

Научная статья

УДК 504.064.2.001.18

DOI 10.46845/1997-3071-2025-78-26-37

### **Экологическая оценка качества производственных стоков молокоперерабатывающих предприятий**

**Ольга Викторовна Ковалева**

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия  
kovalevaov@gausz.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6833-4715>

**Аннотация.** На каждом производстве, занимающемся обработкой или переработкой материалов, необходимо предусматривать многоступенчатую очистку сточных вод. Это требование обусловлено тем, что неочищенные стоки, сбрасываемые в водоемы, наносят значительный вред экосистемам. В процессе сброса таких вод происходит резкое увеличение потребления кислорода, который необходим для биохимического окисления органических соединений, содержащихся в сточных водах. Многие из этих органических веществ находятся в связанном состоянии, что делает их расщепление сложным и трудоемким процессом. В данной работе на основе мониторинга сточных вод проведена экологическая оценка качества производственных стоков, которая поможет специалистам в принятии решений по намечаемой деятельности или выбора способов очистки сточных вод предприятия. В результате работы выявлена неоднородность сбрасываемых сточных вод в течение суток. В образующихся сточных водах при их транспортировании сетями водоотведения в поля и фильтрации протекают анаэробные, окислительно-деструктивные микробиологические и химические процессы, в результате которых происходит значительное превышение показателей по основным загрязняющим веществам. На изучаемых предприятиях отношение биохимического потребления кислорода за 5 суток к его химическому потреблению находится в пределах 0,40–0,56. Это говорит о том, что в воде содержатся вещества, которые легко поддаются биохимическому окислению, поэтому необходимо совершенствовать систему очистки сточных вод на предприятиях молокоперерабатывающей промышленности. При этом могут быть использованы биологические способы согласно справочника по наилучшим доступным технологиям, которые включают в себя дозированное введение микробиологических препаратов и дополнительную аэрацию, что позволит использовать поля фильтрации в качестве локальных очистных сооружений без больших капитальных вложений.

**Ключевые слова:** экологическая оценка, загрязняющие вещества, обработка молока, сточные воды, поля фильтрации, норматив качества.

**Финансирование:** работа выполнена в рамках реализации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по заказу предприятия.

---

© Ковалева О. В., 2025

**Для цитирования:** Ковалева О. В. Экологическая оценка качества производственных стоков молокоперерабатывающих предприятий // Известия КГТУ. 2025. № 78. С. 26–37. DOI 10.46845/1997-3071-2025-78-26-37.

Original article

### Environmental assessment of the quality of industrial effluents

**Ol'ga V. Kovaleva**

Northern Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen', Russia  
e-mail: kovalevaov@gaus.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6833-4715>

**Abstract.** At each production facility engaged in the processing or recycling of materials, it is necessary to provide for multi-stage wastewater treatment. This requirement is due to the fact that untreated wastewater discharged into water bodies causes significant harm to ecosystems. In the process of discharging such water, there is a sharp increase in oxygen consumption, which is necessary for the biochemical oxidation of organic compounds contained in wastewater. Many of these organic substances are in a bound state, which makes their decomposition a complex and labor-intensive process. In this work, based on wastewater monitoring, an environmental assessment of the quality of industrial wastewater has been carried out, which will help specialists in making decisions on the planned activity or choosing methods for treating enterprise wastewater. As a result of the work, heterogeneity of discharged wastewater during the day has been revealed. In the resulting wastewater, when they are transported through drainage networks to filtration fields, anaerobic processes, oxidative-destructive microbiological and chemical processes occur, resulting in a significant excess of the main pollutants. At the enterprises under study, the ratio of biochemical oxygen consumption for 5 days to chemical oxygen consumption is within 0.40–0.56, which indicates that the water contains easily oxidizable substances that are subject to biochemical oxidation. Therefore, it is necessary to improve the wastewater treatment system at enterprises of the milk processing industry. In this case, biological methods can be used, according to the reference book on the best available technologies, which include the metered introduction of microbiological preparations and additional aeration, which will allow the use of filtration fields as local treatment facilities without large capital investments.

**Keywords:** environmental assessment, pollutants, milk treatment, wastewater, filtration fields, quality standard.

**Funding:** the work has been carried out as part of the implementation of research and development work commissioned by the enterprise.

**For citation:** Kovaleva O. V. Environmental assessment of the quality of industrial effluents. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2025; (78):26–37. (In Russ.). DOI 10.46845/1997-3071-2025-78-26-37.

### ВВЕДЕНИЕ

Негативное воздействие агропромышленного комплекса (АПК) на окружающую среду – сложная проблема, определяемая множеством взаимосвязанных факторов. Ключевыми из них являются, во-первых, прямое вытеснение природ-

ных экосистем в результате расширения сельскохозяйственных угодий, строительства инфраструктуры и прокладки коммуникаций. Это приводит к утрате биоразнообразия, фрагментации местообитаний и нарушению естественных природных процессов. Во-вторых, значительное воздействие оказывают антропогенные загрязнения, связанные с деятельностью АПК. Выбросы парниковых газов (метан от животноводства, закись азота от применения удобрений) также существенно влияют на изменение климата. Загрязнение поверхностных и подземных вод сточными водами с предприятий, содержащими органические вещества, нитраты и фосфаты, приводит к эвтрофикации водоемов, гибели водных организмов и ухудшению качества питьевой воды [1].

Постановление Правительства РФ № 2398 от 31 декабря 2020 г. ввело категорирование объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду (НВОС), разделив их на четыре класса в зависимости от степени и масштаба воздействия. Эта классификация позволяет Росприроднадзору эффективнее распределять ресурсы контроля и надзора. Объекты I категории, характеризующиеся наибольшим уровнем НВОС (например, крупные животноводческие комплексы, заводы по производству удобрений), подвергаются самым строгим экологическим ограничениям и подлежат более частому и тщательному мониторингу. К объектам IV категории относятся предприятия с минимальным негативным воздействием на окружающую среду, для которых требования значительно смягчены.

Однако даже для таких объектов существуют определенные экологические нормативы, соблюдение которых обязательно, сброс же на рельеф строго запрещен законодательством. Важно отметить, что эффективное снижение негативного воздействия предприятий агропромышленного комплекса на окружающую среду требует комплексного подхода, включающего внедрение экологических технологий, применение биопрепаратов вместо химических пестицидов и гербицидов, рациональное использование земель, а также повышение экологической грамотности сельхозпроизводителей. Только совместными усилиями государственных органов, бизнеса и общественности можно добиться существенного улучшения экологической ситуации в агропромышленном секторе. Ситуация постоянно анализируется и корректируется, что требует постоянного совершенствования законодательства и внедрения новых технологий в сельском хозяйстве [2, 3]

Согласно статистическим данным, в некоторых отраслях пищевой и перерабатывающей промышленности сброс сточных вод достаточно велик. Так, например, наибольшая доля сбросов (млн м<sup>3</sup>) принадлежит предприятиям пивоваренной промышленности (33,7), молочной (25–30), мясной (18–30), масложировой (22,2), хлебопекарной (14,8).

На каждом производстве, занимающемся обработкой или переработкой материалов, необходимо предусматривать многоступенчатую очистку сточных вод. Это требование обусловлено тем, что неочищенные стоки, сбрасываемые в водоемы, наносят значительный вред экосистемам. В процессе сброса таких вод происходит резкое увеличение потребления кислорода, который необходим для биохимического окисления органических соединений, содержащихся в сточных водах. Многие из этих органических веществ находятся в связанном состоянии, что делает их расщепление сложным и трудоемким процессом. В результате, если сточные воды не проходят должную очистку, это может привести к гипоксии во-

доемов, что негативно сказывается на жизни водных организмов. Например, рыбы и другие водные существа начинают испытывать недостаток кислорода, что может привести к их гибели и нарушению экосистемы в целом. Кроме того, сточные воды могут содержать опасные химические вещества, такие как тяжелые металлы, пестициды и другие токсичные соединения, которые могут накапливаться в организмах водных животных, что в конечном итоге отражается на пищевой цепи и может негативно сказаться на здоровье человека. По этой причине важно внедрять современные технологии очистки сточных вод, такие как биологические и физико-химические методы, которые позволяют эффективно удалять как органические, так и неорганические загрязнители. Например, использование биореакторов может значительно повысить степень очистки, позволяя микроорганизмам эффективно разлагать сложные органические молекулы. Таким образом, многоступенчатая очистка сточных вод не только защищает водные ресурсы, но и способствует устойчивому развитию производств, минимизируя их негативное влияние на окружающую среду. Важно, чтобы все предприятия, особенно те, которые имеют дело с потенциально опасными отходами, следовали строгим экологическим стандартам и активно внедряли инновационные решения для очистки сточных вод [4, 5].

В сфере обработки молочных продуктов обычно образуются 2 категории отходов, причем примерно 2/3 части из них представляют собой производственные остатки, появляющиеся во время превращения сырого молока с высокой концентрацией протеина и липидов, а оставшаяся 1/3 приходится на коммунальные и бытовые отходы. Помимо прочего, в канализационных водах выявляются хлориды, искусственные моющие средства и соединения фосфора. Эти компоненты присутствуют в чистящих и антисептических препаратах.

Чем больше мощность работы молокоперерабатывающего завода, тем ниже удельное потребление воды, но концентрация загрязняющих веществ (ЗВ) выше. Так, в среднем на 1 тонну полученной продукции удельная норма расхода воды составляет 3,5–5 м<sup>3</sup>. Согласно технологическим нормативам водоотведения, на обработку 1 т молока-сырья степень загрязнения по химическому потреблению кислорода (ХПК) составит 10–15 кг. Более точные данные содержания ЗВ будут зависеть от конкретного производителя и вида производимых продуктов [6, 7, 8]. В настоящее время предприятия не проводят предварительную оценку качества производственных сточных вод и, приобретая, монтируя стандартные решения локальных очистных сооружений в процессе эксплуатации, не справляются с функцией очистки.

Целью данной работы является экологическая оценка качества производственных стоков на примере молокоперерабатывающих предприятий.

Экологическую оценку (ЭО) с подробной характеристикой видов и объемов загрязняющих веществ проводят для выбора способа обработки стоков, поскольку выбор того или иного решения по очистке сточных вод требует точных расчетов и обоснования для дальнейшего беспрепятственного прохождения государственной экологической экспертизы [9, 10].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Для проведения экологической оценки сточных вод были выбраны очистные сооружения (поля фильтрации) сточных вод молокоперерабатывающих предприятий Тюменской области, расположенных в разных районах. В ходе их производственной деятельности образуются сточные воды, которые проходят очистку в полях фильтрации. Оценка проводилась на основании данных мониторинга предприятий в период с 2017 по 2024 гг.

Для ЭО проводился систематический анализ только тех показателей, информация о которых необходима для принятия решений на производстве (рис. 1). Для этого был разработан и утвержден ежегодный календарный план-график проведения работ (места отбора проб, точки отбора, даты, основные параметры, порядок документирования и др.). Лабораторные исследования проводились на базе Агробιοтехнологического центра Института фундаментальных и прикладных агробιοтехнологий ИФиПА ГАУ Северного Зауралья по стандартным методикам.

Оценочные показатели качества вод были взяты согласно ГОСТ Р 58556-2019 «Оценка качества воды водных объектов с экологических позиций».



Рис. 1. Перечень показателей, подлежащих экологической оценке

Fig. 1. The list of indicators subject to environmental assessment

Пробы отбирались непосредственно в накопителях на территории предприятий (септик, канализационные насосные станции) и в полях фильтрации согласно ГОСТ Р 59024-2020. Для проведения оценки в данной работе были выбра-

ны максимальные значения данных мониторинга за 6 лет по аналогичным периодам двух молокоперерабатывающих предприятий.

Выбор предприятий был основан на однотипности стоков и использования полей фильтрации в качестве биологических очистных сооружений.

На предприятии № 1 отведение сточных вод производится по заглубленной системе канализации в подземные железобетонные отстойники (септик 1 и септик 2) и далее в поля фильтрации (состоящие из отдельно расположенных карт с обваловкой) вывозится ассенизаторскими машинами. Сброс осуществляется круглый год.

На предприятии № 2 отведение сточных вод производится в канализационные насосные станции (КНС 1, КНС 2) круглогодично. От каждой КНС проложено по одной трубе, по которой происходит сброс воды в приемную емкость очистных сооружений на расстояние 1500 м, расположенную перед полями фильтрации (рис. 2).

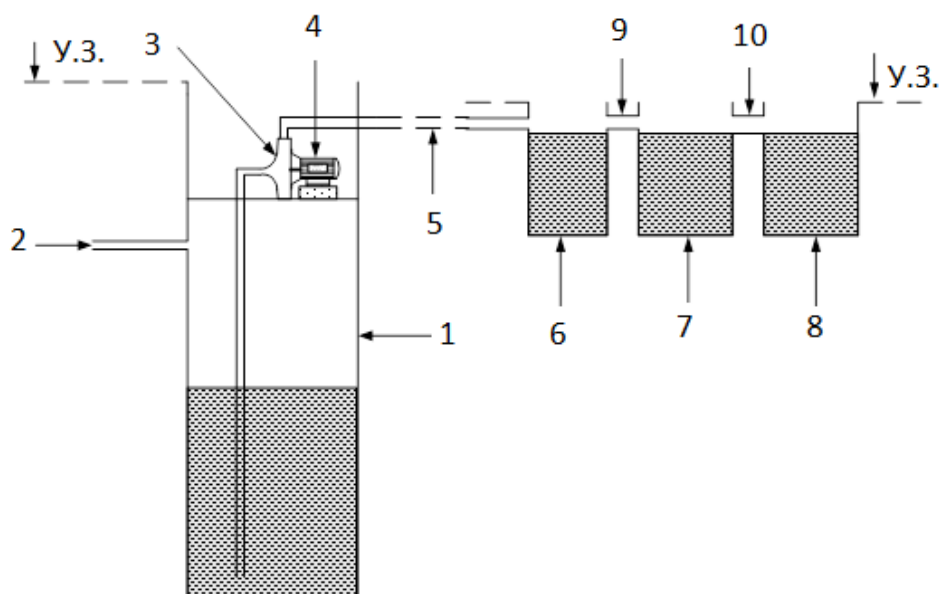


Рис. 2. Схема сбора и сбрасывания отработанных сточных вод предприятия № 2

1 – канализационная насосная станция; 2 – трубопровод слива отработанной воды с молокоперерабатывающих цехов; 3 – насос; 4 – электродвигатель; 5 – трубопровод сброса сточных вод в приемную емкость; 6 – приемная емкость; 7, 8 – карты полей фильтрации; 9, 10 – трубы перелива между картами

Fig. 2. Scheme of collection and discharge of waste water from the enterprise No. 2  
1 – sewage pumping station; 2 – waste water discharge pipeline from milk processing plants; 3 – pump; 4 – electric motor; 5 – sewage discharge pipeline to the receiving tank; 6 – receiving tank; 7, 8 – maps of filtration fields; 9, 10 – overflow pipes between maps



## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Контроль загрязнения водных объектов достаточно затруднителен, поскольку оценка ведется, как правило, по нескольким точкам сброса в разные временные промежутки, достаточно сильно отличающиеся по происхождению, составу и формам загрязнителей [11, 12]. Помимо этого в последовательности от «точки загрязнения до водного объекта» существуют дополнительные элементы разнообразной функциональной структуры, обычно представляющие собой местные системы очистки, такие как поля фильтрации, которые могут как способствовать распаду загрязнителей с их последующей фильтрацией или рассеянием, так и служить дополнительным источником вторичных загрязнений [13, 14, 15].

На основании проведенного анализа, исходя из неравномерной суточной нагрузки по обработке молока, коэффициент отношения максимального к среднему часовому расходу воды выдерживается на уровне 1,5–2,5, при этом показатели содержания загрязняющих веществ значительно разнятся (табл. 1).

Таблица 1. Состав сточных вод молокоперерабатывающих предприятий  
Table 1. Composition of wastewater from milk processing plants

| Показатель                                  | Предприятие № 1          |                          | Предприятие № 2       |                       | Норматив качества<br>ГОСТ Р 58556-2019 |
|---------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------------------|
|                                             | проба<br>№ 1<br>септик 1 | проба<br>№ 2<br>септик 2 | проба<br>№ 3<br>КНС 1 | проба<br>№ 4<br>КНС 2 |                                        |
| Массовая доля сульфатов, мг/дм <sup>3</sup> | 935,5                    | 1423,6                   | 441,7                 | 212,4                 | –                                      |
| Массовая доля жира, мг/дм <sup>3</sup>      | 22,5                     | 66,35                    | 35,4                  | 9,15                  | –                                      |
| ХПК, мгО/дм <sup>3</sup>                    | 2777                     | 5020                     | 604                   | 1148                  | 71–100                                 |
| БПК <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>       | 1204                     | 1985                     | 337                   | 540                   | 16–25                                  |
| Фосфаты, мг/дм <sup>3</sup>                 | 90,65                    | 147,25                   | 609,9                 | 767,2                 | 1,1–2,0                                |
| Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>     | 662,6                    | 1143                     | 239                   | 2685,5                | 5,1–10                                 |
| Аммонийный азот, мг/дм <sup>3</sup>         | 20,9                     | 12,69                    | 10,42                 | 19,07                 | 3,0–5,0                                |
| Нитраты, мг/дм <sup>3</sup>                 | 634,8                    | 765,9                    | 153,6                 | 484,1                 | 11–20                                  |
| Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>                 | 835,6                    | 956,5                    | 751,9                 | 656,2                 | –                                      |
| ХПК : БПК <sub>5</sub>                      | 2,3                      | 2,5                      | 1,8                   | 2,1                   | –                                      |
| БПК <sub>5</sub> : ХПК                      | 0,43                     | 0,40                     | 0,56                  | 0,47                  | –                                      |

Примечание: при знаке «–» значение не нормируется данным документом.

Учитывая ассортимент конкретных молочных заводов, по фактическому содержанию в сточной воде определили соотношение биохимического потребления кислорода за 5 сут (БПК<sub>5</sub>) к химическому потреблению кислорода (ХПК). Как правило, по справочным данным средний показатель составляет от 1,2 до 1,55. Норма соотношения, установленная Постановлением Правительства РФ № 644, составляет не более 2,5; по всем пробам этот показатель не превышал норматив. На предприятиях № 1 и № 2 отношение БПК<sub>5</sub> : ХПК находится в пределах

0,40–0,56, это говорит о том, что в воде содержатся вещества, которые легко поддаются биохимическому окислению.

Сравнение с нормативами качества воды поверхностных водотоков с экологической точки зрения показало, что значительные превышения наблюдаются по всем без исключения показателям. Высокое содержание фосфатов, нитратов и хлоридов указывает на то, что сточные воды содержат значительное количество чистящих и дезинфицирующих средств.

При прохождении через очистные сооружения (поля фильтрации) в разные сезоны года показатели меняются (табл. 2).

Таблица 2. Показатели состава сточных вод полей фильтрации  
Table 2. Indicators of the composition of wastewater from filtration fields

| Показатель                              | Предприятие № 1 |        | Предприятие № 2 |        | Гигиенический норматив*    |
|-----------------------------------------|-----------------|--------|-----------------|--------|----------------------------|
|                                         | май             | ноябрь | май             | ноябрь |                            |
| Массовая доля сульфатов, мг/л           | 435,2           | 468,6  | 310,5           | 153    | 500                        |
| Массовая доля жира, мг/дм <sup>3</sup>  | 126,0           | 27,0   | 90              | 22,3   | 0                          |
| ХПК, мг/дм <sup>3</sup>                 | 1232,0          | 1986   | 814             | 2000   | 30,0                       |
| БПК <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>   | 687,0           | 950    | 400             | 732    | 4,0                        |
| Фосфаты, мг/дм <sup>3</sup>             | 6,53            | 69,8   | 87,6            | 102    | 0,2                        |
| Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup> | 462,5           | 754,7  | 422,4           | 112    | 0,75 (+0,25 к фону болота) |
| Аммонийный азот, мг/дм <sup>3</sup>     | 6,4             | 68,6   | 13,2            | 65,1   | 1,5                        |
| Нитраты, мг/дм <sup>3</sup>             | 11,0            | 9,8    | 1,04            | 1,8    | 45,0                       |
| Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>             | 0,46            | 1,9    | 69,5            | 61,1   | 350,0                      |

Примечание. \* Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде питьевой систем централизованного, в том числе горячего, и нецентрализованного водоснабжения, в воде подземных и поверхностных водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, в воде плавательных бассейнов, аквапарков. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» от 28.01.2021 г. № 2.

Как свидетельствуют данные табл. 2, сточная вода, находящаяся на очистных сооружениях, также нестабильна. Это обусловлено преобладанием анаэробных процессов в сточных водах при их транспортировании сетями водоотведения и преобладанием окислительно-деструктивных микробиологических и химических процессов в биологических очистных сооружениях. Превышение в сравнении с гигиеническим нормативом наблюдается практически по всем показателям, кроме сульфатов, нитратов и хлоридов.

Так, содержание ХПК на предприятиях № 1 и № 2 превышало норматив в мае в 41 и 27 раз, в ноябре в 66,2 и 66,7 раза соответственно, биологическое потребление кислорода – в сотни раз. Аммонийный азот также превысил гигиениче-



ский норматив в мае в 4,3 и 8,8 раз, в ноябре в 45,7 и 43,4 раза соответственно на предприятии № 1 и № 2.

Сравнение сточных вод после прохождения очистки в полях фильтрации с водой природных водоемов представлено в табл. 3.

Таблица 3. Сравнение сточных вод полей фильтрации («на выходе») с водой природных водных объектов

Table 3. Comparison of wastewater from filtration fields ("at the outlet") with water from natural water bodies

| Показатель                                  | Предприятие № 1 | Предприятие № 2 | Природный водоем                |
|---------------------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------------------|
| Массовая доля сульфатов, мг/дм <sup>3</sup> | 385,0           | 80,3            |                                 |
| Массовая доля жира, мг/дм <sup>3</sup>      | 1,2             | 83,7            | от сотых долей до нескольких мг |
| ХПК, мгО/дм <sup>3</sup>                    | 176             | 270,5           | от долей до десятков мг         |
| БПК <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>       | 20,5            | 103,6           | 0,5–4                           |
| Фосфаты, мг/дм <sup>3</sup>                 | 65,3            | 394,7           | 0,005–0,2                       |
| Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>     | 79,0            | 250,2           | 3–14                            |
| Аммонийный азот, мг/дм <sup>3</sup>         | >50,0           | 35,4            | 0,28–0,3                        |
| Нитраты, мг/дм <sup>3</sup>                 | 8,9             | 1,9             | –                               |
| Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>                 | 1,6             | 64,4            | –                               |

При анализе представленных данных видим, что показатели сточных вод обоих предприятий значительно превышают содержание их в природных водоемах, а значит, необходимо использовать дополнительные способы доочистки, к тому же на сегодняшний день нет ни одного нормативного документа, который бы регламентировал работу полей фильтрации как очистных сооружений в том виде, в котором они существуют.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За весь период наблюдений в сточных водах молокоперерабатывающих предприятий было выявлено, что качество образуемых сточных вод нестабильно даже в пределах суток и зависит от вида производимой технологической операции. При этом отмечаются превышения нормативов, предъявляемых при проведении экологической оценки по специально выбранным оценочным показателям: взвешенные вещества, нитраты, БПК<sub>5</sub>, ХПК, фосфаты, аммонийный азот.

Поэтому в целях совершенствования очистки сточных вод на предприятиях молокоперерабатывающей промышленности необходимо использовать биологические способы очистки согласно справочника по наилучшим доступным технологиям, которые включают в себя дозированное введение микробиологических препаратов и дополнительную аэрацию, что позволит использовать поля фильтрации в качестве локальных очистных сооружений без больших капитальных вложений. Эффективность использования подобных способов очистки подтвер-

ждается и отношением БПК<sub>5</sub> : ХПК, которое составляет 0,40–0,56. Это говорит о том, что биохимическое окисление органических соединений, находящихся в сточной воде, будет происходить быстрее.

#### Список источников

1. Wang, Y. B. Probiotics in Aquaculture: Challenges and Outlook / Y. B. Wang, J. R. Li, J. Lin. – Florida Institute of Technology Aquaculture (Elsevier), 2008. – V. 281. – P. 1–4.
2. Экологическое состояние пруда Шенфлиз как пример характеристики водоема карьерного типа в условиях рекреационной нагрузки / Е. А. Севостьянова, А. С. Меньшенин, О. В. Казимирченко [и др.] // Известия КГТУ. – 2023. – № 71. – С. 56–70.
3. Ковалева, О. В. Влияние биопрепаратов на состав осадка сточных вод молокоперерабатывающих предприятий / О. В. Ковалева, Н. М. Костомахин, Е. Я. Лебедев // Аграрная наука. – 2020. – № 5. – С. 98–101.
4. Bioremediation of heavy metals by growing hyperaccumulaor endophytic bacterium Bacillus sp. L14 / H. Guo, L. Shenglian, C. Liang [et al.] // Bioresour. Technol. – 2010. – V. 101. – N 22. – P. 8599.
5. Защита водных экосистем от загрязнений с селитебных территорий / О. Р. Ильясов, О.В. Ковалева, О.П. Неверова [и др.] // Российский научный вестник. – 2025. – № 1. – С. 76–78.
6. Полетаева, М. А. Пути решения проблемы очистки сточных вод молочного предприятия / М. А. Полетаева, О. С. Осадчая, Н. А. Рузаева // Ползуновский вестник. – 2013. – № 1. – С. 273–275.
7. Патент № 2770056. Способ микробиологической очистки сточных вод прудов-накопителей сельскохозяйственных предприятий: № 2021100560: заявл. 13.01.2021 : опубл. 14.04.2022 / Ковалева О. В., Санникова Н. В., Шулепова О. В.; ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья». – 8 с. : ил. – Текст: непосредственный.
8. Богатырев, К. С. Экологическое состояние поверхностных водных объектов под воздействием комплексов тепличных хозяйств / К. С. Богатырев, А. Г. Корнилов // Геология, география и глобальная энергия. – 2020. – № 4 (79). – С. 143–150.
9. Демидова, С. Е. Устойчивое развитие и экологическая безопасность в аспекте «зеленой» проблематики / С. Е. Демидова, М. М. Балог, В. В. Троян // ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. – 2020. – № 5. – С. 87–107.
10. База данных RU 2022623299. Данные количественного химического анализа водных объектов: № 2022622968: заявл. 15.11.2022; опубл. 08.12.2022 Бюл. № 12. / О. В. Ковалева, В. В. Пунегова; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный аграрный университет Северного Зауралья». – 1 с.
11. Natural and synthetic solid carriers in flow module for microbial sewage filtrate purification / O. V. Tashyrev, I. B. Sioma, G. O. Tashyreva, V. M. Novorukha // Biotechnologia Acta. – 2018. – V. 11. – N 6. – P. 73–81.
12. Рудский, В. В. Ресурсоведение: учебное пособие / В. В. Рудский. – Смоленск: Издательство СГУ, 2008. – 143 с. – ISBN 978-5-7389-1724-0.

13. Щур, А. В. Влияние различных уровней агроэкологических нагрузок на биохимические характеристики почвы / А. В. Щур, Д. В. Виноградов, В. П. Валько // Юг России: экология, развитие. – 2016. – Т. 11. – № 4. – С. 139–148.

14. Агроэкологическая эффективность использования осадка сточных вод и вермикомпостов в агроценозе овса посевного / Т. В. Хабарова, Д. В. Виноградов, Б. И. Кочуров [и др.] // Юг России: экология, развитие. – 2018. – Т. 13. – № 2. – С. 132–143.

15. Виноградов, Д. В. Применение удобрительных смесей на основе осадков сточных вод и цеолита в агроценозах масличных культур / Д. В. Виноградов, М. П. Макарова, Т. В. Зубкова // Теоретическая и прикладная экология. – 2023. – № 1. – С. 93–100.

### References

1. Wang Y. B., Li J. R., Lin J. Probiotics in Aquaculture: Challenges and Outlook. Florida Institute of Technology Aquaculture (Elsevier). 2008. V. 281. P. 1–4.

2. Sevost'yanova E. A., Men'shenin A. S., Kazimirchenko O. V. [i dr.] *Ekologicheskoe sostoyanie pruda SHenfliz kak primer kharakteristiki vodoema kar'ernogo tipa v usloviyakh rekreatsionnoy nagruzki* [The ecological state of the Schoenfleeze pond as an example of the characteristics of a quarry-type reservoir under conditions of recreational load]. *Izvestiya KGTU*, 2023, no. 71, pp. 56–70.

3. Kovaleva O. V., Kostomakhin N. M., Lebed'ko E. Ya. Vliyanie biopreparatov na sostav osadka stochnykh vod molokopererabatyvayushchikh predpriyatiy [The effect of biological products on the composition of sewage sludge from dairy processing plants]. *Agrarnaya nauka*, 2020, no. 5, pp. 98–101.

4. Guo H., Shenglian L., Liang C. [et al.] Bioremediation of heavy metals by growing hyperaccumulaor endophytic bacterium *Bacillus* sp. L14. *Bioresour. Technol.* 2010. V. 101. N 22. P. 8599.

5. Il'yasov O. R., Kovaleva O. V., Neverova O. P. [et al.] Zashchita vodnykh ekosistem ot zagryazneniy s selitebnykh territoriy [Protection of aquatic ecosystems from pollution from residential areas]. *Rossiyskiy nauchnyy vestnik*, 2025, no. 1, pp. 76–78.

6. Poletaeva M. A., Osadchaya O. S., Ruzaeva N. A. Puti resheniya problemy ochistki stochnykh vod molochnogo predpriyatiya [Ways to solve the problem of wastewater treatment at a dairy enterprise]. *Polzunovskiy vestnik*, 2013, no. 1, pp. 273–275.

7. Kovaleva O. V., Sannikova N. V., SHulepova O. V. Patent № 2770056. *Sposob mikrobiologicheskoy ochistki stochnykh vod prudov-nakopiteley sel'skokhozyaystvennykh predpriyatiy* [Method of microbiological wastewater treatment of storage ponds of agricultural enterprises]. № 2021100560, zayavl. 13.01.2021; opubl. 14.04.2022. Zayavitel' FGBOU VO "Gosudarstvennyy agrarnyy universitet Severnogo Zaural'ya". 8 p.

8. Bogatyrev K. S., Kornilov A. G. Ekologicheskoe sostoyanie poverkhnostnykh vodnykh ob'ektov pod vozdeystviem kompleksov teplichnykh khozyaystv [Ecological condition of surface water bodies under the influence of greenhouse complexes]. *Geologiya, geografiya i global'naya energiya*, 2020, no. 4 (79), pp. 143–150.

9. Demidova S. E., Balog M. M., Troyan V. V. Ustoychivoe razvitie i ekologicheskaya bezopasnost' v aspekte "zelenoy" problematiki [Sustainable development and environmental safety in the aspect of "green" issues]. *ETAP: ekonomicheskaya teoriya, analiz, praktika*, 2020, no. 5, pp. 87–107.

10. Kovaleva O. V., Punegova V. V. Baza dannykh RU 2022623299. Dannye kolichestvennogo khimicheskogo analiza vodnykh ob"ektov [Quantitative chemical analysis data of water bodies: database]. № 2022622968, zayavl. 15.11.2022; opubl. 08.12.2022. Byul. № 12. Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Gosudarstvennyy agrarnyy universitet Severnogo Zaural'ya". 1 p.

11. Tashyrev O. B., Sioma I. B., Tashyreva G. O., Hovorukha V. M. Natural and synthetic solid carriers in flow module for microbial sewage filtrate purification. *Biotechnologia Acta*. 2018. V. 11. N 6. P. 73–81.

12. Rudskiy V. V. *Resursovedenie: uchebnoe posobie* [Resource science: a textbook]. Smolensk, Izdatel'stvo SGU, 2008, 143 p. ISBN 978-5-7389-1724-0.

13. Shchur A. V., Vinogradov D. V., Val'ko V. P. Vliyanie razlichnykh urovney agroekologicheskikh nagruzok na biokhimicheskie kharakteristiki pochvy [The influence of various levels of agroecological loads on the biochemical characteristics of the soil]. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie*, 2016, vol. 11, no. 4, pp. 139–148.

14. Khabarova T. V., Vinogradov D. V., Kochurov B. I. [et al.]. Agroekologicheskaya effektivnost' ispol'zovaniya osadka stochnykh vod i vermikompostov v agrotsenoze ovsa posevnogo [Agroecological efficiency of the use of sewage sludge and vermicompost in the agrocenosis of oats]. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie*, 2018, vol. 13, no. 2, pp. 132–143.

15. Vinogradov D. V., Makarova M. P., Zubkova T. V. Primenenie udobritel'nykh smesey na osnove osadkov stochnykh vod i tseolita v agrotsenozakh maslichnykh kul'tur [Application of fertilizer mixtures based on sewage sludge and zeolite in agrocenoses of oilseeds]. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*, 2023, no. 1, pp. 93–100.

### Информация об авторе

**О. В. Ковалева** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры экологии и рационального природопользования, директор Института фундаментальных и прикладных агробиотехнологий

### Information about the author

**O. V. Kovaleva** – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology and Rational Nature Management, Director of the Institute of Fundamental and Applied Agrobiotechnologies

Статья поступила в редакцию 21.05.2025; одобрена после рецензирования 22.05.2025; принята к публикации 30.05.2025.

The article was submitted 21.05.2025; approved after reviewing 22.05.2025; accepted for publication 30.05.2025.