

ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И ГИГИЕНА ТРУДА

ENVIRONMENTAL
AND OCCUPATIONAL HEALTH

DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-5-11-26

УДК 57.014

ДИНАМИКА ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ
В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РЕК НА ТЕРРИТОРИИ
ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ*В.В. Александрова, В.Б. Иванов, В.И. Цыганова*

Обоснование. На территории Западной Сибири сосредоточено две трети всех запасов нефти Российской Федерации. Разведка, добыча и транспортировка нефтепродуктов на нефтегазовом месторождении является основной причиной негативного воздействия на экосистемы северных территорий.

Цель. Целью исследования является оценка динамики загрязнения химическими веществами донных отложений рек Среднего Приобья, региона Самотлорского нефтяного месторождения.

Материалы и методы. На основе химического анализа в пробах донных отложений определяли концентрации и суммарные значения следующих химических элементов: марганец, медь, никель, свинец, хром, цинк, железо сульфат-ионы, хлорид-ионы, нефтепродукты, ртуть. По результатам многолетних исследований динамики химического состава донных отложений рек Обь, Аган, Вах, был проведен корреляционный и регрессионный анализ исследованных показателей.

Результаты. Результаты корреляционного анализа позволяют говорить о существовании отрицательных и положительных корреляционных связей у исследованных показателей. Регрессионный анализ миграции химических элементов в пробах донных отложений за период исследования показывает значительные колебания суммарной концентрации химических элементов в донных отложениях, но отмечается общая тенденция к снижению их концентрации в донных отложениях.

Заключение. *Анализируя экологическое состояние исследованных рек по качеству донных отложений, в целом можно говорить об их стабильном состоянии. За период исследования наблюдается положительная динамика концентрации химических элементов в донных отложениях.*

Ключевые слова: *экосистема; донные отложения; химические вещества; нефтепродукты; токсичность; фрактальные системы; регрессионный и корреляционный анализ*

Для цитирования. *Александрова В.В., Иванов В.Б., Цыганова В.И. Динамика химических веществ в донных отложениях рек на территории воздействия нефтедобывающей промышленности // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2022. Т. 14, №5. С. 11-26. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-5-11-26*

DYNAMICS OF CHEMICALS IN RIVER BOTTOM SEDIMENTS ON THE TERRITORIES IMPACTED BY THE OIL INDUSTRY

V.V. Aleksandrova, V.B. Ivanov, V.I. Tsyganova

Background. *Two thirds of all oil reserves of the Russian Federation are concentrated on the territory of Western Siberia. Field work, production and distribution of petroleum products at the oil and gas field are the main reasons for the negative impact on the ecosystems of the northern territories.*

Purpose. *The purpose of this study is to evaluate the chemical pollution dynamics of the rivers' bottom sediments in the Middle Ob region, the region of the Samotlor field.*

Materials and methods. *Based on the chemical analysis of the sediment samples, concentrations and total values of the following chemical elements were determined: manganese, copper, nickel, lead, chromium, zinc, iron sulfate ions, chloride ions, petroleum products, mercury. Based on the results of long-term studies of the chemical analysis dynamics of the bottom sediments in the Ob, Agan, and Vakh rivers, a correlation and regression analysis of the studied indicators was carried out.*

Results. *The results of the correlation analysis suggest the existence of negative and positive correlations in the studied indicators. Regression analysis of the migration of chemical elements in sediment samples during the study period shows significant fluctuations in the total concentration of chemical elements in sediments, but there is a general tendency to decrease their concentration in sediments.*

Conclusion. *Analyzing the ecological state of the studied rivers by the quality of bottom sediments, in general, we can conclude that they are in stable condition. During the study period, there has been a positive dynamics in the concentration of chemical elements in bottom sediments.*

Keywords: *ecosystem; bottom sediments; chemical substances; oil products; toxicity; fractal systems; regression and correlation analysis*

For citation. *Aleksandrova V.V., Ivanov V.B., Tsyganova V.I. Dynamics of Chemicals in River Bottom Sediments on the Territories Impacted by the Oil Industry. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2022, vol. 14, no. 5, pp. 11-26. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-5-11-26*

Введение

Среднеобская низменность является одной из крупнейших в мире аккумулятивных систем с почти идеально ровной поверхностью. Другая уникальная особенность Среднеобской низменности – активная разработка Самотлорского нефтяного месторождения (Самотлор), крупнейшего нефтяного месторождения в России. Эти два обстоятельства – особенности ландшафта и размеры нефтедобывающего комплекса, делают исследуемую территорию уникальной и не имеющей аналогов в мире. Тяжелые климатические условия и интенсивность нефтедобычи на территории исследования наложили особый отпечаток на развитие экосистем данного региона. Интенсивная нефтедобыча – в огромных объемах и масштабах, в тяжелых природно-климатических условиях, в течении более полувекового промежутка по времени, – характерная и специфичная особенность Среднеобской низменности в мировом масштабе [6, 11, 15, 20, 27, 28, 29, 32].

Исследование воздействия нефтегазодобывающей промышленности на окружающую среду на основе изучения состояния поверхностных вод и донных отложений в зоне их воздействия имеет большую актуальность, поскольку нефтяные углеводороды, попадая в воду, находятся в диспергированном состоянии, постепенно оседая на дно. В условиях замедленной биодеградации, исследование химического состава донных осадков дает достаточно объективную картину уровня загрязнения водных объектов за длительный промежуток времени. Урегулирование качества окружающей среды базируется на установлении экологически приемлемого воздействия на нее, при котором не происходят нарушения процессов самоочищения вод [3, 4, 5, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 17, 19, 21, 30, 31].

Донные отложения выступают индикатором загрязнений, которые поступают в водоемы на протяжении продолжительного периода. В водных

экосистемах между донными отложениями и поверхностными водами происходят непрерывные процессы обмена веществами. Донные отложения водоемов – важный компонент водной экосистемы: они являются средой обитания донной фауны, участвуют в круговороте химических элементов в водоеме. Поэтому донные отложения являются источником сведений о состоянии и происходящих изменениях в водной экосистеме и окружающей среде, в целом [1, 2, 10, 16, 18, 22, 23, 24, 25, 26].

Материалы и методы

Исследования концентрации химических элементов в донных отложениях рек Нижневартовского района Ханты-Мансийского автономного округа проводились в течении восьми лет, с 2011 по 2018 годы, в связи с интенсификацией добычи нефти на исследуемой территории. Объектами исследования явились реки – Обь (точка исследования № 1), Вах (точка исследования № 2) и Аган (точка исследования № 3). Отбор проб донных отложений проводили по стандартным методикам, согласно ГОСТ. Для оценки качества донных отложений рек Нижневартовского района, створы наблюдений были организованы в зонах с влиянием вероятных источников поступления загрязняющих веществ с нефтегазовых месторождений.

В пробах донных отложений определяли содержание следующих химических элементов: марганец, медь, никель, свинец, хром, цинк, железо сульфат-ионы, хлорид-ионы, нефтепродукты, ртуть. В ходе исследования определяли концентрации как отдельных химических элементов, так и их суммарные значения. Статистическая обработка геохимических данных велась в программах MS Excel.

Результаты и обсуждение

Результаты многолетних исследований химического состава донных отложений приведены на рисунках 1-3.

Динамика концентраций химических веществ в донных отложениях рек за восьмилетний период на примере концентраций нефтепродуктов показало следующие результаты, максимальные концентрации отмечены в донных отложениях реки Аган, минимальные в реке Вах. В 2012 году в р. Аган, нефтепродуктов зарегистрировано в 2 раза больше, чем в р. Обь, и в 3 раза больше, чем в р. Вах, в 2016 году разница концентраций аналогична в р. Обь и р. Аган, в р. Вах. В 2014 и 2015 году количество нефтепродуктов оставалось на одном уровне, в 2017-2018 годах колебания не значительны (рис. 1).

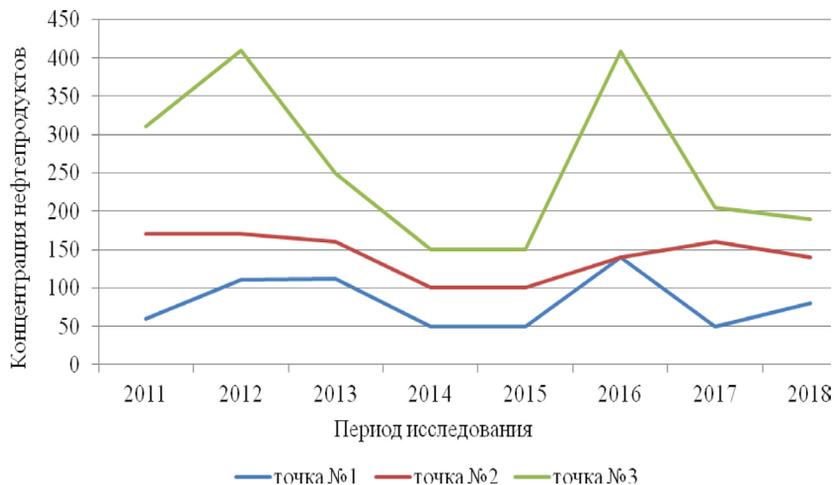


Рис. 1. Динамика концентрации нефтепродуктов в исследованных реках, мг/дм³

Одним из наиболее важных регуляторов обменного процесса веществ в системе «донные отложения – придонный слой воды» является значение водородного показателя (рис. 2).

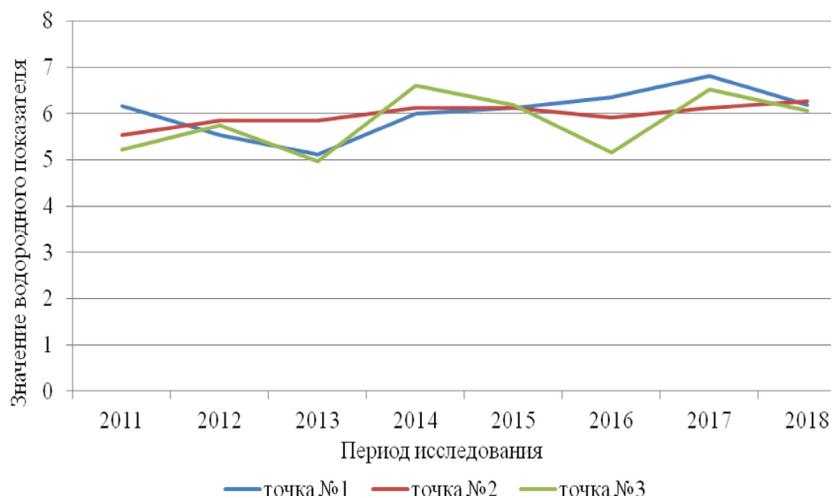


Рис. 2. Динамика водородного показателя водной вытяжки в исследованных реках, ед. рН

В исследованных нами реках водородный показатель водной вытяжки до 2014 г. колеблется в пределах 5-6 ед. рН, среда преимущественно кислая. В единичном случае за восьмилетний период исследования в водной вытяжке донных отложений исследованных рек отмечается смещение водородного показателя ниже 5 ед. рН (4,9 ед. рН) в р. Аган. С 2014 г. водородный показатель большинства исследованных водных вытяжек донных отложений р. Обь, р. Вах, р. Аган выше 6 ед. рН, кроме 2016 г. в р. Вах и р. Аган.

Анализ донных отложений рек Нижневартовского района за восьмилетний период показал динамично изменяющуюся картину содержания химических веществ, как по годам, так и по исследованным рекам (рис. 3).

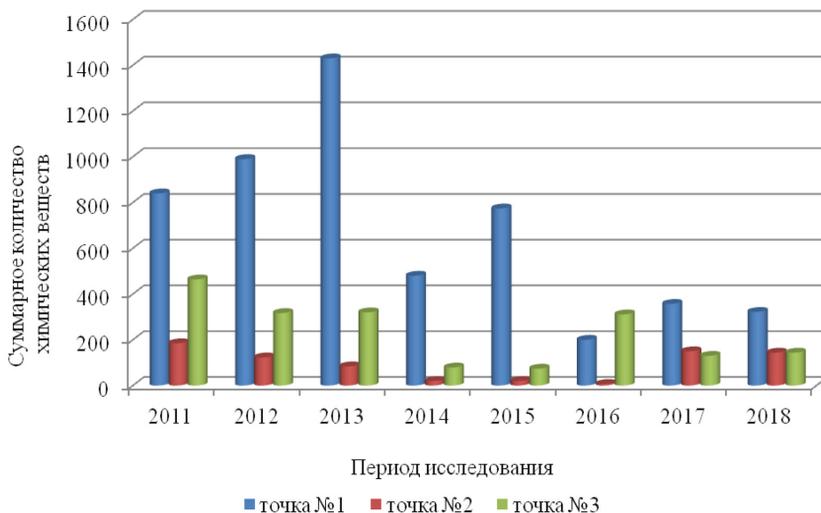


Рис. 3. Суммарное содержание химических веществ донных отложений в точках исследования, мг/дм³

Суммарное количество исследованных химических элементов в донных отложениях р. Обь, р. Вах, р. Аган до 2014 г. намного выше, чем после 2014 г., особенно наглядно это видно по результатам исследования р. Обь. С 2011 по 2013 годы суммарная концентрация химических элементов в р. Обь увеличивалась. Пик концентрации химических элементов отмечается в 2013 году, а с 2014 года наблюдается тенденция снижения концентрации химических элементов в пробах донных отложений р. Обь. В 2013 г. пробы донных отложений р. Обь характеризуются максимальными показателями по железу, марганцу, сульфат-ионам и хлорид-ионам.

В Нижневартовске гидрологический пост расположен на территории ООО «Речной порт «Нижневартовск». Критические отметки высоких уровней воды над нулем поста равны 980 см, в 2015 году зарегистрирован критический подъем уровня воды – 1061 см. На рисунке 4 приведены многолетние наблюдения за уровнем воды в реке Обь за период исследования.

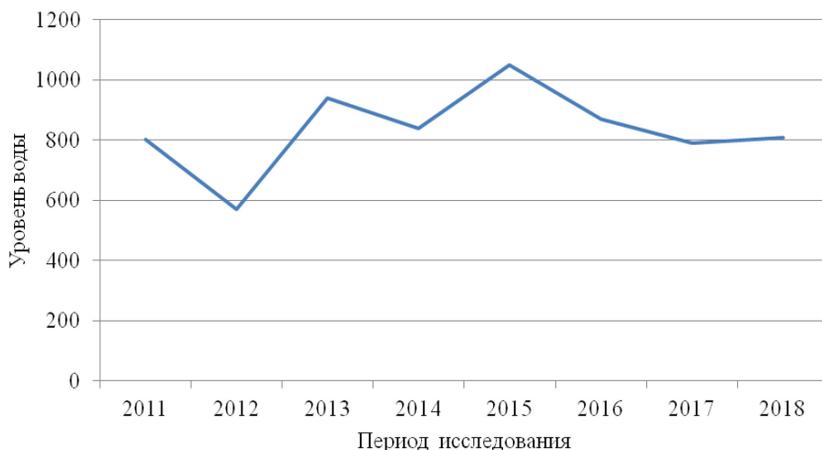


Рис. 4. Уровень воды в реке Обь в период весенне-летнего половодья на территории Нижневартовского района, см

Результаты исследования уровня воды в р. Обь показывают, что с 2012 по 2015 годы наблюдается ежегодное увеличение уровня воды, а с 2016 г. – снижение уровня воды во время половодья в р. Обь

Полученные результаты корреляционного анализа позволяют говорить о существовании отрицательных корреляционных взаимосвязей между водородным показателем исследованных проб донных отложений и количеством растворенных химических элементов в пробе ($r = -0,49$), данную корреляционную зависимость можно охарактеризовать как среднюю [1]. Положительная корреляционная зависимость обнаруживается между суммарным количеством химических элементов и уровнем воды в реке Обь ($r = 0,87$), данную корреляционную зависимость можно охарактеризовать как сильную.

Регрессионный анализ миграции химических элементов в пробах донных отложений за период исследования показывает значительные колебания суммарной концентрации химических элементов в донных отложениях (рис. 5). Динамика концентрации химических элементов в донных

отложениях каждой исследованной реки уникальна, но во всех объектах отмечается общая тенденция к снижению суммарного количества концентрации химических элементов.

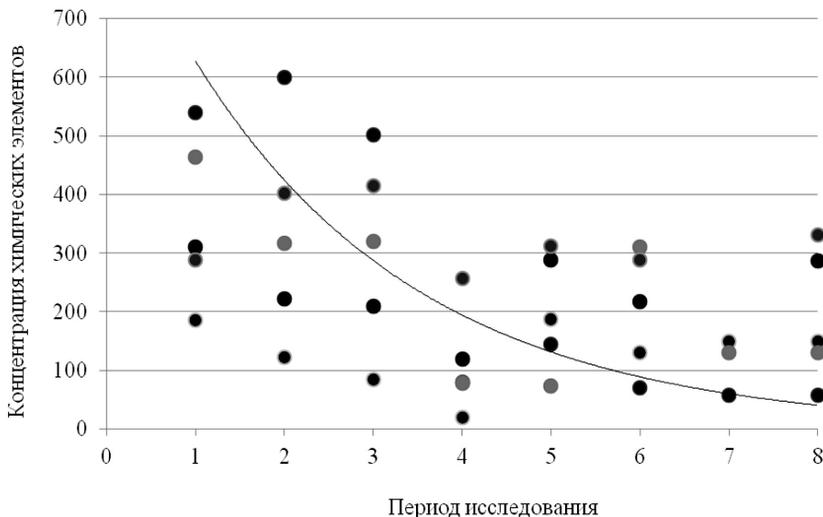


Рис. 5. Регрессионный анализ концентраций химических веществ донных отложений в точках исследования

Отличительной особенностью вод ХМАО-Югры является повышенное содержание в поверхностных водах железа и марганца, что подтверждается нашими многолетними исследованиями. Повышенное содержание хлоридов характерно для рек, протекающих через участки с интенсивной добычей нефти, причем концентрация хлорид-ионов прямо пропорциональна числу пробуренных скважин и площади техногенно-трансформированных геосистем. Зависимость концентрации хлоридов от интенсивности техногенеза проявляется как в бассейнах малых рек, так и в пределах целых водосборных площадей регионального уровня.

Заключение

Антропогенные воздействия всегда накладываются на природные векторные и циклические процессы. В результате формируется сложная картина интерференции, которая имеет выраженные черты фрактальных систем. В силу этого могут реализовываться многочисленные альтернативные сценарии восстановления экосистем.

Анализируя экологическую обстановку речных экосистем по качеству донных отложений, в целом можно говорить об их стабильном состоянии. За период исследования наблюдается положительная динамика уменьшения концентрации химических элементов в донных отложениях. Следует отметить сложную динамику концентраций в исследованных точках, что может зависеть от многих факторов, от сезонных изменений уровня воды в реках, и до протекающих в экосистемах процессах самоочищения.

Список литературы

1. Александрова В.В., Левкова А.Н. Анализ и прогноз миграции антропогенных примесей в пробах донных отложений методом скользящей средней // В мире научных открытий. 2018. Т. 10, № 1-2. С. 12-18.
2. Александрова В.В., Логинов Д.Н., Войтова В.А. Корреляционный анализ миграции антропогенных примесей в донных отложениях методом химического анализа // В мире научных открытий. 2017. Т. 9, № 4-2. С. 186-192.
3. Александрова В.В., Иванов В.Б., Войтова В.А. Анализ корреляционной зависимости результатов токсикологических экспериментов от уровня pH воды // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2020. Т. 12. № 1. С. 71–78. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2020-12-1-71-78>
4. Александрова В.В., Левкова А.Н., Иванова А.В. Анализ и прогноз миграции химических веществ в поверхностных водах и донных отложениях малых рек // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2019. Т. 11. № 2-2. С. 12-20.
5. Александрова В.В., Иванов В.Б. Экотоксикологический анализ поверхностных вод Нижневартовского района // Теоретические проблемы экологии и эволюции. Качество воды и водные биоресурсы (VII Любимцевские чтения): Материалы международных научных чтений (г. Тольятти, 06–09 апреля 2020 года) / Под редакцией Г.С. Розенберга, С.В. Саксонова. Тольятти: Изд-во Анна, 2020. С. 48-51.
6. Волков И.М., Ряхин М.С., Белоусов С.Н., Александрова В.В., Иванов В.Б. Обеспечение экологической безопасности проектных решений на территории лицензионных участков недропользователей с применением наилучших доступных технологий // Нефтяное хозяйство. 2018. № 2. С. 109-112. <https://doi.org/10.24887/0028-2448-2018-2-109-112>
7. Иванов В.Б., Федоренко Л.З., Иванова Л.Г. Оценка сезонной динамики качества поверхностных вод по критерию плодовитости *Ceriodaphnia affinis* // В мире научных открытий. 2018. Т. 10. № 1-2. С. 38-45.

8. Иванов В.Б., Долгих А.Ю. Оценка экологического состояния водного объекта // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2019. Т. 11. № 3-2. С. 21-28.
9. Карагачева Т.В., Иванов В.Б. Протеазная активность микроорганизмов в почвах, загрязненных подтоварными водами // Информационные технологии в экологии: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России (г. Нижневартовск, 23 ноября 2017 года). Нижневартовск: Изд-во НВГУ, 2018. С. 41-43.
10. Левкова А.Н., Иванов В.Б. Эколого-химический анализ состояния донных отложений малых рек Нижневартовского района в зоне воздействия нефтедобывающей промышленности // XIX Всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартовского государственного университета: Сборник статей (г. Нижневартовск, 04–05 апреля 2017 года). Нижневартовск: Изд-во НВГУ, 2017. С. 355-360.
11. Мавлетова-Чистякова М.В., Щербakov А.В., Иванов В.Б., Юмагулова Э.Р., Усманов И.Ю. Пульсирующая мозаичность параметров почв Южного Зауралья // *Вестник Нижневартовского государственного ун-та*. 2017. № 4. С. 124-133.
12. Сторчак Т.В., Диденко И.Н., Иванов В.Б. Самоочищение малых рек Среднего Приобья в сезонной динамике на территории нефтедобычи // Теоретические проблемы экологии и эволюции. Качество воды и водные биоресурсы (VII Любимцевские чтения): Материалы международных научных чтений (г. Тольятти, 06–09 апреля 2020 года) / Под редакцией Г.С. Розенберга, С.В. Саксонова. Тольятти: Изд-во Анна, 2020. С. 181-185.
13. Толкачева В.В. Анализ токсичности природных вод методом биотестирования (на примере Нижневартовского района): Дис. ... канд. биол. наук. Омск, 2004. 137 с.
14. Толкачева В.В. Анализ токсичности природных вод методом биотестирования (на примере Нижневартовского района): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Омск, 2004. 22 с.
15. Толкачева В.В. Оценка загрязненности озера Самотлор // *Успехи современного естествознания*. 2004. № 10. С. 81-82.
16. Agnieszka Baran, Monika Mierzwa-Hersztek, Krzysztof Gondek, Marek Tarnawski, Magdalena Szara, Olga Gorczyca & Tomasz Koniarz The influence of the quantity and quality of sediment organic matter on the potential mobility and toxicity of trace elements in bottom sedimen. // *Environmental Geochemistry and Health*, 2019, vol. 41, p.p. 2893–2910.
17. Aleksandrova V.V., Ivanov V.B., Vojtova V.A. Analysis of the correlation between the results of toxicological experiments and the pH level of water // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2020, vol. 12, no. 1, pp. 71–78. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2020-12-1-71-78>

18. Barlas N., Akbulut N., Aydogan, M. Assessment of Heavy Metal ResIdues In the Sedlment and Water Samples of Uluabat Lake, Turkey // Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2005, vol. 74, pp. 286-293. <https://doi.org/10.1007/s00128-004-0582-y>
19. Ivanov V.B., Alexandrova V.V., Usmanov I.Yu., Scherbakov A.V., Yumagulova E.R., Ivanov N.A., Chibrikov O.V. Comparative Evaluation of Migrating Anthropogenic Impurities in Ecosystems of the Middle Ob Region through Bioindication and Chemical Analysis // Vegetos: An International Journal of Plant Research, 2016, vol. 29, no. 2, pp. 47-50. <https://doi.org/10.5958/2229-4473.2016.00018.5>
20. Ivanov V.B., Scherbakov A.V. Assessment of the level of stress on plants of Western Siberian raised bogs by the method of fractal analysis // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2021, vol. 13, no. 4, pp. 224-237. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-4-224-237>.
21. Lifshits S., Glyaznetsova Y., Erofeevskaya L., Chalaya O., Zueva I. Effect of oil pollution on the ecological condition of soils and bottom sediments of the arctic region (Yakutia) // Environmental Pollution, 2021, vol. 288, P. 117680. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117680>.
22. Martins C.C., Bicego M.C., Tanigushi S., Montone R.C. Aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments in Admiralty Bay, King George Island, Antarctica // Antarctic Science, 2004, no. 16 (2), pp. 117-122. <https://doi.org/10.1017/S0954102004001932>
23. Macdonald D.D., Ingersoll C.G., Berger T.A. Development and Evaluation of Consesus-Based Sediment Quality Guidelines for Freshwater Ecosystems // Arhives of Environmental Contamination and Toxicology, 2000, vol. 39, pp. 20-31. <https://doi.org/10.1007/s002440010075>
24. Pandey J., Singh R. Heavy metals in sediments of Ganga River: up- and downstream urban influences // Applied Water Science, 2015, no. 7 (4), pp. 1-10. <https://doi.org/10.1007/s13201-015-0334-7>.
25. Peter M. Linnik, Irina B. Zubenko Role of bottom sediments in the secondary pollution of aquatic environments by heavymetal compounds // Lakes & Reservoirs: Research and Management, 2002, no. 5 (1), pp. 11-21. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1770.2000.00094.x>
26. Serap Pulatsü Review of 15 Years of Research on Sediment Heavy Metal Contents and Sediment Nutrient Release in Inland Aquatic Ecosystems, Turkey // Journal of Water Resource and Protection, 2015, vol. 7, no. 2, pp. 85-100. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2015.72007>
27. Usmanov I.Y., Yumagulova E.R., Ivanov V.B., Aleksandrova V.V., Ivanov N.A., Schaichmetova R.I., Scherbakov A.V., Mavletova-Chistuakova M.V.

- Physiological Barriers for Adventitious Species Invasion in Oligotroph Ecosystems of the Middle Ob Area // *Vegetos: An International Journal of Plant Research*, 2017, vol. 30, no. 4, pp. 81-85. <https://doi.org/10.5958/2229-4473.2017.00195.1>
28. Usmanov I.Yu., Yumagulova E.R., Ovechkina E.S., Ivanov V.B., Aleksandrova V.V., Ivanov N.A., Shcherbakov A.B. Fractal Analysis of Morpho-Physiological Parameters of *Oxycoccus Polustris* Pers in oligotrophic Swamps of Western Siberia // *Vegetos: An International Journal of Plant Research*, 2016, vol. 29, no. 1, pp. 1-3. <https://doi.org/10.5958/2229-4473.2016.00002.1>
 29. Usmanov I.Yu., Scherbakov A.V., Ivanov V.B., Ivanova A.V. Fractal Nature of Multidimensional Ecological Niche: Real Habitats in South Trans-Urals / S.G. Maximova, R.I. Raikin, M.M. Silantyeva, & A.A. Chibilyov (Eds.) // *Advances in Natural, Human-Made, and Coupled Human-Natural Systems*. Cham, Switzerland: Springer, 2021.
 30. Froehner S., Zeni J., Cardoso da Luz E., Maceno M. Characterization of Granulometric and Chemical Composition of Sediments of Barigui River Samples and their Capacity to Retain Polycyclic Aromatic Hydrocarbons // *Water Air Soil Pollution*, 2009, vol. 203, pp. 381-389. <https://doi.org/10.1007/s11270-009-0020-1>
 31. Håkanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control – a sedimentological approach // *Water Research*, 1980, no. 14 (8), pp. 975-1001. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(80\)90143-8](https://doi.org/10.1016/0043-1354(80)90143-8)
 32. Scherbakov A.V., Ivanov V.B., Ivanova A.V., Usmanov I.Y. The Equifinal Achievement of the Total Antioxidant Activity of Flavonoids by Plants in Various Habitats. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. vol. 670(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/670/1/012018>

References

1. Aleksandrova V.V., Levkova A.N. *V mire nauchnyh otkrytij* [Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture], 2018, vol. 10, no. 1-2, pp. 12-18.
2. Aleksandrova V.V., Loginov D.N., Vojtova V.A. *V mire nauchnyh otkrytij* [Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture], 2017, vol. 9, no. 4-2, pp. 186-192.
3. Aleksandrova V.V., Ivanov V.B., Vojtova V.A. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2020, vol. 12, no. 1, pp. 71-78. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2020-12-1-71-78>
4. Aleksandrova V.V., Levkova A.N., Ivanova A.V. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2019, vol. 11, no. 2-2, pp. 12-20.

5. Aleksandrova V.V., Ivanov V.B. *Teoreticheskie problemy ekologii i evolyucii. Kachestvo vody i vodnye bioresursy (VII Lyubishchevskie chteniya): Materialy mezhdunarodnyh nauchnyh chtenij* [Theoretical problems of ecology and evolution. Water Quality and Aquatic Bioresources (VII Lyubishchev Readings): Proceedings of International Scientific Readings]. Tol'yatti: Izd-vo Anna, 2020, pp. 48-51.
6. Volkov I.M., Ryakhin M.S., Belousov S.N., Aleksandrova V.V., Ivanov V.B. Ensuring environmental safety of project solution within a license holder's block through the best available technologies. *Neftyanoe Khozyaystvo* [Oil Industry], 2018, (2), pp. 109–112. <https://doi.org/10.24887/0028-2448-2018-2-109-112>
7. Ivanov V.B., Fedorenko L.Z., Ivanova L.G. *V mire nauchnyh otkrytij* [Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture], 2018, vol. 10, no. 1-2, pp. 38-45.
8. Ivanov V.B., Dolgich A.Yu. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2019, vol. 11, no. 3-2, pp. 21-28.
9. Karagacheva T.V., Ivanov V.B. *Informacionnye tekhnologii v ekologii: Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj Godu ekologii v Rossii* [Information technologies in ecology: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the Year of Ecology in Russia]. Nizhneartovsk: Izd-vo NVGU, 2017, pp. 41-43.
10. Levkova A.N., Ivanov V.B. *XIX Vserossijskaya studencheskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya Nizhneartovskogo gosudarstvennogo universiteta* [XIX All-Russian Student Scientific and Practical Conference of Nizhneartovsk State University]. Nizhneartovsk: Izd-vo NVGU, 2017. pp. 355-360.
11. Mavletova-Chistyakova M.V., Shcherbakov A.V., Ivanov V.B., Yumagulova E.R., Usmanov I.Yu. *Vestnik Nizhneartovskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Nizhneartovsk State University], 2017, no. 4, pp. 124-133.
12. Storchak T.V., Didenko I.N., Ivanov V.B. *Teoreticheskie problemy ekologii i evolyucii. Kachestvo vody i vodnye bioresursy (VII Lyubishchevskie chteniya): Materialy mezhdunarodnyh nauchnyh chtenij* [Theoretical problems of ecology and evolution. Water Quality and Aquatic Bioresources (VII Lyubishchev Readings): Proceedings of International Scientific Readings]. Tol'yatti: Izd-vo Anna, 2020, pp. 181-185.
13. Tolkacheva V.V. *Analiz toksichnosti prirodnyh vod metodom biotestirovaniya (na primere Nizhneartovskogo rajona)* [Analysis of the toxicity of natural waters by biotesting (on the example of the Nizhneartovsk region)]. PhD dissertation. Omsk, 2004, 137 p.
14. Tolkacheva V.V. *Analiz toksichnosti prirodnyh vod metodom biotestirovaniya (na primere Nizhneartovskogo rajona)* [Analysis of the toxicity of natural wa-

- ters by biotesting (on the example of the Nizhnevartovsk region)]. Abstract of PhD dissertation. Omsk, 2004, 22 p.
15. Tolkacheva V.V. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Successes of modern natural science], 2004, vol. 10, pp. 81-82.
 16. Agnieszka Baran, Monika Mierzwa-Hersztek, Krzysztof Gondek, Marek Tarnawski, Magdalena Szara, Olga Gorczyca & Tomasz Koniarz The influence of the quantity and quality of sediment organic matter on the potential mobility and toxicity of trace elements in bottom sediment. *Environmental Geochemistry and Health*, 2019, vol. 41, pp. 2893–2910.
 17. Aleksandrova V.V., Ivanov V.B., Vojtova V.A. Analysis of the correlation between the results of toxicological experiments and the pH level of water. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2020, vol. 12, no. 1, pp. 71–78. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2020-12-1-71-78>
 18. Barlas N., Akbulut N., Aydogan, M. Assessment of Heavy Metal ResIdues In the SedIment and Water Samples of Uluabat Lake, Turkey. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 2005, vol. 74, pp. 286-293. <https://doi.org/10.1007/s00128-004-0582-y>
 19. Ivanov V.B., Alexandrova V.V., Usmanov I.Yu., Scherbakov A.V., Yumagulova E.R., Ivanov N.A., Chibrikov O.V. Comparative Evaluation of Migrating Anthropogenic Impurities in Ecosystems of the Middle Ob Region through Bioindication and Chemical Analysis. *Vegetos: An International Journal of Plant Research*, 2016, vol. 29, no. 2, pp. 47-50. <https://doi.org/10.5958/2229-4473.2016.00018.5>
 20. Ivanov V.B., Scherbakov A.V. Assessment of the level of stress on plants of Western Siberian raised bogs by the method of fractal analysis. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2021, vol. 13, no. 4, pp. 224-237. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-4-224-237>.
 21. Lifshits S., Glyaznetsova Y., Erofeevskaya L., Chalaya O., Zueva I. Effect of oil pollution on the ecological condition of soils and bottom sediments of the arctic region (Yakutia). *Environmental Pollution*, 2021, vol. 288, P. 117680. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117680>.
 22. Martins C.C., Bicego M.C., Tanigushi S., Montone R.C. Aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments in Admiralty Bay, King George Island, Antarctica. *Antarctic Science*, 2004, no. 16 (2), pp. 117-122. <https://doi.org/10.1017/S0954102004001932>
 23. Macdonald D.D., Ingersoll C.G., Berger T.A. Development and Evaluation of Consensus-Based Sediment Quality Guidelines for Freshwater Ecosystems. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 2000, vol. 39, pp. 20-31, <https://doi.org/10.1007/s002440010075>

24. Pandey J., Singh R. *Applied Water Science*, 2015, no. 7 (4), pp. 1-10. <https://doi.org/10.1007/s13201-015-0334-7>.
25. Peter M. Linnik, Irina B. Zubenko *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, 2002, no. 5(1), pp. 11-21. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1770.2000.00094.x>
26. Serap Pulatsü *Journal of Water Resource and Protection*, 2015, vol. 7, no. 2, pp. 85-100. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2015.72007>
27. Usmanov I.Y., Yumagulova E.R., Ivanov V.B., Aleksandrova V.V., Ivanov N.A., Schaichmetova R.I., Scherbakov A.V., Mavletova-Chistuakova M.V. Physiological Barriers for Adventitious Species Invasion in Oligotroph Ecosystems of the Middle Ob Area. *Vegetos: An International Journal of Plant Research*, 2017, vol. 30, no. 4, pp. 81-85. <https://doi.org/10.5958/2229-4473.2017.00195.1>
28. Usmanov I.Yu., Yumagulova E.R., Ovechkina E.S., Ivanov V.B., Aleksandrova V.V., Ivanov N.A., Shcherbakov A.B. Fractal Analysis of Morpho-Physiological Parameters of *Oxycoccus Polustris* Pers in oligotrophic Swamps of Western Siberia. *Vegetos: An International Journal of Plant Research*, 2016, vol. 29, no. 1, pp. 1-3. <https://doi.org/10.5958/2229-4473.2016.00002.1>
29. Usmanov I.Yu., Scherbakov A.V., Ivanov V.B., Ivanova A.V. Fractal Nature of Multidimensional Ecological Niche: Real Habitats in South Trans-Urals / S.G. Maximova, R.I. Raikin, M.M. Silantyeva, & A.A. Chibilyov (Eds.) *Advances in Natural, Human-Made, and Coupled Human-Natural Systems*. Cham, Switzerland: Springer, 2021.
30. Froehner S., Zeni J., Cardoso da Luz E., Maceno M. *Water Air Soil Pollution*, 2009, vol. 203, pp. 381-389. <https://doi.org/10.1007/s11270-009-0020-1>
31. Håkanson L. *Water Research*, 1980, no. 14 (8), pp. 975-1001. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(80\)90143-8](https://doi.org/10.1016/0043-1354(80)90143-8)
32. Scherbakov A.V., Ivanov V.B., Ivanova A.V., Usmanov I.Y. The Equifinal Achievement of the Total Antioxidant Activity of Flavonoids by Plants in Various Habitats. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 670(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/670/1/012018>

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Александрова Виктория Викторовна, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры экологии
ФГБОУ ВО «Нижевартовский государственный университет»
ул. Ленина, 56, г. Нижневартовск, Ханты-Мансийский автономный округ, 628605, Российская Федерация
aleksandrovavv2006@yandex.ru

Иванов Вячеслав Борисович, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры экологии
ФГБОУ ВО «Нижневартовский государственный университет»
ул. Ленина, 56, г. Нижневартовск, Ханты-Мансийский автономный округ, 628605, Российская Федерация
karatazh@mail.ru

Цыганова Владиславна Ивановна, аспирант кафедры экологии
ФГБОУ ВО «Нижневартовский государственный университет»
ул. Ленина, 56, г. Нижневартовск, Ханты-Мансийский автономный округ, 628605, Российская Федерация
vla.egorova@yandex.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Viktoria V. Aleksandrova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
Nizhnevartovsk State University
56, Lenin Str., Nizhnevartovsk, Khanty-Mansiysk Autonomous Area-Yugra, 628605, Russian Federation
aleksandrovavv2006@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4948-2912>

Vyacheslav B. Ivanov, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor
Nizhnevartovsk State University
56, Lenin Str., Nizhnevartovsk, Khanty-Mansiysk Autonomous Area-Yugra, 628605, Russian Federation
karatazh@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6617-4634>
Scopus Author ID: 56282339200
ResearcherID: AAY-5511-2020

Vladislavna I. Tsyganova, graduate student
Nizhnevartovsk State University
56, Lenin Str., Nizhnevartovsk, Khanty-Mansiysk Autonomous Area-Yugra, 628605, Russian Federation
vla.egorova@yandex.ru

Поступила 12.04.2022

После рецензирования 11.05.2022

Принята 20.05.2022

Received 12.04.2022

Revised 11.05.2022

Accepted 20.05.2022