффективное использование беспилотных автомобилей в мегаполисах, определив наиболее приоритетные из их числа для противодействия распространению эпидемий и пандемий; выявить недостатки правового регулирования, негативно влияющие на безопасность использования беспилотных автомобилей в целях противодействия распространению пандемии коронавирусной инфекции COVID-19; сформулировать и обосновать предложения по внесению изменений в правовые акты, обеспечивающих устранение или минимизацию коллизий и пробелов законодательства в исследуемой сфере.

Материалы и методы

В процессе исследования использован инструментарий системно-правового анализа нормативных правовых актов, регламентирующих общественные отношения, возникающие в процессе и по поводу использования беспилотных автомобилей в условиях возникновения и распространения эпидемий и пандемий. Осуществленный критический анализ научных источников позволил выявить наиболее перспективные направления дальнейшей проработки проблем правового регулирования в указанной сфере. Сравнительно-правовой анализ опыта правового обеспечения использования высокоавтоматизированных автомобилей в зарубежных государствах в условиях противодействия распространению пандемии коронавирус-

ной инфекции COVID-19, обеспечил возможность оценки степени применимости в отечественной практике. Формально-догматический анализ норм российского законодательства позволил вскрыть имеющиеся противоречия и пробелы в системе источников права, сформулировать предложения по их устранению в интересах обеспечения эффективного использования беспилотных автомобилей в условиях мегаполиса в интересах противодействия распространению эпидемий и пандемий. Системное использование в соответствии с логикой исследования указанных методов в процессекритического анализа научной литературы, нормативных правовых актов позволило авторам сделать научно обоснованные выводы относительно условий и направлений правового обеспечения эффективного и безопасного использования в условиях городской агломерации беспилотных автомобилей в целях противодействия распространению пандемий и эпидемий инфекционных заболеваний.

Результаты исследования

Результаты анализа научной литературы статистических данных со всей очевидностью свидетельствуют о том, что в условиях возникновения и распространения эпидемий и пандемий инфекционных заболеваний наиболее пострадавшими секторами экономики являются те, которые прямо или косвенно связаны с перемещением людей или предполагающие их концентрацию [44, с. 107].

В ситуации, когда констатируется высокий уровень заболеваемости, жители мегаполисов, характерными условиями проживания в которых является высокий уровень концентрации населения, люди избегают использования общественного транспорта [11, р. 17].

При этом в свою очередь, общественный транспорт не в состоянии полноценно работать из-за введенных ограничений [1].

Таким образом, результатом эпидемий и пандемий инфекционных заболеваний в мегаполисах является трудно прогнозируемый и верифицируемый ущерб транспортной отрасли, с одной стороны, сопровождающийся сокращением возможностей эффективного функционирования традиционных видов транспорта, а, с другой стороны, - возрастанием потребностей в использовании транспорта для обеспечения неотложных мероприятий в целях профилактики и противодействия распространению инфекционных заболеваний [31, с. 455].

Более того, основательно отмечается, что неконтролируемое использование транспортных средств, отсутствие системы обеспечения безопасности персонала и пассажиров на транспорте становится дополнительным

и немаловажным фактором, стимулирующим распространение инфекционных заболеваний [35].

Нами ранее отмечалось, что, как свидетельствует опыт КНР, в условиях распространения пандемии коронавирусной инфекции COVID-19 особо явно проявились две предпосылки для активизации применения беспилотных автомобилей [36].

По этому поводу основатель и генеральный директор гонконгской компании AutoX Цзянь Сюн Сюо указывает на то, что «страх заражения и необходимость соблюдать социальную дистанцию привели к переходу на беспилотные автомобили», поскольку именно беспилотник «избавляет пассажиров от необходимости делить пространство с водителем, что «даже лучше» и «безопаснее» [47].

Изложенное дает основание для выдвижения гипотезы о том, что совершенствование системы правового обеспечения безопасного использования беспилотных автомобилей в мегаполисе в условиях угрозы распространения эпидемий и пандемий предполагает решение задач, связанных, во-первых, с урегулированием вопросов транспортной безопасности, возникающих в связи с допуском и введением в эксплуатацию беспилотных автомобилей в мегаполисе, и, во-вторых, с принятием правовых норм, учитывающих потребности обеспечения использования беспилотных автомобилей в мегаполисе в условиях распространения эпидемий инфекционных заболеваний.

В первом случае речь идет о традиционном понимании транспортной безопасности, установленного нормами Федерального закона «О транспортной безопасности», как состояния защищенности объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств от актов незаконного вмешательства. Данный подход поддержан целым рядом правовых актов и использован для определения юридический понятий [2, р. 4073].

Так, комплексная система обеспечения безопасности населения на транспорте, созданная во исполнение Указа Президента Российской Федерации «О создании комплексной системы обеспечения безопасности населения на транспорте» основана на таких понятиях, как «безопасность населения на транспорте», определяемая как состояние защищенности пассажиров и персонала на транспорте от актов незаконного вмешательства, и «обеспечение безопасности населения на транспорте», рассматриваемая в указанном документе как реализация системы правовых, экономических, организационных мер в сфере транспортного комплекса, соответствующих угрозам совершения актов незаконного вмешательства [32, с. 56].

В этом ракурсе вектор правового исследования направлен на поиск средств по урегулированию проблемных вопросов нормативного регулирования, вызванных допуском и введением в эксплуатацию беспилотных автомобилей, представляющих собой источник повышенной опасности для иных участников дорожного движения, в мегаполисе. Сопутствующими задачами является анализ вопросов регулирования при проектировании и строительстве дорожной сети, учитывающей потребности безопасного использования высокоматематизированных транспортных средств в условиях мегаполиса [29, с. 62; 34, с. 37].

Соответственно, что касается перспектив стратегического развития транспорта, следует отметить, что цель, сформулированная в программных документах как «обеспечение безопасности транспортного комплекса» [3, р. 4962], в современных условиях, приобретает иное содержание.

Речь должна идти не только и не столько о безопасности транспортного комплекса, сколько о безопасности на транспорте, поскольку транспорт, с одной стороны, обеспечивая мобильность населения, выступает одновременно в качестве средства доставки лиц, распространяющих инфекцию, в непораженные еще пандемией районы, а, с другой, - порождает новые очаги заболевания, поскольку именно элементы транспортного комплекса, а именно, транспортные средства и объекты транспортной инфраструктуры, естественным образом являются местом массового скопления людей [24, с. 52].

Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030года с прогнозом на период до 2035года использован термин «безопасность на транспорте», под которой понимается «набор характеристик и мер в транспортном комплексе с целью снижения рисков причинения вреда жизни или здоровью человека при эксплуатации и пользовании объектами инфраструктуры и транспортными средствами». Очевидно, что определение данного понятия является результатом стохастического смешения деятельностиного (в контексте риск-ориентированного подхода), функционального и содержательного подходов, что делает предложенную дефиницию небезупречной [2].

Однако, в рамках осуществленного авторами исследования термин «безопасность на транспорте» может и должен быть использован как отправная точка для анализа направлений и проблемных вопросов применения беспилотных автомобилей в условиях распространения эпидемий и пандемий инфекционных заболеваний. Таким образом, во втором случае правовое регулирование должно быть направлено на установление принципиальных подходов и правовых основ обеспечения эффективно-

го безопасного для населения и обслуживающего персонала и наиболее эффективного использования беспилотных автомобилей, в том числе, – в интересах противодействия распространению эпидемий инфекционных заболеваний в мегаполисе [30, с. 47].

Именно в указанном ракурсе в рамках данной статьи и осуществляется исследование возможных наиболее перспективных направлений эффективного и безопасного использования беспилотных автомобилей в условиях мегаполиса в интересах противодействия распространению эпидемий и пандемий.

Обсуждение

Результаты сопоставления точек зрения авторов, представленных в отечественной и зарубежной научной литературе, позволяют выделить несколько групп работ, имеющих значение для исследования вопросов, связанных с определением направлений эффективного и безопасного использования беспилотных автомобилей в условиях мегаполиса в интересах противодействия распространению эпидемий и пандемий и предложений по их легализации в современном российском праве.

Вопросы, связанные с правовым регулированием и организационным обеспечением противодействия распространению пандемии коронавирусной инфекции COVID-19 в мегаполисах с использованием беспилотных автомобилей, рассматривались ранее нами, однако исключительно в контексте сравнительно-правового анализа опыта правового регулирования в иностранных государствах, а также установления теоретико-правовых основ внедрения беспилотных автомобилей, формулировки принципов их использования в условиях угрозы возникновения и распространения инфекций, что позволяет утверждать о высокой степени научной новизны настоящего исследования, логично продолжающего разработку полученных результатов в ракурсе установления конкретных направлений эффективного и безопасного использования беспилотных автомобилей в условиях мегаполиса в интересах противодействия распространению эпидемий и пандемий, выработки предложений по совершенствованию правовой основы.

Авторы настоящей статьи отмечают наличие значительного числа публикаций, посвященных проблемам, соотносимым в той или иной степени с направленностью исследования.

В частности, интерес вызывают научные работы авторов, анализирующие направления использования беспилотных транспортных средств в условиях распространения инфекционных заболеваний. Следует, в прочем, отметить,

что большинство такого рода исследований посвящено анализу особенностей и способов применения беспилотных летательных аппаратов, что делает необходимой естественную и существенную поправку на специфику функционирования и, естественно, верификацию полученных результатов.

По поводу применения беспилотных летательных аппаратов большинством авторов отмечается, что они используются для оценки ущерба инфраструктуре и доставки предметов чрезвычайной помощи в отдаленные районы, недоступные для наземного транспорта [5].

Многочисленные авторы весьма подробно анализируют возможность использования беспилотных летательных аппаратов для получения первичной информации о факторах окружающей среды и других переменных, влияющих на передачу инфекционных заболеваний [16, р. 517].

В ряде работ акцентируется внимание на том, каким образом беспилотные летательные аппараты могут способствовать поддержке людей, находящихся на карантине [15, р. 117].

Также необходимость оказания медицинской помощи лицам, у которых подтверждено наличие COVID-19 при осуществлении их транспортировки экипажами скорой медицинской помощи и реанимационных автомобилей обусловило предоставление социальных гарантий и компенсаций лицам, которые оказывали такую помощь [19, с. 244].

Скорость и качество оказание медицинской помощи в необходимом объеме (в зависимости от состояния здоровья пациента) является ключевым критерием эффективности деятельности любой медицинской организации, особенно в период распространения массовых заболеваний [19, с. 211].

Весьма интересным и вполне применимым следует признать предложением авторов, которые обосновывают целесообразность использования специализированных транспортных коробок, которые могут быть прикреплены к дрону с помощью предустановленных направляющих крепления. Указанные авторы отмечают, что, поскольку беспилотные летательные аппараты часто исследуются для доставки посылок и других небольших транспортных операций, такое оборудование может стать все более распространенным. Следует согласиться с тем, что это решение вполне основательно и может быть использовано также и применительно к беспилотным автомобилям в условиях мегаполиса [13, р. 27].

Таким образом, полагаем возможность сделать выводы о следующих направлениях использования беспилотных автомобилей в условиях мегаполиса в интересах противодействия распространению эпидемий и пандемий.

Вполне очевидным направлением использования беспилотных автомобилей в условиях мегаполиса в период возникновения угрозы и распространения эпидемий и пандемий инфекционных заболеваний является их применение для мониторинга масштабов распространения эпидемии, картирования районов и ландшафтов инфекционных заболеваний.

Не менее естественно, что важным направлением использования беспилотных автомобилей в условиях распространения инфекций в мегаполисе является логистика и доставка грузов. При этом очевидно, что в условиях мегаполисов, характеризующихся наличием развитой автодорожной сети в сочетании с затруднительностью применения летательных аппаратов, применение именно беспилотных автомобилей наиболее предпочтительно для транспортировки крови, вакцин, лекарств, образцов, органов и жизненно важного медицинского оборудования.

Особое значение применение в условиях мегаполиса беспилотных автомобилей имеет для постоянного ситуационного мониторинга в период и после окончания активной фазы распространения пандемий и эпидемий инфекционных заболеваний. По общему правилу тестирование является стандартизованным процессом, включающим ряд процедур, регламентированных правовыми актами, нормативными документами и ведомственными актами, который должен строго исполняться мобильной командой тестирования при осуществлении тестирования каждого человеком. Например, опыт проведения тестирования в период пандемии коронавирусной инфекции COVID-19 свидетельствует о том, что миссия команды состоит в совершении ряда последовательных процедур, а именно: посетить тестируемых на дому; взять оральный мазок; доставить образец мазка для последующего анализа в лабораторию.

Непосредственно на месте медицинский работник, входящий в группу тестирования подробно информирует пациента о процессе тестирования на COVID-19, после чего пациента тестируют с помощью перорального тампона, который затем помещается в пробирку, чтобы избежать загрязнения после теста. В то же время другой медицинский работник, находящийся, как правило, в автомобиле, заполняет необходимую документацию, связанную с тестированием пациента. После завершения тестирования пациента, пробирка сдается, маркируется уникальным штрих-кодом, и хранится в кулере.

Следует особо отметить необходимость соблюдения правил безопасности, как в процессе, так и после завершения тестирования. Речь, в частности, идет о необходимости соблюдения строгой процедуры утилизации

и дезинфекции средств индивидуальной защиты, использованных медицинскими работниками при осуществлении тестирования. После окончания процедуры тестирования медицинские работники освобождаются от средств индивидуальной защиты, соблюдая правила, позволяющие избежать контакта с потенциально загрязненными средствами индивидуальной защиты. В связи с высоким уровнем риска загрязнения все элементы оборудования, кроме защитных очков, имеют характер одноразовых и подлежат утилизации после однократного использования. Защитные очки должны быть собраны отдельно и повторно могут быть использованы после дезинфекции. После завершения всего тура, связанного с тестированием, заключительный этап включает в себя дезинфекцию автомобиля, подготовку оборудования к следующему тестовому туре и мероприятия по личной гигиене.

Ранее нами отмечалось, что существенное значение в борьбе с пандемией имеют вопросы, связанные с обеспечением техносферной и экологической безопасности в процессе функционирования транспорта. В частности, речь должна идти «о принятии мер по предотвращению возможностей распространения инфекции при недолжной утилизации продуктов жизнедеятельности пассажиров транспортных средств и их экипажей» [29, с. 59].

Таким образом, очевидна сложность и неэкономичность проведения тестирования посредством отбора образца непосредственно на месте нахождения тестируемого. Значительно более эффективным и менее затратным выглядит вариант самостоятельного отбора образцов спловов для последующего анализа в лаборатории. Предполагаемый вариант имеет в своей основе доставку к месту нахождения тестируемого с использованием беспилотного автомобиля набора для самотестирования, который ни коим образом не следует путать с тестами в местах оказания медицинской помощи, где результаты теста доступны на местах, относительно неудовлетворительной надежности которых в апреле 2020 года высказалась Всемирная организация здравоохранения.

Естественно, дезинфекция дронов обязательна для минимизации риска перекрестного заражения пациентов и подготовки к последующей самостоятельной сдаче тестов, однако, затраты на это обязательное для обеспечения безопасного использования беспилотных автомобилей, не идут ни в какое сравнение с расходами, производимыми при традиционном варианте проведения тестирования. Таким образом, предлагаемая система самотестирования с использованием беспилотного автомобиля является

высококонкурентной альтернативой иным вариантам как в силу явной дешевизны, так и безопасности.

Анализ направлений обеспечения эффективного и безопасного использования беспилотных автомобилей в условиях возникновения и распространения эпидемий и пандемий инфекционных заболеваний в условиях мегаполиса предполагает необходимость оценки функционирования высокоматематизированных транспортных в контексте рисков функционирования транспортной системы в целом.

Мы солидаризируемся с мнением тех авторов, которые отмечают тот факт, что создание парка беспилотных автомобилей, изначально не предназначенных для реагирования на стихийные бедствия. Позволяет обеспечить создание резервной транспортной системы, которая может использоваться для замены или поддержки стандартных оперативных процедур, когда возникает необходимость такого рода. Следует согласиться с тем, в частности, что использование модернизированных беспилотных летательных аппаратов частных владельцев и государственных учреждений (например, агентств по борьбе со стихийными бедствиями, неправительственных организаций и т.д.), может способствовать решению проблем, связанных с необходимостью решения оперативных задач, оперативно возникающих в условиях возникновения и распространения эпидемий и пандемий [38, р. 147].

Вывод имеет общетеоретический для транспортного права характер, значимый для любых экстраординарных и новых условий функционирования транспорта в условиях вызовов и угроз различной этимологии. Данное умозаключение подтверждается тем, что важность модернизации в качестве ответа на сбои транспортной системы после стихийных бедствий уже была неоднократно отмечена [4, р. 1035].

Помимо того, важность разработки рациональной транспортной политики для повышения устойчивости систем уже изучалась в контексте различных сценариев. Речь, например, шла об оценке устойчивости транспортной системы, формированием соответствующей политики в условиях возрастания угроз совершения террористических актов [14, р. 316]. В числе иных вариантов минимизации рисков и угроз предлагался переход на альтернативные виды транспорта, создание резервных систем и т.п.

Отмечается, что важным условием, повышающим эффективность противодействия различного рода угрозам, в том числе, и актам терроризма на транспорте, является выработка общегосударственной комплексной программы, содержащей не только правоохранительный, но и политиче-

ский, экономический, социальный, пропагандистский, идеологический, информационный и иные аспекты устранения условий, способствующих террористической активности [6; 7].

Следует обратить внимание на то, что во время реагирования на пандемию (COVID-19) ранее предлагаемые политические стратегии и правовые подходы к решению транспортных проблем показали высокую степень эффективности. В частности, опыт показал, что факторами успеха в реагировании на чрезвычайные ситуации выступают: высокая степень подготовленности к осуществлению заранее спланированных мероприятий по реагированию на чрезвычайные ситуации, включающие заблаговременное и безальтернативное распределение зон ответственности, управлеченческих компетенций и полномочий, алгоритмов ускорения принятия решений и обмена информацией. Отмечается, что ключевыми вопросами являются распределенные данные об имеющихся ресурсах, ноу-хау и управлеченческой деятельности [8, р. 657].

Следует согласиться и с тем, что управлеченческая деятельность должна быть скоординирована, а также должна быть установлена определенная степень владения системой. Рекомендуется сценарное планирование и проведение соответствующих учебных мероприятий [9, р. 174].

Зарубежные и отечественные специалисты обоснованно отмечают, что в случае использования беспилотных летательных аппаратов значительная стимулирующая роль заключается в международно-правовой базе, особенно при применении в медицинской области [10; 12; 48].

При этом состояние правовой регламентации организации оказания медицинской помощи на транспорте свидетельствуют о разобщённости и фрагментарности отечественного законодательства в некоторых вопросах, подлежащих регулированию в данной сфере [37, с. 185], а практика правоприменения показывает наличие многочисленных пробелов и коллизий в системе правового регулирования и законодательного обеспечения функционирования транспортной инфраструктуры, в целом [46, с. 262].

Очевидно, что именно использование потенциала публичного, административного права позволяет обеспечить высокую степень властности, четкости и жесткости правового регулирования, необходимую для обеспечения оперативных управлеченческих воздействий на транспорте. Основательно указание на то обстоятельство, что «не случайно этот метод получил особое распространение в сфере транспорта, где законность и дисциплина участников отношений, связанных с использованием транспортных средств, являющихся источником повышенной опасности, имеют особое значение [27, с. 18].

Таким образом, полагаем, что следует солидаризироваться с мнением авторов, отмечающих, с одной стороны, – возможность, а, с другой, – значимость формирования резервной транспортной системы, основанной на существующей и вновь формируемой инфраструктуре беспилотных аппаратов, способной играть жизненно важную роль в реагировании как на пандемию COVID-19, так и аналогичные ситуации [38, р. 150].

Умозаключения представителей различных отраслей науки, подтвержденные эмпирическими данными, позволяют сделать обоснованный вывод о том, что системное использование беспилотных автомобилей способно обеспечить оперативное создание бесконтактной, относительно безопасной и гибкой альтернативы классическим видам транспорта в ситуации возникновения и распространения инфекционных заболеваний в условиях мегаполиса.

Заключение

Системно-правовой анализ различных сценариев безопасного и эффективного использования беспилотных автомобилей позволяет сделать обоснованный вывод о том, что одной из значимых и трудноразрешимых проблем завоза, предотвращения распространения и собственно противодействия эпидемий и пандемий является необходимость разрешения противоречия между, с одной стороны, неотложной потребностью в минимизации рисков заражения при использовании транспортных средств, а, с другой стороны, – возрастающей потребностью во все более широком использовании транспортных средств для доставки медикаментов, продовольствия, оказания иной помощи жителям зараженных районов.

Подтверждением основательности этого умозаключения является опыт противодействия коронавирусной инфекции COVID-19. Как показала практика, результативность использования в ряде мегаполисов беспилотных автомобилей в целях обеспечения профилактики инфекции, организации карантинных мероприятий, первичной медицинской помощи зараженным, доставки продуктов питания, медицинских препаратов, имеет существенное значение.

Однако применение такого рода опыта предполагает необходимость обеспечения безопасности использования в условиях городской агломерации беспилотных автомобилей, что требует принятия обоснованных правовых актов и организационных решений.

По результатам проведенного исследования следует констатировать, что на основе существующей и вновь формируемой инфраструктуры беспилотных транспортных средств может быть создана резервная транспортная си-

стема, позволяющая обеспечить оперативную и эффективную реакцию не только на угрозы возникновения и распространения эпидемий и пандемий инфекционных заболеваний, но и на иные на стихийные бедствия.

При этом создание соответствующей правовой основы такого рода транспортной системы является ключевой проблемой, в связи с чем результаты настоящего исследования могут послужить отправной точкой для выработки политических решений и легализации положений в интересах оформления правовых и организационных основ резервной системы беспилотного транспорта

Таким образом, в настоящей работе поставлены и поэтапно решены актуальные и практически значимые вопросы, связанные с правовым обеспечением использования беспилотных автомобилей в мегаполисах в условиях противодействия распространению пандемии. Реализация предложений по обеспечению эффективного и безопасного использования беспилотных автомобилей в условиях мегаполиса, их сетевому взаимодействию, правовых оснований и условий их безопасного использования для осуществления мониторинга эпидемиологической обстановки, снабжения населения медикаментами и продуктами питания в условиях введения карантинных мер в городской агломерации, может способствовать устранению выявленных пробелов в административном регулировании.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of Interest Information. The authors declare no conflict of interest.

Информация о спонсорстве. Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках научного проекта № 22-28-20334 «Правовые средства обеспечения безопасности использования беспилотных автомобилей в мегаполисе», <https://rscf.ru/project/22-28-20334/>.

Sponsorship information или Funding. The study was financially supported by the Russian Science Foundation within the framework of the scientific project No. 22-28-20334 «Legal means of ensuring the safety of the use of unmanned vehicles in a metropolis», <https://rscf.ru/en/project/22-28-20334/>.

Список литературы

1. Anke J. Impact of SARS-CoV-2 on the mobility behaviour in Germany / Julianne Anke, Angela Francke, Lisa-Marie Schaefer, Tibor Petzoldt // European

- Transport Research Review, 26 Jan. 2021. <https://doi.org/10.1186/s12544-021-00469-3>
2. Bagreeva E.G. Environmental safety conditions in the transport sector by improving the culture of lawmaking / E.G. Bagreeva, S.K. Shamsunov, A.I. Zemlin // Ekoloji. 2019. Vol. 28. No. 107. P. 4071–4076.
 3. Bagreeva E.G. Does Environmental Safety Depend Upon the Legal Culture of Transport Specialists? / E.G. Bagreeva, A.I. Zemlin, S.K. Shamsunov // Ekoloji. 2019. Vol. 28. № 107. P. 4961–4965.
 4. Döyen A., Aras N. An Integrated Disaster Preparedness Model for Retrofitting and Relief Item Transportation // Netw Spat Econ. 2019. Vol. 19. P. 1031-1068. <https://doi.org/10.1007/s11067-019-9441-6>
 5. Ruiz Estrada, Mario Arturo, The Uses of Drones in Case of Massive Epidemics Contagious Diseases Relief Humanitarian Aid: Wuhan-COVID-19 Crisis (February 29, 2020). <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3546547>
 6. Zemlin A. Problems of ensuring security of transport infrastructure facilities / A. Zemlin, I. Kholikov, I. Mamedova, O. Zemlina // IOP Publishing Ltd, «International Science and Technology Conference “Earth Science”, Chapter 3», 2021, 42002.
 7. Zemlin A., Kholikov I., Mamedova I. Current Issues of Metro Safety Technical Regulations // Proceedings of the XIII International Scientific Conference on Architecture and Construction 2020. Lecture Notes in Civil Engineering. Vol 130. Springer, Singapore, 2021. P. 236-247. https://doi.org/10.1007/978-981-33-6208-6_24
 8. Manca D., Brambilla S. A methodology based on the Analytic Hierarchy Process for the quantitative assessment of emergency preparedness and response in road tunnels // Transport Pol. 2011. Vol. 18. P. 657–664. <https://doi.org/10.1016/j.trapol.2010.12.003>
 9. Markolf S.A., Hoehne C., Fraser A., Chester M.V., Underwood B.S. Transportation resilience to climate change and extreme weather events – beyond risk and robustness // Transport Pol. 2019. Vol. 74. P. 174–186. <https://doi.org/10.1016/j.trapol.2018.11.003>
 10. Konert A., Smereka J., Szarpak, L. The use of drones in emergency medicine: practical and legal aspects // Emerg. Med. Int. 2019, 3589792. <https://doi.org/10.1155/2019/3589792>
 11. Konurov A. Geopolitical consequences of COVID-19 pandemics // Bulletin of Diplomatic Academy of Russia MFA. Russia and the World. 2021. Vol. 1(27). P. 6-24.
 12. Li B. Y., Lin H., Samani H., Sadler L., Gregory T., Jalaian B. On 3D autonomous delivery systems: Design and development // 2017 International Conference on

- Advanced Robotics and Intelligent Systems (ARIS), Taipei, Taiwan, 2017. P. 1-6, <https://doi.org/10.1109/ARIS.2017.8361592>
13. Perboli G., Rosano M. Parcel delivery in urban areas: opportunities and threats for the mix of traditional and green business models // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 2019. Vol. 99. P. 19-36. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2019.01.006>
14. Cox A., Prager F., Rose A. Transportation security and the role of resilience: a foundation for operational metrics // Transport Pol. 2011. Vol. 18. P. 307–317. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2010.09.004>
15. Skorup B., Haaland C. How Drones Can Help Fight the Coronavirus // Mercatus Center Research Paper Series, Special Edition Policy Brief, 2020.
16. Fornace K.M., Drakeley C.J., William T., Espino F., Cox J., Mapping infectious disease landscapes: unmanned aerial vehicles and epidemiology // Trends Parasitol., 2014. Vol. 30. P. 514–519.
17. Chernogor N. Impact of the spread of epidemics, pandemics and mass diseases on economic security of transport / N. Chernogor, A. Zemlin, I. Kholikov, I. Mamedova // E3S Web of Conferences. Vol 2035 November 2020 050192020 – Ecological and Biological Well-Being of Flora and Fauna, EBWFF 2020, 23–24 September 2020.
18. Большая В.М. Вопросы единовременной выплаты военнослужащим и сотрудникам в связи с пандемией новой коронавирусной инфекции (COVID-2019) / В.М. Большая, А.И. Землин, П.Ю. Наумов // Вестник Московского университета МВД России. 2021. № 6. С. 38–43. <https://doi.org/10.24412/2073-0454-2021-6-38-43>
19. Большая В.М. Вопросы осуществления единовременных выплат военнослужащим (сотрудникам) в связи с Указом Президента России от 1 февраля 2021 года № 60 / В.М. Большая, А.И. Землин, П.Ю. Наумов // Тамбовские правовые чтения им. Ф.Н. Плевако: Материалы V Международной научно-практической конференции: В 2 Т., Тамбов, 28–29 мая 2021 года. Том 2. Тамбов: Издательский дом «Державинский», 2021. С. 243–246.
20. Большая В.М. Медицинское обеспечение судебной системы Российской Федерации / В.М. Большая, И.В. Холиков, П.Ю. Наумов // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2022. Т. 14, № 1. С. 103–127. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2022-14-1-103-127>
21. Бухтияров И.В. Опыт концептуализации военных аспектов медицинского права (обсуждение главы 14 учебника «Медицинское право России», отв. ред. А.А. Мохов, изд-во «Проспект», 2022, – материалы дискуссии) / И.В. Бухтияров, И.В. Холиков, В.М. Большая, П.Ю. Наумов // Медицина

- труда и промышленная экология. 2023. Т. 63, № 1. С. 67–73. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-1-67-73>
22. Жданов К.В., Холиков И.В. Оказание помощи Гвинейской Республике в борьбе с эпидемией геморрагической лихорадки Эбола // Военно-медицинский журнал. 2015. Т. 336. № 2. С. 93–95.
23. Жданов К.В., Холиков И.В. Болезнь, вызываемая вирусом Эбола: от теории к практике // Журнал инфектологии. 2015. Т. 7. № 1. С. 5–17.
24. Землин А.И., Пищелко А.В. Актуальные проблемы правового обеспечения транспортной безопасности // Борьба с правонарушениями в сфере экономики: правовые, процессуальные и криминалистические аспекты. Сб. мат. международ. научно-практической конференции в рамках международного юридического форума «Право и экономика: национальный опыт и стратегии развития». 2019. С. 51–54.
25. Землин А.И. Некоторые аспекты обеспечения безопасности на транспорте в условиях распространения инфекционных заболеваний (на примере пандемии коронавирусной инфекции COVID-19 // Военное право. 2020. № 6 (64). С. 15–29.
26. Землин А.И. Организационно-правовые основы функционирования транспортной системы в условиях сложной эпидемиологической обстановки: учебник / отв. ред.: А.И. Землин, И.В. Холиков. Москва: РУСАЙНС, 2020. 308 с.
27. Землин А.И. Организационно-правовые основы функционирования транспортной системы в условиях сложной эпидемиологической обстановки: учебник / А.И. Землин, О.М. Землина, М.В. Клёнов, О.С. Опёнышев, И.В. Холиков. Москва: РУСАЙНС, 2020. 310 с.
28. Землин А.И. Проблемные вопросы правового регулирования использования автомобилей с автоматизированной системой вождения / А.И. Землин, М.А. Матвеева, Е.В. Гоц, А.А. Торшин // Мир транспорта. 2022. Т. 20, № 4 (101). С. 117–122. <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-4-11>
29. Землин А.И. Проблемные вопросы правового регулирования отношений, связанных с использованием высокоавтоматизированных транспортных средств // Журнал российского права. 2022. Т. 26, № 12. С. 58–69. <https://doi.org/10.12737/jrl.2022.128>
30. Землин А.И. Актуальные проблемы правового регулирования отношений, возникающих в связи с использованием высокавтоматизированных автомобилей / А.И. Землин, М.А. Матвеева, Е.В. Гоц, А.А. Торшин. Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство «КноРус», 2022. 172 с.

31. Землин А.И. Противодействие распространению пандемии короновирусной инфекции COVID-19 в мегаполисах с использованием беспилотных автомобилей: опыт, правовые и организационные аспекты / А.И. Землин, Е.В. Гоц, М.А. Матвеева, А.А. Торшин // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2022. Т. 14, № 6. С. 455–483. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2022-14-6-455-483>
32. Землин А.И., Торшин А.А. «Система помощи водителю» или «автоматизированная система управления»: вопросы определения границ для публично-правового и частноправового регулирования // Современное право. 2022. № 8. С. 52–58.
34. Землин А.И. Актуальные вопросы правового регулирования функционирования высокоматематизированных автомобилей в условиях мегаполиса // Правовое обеспечение транспортной политики и безопасности на транспорте: опыт, проблемы и перспективы : сборник научных трудов по результатам научных мероприятий, организованных кафедрой «Транспортное право» в рамках подготовки и проведения Недели науки в Юридическом институте РУТ (МИИТ) (2022 год): сборник статей / кол. авторов. Москва: РУСАЙНС, 2022. С. 32–41.
35. Землин А.И. Проблемные вопросы правового обеспечения использования высокоматематизированных транспортных средств // Транспортное право. 2022. № 4. С. 13–20.
36. Землин А.И. Правовые проблемы инновационного развития транспортной отрасли // Транспортное право и безопасность. 2022. № 4. С. 47–55.
37. Кленов М.В. Правовые и организационные вопросы контроля за состоянием здоровья работников и оказания медицинской помощи пассажирам на транспорте в России / М.В. Кленов, И.В. Холиков // Мир транспорта. 2019. Т. 17, № 3 (82). С. 180–191. <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-180-191>
38. Куновянек М., Ванкмюллер К. Сдерживание пандемии COVID-19 с помощью дронов / Поддержано Фондом регионального развития Европейского Союза и Interreg V-A ItalyAustria, 2014–2020 // Транспортная политика. 2021. 106. Р. 141–152.
39. Наумов П.Ю. Концептуальные аспекты производства медицинских экспертиз при обжаловании в судебном порядке заключений по итогам проведения военно-врачебной экспертизы / П.Ю. Наумов, В.М. Большакова, А.И. Землин, И.В. Холиков // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13, № 6. С. 283–306. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-6-283-306>

40. Наумов П.Ю. Актуальные вопросы трансформации норм права о заболеваниих, представляющих опасность для окружающих / П.Ю. Наумов, А.И. Землин, А.А. Утюганов // Актуальные проблемы государства и права. 2022. Т. 6, № 4 (24). С. 532–539. <https://doi.org/10.20310/2587-9340-2022-6-4-532-539>
41. Огнерубов Н.А. Профессиональные медицинские риски: условия пра-вомерности в контексте действующего уголовного законодательства / Н.А. Огнерубов, Р.В. Зелепукин, В.М. Большакова // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13, № 6. С. 266–282. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-6-266-282>
42. Сазонова К.Л., Холиков И.В. Международно-правовые аспекты ответ-ственности государств и международных организаций за распростране-ние эпидемий, пандемий и массовых заболеваний // Военно-медицинский журнал. 2015. № 8 (Т. 336). С. 51–57.
43. Сальников В.П. Институализация военного права как отрасли права в пост-неклассической научной рациональности (рецензия на монографию «Во-енное право в 3-х томах. М.: Центр правовых коммуникаций», 2022) / В.П. Сальников, В.М. Большакова, С.И. Захарцев // Право. Журнал Высшей школы экономики. 2023. № 1. С. 251–261. <https://doi.org/10.17323/2072-8166.2023.1.251.261>
44. Сидоркин А.И. Правовое обеспечение транспортной безопасности в Рос-сии. Монография / А.И. Сидоркин, Д.В. Ирошников, А.И. Землин, В.М. Корякин, Л.Ю. Ларина. Москва, 2021. 264 с.
45. Холиков И.В. Распространение эпидемий, пандемий и массовых заболева-ний как глобальный вызов современности // Пути к миру и безопасности. 2020. № 2 (59). С. 27–40. <https://doi.org/10.20542/2307-149420202-27-40>
46. Холиков И.В. Правовые знания для будущих транспортников // Мир транспорта. 2020. Т. 18, № 1(86). С. 260–264. <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2020-18-260-264>
47. Холиков И.В. Влияние эпидемий, пандемий и массовых заболеваний на экономическую и медицинскую составляющие транспортной безопасно-сти // Актуальные проблемы транспортного права и транспортной безопасно-сти в контексте современных вызовов и угроз: сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. Москва: Российский университет транспорта, Юридический институт, 2020. С. 38–47.
48. Холиков И.В. Динамика функционирования международного права в усло-виях трансформации современного миропорядка: постнеклассический под-ход / И.В. Холиков, А. Милованович, П.Ю. Наумов // Журнал российского права. 2022. Т. 26, № 11. С. 132–148. <https://doi.org/10.12737/jrl.2022.122>

49. Холиков И.В. Федеральный государственный контроль (надзор) за соблюдением законодательства в области обеспечения безопасности объектов топливно-энергетического комплекса: новый этап регулирования и правоприменения / И.В. Холиков, П.Ю. Наумов, В.М. Большакова [и др.] // Уголь. 2022. № 10 (1159). С. 66–71. <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2022-10-66-71>

References

1. Anke J. Impact of SARS-CoV-2 on the mobility behaviour in Germany / Julianne Anke, Angela Francke, Lisa-Marie Schaefer, Tibor Petzoldt. *European Transport Research Review*, 26 Jan. 2021. <https://doi.org/10.1186/s12544-021-00469-3>
2. Bagreeva E.G. Environmental safety conditions in the transport sector by improving the culture of lawmaking / E.G. Bagreeva, S.K. Shamsunov, A.I. Zemlin. *Ekoloji.*, 2019, vol. 28, no. 107, pp. 4071–4076.
3. Bagreeva E.G. Does Environmental Safety Depend Upon the Legal Culture of Transport Specialists? / E.G. Bagreeva, A.I. Zemlin, S.K. Shamsunov. *Ekoloji.*, 2019, vol. 28, no. 107, pp. 4961–4965.
4. Döyen A., Aras N. An Integrated Disaster Preparedness Model for Retrofitting and Relief Item Transportation. *Netw Spat Econ.*, 2019, vol. 19, pp. 1031-1068. <https://doi.org/10.1007/s11067-019-9441-6>
5. Ruiz Estrada, Mario Arturo, The Uses of Drones in Case of Massive Epidemics Contagious Diseases Relief Humanitarian Aid: Wuhan-COVID-19 Crisis (February 29, 2020). <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3546547>
6. Zemlin A. Problems of ensuring security of transport infrastructure facilities / A. Zemlin, I. Kholikov, I. Mamedova, O. Zemlina. IOP Publishing Ltd, «International Science and Technology Conference “Earth Science”, Chapter 3», 2021, 42002.
7. Zemlin A., Kholikov I., Mamedova I. Current Issues of Metro Safety Technical Regulations. *Proceedings of the XIII International Scientific Conference on Architecture and Construction 2020. Lecture Notes in Civil Engineering*. Vol 130. Springer, Singapore, 2021, pp. 236-247. https://doi.org/10.1007/978-981-33-6208-6_24
8. Manca D., Brambilla S. A methodology based on the Analytic Hierarchy Process for the quantitative assessment of emergency preparedness and response in road tunnels. *Transport Pol.*, 2011, vol. 18, pp. 657–664. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2010.12.003>
9. Markolf S.A., Hoehne C., Fraser A., Chester M.V., Underwood B.S. Transportation resilience to climate change and extreme weather events – beyond risk and

- robustness. *Transport Pol.*, 2019, vol. 74, pp. 174–186. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.11.003>
10. Konert A., Smereka J., Szarpak, L. The use of drones in emergency medicine: practical and legal aspects. *Emerg. Med. Int.*, 2019, 3589792. <https://doi.org/10.1155/2019/3589792>
11. Konurov A. Geopolitical consequences of COVID-19 pandemics. *Bulletin of Diplomatic Academy of Russia MFA. Russia and the World*, 2021, vol. 1(27), pp. 6–24.
12. Li B. Y., Lin H., Samani H., Sadler L., Gregory T., Jalaian B. On 3D autonomous delivery systems: Design and development. *2017 International Conference on Advanced Robotics and Intelligent Systems (ARIS)*, Taipei, Taiwan, 2017, pp. 1–6, <https://doi.org/10.1109/ARIS.2017.8361592>
13. Perboli G., Rosano M. Parcel delivery in urban areas: opportunities and threats for the mix of traditional and green business models // *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2019. Vol. 99. P. 19–36. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2019.01.006>
14. Cox A., Prager F., Rose A. Transportation security and the role of resilience: a foundation for operational metrics. *Transport Pol.*, 2011, vol. 18, pp. 307–317. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2010.09.004>
15. Skorup B., Haaland C. How Drones Can Help Fight the Coronavirus. *Mercatus Center Research Paper Series*, Special Edition Policy Brief, 2020.
16. Fornace K.M., Drakeley C.J., William T., Espino F., Cox J., Mapping infectious disease landscapes: unmanned aerial vehicles and epidemiology. *Trends Parasitol.*, 2014, vol. 30, pp. 514–519.
17. Chernogor N. Impact of the spread of epidemics, pandemics and mass diseases on economic security of transport / N. Chernogor, A. Zemlin, I. Kholikov, I. Mamedova. *E3S Web of Conferences*. Vol 2035 November 2020 050192020 – Ecological and Biological Well-Being of Flora and Fauna, EBWFF 2020, 23–24 September 2020.
18. Bol'shakova V.M. Voprosy edinovremennoy vyplaty voennosluzhashchim i sotrudnikam v svyazi s pandemiei novoy koronavirusnoy infektsii (COVID-2019) / V.M. Bol'shakova, A.I. Zemlin, P.Yu. Naumov. *Vestnik Moskovskogo universiteta MVD Rossii*, 2021, no. 6, pp. 38–43. <https://doi.org/10.24412/2073-0454-2021-6-38-43>
19. Bol'shakova V.M., Zemlin A.I., Naumov P.Yu. *Tambovskie pravovye chteniya im. F.N. Plevako: Materialy V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: V 2 T. Tambov, 28–29 maya 2021 goda. Tom 2* [Tambov legal readings named after F.N. Plevako: Proceedings of the V International scientific-practical

- conference: in 2 Vol. F.N. Plevako: Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference: In 2 T., Tambov, May 28-29, 2021. Volume 2]. Tambov: Publishing House “Derzhavinsky”, 2021, pp. 243-246.
20. Bol'shakova V.M., Kholikov I.V., Naumov P.Yu. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2022, vol. 14, no. 1, pp. 103–127. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2022-14-1-103-127>
21. Bukhtiyarov I.V., Kholikov I.V., Bol'shakova V.M., Naumov P.Yu. *Meditina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2023, vol. 63, no. 1, pp. 67–73. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-1-67-73>
22. Zhdanov K.V., Kholikov I.V. *Voenno-meditsinskiy zhurnal*, 2015, vol. 336, no. 2, pp. 93-95.
23. Zhdanov K.V., Kholikov I.V. *Zhurnal infektologii*, 2015, vol. 7, no. 1, pp. 5–17.
24. Zemlin A.I., Pishchelko A.V. *Bor'ba s pravonarusheniyami v sfere ekonomiki: pravovye, protsessual'nye i kriminalisticheskie aspekty. Sb. mat. mezdunarod. nauchno-prakticheskoy konferentsii v ramkakh mezdunarodnogo yuridicheskogo foruma «Pravo i ekonomika: natsional'nyy opyt i strategii razvitiya»* [Combating offenses in the field of economy: legal, procedural and criminalistic aspects. Collection of mat. of the international scientific and practical conference within the framework of the international legal forum “Law and economy: national experience and development strategies”]. 2019, pp. 51-54.
25. Zemlin A.I. *Voennoe pravo*, 2020, no. 6 (64), pp. 15–29.
26. Zemlin A.I. *Organizatsionno-pravovye osnovy funktsionirovaniya transportnoy sistemy v usloviyakh slozhnoy epidemiologicheskoy obstanovki* [Organizational and legal bases of the transport system functioning under conditions of complex epidemiological situation] / ed.: A.I. Zemlin, I.V. Kholikov. Moscow: RUSAYNS, 2020, 308 p.
27. Zemlin A.I. *Organizatsionno-pravovye osnovy funktsionirovaniya transportnoy sistemy v usloviyakh slozhnoy epidemiologicheskoy obstanovki* [Organizational and legal bases of the transport system functioning under conditions of complex epidemiological situation] / A.I. Zemlin, O.M. Zemlina, M.V. Klenov, O.S. Openyshev, I.V. Kholikov. Moscow: RUSAYNS, 2020, 310 p.
28. Zemlin A.I., Matveeva M.A., Gots E.V., Torshin A.A. *Mir transporta*, 2022, vol. 20, no. 4 (101), pp. 117–122. <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-4-11>
29. Zemlin A.I. *Zhurnal rossiyskogo prava*, 2022, vol. 26, no. 12, pp. 58–69. <https://doi.org/10.12737/jrl.2022.128>
30. Zemlin A.I., Matveeva M.A., Gots E.V., Torshin A.A. *Aktual'nye problemy pravovogo regulirovaniya otnosheniy, voznikayushchikh v svyazi s ispol'zovaniem vysokoavtomatizirovannykh avtomobiley* [Actual problems of legal

- regulation of relations arising in connection with the use of highly automated vehicles]. Moscow: Publishing House “Knorus”, 2022, 172 p.
31. Zemlin A.I., Gots E.V., Matveeva M.A., Torshin A.A. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2022, vol. 14, no. 6, pp. 455–483. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2022-14-6-455-483>
32. Zemlin A.I., Torshin A.A. *Sovremennoe pravo*, 2022, no. 8, pp. 52–58.
34. Zemlin A.I. *Pravovoe obespechenie transportnoy politiki i bezopasnosti na transporte: opyt, problemy i perspektiv : sbornik nauchnykh trudov po rezul'tatam nauchnykh meropriyatiy, organizovannykh kafedroy «Transportnoe pravo» v ramkakh podgotovki i provedeniya Nedeli nauki v Yuridicheskem institute RUT (MIIT) (2022 god): sbornik statey* [Legal support of transport policy and transport security: experience, problems and prospects : a collection of scientific papers based on the results of scientific events organized by the Department of “Transport Law” in the framework of preparation and holding of the Week of Science at the Legal Institute of RUT (MIIT) (2022)]. Moscow: RUSAINS, 2022, pp. 32-41.
35. Zemlin A.I. *Transportnoe pravo*, 2022, no. 4, pp. 13–20.
36. Zemlin A.I. *Transportnoe pravo i bezopasnost'*, 2022, no. 4, pp. 47–55.
37. Klenov M.V., Kholikov I.V. *Mir transporta*, 2019, vol. 17, no. 3 (82), pp. 180–191. <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-180-191>
38. Kunovyanek M., Vankmyuller K. *Transportnaya politika*, 2021, vol. 106, pp. 141–152.
39. Naumov P.Yu., Bol'shakova V.M., Zemlin A.I., Kholikov I.V. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2021, vol. 13, no. 6, pp. 283–306. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-6-283-306>
40. Naumov P.Yu., Zemlin A.I., Utyuganov A.A. *Aktual'nye problemy gosudarstva i prava*, 2022, vol. 6, no. 4 (24), pp. 532–539. <https://doi.org/10.20310/2587-9340-2022-6-4-532-539>
41. Ognerubov N.A., Zelepukin R.V., Bol'shakova V.M. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2021, vol. 13, no. 6, pp. 266–282. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-6-266-282>
42. Sazonova K.L., Kholikov I.V. *Voenno-meditsinskiy zhurnal*, 2015, no. 8, pp. 51–57.
43. Sal'nikov V.P., Bol'shakova V.M., Zakhartsev S.I. *Pravo. Zhurnal Vysshey shkoly ekonomiki*, 2023, no. 1, pp. 251–261. <https://doi.org/10.17323/2072-8166.2023.1.251.261>
44. Sidorkin A.I. *Pravovoe obespechenie transportnoy bezopasnosti v Rossii* [Legal support of transportation security in Russia] / A.I. Sidorkin, D.V. Iroshnikov, A.I. Zemlin, V.M. Koryakin, L.Yu. Larina. Moscow, 2021, 264 p.

45. Kholikov, I.V. *Puti k miru i bezopasnosti*, 2020, no. 2 (59), pp. 27–40. <https://doi.org/10.20542/2307-149420202-27-40>
46. Kholikov I.V. *Mir transporta*, 2020, vol. 18, no. 1(86), pp. 260–264. <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2020-18-260-264>
47. Kholikov I.V. *Aktual'nye problemy transportnogo prava i transportnoy bezopasnosti v kontekste sovremennykh vyzovov i ugroz: sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Actual problems of transport law and transport security in the context of modern challenges and threats: a collection of scientific papers of the International Scientific and Practical Conference]. Moscow: Russian University of Transport, Law Institute, 2020, pp. 38-47.
48. Kholikov I.V., Milovanovich A., Naumov P.Yu. *Zhurnal rossiyskogo prava*, 2022, vol. 26, no. 11, pp. 132–148. <https://doi.org/10.12737/jrl.2022.122>
49. Kholikov I.V. *Federal'nyy gosudarstvennyy kontrol'* (nadzor) za soblyudeniem zakonodatel'stva v oblasti obespecheniya bezopasnosti obektov toplivno-energeticheskogo kompleksa: novyy etap regulirovaniya i pravoprimeneniya [Federal state control (supervision) over compliance with the legislation in the field of ensuring the safety of fuel and energy complex facilities: a new stage of regulation and law enforcement] / I.V. Kholikov, P.Yu. Naumov, V.M. Bol'shakova [et al.]. *Ugol'*, 2022, no. 10 (1159), pp. 66–71. <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2022-10-66-71>

ВКЛАД АВТОРОВ

Авторы статьи внесли существенный вклад в подготовку работы, прочли и вычитали финальную версию статьи перед публикацией.

Землин А.И.: разработал идею и концепцию работы, выстроил методологию и определил логику исследования, участвовал в анализе нормативных правовых актов и правоприменительной практики по проблеме исследования, сформулировал итоговую редакцию результатов исследования и выводов.

Матвеева М.А.: развивала авторскую идею, разрабатывала основную гипотезу, осуществляла поиск литературных источников, участвовала в анализе данных и синтезе выводов, участвовала в формулировке и подготовке итоговой редакции выводов по результатам работы.

Гоц Е.В.: осуществляла сбор и анализ научных источников, нормативных правовых актов, правоприменительной практики, разрабатывала и апробировала исследовательский инструментарий, разработала первичную редакцию результатов исследования и выводов, а также участвовал в подготовке их итоговой редакции.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

The authors of the article made a significant contribution to the preparation of the work, read and proofread the final version of the article before publication.

Alexander I. Zemlin: developed the idea and concept of the work, built the methodology and determined the logic of the study, participated in the analysis of regulatory legal acts and law enforcement practice on the research problem, formulated the final version of the research results and conclusions.

Maria A. Matveeva: developed the author's idea, developed the main hypothesis, searched for literary sources, participated in the analysis of data and the synthesis of conclusions, participated in the formulation and preparation of the final version of the conclusions based on the results of the work.

Evgeniia V. Gots: collected and analyzed scientific sources, normative legal acts, law enforcement practice, developed and tested research tools, developed the primary version of the research results and conclusions, and also participated in the preparation of their final version.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Землин Александр Игоревич, доктор юридических наук, кандидат философских наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, заведующий кафедрой «Транспортное право» Юридического института, научный руководитель направления «Транспортная безопасность» Научно-экспертного совета Центра исследования проблем безопасности Российской академии наук
*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта»
ул. Образцова, 9, стр. 9, ГСП-4, г. Москва, 127994, Российская Федерация*
zemlin.aldr@yandex.ru

Матвеева Мария Андреевна, кандидат юридических наук, доцент кафедры «Транспортное право» Юридического института
*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта»
ул. Образцова, 9, стр. 9, ГСП-4, г. Москва, 127994, Российская Федерация*
matveeva1987@mail.ru

Гоц Евгения Валентиновна, старший преподаватель кафедры «Транспортное право» Юридического института
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта»
ул. Образцова, 9, стр. 9, ГСП-4, г. Москва, 127994, Российской Федерации
evgeniya.goc@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Alexander I. Zemlin, Doctor of Law, PhD in Philosophy, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Head of the Department of Transport Law of the Law Institute, Head of the Direction «Transport security» of the Scientific Expert Council of the Center for Research of Security Problems of the Russian Academy of Sciences

Russian University of Transport
9/9, Obraztsova, Str., GSP-4, Moscow, 127994, Russian Federation
zemlin.aldr@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8988-8517>
SPIN-code: 1741-0737
ResearcherID: T-1126-2018
Scopus Author ID: 57208147055

Maria A. Matveeva, PhD in Law, Associate Professor of the Department of Transport Law of the Law Institute

Russian University of Transport
9/9, Obraztsova, Str., GSP-4, Moscow, 127994, Russian Federation
matveeva1987@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3297-4833>
SPIN-code: 9522-1595
ResearcherID: S-2705-2018
Scopus Author ID: 57211385696

Evgeniia V. Gots, Senior Lecturer, Department of Transport Law, Law Institute

Russian University of Transport
9/9, Obraztsova, Str., GSP-4, Moscow, 127994, Russian Federation
evgeniya.goc@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7623-6798>
SPIN-code: 1349-1967

Поступила 10.05.2023

После рецензирования 25.05.2023

Принята 01.06.2023

Received 10.05.2023

Revised 25.05.2023

Accepted 01.06.2023

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Научно-практический рецензируемый журнал **Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture** издается с целью пропаганды фундаментальных и фундаментально-прикладных региональных достижений в области медицины, биологии, сельского хозяйства и смежных дисциплин на территории Российской Федерации и за рубежом.

Требования к оформлению статей

Объем рукописи	7-24 страницы формата А4, включая таблицы, иллюстрации, список литературы; для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук – 7-10.
Поля	все поля – по 20 мм
Шрифт основного текста	Times New Roman
Размер шрифта основного текста	14 пт
Межстрочный интервал	полуторный
Отступ первой строки абзаца	1,25 см
Выравнивание текста	по ширине
Автоматическая расстановка переносов	включена
Нумерация страниц	не ведется
Формулы	в редакторе формул MS Equation 3.0
Рисунки	по тексту
Ссылки на формулу	(1)
Ссылки на литературу	[2, с.5], цитируемая литература приводится общим списком в конце статьи в порядке упоминания
	ЗАПРЕЩАЕТСЯ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ССЫЛКИ-СНОСКИ ДЛЯ УКАЗАНИЯ ИСТОЧНИКОВ

Обязательная структура статьи**УДК****ЗАГЛАВИЕ** (на русском языке)

Автор(ы): фамилия и инициалы (на русском языке)

Аннотация (на русском языке)**Ключевые слова:** отделяются друг от друга точкой с запятой
(на русском языке)**ЗАГЛАВИЕ** (на английском языке)

Автор(ы): фамилия и инициалы (на английском языке)

Аннотация (на английском языке)**Ключевые слова:** отделяются друг от друга точкой с запятой
(на английском языке)

Текст статьи (на русском языке)

- 1. Введение.**
- 2. Цель работы.**
- 3. Материалы и методы исследования.**
- 4. Результаты исследования и их обсуждение.**
- 5. Заключение.**
- 6. Информация о конфликте интересов.**
- 7. Информация о спонсорстве.**
- 8. Благодарности.**

Список литературы

Библиографический список по ГОСТ Р 7.05-2008

References

Библиографическое описание согласно требованиям журнала

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Фамилия, имя, отчество полностью, должность, ученая степень, ученое звание

Полное название организации – место работы (учебы) в именительном падеже без составных частей названий организаций, полный юридический адрес организации в следующей последовательности: улица, дом, город, индекс, страна (на русском языке)

Электронный адрес

SPIN-код в SCIENCE INDEX:

DATA ABOUT THE AUTHORS

Фамилия, имя, отчество полностью, должность, ученая степень, ученое звание

Полное название организации – место работы (учебы) в именительном падеже без составных частей названий организаций, полный юридический адрес организации в следующей последовательности: дом, улица, город, индекс, страна (на английском языке)

Электронный адрес

AUTHOR GUIDELINES

Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture is a multi-field dedicated peer reviewed scientific journal designed to promote both fundamental and applied regional achievements in the field of medicine, biology, agriculture and related sciences on the territory of the Russian Federation and abroad.

Requirements for the articles to be published

Volume of the manuscript	7-24 pages A4 format, including tables, figures, references; for post-graduates pursuing degrees of candidate and doctor of sciences – 7–10.
Margins	all margins –20 mm each
Main text font	Times New Roman
Main text size	14 pt
Line spacing	1.5 interval
First line indent	1,25 cm
Text align	justify
Automatic hyphenation	turned on
Page numbering	turned off
Formulas	in formula processor MS Equation 3.0
Figures	in the text
References to a formula	(1)
References to the sources	[2, p.5], references are given in a single list at the end of the manuscript in the order in which they appear in the text

**DO NOT USE FOOTNOTES
AS REFERENCES**

Article structure requirements

TITLE (in English)

Author(s): surname and initials (in English)

Abstract (in English)

Keywords: separated with semicolon (in English)

Text of the article (in English)

- 1. Introduction.**
- 2. Objective.**
- 3. Materials and methods.**
- 4. Results of the research and Discussion.**
- 5. Conclusion.**
- 6. Conflict of interest information.**
- 7. Sponsorship information.**
- 8. Acknowledgments.**

References

References text type should be Chicago Manual of Style

DATA ABOUT THE AUTHORS

Surname, first name (and patronymic) in full, job title, academic degree, academic title

Full name of the organization – place of employment (or study) without compound parts of the organizations' names, full registered address of the organization in the following sequence: street, building, city, postcode, country

E-mail address

SPIN-code in SCIENCE INDEX:

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

СОСТОЯНИЕ НЕСПЕЦИФИЧЕСКОЙ РЕЗИСТЕНТНОСТИ НЕТОПЫРЯ МАЛОГО (<i>PISTRELLUS PYGMAEUS LEACH, 1825</i>) В УСЛОВИЯХ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ Е.Н. Карпенко, А.Л. Харлан, Е.В. Зайцева	11
МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ДЕКОРАТИВНОСТИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА О.А. Гончарова, И.Н. Липпонен, О.Е. Зотова, Е.Ю. Полоскова	27
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП – «ОПТИМАЛЬНЫХ» И «НЕОПТИМАЛЬНЫХ» ДИХОТОМИЙ ВНУТРИОРГАННОГО АРТЕРИАЛЬНОГО РУСЛА СЕЛЕЗЕНКИ ЧЕЛОВЕКА А.Ш. Дадашев, О.К. Зенин, И.С Милтых, Э.С. Кафаров	52
ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА РАСТИТЕЛЬНОСТИ И СВОЙСТВ ПОЧВ В ХОДЕ ИХ ПОСТАГРОГЕННОГО РАЗВИТИЯ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ ПРИБАЙКАЛЬЯ С.Ю. Зорина, Л.Г. Соколова, С.Г. Казановский, Н.В. Дорофеев	74
ТИРЕОИДНЫЙ СТАТУС ЖЕНЩИН РЕПРОДУКТИВНОГО ВОЗРАСТА, ПРОЖИВАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ЗОБНОЙ ЭНДЕМИИ Е.М. Степанова	97
ИЗУЧЕНИЕ СТРЕСС-ПРОТЕКТИВНОГО И АНКСИОЛИТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЙ ЭКСТРАКТА <i>SCUTELLARIA BAICALENSIS GEORGI</i> В УСЛОВИЯХ «СОЦИАЛЬНОГО» СТРЕССА В.В. Уранова, Н.А. Ломтева, О.Н. Кулешова	117

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КИСЛОТНО-ОСНОВНОГО РАВНОВЕСИЯ У ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ ОРИЕНТИРОВЩИКОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ГЛЮКОЗОЭЛЕКТРОЛИТНОГО НАПИТКА С ДОБАВЛЕНИЕМ РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ Е.А. Бирюкова, Д.Р. Хусаинов, Е.В. Бурцева, Н.П. Мишин, Н.С. Трибрат	137
СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА <i>ACER</i> L. В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ И.В. Чернявская, Е.М. Еднич, Т.Н. Толстикова	153
ВЛИЯНИЕ ОЗИМЫХ СИДЕРАТОВ НА ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ ПОД ВИНОГРАДНИКОМ Ю.В. Плугатарь, О.Е. Клименко, Н.И. Клименко, М.Л. Новицкий	172
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	
АГРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СПОСОБОВ ПОСЕВА И НОРМ ВЫСЕВА СЕМЯН САФЛОРА КРАСИЛЬНОГО В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ А.В. Солонкин, Е.П. Сухарева, А.В. Беликина	187
ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ РОСТА ТЕЛОК ДЖЕРСЕЙСКОЙ ПОРОДЫ В ПЕРИОД ОНТОГЕНЕЗА НА ИХ МОЛОЧНУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ С.А. Олейник, А.В. Лесняк	201
УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕЯНЦЕВ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ Д.В. Сапронова, А.И. Беляев, А.В. Семенютина, А.Ш. Хужахметова, В.В. Сапронов	228

ОЦЕНКА ВИНОГРАДО-ВИНОДЕЛЬЧЕСКИХ РАЙОНОВ КРЫМА
ПО КЛИМАТИЧЕСКИМ ФАКТОРАМ, А ТАКЖЕ ИХ ВЛИЯНИЯ
НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИНОГРАДА

Е.А. Рыбалко, С.Н. Червяк, М.В. Ермихина 246

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОРБЦИОННОГО ПРОЦЕССА
ОЧИСТКИ ШАХТНЫХ ВОД

А.С. Смоляниченко, А.К. Халюшев, Е.В. Яковлева 264

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ПРОДУКТИВНОСТЬ
ВИДОВ РОДА КРАСАВКА (*ATROPA L.*), КУЛЬТИВИРУЕМЫХ
В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

И.В. Басалаева, О.М. Савченко 282

ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И ГИГИЕНА ТРУДА

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА
НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

С.В. Клейн, Н.В. Никифорова, С.А. Вековшинина 306

ШЛАМООТВАЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО БЫВШЕГО
ФОСФОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ КАК ОБЪЕКТ НАКОПЛЕННОГО
ВРЕДА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ И ИСТОЧНИК РИСКА
ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

**Н.В. Зайцева, И.В. Май, Е.В. Максимова,
Л.В. Чупахина, Т.В. Селянова** 322

УГЛУБЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЫЛЕВОГО СОСТАВА
ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ ДЛЯ ЗАДАЧ КОРРЕКТНОЙ ОЦЕНКИ
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И МОНИТОРИНГА

И.В. Май, С.Ю. Загороднов 343

РИСК ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ КАК КРИТЕРИЙ БЕЗОПАСНОСТИ
НАСЕЛЕНИЯ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ АЭРОПОРТА

И.В. Май, Д.Н. Кошурников 358

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ КАК ВАЖНЫЙ
КРИТЕРИЙ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ЗОНИРОВАНИЯ

И.В. Май, Э.В. Седусова, С.Ю. Балашов, К.Н. Саранина 373

ЗДРАВООХРАНЕНИЕ И ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

ИНТЕРНЕТ-ЗАВИСИМОСТЬ: ФАКТОРЫ РИСКА
И ИНДИВИДУАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ
ОСОБЕННОСТИ ПОДРОСТКОВ

О.Л. Москаленко 389

БЛАГОПОЛУЧИЕ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ СФЕРЕ
И ЖИЗНЕСТОЙКОСТЬ ВРАЧЕЙ И МЕДИЦИНСКОГО ПЕРСОНАЛА

**Е.А. Шмелева, П.А. Кисляков, Т.В. Карасева,
О.А. Силаева, Д.А. Прияткин** 413

НАУЧНЫЕ ОБЗОРЫ И СООБЩЕНИЯ

РАСТИТЕЛЬНЫЕ ПИГМЕНТЫ В ПСИХИАТРИИ И НЕВРОЛОГИИ:
ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ. ЧАСТЬ I (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Р.А. Беккер, Ю.В. Быков 439

ОПЫТ РЕГИОНОВ

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ СТРУКТУРЫ ЗАКУПОК
ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ НА РЕГИОНАЛЬНОМ
УРОВНЕ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Ж.В. Мироненкова, С.З. Умаров, О.И. Кныш,
Л.М. Габдулхакова, М.А.Э.Х. Эль Муссави** 473

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
БЕСПИЛОТНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В УСЛОВИЯХ УГРОЗЫ
РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭПИДЕМИЙ И ПАНДЕМИЙ В МЕГАПОЛИСЕ:
ВОПРОСЫ ПУБЛИЧНО-ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

А.И. Землин, Е.В. Гоц, М.А. Матвеева 488

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ 519

CONTENTS

BIOLOGICAL SCIENCES

THE STATE OF NON-SPECIFIC RESISTANCE OF THE SMALL BAT (<i>PIPISTRELLUS PYGMAEUS LEACH, 1825</i>) UNDER ADVERSE ANTHROPOGENIC FACTORS E.N. Karpenko, A.L. Kharlan, E.V. Zaitseva	11
METHODOLOGY FOR ASSESSING THE ORNAMENTALITY OF WOODY PLANTS IN THE FAR NORTH O.A. Goncharova, I.N. Lippinen, O.E. Zotova, E.Yu. Poloskova	27
A COMPARATIVE MORPHOMETRIC ANALYSIS OF DIFFERENT GROUPS – “OPTIMAL” AND “NON-OPTIMAL” DICHOTOMIES IN SPLENIC ARTERIAL VASCULATURE OF HUMANS A.Sh. Dadashev, O.K. Zenin, I.S. Miltykh, E.S. Kafarov	52
PLANT COMPOSITION AND SOIL PROPERTIES DURING POSTAGROGENIC EVOLUTION IN THE CIS-BAIKAL FOREST-STEPPE ZONE S.Yu. Zorina, L.G. Sokolova, S.G. Kazanovsky, N.V. Dorofeev	74
THYROID STATUS IN WOMEN OF REPRODUCTIVE AGE LIVING UNDER MILD IODINE DEFICIENCY CONDITIONS E.M. Stepanova	97
STUDY OF STRESS-PROTECTIVE AND ANXIOLYTIC ACTIONS OF SCUTELLARIA BAICALENSIS GEORGI EXTRACT UNDER “SOCIAL” STRESS V.V. Uranova, N.A. Lomteva, O.N. Kuleshova	117
THE ACID-BASE CHANGES IN HIGHLY QUALIFIED ORIENTER SPORTSMEN UNDER THE INFLUENCE OF GLUCOSE ELECTROLYTE DRINK WITH THE PLANT EXTRACTS ADDITION E.A. Biryukova, D.R. Khusainov, E.V. Burtseva, N.P. Mishin, N.S. Tribrat	137

CONTENT OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN LEAVES
OF THE GENUS *ACER* L. SPECIES IN URBAN ENVIRONMENT

I.V. Chernyavskaya, E.M. Ednich, T.N. Tolstikova 153

THE INFLUENCE OF WINTER GREEN MANURES
ON THE FERTILITY OF THE SOIL UNDER THE VINEYARD

Y.V. Plugatar, O.E. Klimenko, N.I. Klimenko, M.L. Novitsky 172

AGRICULTURAL SCIENCES

AGROECONOMIC ASSESSMENT OF THE INFLUENCE
OF SOWING METHODS AND SOWING RATES OF SAFLORO DYE
SEEDS IN THE VOLGOGRAD REGION

A.V. Solonkin, E.P. Sukhareva, A.V. Belikina 187

THE INFLUENCE OF THE INTENSITY OF GROWTH
OF JERSEY BREED HEIFERS DURING ONTOGENESIS
ON THEIR MILK PRODUCTIVITY

S.A. Oleinik, A.V. Lesnyak 201

IMPROVED TECHNOLOGIES FOR GROWING SEEDLINGS
OF FOREST-FORMING SPECIES IN THE VOLGOGRAD REGION

**D.V. Sapronova, A.I. Belyaev, A.V. Semenyutina,
A.Sh. Khuzhakhmetova, V.V. Sapronov** 228

EVALUATION OF VITICULTURE AND WINEMAKING
REGIONS OF CRIMEA IN ACCORDANCE WITH CLIMATIC
FACTORS, AND THEIR INFLUENCE ON THE QUALITY
CHARACTERISTICS OF GRAPES

E.A. Rybalko, S.N. Cherviak, M.V. Ermikhina 246

MATHEMATICAL ANALYSIS OF THE SORPTION PROCESS
OF MINE WATER PURIFICATION

A.S. Smolyanichenko, A.K. Khaljushev, E.V. Yakovleva 264

MORPHOLOGICAL FEATURES AND PRODUCTIVITY
OF THE *ATROPA* L. GENUS SPECIES, CULTIVATED
IN THE MOSCOW REGION

V. Basalaeva, O.M. Savchenko 282

ENVIRONMENTAL AND OCCUPATIONAL HEALTH

ASSESSING INFLUENCE EXERTED BY AMBIENT AIR POLLUTION
ON PUBLIC HEALTH IN THE RUSSIAN FEDERATION

S.V. Kleyn, N.V. Nikiforova, S.A. Vekovshinina 306

SLUDGE DEPOSITS OF A FORMER PHOSPHOR-PRODUCING PLANT
AS AN OBJECT OF ACCUMULATED ENVIRONMENTAL DAMAGE
AND A SOURCE OF PUBLIC HEALTH RISKS

N.V. Zaitseva, I.V. May, E.V. Maksimova,
L.V. Chupakhina, T.V. Selyanova 322

PROFOUND INVESTIGATION OF DUST CHEMICAL
COMPONENT IN INDUSTRIAL EMISSIONS FOR CORRECT
ESTIMATION OF GEOECOLOGICAL IMPACT AND MONITORING

I.V. May, S.Yu. Zagorodnov 343

HEALTH RISK AS A CRITERION TO ESTIMATE POPULATION
SAFETY IN AN AIRPORT ZONE

I.V. May, D.N. Koshurnikov 358

ENVIRONMENTAL RISKS FOR PUBLIC HEALTH
AS A SIGNIFICANT CRITERION FOR CREATING FUNCTIONAL
ZONES IN A CITY WITHIN URBAN DEVELOPMENT

I.V. May, E.V. Sedusova, S.Yu. Balashov,
K.N. Saranina 373

PUBLIC HEALTH AND PREVENTIVE MEDICINE

INTERNET DEPENDENCE: RISK FACTORS AND INDIVIDUAL
PSYCHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF ADOLESCENTS

O.L. Moskalenko 389

PROFESSIONAL WELL-BEING AND RESILIENCE OF DOCTORS
AND MEDICAL STAFF

E.A. Shmeleva, P.A. Kislyakov, T.V. Karaseva,
O.A. Silaeva, D.A. Prijatkin 413

SCIENTIFIC REVIEWS AND REPORTS

PLANT PIGMENTS IN PSYCHIATRY AND NEUROLOGY:
HISTORICAL AND MODERN USES. PART I (LITERATURE REVIEW)

R.A. Bekker, Yu.V. Bykov 439

EXPERIENCE OF REGIONS

ANALYSIS OF FEATURES OF MEDICATION SUPPLY STRUCTURE
IN THE RUSSIAN FEDERATION AT THE REGIONAL LEVEL

**Zh.V. Mironenkova, S.Z. Umarov, O.I. Knysh,
L.M. Gabdulkhakova, M.A.E.Kh. El' Mussavi** 473

INTERDISCIPLINARY RESEARCH

ENSURING THE SAFE USE OF UNMANNED VEHICLES
UNDER THE THREATS OF EPIDEMICS AND PANDEMICS
IN A MEGAPOLIS: ISSUES OF PUBLIC LEGAL REGULATION

A.I. Zemlin, E.V. Gots, M.A. Matveeva 488

RULES FOR AUTHORS 519

Подписано в печать 01.11.2023. Дата выхода в свет 01.11.2023. Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 37,90. Тираж 5000 экз. Свободная цена. Заказ SJLSA155/023. Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии «Издательство «Авторская Мастерская». Адрес типографии: ул. Пресненский Вал, д. 27 стр. 24, г. Москва, 123557 Россия.