

DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-2-254-281

УДК 633.81:665.117:636.085.55

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ В КАЧЕСТВЕ ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И КОРМОВЫХ ДОБАВОК ДЛЯ АКВАКУЛЬТУРЫ (ОБЗОР)

*В.И. Пахомов, С.В. Брагинец, О.Н. Бахчевников*

***Цель.** Обобщение и анализ статей, посвященных использованию эфирных масел в качестве компонентов кормов для аквакультуры и лечебно-профилактических средств, для получения информации о технологиях их подготовки и применения и влиянии на качество кормов для рыб и их здоровье.*

***Материалы и методы.** Выполнен отбор и систематический обзор научной литературы по теме исследования за период 2011–2021 гг. Для выбора научных статей выполнили поиск по ключевым словам в библиографических базах.*

***Результаты.** Эфирные масла могут применяться в аквакультуре в качестве эффективного средства лечения и профилактики инфекционных болезней, борьбы с паразитами, для улучшения состояния здоровья рыб в качестве иммуностимуляторов, антиоксидантов и стимуляторов роста. Но большинство исследований были основаны на испытаниях *in vitro* или проводились в лабораторных условиях, а поэтому их результаты должны быть уточнены в производственных условиях. Также необходимо точно установить, какие активные вещества в составе эфирных масел обуславливают их терапевтический эффект. Активному применению эфирных масел в аквакультуре препятствует их недостаточная стабильность в процессе приготовления кормов, их хранения и прохождения через желудочно-кишечный тракт рыб. Для преодоления этого недостатка рекомендуется применять технологию микрокапсулирования.*

***Заключение.** Использование эфирных масел в качестве лечебно-профилактических средств и кормовых добавок является перспективной стратегией для сокращения использования традиционных синтетических препаратов в аквакультуре. Для эффективного использования зарубежных научных результатов в аквакультуре России необходимо провести исследования по замене эфирных масел, получаемых из экзотических растений, на масла из культивируемых в нашей стране растений, основываясь на сходстве их состава.*

**Ключевые слова:** обзор; эфирные масла; аквакультура; корма; кормовые добавки; фитобиотики; антиоксиданты; стимуляторы роста

**Для цитирования.** Пахомов В.И., Брагинец С.В., Бахчевников О.Н. Использование эфирных масел в качестве лечебно-профилактических средств и кормовых добавок для аквакультуры (обзор) // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2022. Т. 14, № 2. С. 254-281. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-2-254-281

## ESSENTIAL OILS AS THERAPEUTIC AND PROPHYLACTIC AGENTS AND FEED ADDITIVES FOR AQUACULTURE (REVIEW)

*V.I. Pakhomov, S.V. Braginets, O.N. Bakhchevnikov*

**Purpose.** Generalization and analysis of articles concerning the use of essential oils as components of aquaculture feeds and disinfectants to obtain information about the technology of their preparation and use as well as about their influence to the quality of fish feeds and their health.

**Materials and methods.** A selection and systematic review of scientific literature on the research topic for the period 2011-2021 was carried out. Keyword searches were performed in bibliographic databases to select scientific articles.

**Results.** Essential oils can be used in aquaculture as an effective treatment and prevention of infectious diseases, to control parasites, to improve the health of fish as immunostimulants, antioxidants and growth stimulants. But most of the studies were based on *in vitro* tests or were carried out under laboratory conditions, so their results need to be clarified under production conditions. It also needs to be established precisely which active substances in essential oils are responsible for their therapeutic effect. The active application of essential oils in aquaculture is hampered by their insufficient stability during feed preparation, storage and passage through the gastrointestinal tract of fish. Microencapsulation technology is recommended to overcome this disadvantage.

**Conclusion.** The use of essential oils as therapeutic and prophylactic agents and feed additives is a promising strategy to reduce the use of traditional synthetic drugs in aquaculture. To effectively use foreign scientific results in Russian aquaculture, it is necessary to conduct research on replacement of essential oils obtained from exotic plants with oils from plants cultivated in our country based on the similarity of their composition.

**Keywords:** review; essential oils; aquaculture; feed; feed additives; phytobiotics; antioxidants; growth stimulants

**For citation.** Pakhomov V.I., Braginets S.V., Bakhchevnikov O.N. Essential oils as therapeutic and prophylactic agents and feed additives for aquaculture (review). *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2022, vol. 14, no. 2, pp. 254-281. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-2-254-281

## Введение

В последнее время проблемой для производителей кормов для рыб стал рост цен на традиционное сырье для их приготовления, приведший к увеличению их стоимости и снижению рентабельности аквакультуры [68, 6]. Поэтому актуальным является использование кормовых добавок, делающих имеющийся корм более привлекательным и обеспечивающих его полное и быстрое потребление, оказывающих положительное влияние на здоровье рыб [7]. Использование добавок позволит повысить эффективность кормления без увеличения количества потребляемого корма или изменения его состава [15].

Предпочтительным является применение в качестве кормовых добавок и лекарственных средств натуральных биоразлагаемых веществ, в частности продуктов переработки растений [55]. Это позволит решить проблему загрязнения водоемов синтетическими препаратами, применяемыми в аквакультуре.

Одним из перспективных видов сырья для приготовления кормовых добавок и лечебно-профилактических средств являются продукты переработки эфиромасличных культур [31]. Основными продуктами переработки эфиромасличных растений являются эфирные масла – комплексы органических соединений с сильным ароматом. В России выращивают такие эфиромасличные культуры, как лаванда, кориандр, мята, Melissa и др. [31, 9].

Применение эфирных масел в животноводстве в качестве кормовых добавок основано на наличии в их составе веществ, таких как фенолы, эфиры, спирты и др., имеющих антимикробные, антиоксидантные, иммуностимулирующие и иные полезные для организма животных свойства (рис.) [31, 50]. При этом важной особенностью этих продуктов является большая безопасность для здоровья животных по сравнению с синтетическими препаратами, а также более низкая стоимость [31, 26].

Однако имеющийся объем научных данных накоплен в основном при изучении эффектов включения эфирных масел в состав кормов для сельскохозяйственных животных и птицы [26], в то время как информации об эффективности их использования в аквакультуре значительно меньше [46].



Рис. Полезные свойства эфирных масел

В России же делаются только первые шаги в применении продуктов переработки эфиромасличных культур в качестве компонентов кормов для рыб и лекарственных средств для них [53], а опубликованных на русском языке результатов научных исследований по этой тематике очень мало. Это обусловило необходимость выполнения научного обзора российских и иностранных статей и систематизации имеющихся сведений по данной теме с учетом как положительных, так и возможных отрицательных эффектов систематического применения эфирных масел в аквакультуре в качестве кормовых добавок и лечебно-профилактических средств.

### Цель исследования

Обобщение и анализ научных публикаций, посвященных использованию эфирных масел в качестве компонентов кормов для аквакультуры и лечебно-профилактических средств, для получения информации о технологиях их подготовки и применения и влиянии на качественные показатели кормов для рыб и их здоровье.

### Материалы и методы

Отбор и систематический обзор научной литературы по теме исследования был выполнен по методике, изложенной в работах R.J. Torraso [44] и С. Okoli [29].

Для выбора научных статей на английском языке выполнили поиск по ключевым словам в библиографических базах «Google Scholar» и «ScienceDirect». Для отбора научных статей на русском языке также выполнили поиск по ключевым словам в «Научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU». Был выполнен обзор научных журналов по исследуемой тематике.

При выборе публикаций для обзора отдавали приоритет высокоцитируемым источникам. Помимо этого, были изучены списки литературы выбранных статей для выявления дополнительных релевантных источников информации.

При отборе публикации предпочтение отдавали тем, в которых предметом исследования было использование в аквакультуре продуктов переработки эфиромасличных культур, выращиваемых в России, таких как базилик, мята, Melissa, лаванда, тмин и др.

В качестве временных рамок для обзора научных публикаций был принят период 2011–2021 гг. Научные статьи, опубликованные ранее, изучали лишь при отсутствии новых публикаций по конкретному аспекту темы исследования.

## **Результаты**

### **1. Применение эфирных масел для предупреждения и лечения инфекционных заболеваний рыб**

*Применение эфирных масел в качестве антибактериального средства.* В настоящее время в аквакультуре расширяется применение растительных эфирных масел в качестве антибактериального средства, т.е. в качестве замены синтетических антибиотиков [48].

Механизм действия эфирных масел на бактерии основан на их способности разрушать клеточную мембрану, а также ингибировать синтез АТФ в бактериальных клетках, что приводит к уменьшению ее внутриклеточных запасов [43]. Ключевым антибактериальным свойством эфирных масел является свойство их компонентов проникать через клеточную мембрану, создавая возможность воздействия на внутренние органоиды клетки [46, 48]. Основными компонентами эфирных масел, способными нарушать целостность мембран бактериальных клеток, являются тимол, карвакрол, линалоол и ментол [48, 14]. Активно воздействуют на продукцию АТФ эвгенол, гераниол, ванилин, сафрол, цитраль, борнеол [14, 48]. Из выращиваемых в России эфиромасличных растений эти вещества содержатся в эфирных маслах, получаемых из тимьяна, душицы, базилика, розы эфиромасличной, лаванды, Melissa и мяты [31].

Для здоровья рыб важное значение имеет состояние микрофлоры желудочно-кишечного тракта [46]. Как показывают результаты исследований, эфирные масла оказывают пребиотикоподобное действие на кишечную среду и способны изменять состав бактерий кишечника [28]. Установлено, что эфирные масла более активно действуют на патогенные бактерии, чем на комменсальные, подавляя определенные группы бактерий в кишечнике, в то время как другие полезные бактерии могут осуществлять свою жизнедеятельность в желудочно-кишечном тракте, что улучшает пищеварение и усвоение пищи [67].

Большинство описанных антибактериальных эффектов эфирных масел и их компонентов связаны с взаимодействием с мембранами, в частности с изменениями в морфологии и липидном составе мембраны бактериальной клетки, повышающими ее проницаемость и приводящими к истечению цитоплазмы [46, 60]. Следует отметить, что мембраны грамположительных бактерий более чувствительны к действию эфирных масел, чем грамотрицательных [14].

Основные компоненты эфирных масел взаимодействуют друг с другом и с бактериальной клеткой, что приводит к изменению их антибактериальной активности [56]. Окончательный эффект действия эфирных масел против патогена может быть результатом синергии действия их отдельных основных компонентов [48, 56].

Исследования *in vitro* показали эффективность применения эфирных масел против патогенных бактерий, вызывающих заболевания у рыб [48, 60]. J.L. Rios предложил считать эфирное масло активным в случае, если оно при разбавлении в концентрации менее 100 мкг/мл убивает или ингибирует бактерии [66].

Согласно этой классификации существует несколько эфирных масел, эффективных против бактерий, вызывающих заболевания у рыб. Наиболее эффективным из них является масло гвоздики (*Syzygium aromaticum*), способное ингибировать рост бактерий при концентрации 0,015 мкг/мл [48]. Это масло эффективно против грамположительных и грамотрицательных бактерий, включая основные патогены аквакультуры *Streptococcus agalactiae*, *Flavobacterium columnare*, *Aeromonas hydrophila* и др. [48].

Среди прочих эфирных масел против бактериальных патогенов аквакультуры наиболее эффективны масла затарии (*Zataria multiflora*) и розмарина (*Rosmarinus officinalis*), в частности эффективно подавляющие бактерии *Streptococcus iniae* [66]. Среди эфирных масел растений, культивируемых в России и эффективных против патогенных бактерий ак-

вакультуры, помимо масла розмарина, можно выделить масло лаванды (*Lavandulae romanae*) [54].

Минимальная эффективная концентрация, дающая антибактериальный эффект *in vitro*, изменяется для разных эфирных масел в широких пределах от 0,12 до 5000 мкг/мл [48].

Существует два способа применения эфирных масел в качестве антибактериальных агентов – наружное путем добавления в воду и внутреннее путем добавления в корм [48]. Первый способ позволяет охватить сразу значительное количество животных, но требует большого количества антимикробного препарата. Этот недостаток можно минимизировать, погружая рыб в ванны с добавлением эфирных масел [8]. Исследования показали высокую эффективность этого способа применения для лечения бактериальных инфекций рыб [8, 48]. Большинство эфирных масел, которые были оценены для лечения бактериальных инфекций с помощью ванн, показали эффективность при минимальных концентрациях установленных *in vitro*. Особо отмечена эффективность ванн из эфирных масел с высоким содержанием эвгенола [51].

Преимуществом добавления эфирных масел в корм является снижение количества отходов по сравнению с применением в воде [48]. Ограничивает его применение недостаточная стабильность эфирных масел в процессе приготовления корма, хранения и переваривания рыбами, поскольку масла могут потерять свою биологическую эффективность [46, 48]. Для преодоления этого недостатка применяют технологию микрокапсулирования, т.е. масло заключают в тонкую полимерную оболочку [35].

Следует отметить, что в имеющихся научных статьях показана в основном не терапевтическая, а профилактическая эффективность эфирных масел в качестве антибактериальных кормовых добавок [3, 32, 48]. Наиболее эффективны для этого масла, содержащие лимонен, тимол, карвакрол, цитраль, циннамальдегид и 1,8-цинеол [48, 52].

*Применение эфирных масел в качестве фунгицидов.* Эфирные масла также имеют фунгицидные свойства, подавляя жизнедеятельность патогенных грибов [46, 62]. Механизм действия компонентов эфирных масел, таких как тимол, карвакрол, эвгенол, на клетки грибов, в общем, аналогичен механизму воздействия на бактериальные клетки [62].

Для аквакультуры большое значение имеет применение веществ, подавляющих развитие широко распространенных патогенных грибов *Saprolegnia parasitica*, так как в настоящее время против них нет лицензированных лекарств [38]. В ходе исследований *in vitro* было установ-

лено, что эфирные масла тимьяна (*Thymus vulgaris* L.), мяты перечной (*Mentha piperita* L.), душицы (*Origanum onites* L.) и бергамота (*Citrus bergamia*) имеют фунгицидные свойства и ингибируют патогенные грибы *Saprolegnia parasitica* при концентрации 100 мкг/мл и выше [1, 27, 38]. Имеются сведения о эффективности *in vitro* эфирных масел против других грибковых инфекций рыб [17].

Таким образом, эфирные масла являются перспективным антифунгицидным средством для применения в аквакультуре, но для этого необходимо дополнительно провести исследования их эффективности *in vivo*.

*Применение эфирных масел в качестве антивирусного средства.* Имеется информация о эффективности применения некоторых эфирных масел для лечения вирусных заболеваний животных [62], однако вопрос их применения в аквакультуре для этих целей еще не изучен.

## **2. Применение эфирных масел для улучшения здоровья и повышения продуктивности рыб**

*Применение эфирных масел в качестве антипаразитарного средства.* Большой ущерб аквакультуре наносят паразитические животные, поражающие организм рыб. Эфирные масла способны подавлять жизнедеятельность эндопаразитов и эктопаразитов и могут быть эффективной заменой антипаразитарных синтетических препаратов [19].

Эффективность применения эфирных масел *in vitro*, в частности масел мяты перечной (*Mentha piperita* L.) в концентрации 455 мкг/г и пеларгонии (*Pelargonium graveolens*) в концентрации 370 мкг/г, против эндопаразитических червей моногеней (*Monogenea*) варьируется от 60 до 100 % [19]. Но в данном случае механизм действия масел паразитов не исследован.

Эфирные масла *in vitro* также эффективны против эндопаразитических червей нематод (*Nematodes*) [19]. Высокую эффективность показали масла мяты перечной [64] и тимьяна [4]. В результате применения *in vitro* 5% раствора эфирного масла тимьяна в подсолнечном масле все нематоды погибли через 14 ч [64]. Исследования с использованием гистологического анализа показали повреждение кутикулы и желудочно-кишечного тракта у нематод, подвергшихся воздействию масла тимьяна [64]. Эфирное масло мяты было эффективно *in vitro* в концентрации 250 мкг/мл против нематод, которые полностью погибли в течение 4 ч [4].

Исследования применения эфирных масел *in vivo* против моногеней в виде терапевтических ванн также показали их эффективность, причем эффективность повышалась, когда кратковременные ванны повторяли не-



сколько дней подряд [19]. Исследования *in vivo* эффективности приема внутрь эфирных масел против нематод у рыб, в отличие от млекопитающих, пока не проводились.

Таким образом, эфирные масла потенциально могут быть использованы как антипаразитарное средство в аквакультуре, но для этого необходимы дополнительные исследования *in vivo*.

*Применение эфирных масел для снижения стрессов.* В аквакультуре рыбы часто подвергаются стрессу при выполнении различных технологических операций, например транспортировки, что снижает их продуктивность. Для того чтобы уменьшить негативные последствия стресса, эффективно использование в качестве наружного средства эфирных масел благодаря их анестезирующим и седативным свойствам [33].

Применение эфирных масел в качестве наружного средства (добавление в воду) снижает проявления стресса, в частности уменьшает содержание гормона кортизола в крови рыб [33]. Высокую эффективность для этого показало масло гвоздики в концентрации 10-30 мг/л, снижая, помимо кортизола, и уровень лактата и глюкозы [30], а также масло липпии (*Lippia alba*) в концентрации 100-200 мкг/г. Масло липпии показало особенно высокую эффективность для снижения стресса при транспортировке живой рыбы, снижая уровень кортизола и глюкозы [58].

В тоже время применение эфирных масел в качестве кормовой добавки для снижения стресса не дает столь же убедительных результатов. В частности, предварительное добавление в корм масла корицы (*Cinnamomum* sp.) в концентрации 0,5-2 мл/кг не изменило уровень кортизола и глюкозы в плазме крови нильской тилапии (*Oreochromis niloticus*) при транспортировке [16]. Но эфирные масла в виде кормовой добавки оказались эффективны для снижения стресса рыб при плотной посадке в садках или бассейнах [33]. Так, добавление в рацион 0,5 мл/кг масла липпии предотвратило повышение уровня кортизола у рыб, подвергшихся стрессовому воздействию высокой плотности содержания [13]. Добавление в корм 2 мл/кг эфирного масла незабудки лесной (*Myosotis sylvatica*) в течение 90 дней снизило уровень кортизола у рыб *Rhamdia quelen* после 22 дней при высокой плотности содержания 40 кг/м<sup>3</sup> [63].

Таким образом, эфирные масла являются эффективным средством снижения стрессов у рыб, возникающих в ходе выполнения производственного процесса аквакультурного предприятия. Для снижения стресса при транспортировке живой рыбы предпочтительно использовать масла наружно в виде эмульсии, а при плотной посадке – добавляя в рацион.

*Применение эфирных масел в качестве иммуномодуляторов.* В последнее время появилась тенденция использования эфирных масел в аквакультуре для улучшения иммунных реакций и устойчивости к инфекционным заболеваниям [18]. Масла в качестве иммуностимуляторов применяют в виде иммерсионных или кормовых добавок, улучшая врожденные (неспецифические) защитные механизмы, повышая устойчивость к специфическим патогенам и способствуя восстановлению после состояния иммуносупрессии, вызванного стрессом [23].

Профилактические ванны с маслом гвоздики (*Syzygium aromaticum*) в концентрации 25 мг/л усиливали лизоцимную и бактерицидную активность, а также активность протеазы, эстеразы и щелочной фосфатазы в кожной слизи радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*), что указывает на активизацию кожно-слизистого иммунитета [2]. Ванны с эфирным маслом из растения *Melaleuca alternifolia* в концентрации 50 мкл/л в течение 7 дней повысили неспецифический иммунитет в организме рыб [57].

Эфирные масла оказывают иммуностимулирующее действие и при добавлении в рацион рыб. После того как особей карпа (*Cyprinus carpio*) в течение 23 дней кормили кормом с добавлением масла *Zataria multiflora* в концентрации 60 мкг/кг, в результате чего у них увеличился титр антител, общее количество лейкоцитов и бактерицидная активность сыворотки крови [36]. Показана высокая эффективность включения в рацион масла имбиря (*Zingiber officinale*) и базилика (*Ocimum gratissimum*) с дозой 0,5 % для повышения иммунитета рыб на примере нильской тилапии [42]. Добавление в рацион мозамбикской тилапии (*Oreochromis mossambicus*) богатой эфирным маслом кожуры лимона (*Citrus limon*) улучшило неспецифические иммунные параметры и снизило смертность при заражении бактериями *Edwardsiella tarda* [40].

Результаты исследований показывают, что применение кормов, включающих эфирные масла, дает многообещающие результаты в улучшении иммунитета рыб, а также помогает предотвратить вспышки инфекционных заболеваний на предприятиях аквакультуры.

*Применение эфирных масел в качестве антиоксидантов.* Эфирные масла, богатые эвгенолом, тимолом и карвакролом, могут служить эффективным антиоксидантным средством при добавлении в рацион рыб [39]. Результаты исследований показывают, что масло тимьяна, богатое этими компонентами, оказывает значительный антиоксидантный эффект на организм рыб [22, 39, 47]. Добавление масла греческой душицы (*Origanum heracleoticum* L.) в рацион канального сома (*Ictalurus punctatus*) также дало положительный антиоксидантный эффект [21].

*Применение эфирных масел в качестве стимуляторов роста.* Для повышения продуктивности рыб в аквакультуре применяют в составе кормов растительные стимуляторы роста, в том числе эфирные масла [46]. Например, включение масла душицы в количестве 0,5 г/кг в состав рациона рыб *Astyanax altiparanae* улучшило показатели их роста и состав туши, в том числе увеличило содержание протеина [45]. Результаты исследования, в ходе которого в рацион мозамбикской тилапии добавляли 0,5% апельсинового масла, показали, что оно обладает ярко выраженным эффектом стимуляции роста рыб, улучшая их аппетит и увеличивая потребление ими корма [24]. Однако пока не точно установлен механизм такой стимуляции и влияние на него отдельных компонентов эфирных масел, поэтому необходимы дополнительные исследования этого вопроса.

### **3. Проблемы, возникающие при применении эфирных масел в аквакультуре**

Активному применению эфирных масел в аквакультуре препятствует их недостаточная стабильность [46]. В частности, действие кислорода, света, температуры оказывают влияние на целостность и стабильность некоторых компонентов эфирных масел [20]. Кроме того, в их состав входят летучие вещества, склонные к испарению. Поэтому масла должны храниться в непрозрачных закрытых емкостях при невысокой температуре во избежание потери своих полезных свойств.

В научной литературе сообщается о различных методах добавления эфирных масел в рацион питания. В частности, эфирные масла предлагается смешивать с органическим растворителем [11, 42] или с фосфатно-буферным солевым раствором [41]. Также их предлагают смешивать с сыпучими компонентами корма, например рисовыми отрубями [21].

В большинстве последних исследований эфирные масла предлагают смешивать с другими натуральными маслами, входящими в состав корма [11], в частности с рыбьим жиром, соевым и подсолнечным маслом [37, 61]. В этих исследованиях эфирные масла вводили в корм на этапе смешивания его компонентов, затем корм высушивали при температуре 30-35°C. Благодаря липофильным свойствам эфирных масел, их добавление в корм совместно с сырьем, богатым липидами, является простой технологической операцией, минимизирует испарение их летучих компонентов и увеличивает срок хранения готового корма [34]. Исследователи отмечают, что добавление в корма эфирных масел увеличивает срок их хранения за счет антиоксидантного эффекта [12]. Особенно этот эффект заметен для кормов, богатых полиненасыщенными жирами [12].

Наибольшая стабильность эфирных масел в ходе производства комбикорма обеспечивается при использовании способа холодного гранулирования [25]. В целом, стабильность эфирных масел в составе корма снижается при повышении температуры его приготовления, что объясняется повышением их летучести при высокой температуре [46]. Поэтому и хранить такой корм желательно при низкой температуре.

При использовании эфирных масел в качестве фитобиотика в составе корма желательно, чтобы их активные компоненты поступали в кишечник рыб неповрежденными. Однако научные данные свидетельствуют, они в значительной мере всасываются или разрушаются еще в желудке [5]. Для предотвращения этого рекомендуют применять микрокапсулирование эфирных масел путем заключения их доз в тонкую полимерную оболочку [35, 46]. Такие микрокапсулы могут проходить неповрежденными через желудок животного, доставляя порции масла в кишечник [10, 59]. Инкапсуляция также предохраняет эфирные масла от разрушения при производстве и хранении корма [10, 65].

### **Заключение**

На сегодняшний день результаты исследований показывают, что использование эфирных масел в качестве лечебно-профилактических средств и кормовых добавок является перспективной стратегией для сокращения использования традиционных синтетических препаратов, в том числе антибиотиков, в аквакультуре. Эфирные масла могут применяться в аквакультуре в качестве эффективного средства лечения и профилактики инфекционных болезней, борьбы с паразитами, а также для улучшения состояния здоровья рыб в качестве иммуностимуляторов, антиоксидантов и стимуляторов роста. Но большинство исследований по эффективности растительных эфирных масел были основаны на испытаниях *in vitro* или проводились в лабораторных условиях, а поэтому их результаты должны быть уточнены в производственных условиях. Также необходимо точно установить, какие активные вещества в составе эфирного масла обуславливают его терапевтический эффект. Активному применению эфирных масел в аквакультуре препятствует их недостаточная стабильность в процессе приготовления кормов, их хранения и прохождения через желудочно-кишечный тракт рыб. Для преодоления этого недостатка рекомендуется применять технологию микрокапсулирования эфирных масел. Для эффективного использования зарубежных научных результатов в аквакультуре России необходимо провести исследования по замене эфирных масел, по-

лучаемых из экзотических растений, на масла из культивируемых в нашей стране растений, основываясь на сходстве их состава.

### Список литературы

1. Дурсенев М.С., Чиркин С.А. Аквакультура в Кировской области. Проблемы и перспективы // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13, № 2. С. 128-137. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-2-128-137>
2. Паштецкий В.С., Невкрытая Н.В. Использование эфирных масел в медицине, ароматерапии, ветеринарии и растениеводстве (обзор) // Таврический вестник аграрной науки. 2018. № 1. С. 18-40. <https://doi.org/10.25637/TVAN2018.01.02>
3. Паштецкий В.С., Невкрытая Н.В., Мишнев А.В. История, современное состояние и перспективы развития эфиромасличной отрасли // Аграрный вестник Урала. 2017. № 11. С. 37-46.
4. Тимофеев Н.П. Фитобiotики в мировой практике: виды растений и действующие вещества, эффективность и ограничения, перспективы (обзор) // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. Т. 22, № 6. С. 804-825. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.6.804-825>
5. Acar Ü., Kesbiç O.S., Yılmaz S., Gültepe N., Türker A. Evaluation of the effects of essential oil extracted from sweet orange peel (*Citrus sinensis*) on growth rate of tilapia (*Oreochromis mossambicus*) and possible disease resistance against *Streptococcus iniae* // Aquaculture, 2015, vol. 437, pp. 282-286. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.12.015>
6. Adel M., Dadar M., Zorriehzahra M.J., Elahi R., Stadlander T. Antifungal activity and chemical composition of Iranian medicinal herbs against fish pathogenic fungus, *Saprolegnia parasitica* // Iranian Journal of Fisheries Sciences, 2020, vol. 19, no. 6, pp. 3239-3254. <https://doi.org/10.22092/ijfs.2020.122970>
7. Akram M.Z., Asghar M.U., Jalal H. Essential oils as alternatives to chemical feed additives for maximizing livestock production // Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society, 2021, vol. 72, no. 1, pp. 2595-2610. <https://doi.org/10.12681/jhvms.26741>
8. Alagawany M., Farag M.R., Abdelnour S.A., Elnesr S.S. A review on the beneficial effect of thymol on health and production of fish // Reviews in Aquaculture, 2021, vol. 13, no. 1, pp. 632-641. <https://doi.org/10.1111/raq.12490>
9. Awad E., Awaad A. Role of medicinal plants on growth performance and immune status in fish // Fish & Shellfish Immunology, 2017, vol. 67, pp. 40-54. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.05.034>
10. Baba E., Acar U., Ontas C., Kesbiç O.S., Yılmaz S. Evaluation of *Citrus limon* peels essential oil on growth performance, immune response of Mozam-

- bique tilapia *Oreochromis mossambicus* challenged with *Edwardsiella tarda* // *Aquaculture*, 2016, vol. 465, pp. 13-18. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.08.023>
11. Baldissera M.D., Souza C.F., Guerino B. Jr., Vargas A.C., Boligon A.A., Campos M.M.A., Stefani L.M., Baldisserotto B. *Melaleuca alternifolia* essential oil enhances the non-specific immune system and prevents oxidative damage in *Rhamdia quelen* experimentally infected by *Aeromonas hydrophila*: effects on cholinergic and purinergic systems in liver tissue // *Fish & Shellfish Immunology*, 2017, vol. 61, pp. 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.12.016>
  12. Barman D., Nen P., Mandal S.C., Kumar V. Immunostimulants for aquaculture health management // *Journal of Marine Science: Research & Development*, 2013, vol. 3, pp. 134. <https://doi.org/10.4172/2155-9910.1000134>
  13. Böhme K., Barros-Velázquez J., Calo-Mata P., Aubourg S.P. Antibacterial, antiviral and antifungal activity of essential oils: Mechanisms and applications // *Antimicrobial Compounds*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2014, pp. 51-81. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-40444-3\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-642-40444-3_3)
  14. Brum A., Pereira S.A., Owatari M.S., Chagas E.C., Chaves F.C.M., Mourino J.L.P., Martins M.L. Effect of dietary essential oils of clove basil and ginger on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) following challenge with *Streptococcus agalactiae* // *Aquaculture*, 2017, vol. 468, pp. 235-243. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.10.020>
  15. Bulfon C., Volpatti D., Galeotti M. Current research on the use of plant-derived products in farmed fish // *Aquaculture Research*, 2015, vol. 46, pp. 513-551. <https://doi.org/10.1111/are.12238>
  16. Da Cunha J.A., Heinzmann B.M., Baldisserotto B. The effects of essential oils and their major compounds on fish bacterial pathogens – a review // *Journal of Applied Microbiology*, 2018, vol. 125, no. 2, pp. 328-344. <https://doi.org/10.1111/jam.13911>
  17. Dawood M.A.O., El Basuni M.F., Zaineldin A.I., Yilmaz S., Hasan M.T., Ahmadifar E., El Asely A.M., Abdel-Latif H.M.R., Alagawany M., Abu-Elala N.M., Van Doan H., Sewilam H. Antiparasitic and antibacterial functionality of essential oils: an alternative approach for sustainable aquaculture // *Pathogens*, 2021, vol. 10, no. 2, pp. 185. <https://doi.org/10.3390/pathogens10020185>
  18. De Matos S.P., Lucca L.G., Koester L.S. Essential oils in nanostructured systems: Challenges in preparation and analytical methods // *Talanta*, 2019, vol. 195, pp. 204-214. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2018.11.029>
  19. Diler O., Gormez O., Diler I., Metin S. Effect of oregano (*Origanum onites* L.) essential oil on growth, lysozyme and antioxidant activity and resistance against *Lac-*

- tococcus garvieae* in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) // Aquaculture Nutrition, 2016, vol. 23, no. 4, pp. 844-851. <https://doi.org/10.1111/anu.12451>
20. Dima C., Dima S. Essential oils in foods: extraction, stabilization, and toxicity // Current Opinion in Food Science, 2015, vol. 5, pp. 29-35. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2015.07.003>
  21. El Asbahani A., Miladi K., Badri W., Sala M., Aït Addi E.H., Casabianca H., El Mousadik A., Hartmann D., Jilale A., Renaud F.N.R., Elaissari A. Essential oils: from extraction to encapsulation // International Journal of Pharmaceutics, 2015, vol. 483, pp. 220-243. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2014.12.069>
  22. Ferreira P.M.F., Nascimento L.S., Dias D.C., Moreira D.M.V., Salaro A.L., de Freitas M.B.D., Carneiro A.P.S., Zuanon J.A.S. Essential oregano oil as a growth promoter for the yellowtail tetra, *Astyanax altiparanae* // Journal of the World Aquaculture Society, 2014, vol. 45, pp. 28-34. <https://doi.org/10.1111/jwas.12094>
  23. Franz C., Baser K.H.C., Windisch W. Essential oils and aromatic plants in animal feeding – a European perspective. A review // Flavour and Fragrance Journal, 2010, vol. 25, no. 5, pp. 327-340. <https://doi.org/10.1002/ffj.1967>
  24. Giannenas I., Triantafyllou E., Stavrakakis S., Margaroni M., Mavridis S., Steiner T., Karagounic E. Assessment of dietary supplementation with carvacrol or thymol containing feed additives on performance, intestinal microbiota and antioxidant status of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // Aquaculture, 2012, vol. 350, pp. 26-32. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.04.027>
  25. Giarratana F., Muscolino D., Beninati C., Giuffrida A., Panebianco A. Activity of *Thymus vulgaris* essential oil against *Anisakis larvae* // Experimental Parasitology, 2014, vol. 142, pp. 7-10. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2014.03.028>
  26. Gormez O., Diler O. *In vitro* antifungal activity of essential oils from *Tymbra*, *Origanum*, *Satureja* species and some pure compounds on the fish pathogenic fungus, *Saprolegnia parasitica* // Aquaculture Research, 2014, vol. 45, no. 7, pp. 1196-1201. <https://doi.org/10.1111/are.12060>
  27. Hancz C. Feed efficiency, nutrient sensing and feeding stimulation in aquaculture: a review // Acta Agraria Kaposváriensis, 2020, vol. 24, no. 1, pp. 35-54. <https://doi.org/10.31914/aak.2375>
  28. Hoseini S.M., Yousefi M. Beneficial effects of thyme (*Thymus vulgaris*) extract on oxytetracycline-induced stress response, immunosuppression, oxidative stress and enzymatic changes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // Aquaculture Nutrition, 2018, vol. 25, pp. 298-309. <https://doi.org/10.1111/anu.12853>
  29. Inanc T., Maskan M. The potential application of plant essential oils/extracts as natural preservatives in oils during processing: a review // Journal of Food

- Science and Engineering, 2012, vol. 2, pp. 1-9. <https://doi.org/10.17265/2159-5828/2012.01.001>
30. Javahery S., Nekoubin H., Moradlu A.H. Effect of anaesthesia with clove oil in fish (review) // *Fish Physiology and Biochemistry*, 2012, vol. 38, pp. 1545-1552. <https://doi.org/10.1007/s10695-012-9682-5>
  31. Kim S.W., Less J.F., Wang L., Yan T., Kiron V., Kaushik S.J., Lei X.G. Meeting global feed protein demand: challenge, opportunity, and strategy // *Annual Review of Animal Biosciences*, 2019, vol. 7, no. 1, pp. 221-243. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-030117-014838>
  32. Klůga A., Terentjeva M., Vukovic N.L., Kačániová M. Antimicrobial activity and chemical composition of essential oils against pathogenic microorganisms of freshwater fish // *Plants*, 2021, vol. 10, no. 7, pp. 1265. <https://doi.org/10.3390/plants10071265>
  33. Laparra J.M., Sanz Y. Interactions of gut microbiota with functional food components and nutraceuticals // *Pharmacological Research*, 2010, vol. 61, pp. 219-225. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2009.11.001>
  34. Lv F., Liang H., Yuan Q., Li C. *In vitro* antimicrobial effects and mechanism of action of selected plant essential oil combinations against four food-related microorganisms // *Food Research International*, 2011, vol. 44, pp. 3057-3064. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.07.030>
  35. Michiels J., Missotten J., Dierick N., Fremaut D., Maene P., De Smet S. *In vitro* degradation and *in vivo* passage kinetics of carvacrol, thymol, eugenol and trans-cinnamaldehyde along the gastrointestinal tract of piglets // *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2008, vol. 88, pp. 2371-2381. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3358>
  36. Miyasaki T., Harada K. Feeding attractants and stimulants for aquatic animals // *Fisheries Science*, 2002, vol. 68, sup. 2, pp. 1406-1409. [https://doi.org/10.2331/fishsci.68.sup2\\_1406](https://doi.org/10.2331/fishsci.68.sup2_1406)
  37. Mousavi S.M., Mirzargar S.S., Ebrahim Zadeh Mousavi H., Omid Baigi R., Khosravi A., Bahonar A., Ahmadi M.R. Evaluation of antifungal activity of new combined essential oils in comparison with malachite green on hatching rate in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) eggs // *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2009, vol. 4, no. 2, pp. 103-110. <https://doi.org/10.3923/jfas.2009.103.110>
  38. Nardoni S., Najar B., Fronte B., Pistelli L., Mancianti F. *In vitro* activity of essential oils against *Saprolegnia parasitica* // *Molecules*, 2019, vol. 24, no. 7, pp. 1270. <https://doi.org/10.3390/molecules24071270>
  39. Navarrete P., Toledo I., Mardones P., Opazo R., Espejo R., Romero J. Effect of *Thymus vulgaris* essential oil on intestinal bacterial microbiota of rainbow trout,



- Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) and bacterial isolates // Aquaculture Research, 2010, vol. 41, pp. 667-678. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02590.x>
40. Nazzaro F., Fratianni F., de Martino L., Coppola R., de Feo V. Effect of essential oils on pathogenic bacteria // Pharmaceuticals, 2013, vol. 6, pp. 1451-1474. <https://doi.org/10.3390/ph6121451>
41. Okoli C. A guide to conducting a standalone systematic literature review // Communications of the Association for Information Systems, 2015, vol. 37, pp. 879-910. <https://doi.org/10.17705/1cais.03743>
42. Olmedo R.H., Asensio C.M., Grosso N.R. Thermal stability and antioxidant activity of essential oils from aromatic plants farmed in Argentina // Industrial Crops and Products, 2015, vol. 69, pp. 21-28. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.02.005>
43. Ouwehand A.C., Tiihonen K., Kettunen H., Peuranen S., Schulze H., Rautonen N. *In vitro* effects of essential oils on potential pathogens and beneficial members of the normal microbiota // Veterinarni Medicina, 2010, vol. 55, pp. 71-78. <https://doi.org/10.17221/152/2009-VETMED>
44. Park Y.H., Hwang S.Y., Hong M.K., Kwon K.H. Use of antimicrobial agents in aquaculture // Revue Scientifique et Technique (International Office of Epizootics), 2012, vol. 31, no. 1, pp. 189-197. <https://doi.org/10.20506/rst.31.1.2105>
45. Révész N., Biró J. Recent trends in fish feed ingredients – mini review // Acta Agraria Kaposváriensis, 2019, vol. 23, no. 1, pp. 32-47. <https://doi.org/10.31914/aak.2286>
46. Ribeiro S.C., Castelo A.S., Silva B.M.P., Cunha A.S., Proietti A.A. Jr., Oba-Yoshioka E.T. Hematological responses of tambaqui *Colossoma macropomum* (Serrassalmidae) fed with diets supplemented with essential oil from *Mentha piperita* (Lamiaceae) and challenged with *Aeromonas hydrophila* // Acta Amazonica, 2016, vol. 46, pp. 99-106. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201501284>
47. Romero M.C., Navarro M.C., Sanchez J.M., Valero A. Peppermint (*Mentha piperita*) and albendazole against anisakiasis in an animal model // Tropical Medicine & International Health, 2014, vol. 19, pp. 1430-1436. <https://doi.org/10.1111/tmi.12399>
48. Saccol E.M.H., Jerez-Cepa I., Ourique G.M., Pês T.S., Gressler L.T., Mourão R.H.V., Martínez-Rodríguez G., Mancera J.M., Baldisserotto B., Pavanato M.A., Martos-Sitche J.A. *Myrcia sylvatica* essential oil mitigates molecular, biochemical and physiological alterations in *Rhamdia quelen* under different stress events associated to transport // Research in Veterinary Science, 2018, vol. 117, pp. 150-160. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.12.009>
49. Santos W.M., Brito T.S., Prado S.A., Oliveira C.G., Paula A.C., Melo D.C., Ribeiro P.A.P. Cinnamon (*Cinnamomum* sp.) inclusion in diets for Nile tilapia

- submitted to acute hypoxic stress // Fish & Shellfish Immunology, 2016, vol. 54, pp. 551-555. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.04.135>
50. Sena A.C., Teixeira R.R., Ferreira E.L., Heinzmann B.M., Baldisserotto B., Caron B.O., Copatti C.E. Essential oil from *Lippia alba* has anaesthetic activity and is effective in reducing handling and transport stress in tambacu (*Piaractus mesopotamicus* x *Colossoma macropomum*) // Aquaculture, 2016, vol. 465, pp. 374-379. doi: 10.1016/j.aquaculture.2016.09.033
51. Shehata S.A., Mohamed M.S., Abd El-Shafi S. Antibacterial activity of essential oils and their effects on Nile tilapia fingerlings performance // Journal of Medical Sciences, 2013, vol. 13, pp. 367-372. <https://doi.org/10.3923/jms.2013.367.372>
52. Soltani M., Sheikhzadeh N., Mousavi H.A.E., Zargar A. Effects of *Zataria multiflora* essential oil on innate immune responses of common carp (*Cyprinus carpio*) // Journal of Fisheries and Aquatic Science, 2010, vol. 5, pp. 191-199. <https://doi.org/10.3923/jfas.2010.191.199>
53. Soltani M., Ghodrathnama M., Ebrahimzadeh-Mosavi H.A., Nikbakht-Brujeni G., Mohamadian S., Ghasemian M. Shirazi thyme (*Zataria multiflora* Boiss) and Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) essential oils repress expression of sagA, a streptolysin S-related gene in *Streptococcus iniae* // Aquaculture, 2014, vol. 430, pp. 248-252. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.04.012>
54. Soltanian S., Hoseinifar S.H., Gholamhosseini A. Modulation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cutaneous mucosal immune responses following anesthesia: a comparative study on different anesthetic agents // Fish & Shellfish Immunology, 2018, vol. 80, pp. 319-324. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.06.032>
55. Sutuli F.J., Kreutz L.C., Noro M., Gressler L.T., Heinzmann B.M., Vargas A.C., Baldisserotto B. The use of eugenol against *Aeromonas hydrophila* and its effect on hematological and immunological parameters in silver catfish (*Rhamdia quelen*) // Veterinary Immunology and Immunopathology, 2014, vol. 157, pp. 142-148. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2013.11.009>
56. Sutuli F.J., Murari A.L., Silva L.L., Gressler L.T., Heinzmann B.M., Vargas A.C., Schmidt D., Baldisserotto B. The use of *Ocimum americanum* essential oil against the pathogens *Aeromonas hydrophila* and *Gyrodactylus* sp. in silver catfish (*Rhamdia quelen*) // Letters in Applied Microbiology, 2016, vol. 63, pp. 82-88. <https://doi.org/10.1111/lam.12602>
57. Sutuli F.J., Gatlin III D.M., Heinzmann B.M., Baldisserotto B. Plant essential oils as fish diet additives: benefits on fish health and stability in feed // Reviews in Aquaculture, 2018, vol. 10, no. 3, pp. 716-726. <https://doi.org/10.1111/raq.12197>

58. Souza C.F., Salbego J., Gressler L.T., Golombieski J.I., Ferst J.G., Cunha M.A., Heinzmann B.M., Caron B.O., Glanzner W.G., Gonçalves P.B.D, Baldisserotto B. Silver catfish, *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824), submitted to a stressful condition: effect of dietary addition of the essential oil of *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown on metabolism, osmoregulation and endocrinology // Neotropical Ichthyology, 2015, vol. 13, pp. 707-714. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20140153>
59. Souza C.D.F., Baldissera M.D., Baldisserotto B., Heinzmann B.M., Martos-Sitcha J.A., Mancera J.M. Essential oils as stress-reducing agents for fish aquaculture: a review // Frontiers in Physiology, 2019, vol. 10, pp. 785. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00785>
60. Tanovic B., Gasic S., Hrustic J., Mihajlovic M., Grahovac M., Delibasic G., Stevanovic M. Development of a thyme essential oil formulation and its effect on *Monilinia fructigena* // Pesticides and Phytomedicine, 2015, vol. 28, pp. 273-280. <https://doi.org/10.2298/PIF1304273T>
61. Tavares-Dias M. Current knowledge on use of essential oils as alternative treatment against fish parasites // Aquatic Living Resources, 2018, vol. 31, pp. 13. <https://doi.org/10.1051/alr/2018001>
62. Torracco R. J. Writing integrative literature reviews: Using the past and present to explore the future // Human Resource Development Review, 2016, vol. 15, no. 4, pp. 404-428. <https://doi.org/10.1177/1534484316671606>
63. Vauthier C., Bouchemal K. Methods for the preparation and manufacture of polymeric nanoparticles // Pharmaceutical research, 2009, vol. 26, pp. 1025-1058. <https://doi.org/10.1007/s11095-008-9800-3>
64. Yilmaz E., Taşbozan O., Erbaş C. Potential of medical herbal products to be used in aquaculture // Eastern Anatolian Journal of Science, 2018, vol. 4, no. 2, pp. 16-23. <https://dergipark.org.tr/en/pub/eajs/issue/40091/446864>
65. Zeppenfeld C.C., Hernandez D.R., Santinon J.J., Heinzmann B.M., da Cunha M.A., Schmidt D., Baldisserotto B. Essential oil of *Aloysia triphylla* as feed additive promotes growth of silver catfish (*Rhamdia quelen*) // Aquaculture Nutrition, 2016, vol. 22, pp. 933-940. <https://doi.org/10.1111/anu.12311>
66. Zhai H., Liu H., Wang S., Wu J., Klüenter A.M. Potential of essential oils for poultry and pigs // Animal Nutrition, 2018, vol. 4, no. 2, pp. 179-186. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.01.005>
67. Zhang Y., Wang Q.C., Yu H., Zhu J., de Lange K., Yin Y., Wang Q., Gong J. Evaluation of alginate-whey protein microcapsules for intestinal delivery of lipophilic compounds in pigs // Journal of the Science of Food and Agriculture, 2016, vol. 96, pp. 2674-2681. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7385>

68. Zheng Z.L., Tan J.Y., Liu H.Y., Zhou X.H., Xiang X., Wang K.Y. Evaluation of oregano essential oil (*Origanum heracleoticum* L.) on growth, antioxidant effect and resistance against *Aeromonas hydrophila* in channel catfish (*Ictalurus punctatus*) // *Aquaculture*, 2009, vol. 292, no. 3-4, pp. 214-218. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.04.025>

### References

1. Dursenev M.S., Chirkin S.A. Aquaculture in the Kirov Region. Problems and prospects. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2021, vol. 13, no. 2, pp. 128-137. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-2-128-137>
2. Pashtetskiy V.S., Nevkrytaya N.V. Use of essential oils in medicine, aromatherapy, veterinary and crop production (review). *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*, 2018, no. 1, pp. 18-40. <https://doi.org/10.25637/TVAN2018.01.02>
3. Pashtetskiy V.S., Nevkrytaya n.V., Mishnev A.V. Istorija, sovremennoe sostojanie i perspektivy razvitiya ehfiromaslichnoj otrasli [History, modern state and prospects of the essential oil industry development]. *Agrarian Bulletin of the Urals*, 2017, no. 11, pp. 37-46.
4. Timofeev N.P. Phytobiotics in world practice: plant species and active substances, efficiency and limitations, perspectives (review). *Agricultural Science Euro-North-East*, 2021, vol. 2, no. 6, pp. 804-825. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.6.804-825>
5. Acar Ü., Kesbiç O.S., Yılmaz S., Gültepe N., Türker A. Evaluation of the effects of essential oil extracted from sweet orange peel (*Citrus sinensis*) on growth rate of tilapia (*Oreochromis mossambicus*) and possible disease resistance against *Streptococcus iniae*. *Aquaculture*, 2015, vol. 437, pp. 282-286. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.12.015>
6. Adel M., Dadar M., Zorriehzakra M.J., Elahi R., Stadlander T. Antifungal activity and chemical composition of Iranian medicinal herbs against fish pathogenic fungus, *Saprolegnia parasitica*. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 2020, vol. 19, no. 6, pp. 3239-3254. <https://doi.org/10.22092/ijfs.2020.122970>
7. Akram M.Z., Asghar M.U., Jalal H. Essential oils as alternatives to chemical feed additives for maximizing livestock production. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 2021, vol. 72, no. 1, pp. 2595-2610. <https://doi.org/10.12681/jhvms.26741>
8. Alagawany M., Farag M.R., Abdelnour S.A., Elnesr S.S. A review on the beneficial effect of thymol on health and production of fish. *Reviews in Aquaculture*, 2021, vol. 13, no. 1, pp. 632-641. <https://doi.org/10.1111/raq.12490>

9. Awad E., Awaad A. Role of medicinal plants on growth performance and immune status in fish. *Fish & Shellfish Immunology*, 2017, vol. 67, pp. 40-54. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.05.034>
10. Baba E., Acar U., Ontas C., Kesbic O.S., Yilmaz S. Evaluation of *Citrus limon* peels essential oil on growth performance, immune response of Mozambique tilapia *Oreochromis mossambicus* challenged with *Edwardsiella tarda*. *Aquaculture*, 2016, vol. 465, pp. 13-18. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.08.023>
11. Baldissera M.D., Souza C.F., Guerino B. Jr., Vargas A.C., Boligon A.A., Campos M.M.A., Stefani L.M., Baldisserotto B. *Melaleuca alternifolia* essential oil enhances the non-specific immune system and prevents oxidative damage in *Rhamdia quelen* experimentally infected by *Aeromonas hydrophila*: effects on cholinergic and purinergic systems in liver tissue. *Fish & Shellfish Immunology*, 2017, vol. 61, pp. 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.12.016>
12. Barman D., Nen P., Mandal S.C., Kumar V. Immunostimulants for aquaculture health management. *Journal of Marine Science: Research & Development*, 2013, vol. 3, pp. 134. <https://doi.org/10.4172/2155-9910.1000134>
13. Böhme K., Barros-Velázquez J., Calo-Mata P., Aubourg S.P. Antibacterial, antiviral and antifungal activity of essential oils: Mechanisms and applications. *Antimicrobial Compounds*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2014, pp. 51-81. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-40444-3\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-642-40444-3_3)
14. Brum A., Pereira S.A., Owatari M.S., Chagas E.C., Chaves F.C.M., Mourino J.L.P., Martins M.L. Effect of dietary essential oils of clove basil and ginger on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) following challenge with *Streptococcus agalactiae*. *Aquaculture*, 2017, vol. 468, pp. 235-243. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.10.020>
15. Bulfon C., Volpatti D., Galeotti M. Current research on the use of plant-derived products in farmed fish. *Aquaculture Research*, 2015, vol. 46, pp. 513-551. <https://doi.org/10.1111/are.12238>
16. Da Cunha J.A., Heinzmann B.M., Baldisserotto B. The effects of essential oils and their major compounds on fish bacterial pathogens – a review. *Journal of Applied Microbiology*, 2018, vol. 125, no. 2, pp. 328-344. <https://doi.org/10.1111/jam.13911>
17. Dawood M.A.O., El Basuini M.F., Zaineldin A.I., Yilmaz S., Hasan M.T., Ahmadifar E., El Asely A.M., Abdel-Latif H.M.R., Alagawany M., Abu-Elala N.M., Van Doan H., Sewilam H. Antiparasitic and antibacterial functionality of essential oils: an alternative approach for sustainable aquaculture. *Pathogens*, 2021, vol. 10, no. 2, pp. 185. <https://doi.org/10.3390/pathogens10020185>

18. De Matos S.P., Lucca L.G., Koester L.S. Essential oils in nanostructured systems: Challenges in preparation and analytical methods. *Talanta*, 2019, vol. 195, pp. 204-214. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2018.11.029>
19. Diler O., Gormez O., Diler I., Metin S. Effect of oregano (*Origanum onites* L.) essential oil on growth, lysozyme and antioxidant activity and resistance against *Lactococcus garvieae* in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture Nutrition*, 2016, vol. 23, no. 4, pp. 844-851. <https://doi.org/10.1111/anu.12451>
20. Dima C., Dima S. Essential oils in foods: extraction, stabilization, and toxicity. *Current Opinion in Food Science*, 2015, vol. 5, pp. 29-35. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2015.07.003>
21. El Asbahani A., Miladi K., Badri W., Sala M., Ait Addi E.H., Casabianca H., El Mousadik A., Hartmann D., Jilale A., Renaud F.N.R., Elaissari A. Essential oils: from extraction to encapsulation. *International Journal of Pharmaceutics*, 2015, vol. 483, pp. 220-243. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2014.12.069>
22. Ferreira P.M.F., Nascimento L.S., Dias D.C., Moreira D.M.V., Salaro A.L., de Freitas M.B.D., Carneiro A.P.S., Zuanon J.A.S. Essential oregano oil as a growth promoter for the yellowtail tetra, *Astyanax altiparanae*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 2014, vol. 45, pp. 28-34. <https://doi.org/10.1111/jwas.12094>
23. Franz C., Baser K.H.C., Windisch W. Essential oils and aromatic plants in animal feeding – a European perspective. A review. *Flavour and Fragrance Journal*, 2010, vol. 25, no. 5, pp. 327-340. <https://doi.org/10.1002/ffj.1967>
24. Giannenas I., Triantafyllou E., Stavrakakis S., Margaroni M., Mavridis S., Steiner T., Karagounic E. Assessment of dietary supplementation with carvacrol or thymol containing feed additives on performance, intestinal microbiota and antioxidant status of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 2012, vol. 350, pp. 26-32. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.04.027>
25. Giarratana F., Muscolino D., Beninati C., Giuffrida A., Panebianco A. Activity of *Thymus vulgaris* essential oil against *Anisakis larvae*. *Experimental Parasitology*, 2014, vol. 142, pp. 7-10. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2014.03.028>
26. Gormez O., Diler O. *In vitro* antifungal activity of essential oils from *Tymbra*, *Origanum*, *Satureja* species and some pure compounds on the fish pathogenic fungus, *Saprolegnia parasitica*. *Aquaculture Research*, 2014, vol. 45, no. 7, pp. 1196-1201. <https://doi.org/10.1111/are.12060>
27. Hancz C. Feed efficiency, nutrient sensing and feeding stimulation in aquaculture: a review. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 2020, vol. 24, no. 1, pp. 35-54. <https://doi.org/10.31914/aak.2375>
28. Hoseini S.M., Yousefi M. Beneficial effects of thyme (*Thymus vulgaris*) extract on oxytetracycline-induced stress response, immunosuppression, oxidative

- stress and enzymatic changes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*, 2018, vol. 25, pp. 298-309. <https://doi.org/10.1111/anu.12853>
29. Inanc T., Maskan M. The potential application of plant essential oils/extracts as natural preservatives in oils during processing: a review. *Journal of Food Science and Engineering*, 2012, vol. 2, pp. 1-9. <https://doi.org/10.17265/2159-5828/2012.01.001>
  30. Javahery S., Nekoubin H., Moradlu A.H. Effect of anaesthesia with clove oil in fish (review). *Fish Physiology and Biochemistry*, 2012, vol. 38, pp. 1545-1552. <https://doi.org/10.1007/s10695-012-9682-5>
  31. Kim S.W., Less J.F., Wang L., Yan T., Kiron V., Kaushik S.J., Lei X.G. Meeting global feed protein demand: challenge, opportunity, and strategy. *Annual Review of Animal Biosciences*, 2019, vol. 7, no. 1, pp. 221-243. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-030117-014838>
  32. Klůga A., Terentjeva M., Vukovic N.L., Kačániová M. Antimicrobial activity and chemical composition of essential oils against pathogenic microorganisms of freshwater fish. *Plants*, 2021, vol. 10, no. 7, pp. 1265. <https://doi.org/10.3390/plants10071265>
  33. Laparra J.M., Sanz Y. Interactions of gut microbiota with functional food components and nutraceuticals. *Pharmacological Research*, 2010, vol. 61, pp. 219-225. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2009.11.001>
  34. Lv F., Liang H., Yuan Q., Li C. *In vitro* antimicrobial effects and mechanism of action of selected plant essential oil combinations against four food-related microorganisms. *Food Research International*, 2011, vol. 44, pp. 3057-3064. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.07.030>
  35. Michiels J., Missotten J., Dierick N., Fremaut D., Maene P., De Smet S. *In vitro* degradation and *in vivo* passage kinetics of carvacrol, thymol, eugenol and trans-cinnamaldehyde along the gastrointestinal tract of piglets. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2008, vol. 88, pp. 2371-2381. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3358>
  36. Miyasaki T., Harada K. Feeding attractants and stimulants for aquatic animals. *Fisheries Science*, 2002, vol. 68, sup. 2, pp. 1406-1409. [https://doi.org/10.2331/fishsci.68.sup2\\_1406](https://doi.org/10.2331/fishsci.68.sup2_1406)
  37. Mousavi S.M., Mirzargar S.S., Ebrahim Zadeh Mousavi H., Omid Baigi R., Khosravi A., Bahonar A., Ahmadi M.R. Evaluation of antifungal activity of new combined essential oils in comparison with malachite green on hatching rate in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) eggs. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2009, vol. 4, no. 2, pp. 103-110. <https://doi.org/10.3923/jfas.2009.103.110>

38. Nardoni S., Najar B., Fronte B., Pistelli L., Mancianti F. *In vitro* activity of essential oils against *Saprolegnia parasitica*. *Molecules*, 2019, vol. 24, no. 7, pp. 1270. <https://doi.org/10.3390/molecules24071270>
39. Navarrete P., Toledo I., Mardones P., Opazo R., Espejo R., Romero J. Effect of *Thymus vulgaris* essential oil on intestinal bacterial microbiota of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) and bacterial isolates. *Aquaculture Research*, 2010, vol. 41, pp. 667-678. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02590.x>
40. Nazzaro F., Fratianni F., de Martino L., Coppola R., de Feo V. Effect of essential oils on pathogenic bacteria. *Pharmaceuticals*, 2013, vol. 6, pp. 1451-1474. <https://doi.org/10.3390/ph6121451>
41. Okoli C. A guide to conducting a standalone systematic literature review. *Communications of the Association for Information Systems*, 2015, vol. 37, pp. 879-910. <https://doi.org/10.17705/1cais.03743>
42. Olmedo R.H., Asensio C.M., Grosso N.R. Thermal stability and antioxidant activity of essential oils from aromatic plants farmed in Argentina. *Industrial Crops and Products*, 2015, vol. 69, pp. 21-28. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.02.005>
43. Uwehand A.C., Tiihonen K., Kettunen H., Peuranen S., Schulze H., Rautonen N. *In vitro* effects of essential oils on potential pathogens and beneficial members of the normal microbiota. *Veterinari Medicina*, 2010, vol. 55, pp. 71-78. <https://doi.org/10.17221/152/2009-VETMED>
44. Park Y.H., Hwang S.Y., Hong M.K., Kwon K.H. Use of antimicrobial agents in aquaculture. *Revue Scientifique et Technique (International Office of Epizootics)*, 2012, vol. 31, no. 1, pp. 189-197. <https://doi.org/10.20506/rst.31.1.2105>
45. Révész N., Biró J. Recent trends in fish feed ingredients – mini review. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 2019, vol. 23, no. 1, pp. 32-47. <https://doi.org/10.31914/aak.2286>
46. Ribeiro S.C., Castelo A.S., Silva B.M.P., Cunha A.S., Proietti A.A. Jr., Oba-Yoshioka E.T. Hematological responses of tambaqui *Colossoma macropomum* (Serrasalmidae) fed with diets supplemented with essential oil from *Mentha piperita* (Lamiaceae) and challenged with *Aeromonas hydrophila*. *Acta Amazonica*, 2016, vol. 46, pp. 99-106. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201501284>
47. Romero M.C., Navarro M.C., Sanchez J.M., Valero A. Peppermint (*Mentha piperita*) and albendazole against anisakiasis in an animal model. *Tropical Medicine & International Health*, 2014, vol. 19, pp. 1430-1436. <https://doi.org/10.1111/tmi.12399>
48. Saccol E.M.H., Jerez-Cepa I., Ourique G.M., Pês T.S., Gressler L.T., Mourão R.H.V., Martínez-Rodríguez G., Mancera J.M., Baldisserotto B., Pavanato



- M.A., Martos-Sitcha J.A. *Myrcia sylvatica* essential oil mitigates molecular, biochemical and physiological alterations in *Rhamdia quelen* under different stress events associated to transport. *Research in Veterinary Science*, 2018, vol. 117, pp. 150-160. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.12.009>
49. Santos W.M., Brito T.S., Prado S.A., Oliveira C.G., Paula A.C., Melo D.C., Ribeiro P.A.P. Cinnamon (*Cinnamomum* sp.) inclusion in diets for Nile tilapia submitted to acute hypoxic stress. *Fish & Shellfish Immunology*, 2016, vol. 54, pp. 551-555. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.04.135>
50. Sena A.C., Teixeira R.R., Ferreira E.L., Heinzmann B.M., Baldisserotto B., Caron B.O., Copatti C.E. Essential oil from *Lippia alba* has anaesthetic activity and is effective in reducing handling and transport stress in tambacu (*Piaractus mesopotamicus* x *Colossoma macropomum*). *Aquaculture*, 2016, vol. 465, pp. 374-379. doi: 10.1016/j.aquaculture.2016.09.033
51. Shehata S.A., Mohamed M.S., Abd El-Shafi S. Antibacterial activity of essential oils and their effects on Nile tilapia fingerlings performance. *Journal of Medical Sciences*, 2013, vol. 13, pp. 367-372. <https://doi.org/10.3923/jms.2013.367.372>
52. Soltani M., Sheikhzadeh N., Mousavi H.A.E., Zargar A. Effects of *Zataria multiflora* essential oil on innate immune responses of common carp (*Cyprinus carpio*). *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 2010, vol. 5, pp. 191-199. <https://doi.org/10.3923/jfas.2010.191.199>
53. Soltani M., Ghodrathnama M., Ebrahimzadeh-Mosavi H.A., Nikbakht-Bruji G., Mohamadian S., Ghasemian M. Shirazi thyme (*Zataria multiflora* Boiss) and Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) essential oils repress expression of sagA, a streptolysin S-related gene in *Streptococcus iniae*. *Aquaculture*, 2014, vol. 430, pp. 248-252. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.04.012>
54. Soltanian S., Hoseinifar S.H., Gholamhosseini A. Modulation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cutaneous mucosal immune responses following anesthesia: a comparative study on different anesthetic agents. *Fish & Shellfish Immunology*, 2018, vol. 80, pp. 319-324. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.06.032>
55. Suttili F.J., Kreutz L.C., Noro M., Gressler L.T., Heinzmann B.M., Vargas A.C., Baldisserotto B. The use of eugenol against *Aeromonas hydrophila* and its effect on hematological and immunological parameters in silver catfish (*Rhamdia quelen*). *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 2014, vol. 157, pp. 142-148. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2013.11.009>
56. Suttili F.J., Murari A.L., Silva L.L., Gressler L.T., Heinzmann B.M., Vargas A.C., Schmidt D., Baldisserotto B. The use of *Ocimum americanum* essential oil against the pathogens *Aeromonas hydrophila* and *Gyrodactylus* sp. in silver catfish (*Rhamdia quelen*). *Letters in Applied Microbiology*, 2016, vol. 63, pp. 82-88. <https://doi.org/10.1111/lam.12602>

57. Sutili F.J., Gatlin III D.M., Heinzmann B.M., Baldisserotto B. Plant essential oils as fish diet additives: benefits on fish health and stability in feed. *Reviews in Aquaculture*, 2018, vol. 10, no. 3, pp. 716-726. <https://doi.org/10.1111/raq.12197>
58. Souza C.F., Salbego J., Gressler L.T., Golombieski J.I., Ferst J.G., Cunha M.A., Heinzmann B.M., Caron B.O., Glanzner W.G., Gonçalves P.B.D, Baldisserotto B. Silver catfish, *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824), submitted to a stressful condition: effect of dietary addition of the essential oil of *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown on metabolism, osmoregulation and endocrinology. *Neotropical Ichthyology*, 2015, vol. 13, pp. 707-714. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20140153>
59. Souza C.D.F., Baldissera M.D., Baldisserotto B., Heinzmann B.M., Martos-Sitcha J.A., Mancera J.M. Essential oils as stress-reducing agents for fish aquaculture: a review. *Frontiers in Physiology*, 2019, vol. 10, pp. 785. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00785>
60. Tanovic B., Gasic S., Hrustic J., Mihajlovic M., Grahovac M., Delibasic G., Stevanovic M. Development of a thyme essential oil formulation and its effect on *Monilinia fructigena*. *Pesticides and Phytomedicine*, 2015, vol. 28, pp. 273-280. <https://doi.org/10.2298/PIF1304273T>
61. Tavares-Dias M. Current knowledge on use of essential oils as alternative treatment against fish parasites. *Aquatic Living Resources*, 2018, vol. 31, pp. 13. <https://doi.org/10.1051/alr/2018001>
62. Torraco R. J. Writing integrative literature reviews: Using the past and present to explore the future. *Human Resource Development Review*, 2016, vol. 15, no. 4, pp. 404-428. <https://doi.org/10.1177/1534484316671606>
63. Vauthier C., Bouchemal K. Methods for the preparation and manufacture of polymeric nanoparticles. *Pharmaceutical research*, 2009, vol. 26, pp. 1025-1058. <https://doi.org/10.1007/s11095-008-9800-3>
64. Yilmaz E., Taşbozan O., Erbaş C. Potential of medical herbal products to be used in aquaculture. *Eastern Anatolian Journal of Science*, 2018, vol. 4, no. 2, pp. 16-23. <https://dergipark.org.tr/en/pub/eajs/issue/40091/446864>
65. Zeppenfeld C.C., Hernandez D.R., Santinon J.J., Heinzmann B.M., da Cunha M.A., Schmidt D., Baldisserotto B. Essential oil of *Aloysia triphylla* as feed additive promotes growth of silver catfish (*Rhamdia quelen*). *Aquaculture Nutrition*, 2016, vol. 22, pp. 933-940. <https://doi.org/10.1111/anu.12311>
66. Zhai H., Liu H., Wang S., Wu J., Klüenter A.M. Potential of essential oils for poultry and pigs. *Animal Nutrition*, 2018, vol. 4, no. 2, pp. 179-186. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.01.005>

67. Zhang Y., Wang Q.C., Yu H., Zhu J., de Lange K., Yin Y., Wang Q., Gong J. Evaluation of alginate-whey protein microcapsules for intestinal delivery of lipophilic compounds in pigs. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2016, vol. 96, pp. 2674-2681. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7385>
68. Zheng Z.L., Tan J.Y., Liu H.Y., Zhou X.H., Xiang X., Wang K.Y. Evaluation of oregano essential oil (*Origanum heracleoticum* L.) on growth, antioxidant effect and resistance against *Aeromonas hydrophila* in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture*, 2009, vol. 292, no. 3-4, pp. 214-218. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.04.025>

### **ВКЛАД АВТОРОВ**

**Пахомов В.И.:** разработка концепции научной работы.

**Брагинец С.В.:** редактирование черновика рукописи.

**Бахчевников О.Н.:** написание рукописи.

### **AUTHOR CONTRIBUTIONS**

**Viktor I. Pakhomov:** study conception and design.

**Sergey V. Braginetz:** editing of the draft of the manuscript.

**Oleg N. Bakhchevnikov:** writing of the manuscript.

### **ДАнные ОБ АВТОРАХ**

**Пахомов Виктор Иванович**, д-р техн. наук, и.о. директора

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Аграрный научный центр «Донской»  
ул. Научный городок, 3, г. Зерноград, Ростовская область, 347740,  
Российская Федерация  
vniptim@gmail.com*

**Брагинец Сергей Валерьевич**, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Аграрный научный центр «Донской»  
ул. Научный городок, 3, г. Зерноград, Ростовская область, 347740,  
Российская Федерация  
sbraginetz@mail.ru*

**Бахчевников Олег Николаевич**, канд. техн. наук, старший научный сотрудник

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Аграрный научный центр «Донской»  
ул. Научный городок, 3, г. Зерноград, Ростовская область, 347740,  
Российская Федерация  
oleg-b@list.ru*

#### **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Viktor I. Pakhomov**, Dr. Sc. (Engineering Science), Director

*Agricultural Research Centre Donskoy  
3, Nauchnyy Gorodok Str., Zernograd, Rostov Region, 347740, Russian  
Federation  
vniptim@gmail.com  
SPIN-code: 5815-4913  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8715-0655>  
ResearcherID: Y-7085-2019  
Scopus Author ID: 57202647293*

**Sergey V. Braginets**, Cand. (Engineering Science), Leading Researcher

*Agricultural Research Centre Donskoy  
3, Nauchnyy Gorodok Str., Zernograd, Rostov Region, 347740, Russian  
Federation  
sbraginets@mail.ru  
SPIN-code: 4849-0287  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7137-5692>  
ResearcherID: Y-6307-2019  
Scopus Author ID: 57202639521*

**Oleg N. Bakhchevnikov**, Cand. (Engineering Science), Senior Researcher

*Agricultural Research Centre Donskoy  
3, Nauchnyy Gorodok Str., Zernograd, Rostov Region, 347740, Russian  
Federation  
oleg-b@list.ru  
SPIN-code: 3350-9055  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3362-5627>  
ResearcherID: S-3312-2016  
Scopus Author ID: 57202648620*

Поступила 06.02.2022

После рецензирования 23.02.2022

Принята 10.03.2022

Received 06.02.2022

Revised 23.02.2022

Accepted 10.03.2022