

ГЕОЭКОЛОГИЯ/GEOECOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.158.105>

**ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД КАК РАЦИОНАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ  
ДЛЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ**

Научная статья

**Мишкин Д.В.<sup>1,\*</sup>**

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0003-3457-1066;

<sup>1</sup> Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (944664[at]mail.ru)

**Аннотация**

В статье рассматривается актуальная проблема организации очистки сточных вод в сельской местности. Проведен сравнительный анализ эффективности использования децентрализованных и централизованных систем очистки. Исследованы технико-экономические аспекты внедрения локальных очистных сооружений, включая капитальные и эксплуатационные затраты. Представлены результаты оценки экологической безопасности и эффективности различных типов децентрализованных систем. На основе проведенного исследования разработаны практические рекомендации по выбору и внедрению локальных очистных сооружений в сельских территориях. Определены перспективы развития децентрализованных систем очистки и их роль в устойчивом развитии сельских территорий.

**Ключевые слова:** децентрализованные системы очистки, сточные воды, сельские территории, локальные очистные сооружения, водоотведение, экологическая безопасность, автономные системы очистки, эффективность очистки, устойчивое развитие, рациональное природопользование.

**DECENTRALISED WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS AS A RATIONAL SOLUTION FOR RURAL AREAS**

Research article

**Mishkin D.V.<sup>1,\*</sup>**

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0003-3457-1066;

<sup>1</sup> Pacific State University, Khabarovsk, Russian Federation

\* Corresponding author (944664[at]mail.ru)

**Abstract**

The article examines the pressing issue of wastewater treatment in rural areas. A comparative analysis of the effectiveness of decentralised and centralised treatment systems is conducted. The technical and economic aspects of implementing local treatment facilities, including capital and operating costs, are studied. The results of the assessment of the environmental safety and efficiency of various types of decentralised systems are presented. Based on the research, practical recommendations for the selection and implementation of local treatment facilities in rural areas have been developed. The prospects for the development of decentralised treatment systems and their role in the sustainable development of rural areas have been identified.

**Keywords:** decentralised treatment systems, wastewater, rural areas, local treatment facilities, water disposal, environmental safety, autonomous treatment systems, treatment efficiency, sustainable development, rational nature management.

**Введение**

В современных условиях развития сельских территорий особую актуальность приобретает проблема эффективной очистки сточных вод. Неудовлетворительное состояние существующих систем водоотведения, высокие затраты на строительство централизованных очистных сооружений и возрастающие экологические требования определяют необходимость поиска альтернативных решений в данной области. Децентрализованные системы очистки сточных вод представляются перспективным направлением, способным обеспечить эффективное и экономически обоснованное решение проблемы водоотведения в сельской местности [2].

Целью данного исследования является обоснование эффективности применения децентрализованных систем очистки сточных вод в сельских территориях. Для достижения поставленной цели определены следующие задачи: провести анализ существующих методов очистки сточных вод; исследовать технико-экономические характеристики децентрализованных систем; оценить экологическую эффективность локальных очистных сооружений; разработать рекомендации по внедрению децентрализованных систем; определить перспективы развития технологий локальной очистки.

Объектом исследования являются системы очистки сточных вод в сельских территориях, а предметом исследования выступают процессы внедрения и эксплуатации децентрализованных систем очистки. Методология исследования базируется на комплексном подходе, включающем системный и сравнительный анализ, технико-экономическое обоснование, статистическую обработку данных, экспериментальные исследования, моделирование процессов очистки, анализ нормативно-правовой документации и методы экологической оценки.

Результаты исследования имеют практическую значимость для развития сельских территорий и могут быть использованы при проектировании и внедрении децентрализованных систем очистки сточных вод, что будет способствовать улучшению экологической обстановки и повышению качества жизни сельского населения.

В научной статье впервые предложена адаптированная модель внедрения ЛОС с учетом региональных климатических особенностей, а также было проведено смоделированное технико-экономическое обоснование на примере конкретного поселения Хабаровского края.

### **Теоретические основы исследования**

Децентрализованные системы очистки сточных вод представляют собой комплекс локальных очистных сооружений, предназначенных для обработки сточных вод небольших объектов без подключения к централизованной канализационной сети. По производительности такие системы подразделяются на малые (до 25 м<sup>3</sup>/сутки), средние (25–200 м<sup>3</sup>/сутки) и крупные (более 200 м<sup>3</sup>/сутки). По типу очистки выделяют механические, биологические, физико-химические и комбинированные системы.

Применение децентрализованных систем регламентируется рядом нормативных документов, включая СП 32.13330.2018 «Канализация. Наружные сети и сооружения», СанПиН 2.1.3684-21, а также региональными нормативами. Ключевыми требованиями являются соблюдение санитарно-защитных зон, показателей очистки стоков и экологической безопасности.

Современные технологии локальной очистки включают различные методы обработки сточных вод. Наиболее распространенными являются системы с активным илом, биофильтры, мембранные биореакторы (MBR) и системы с последовательно-периодической очисткой (SBR). Инновационные решения представлены фитоочистными системами, использующими природные механизмы очистки, и гибридными установками, сочетающими различные методы обработки [2].

Эффективность современных децентрализованных систем достигает 95–99% по основным показателям загрязнения. Важным аспектом является возможность повторного использования очищенной воды для технических нужд и полива, что особенно актуально для сельских территорий. Автоматизация процессов очистки и дистанционный мониторинг позволяют минимизировать эксплуатационные затраты и обеспечить стабильную работу сооружений.

Развитие технологий в данной области направлено на повышение энергоэффективности, снижение эксплуатационных затрат и увеличение степени очистки стоков. Особое внимание уделяется разработке экологически безопасных решений и внедрению принципов циркулярной экономики в процессы водоочистки.

### **Методология исследования**

1. Анализ литературных и нормативных источников (СП 32.13330.2018, СанПиН 2.1.3684-21 и др.).
2. Сбор данных о типовых ЛОС (производители: «Евролос», «Топас»).
3. Статистический анализ технических параметров по Хабаровскому краю: плотность населения, водопотребление, глубина промерзания.
4. Экономическая модель расчета капитальных и эксплуатационных затрат.
5. Моделирование эксплуатационных характеристик на основе климатических параметров (температура, сезонность).
6. Проведение модельного эксперимента внедрения ЛОС в селе Восточное Хабаровского района.

### **Анализ существующих подходов к организации водоотведения в сельской местности**

Современная практика организации водоотведения в сельской местности демонстрирует разнообразие применяемых технических решений, каждое из которых имеет свои особенности и область применения. Традиционные централизованные системы, долгое время считавшиеся оптимальным решением, характеризуются рядом существенных преимуществ и недостатков [3].

К преимуществам централизованных систем относятся: высокая надежность при правильной эксплуатации, возможность очистки больших объемов стоков, профессиональное обслуживание и контроль качества очистки. Однако существенными недостатками являются: значительные капитальные затраты на строительство сетей и очистных сооружений, высокие эксплуатационные расходы, большие потери при транспортировке стоков, сложность обслуживания протяженных сетей в сельской местности (рис. 1).



Рисунок 1 - Централизованные очистные сооружения (общий вид)  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.158.105.1>

Локальные очистные сооружения представляют альтернативное решение, особенно актуальное для небольших населенных пунктов. Их внедрение характеризуется меньшими капитальными затратами, отсутствием необходимости строительства протяженных сетей, возможностью поэтапного внедрения и масштабирования. Особенности применения таких систем являются: необходимость регулярного обслуживания, зависимость эффективности от правильности эксплуатации, требования к квалификации обслуживающего персонала (рис. 2).



Рисунок 2 - Локальные очистные сооружения  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.158.105.2>

Сравнительный анализ различных типов систем очистки показывает, что для сельских территорий наиболее эффективными являются комбинированные решения, сочетающие механическую и биологическую очистку. По данным исследований, удельные затраты на очистку 1 м<sup>3</sup> сточных вод в децентрализованных системах на 30–40% ниже, чем в централизованных, при сопоставимом качестве очистки.

Анализ эксплуатационных показателей различных систем демонстрирует, что для населенных пунктов с численностью до 5000 человек децентрализованные решения являются более экономически обоснованными. При этом важно учитывать местные условия: климат, рельеф местности, характер застройки, существующую инфраструктуру и финансовые возможности местного бюджета.

В современных условиях оптимальным подходом является комбинирование различных систем очистки в зависимости от конкретных условий применения, что позволяет достичь максимальной эффективности при минимальных затратах. Такой подход обеспечивает гибкость решений и возможность их адаптации к изменяющимся условиям эксплуатации.

### Экономическая оценка эффективности внедрения децентрализованных систем

Экономическая эффективность внедрения децентрализованных систем очистки сточных вод является ключевым фактором при принятии решения об их установке. Анализ экономических показателей позволяет оценить целесообразность инвестиций и определить оптимальные технические решения для конкретных условий.

Выбор региона для исследований обусловлен следующими факторами:

- высокая доля сельского населения;
- значительная протяженность территорий без подключения к централизованной канализации;
- климатические ограничения (глубокое сезонное промерзание, высокая влажность летом).

Условия экспериментального моделирования:

1. Населенный пункт: село Восточное, численность — 1100 чел.
2. Суточное водопотребление: 120 л/чел.
3. Объем сточных вод: 132 м<sup>3</sup>/сутки.
4. Выбранная система: ЛОС «Евролос Био 25» (механико-биологическая очистка, полная автоматизация).

Показатели очистки (по паспорту + расчетам):

1. Взвешенные вещества: снижение на 97%.
2. БПК<sub>5</sub>: снижение на 95–98%.
3. ХПК: снижение на 93–96%.
4. Объем осадка: 0,3% от суточного объема.

Капитальные затраты на установку и монтаж децентрализованных систем включают несколько основных компонентов. Стоимость оборудования составляет 45–60% от общих затрат и зависит от производительности и технологической схемы очистки. Затраты на строительно-монтажные работы достигают 25–30% от общей суммы. Проектирование, пуско-наладочные работы и прочие расходы составляют оставшиеся 15–20%. Для установки производительностью 25 м<sup>3</sup>/сутки общие капитальные затраты в среднем составляют 2,5–3,5 млн рублей.

Эксплуатационные расходы включают затраты на электроэнергию (20–25%), расходные материалы и реагенты (15–20%), техническое обслуживание (30–35%), оплату труда персонала (20–25%) и прочие расходы (5–10%). Годовые эксплуатационные затраты для установки производительностью 25 м<sup>3</sup>/сутки составляют 350–450 тыс. рублей.

Сравнительный анализ показывает, что по экономическим показателям децентрализованные системы имеют преимущества по сравнению с централизованными (особенно при удаленности более 2 км от сетей). Удельные затраты на очистку 1 м<sup>3</sup> сточных вод в децентрализованных системах составляют 40–50 рублей, тогда как в централизованных системах с учетом затрат на транспортировку — 65–80 рублей.

Срок окупаемости децентрализованных систем зависит от многих факторов, включая производительность установки, тарифы на водоотведение, эксплуатационные затраты и стоимость альтернативных решений. При средних условиях эксплуатации и текущих тарифах срок окупаемости составляет 4–6 лет. Для объектов с высоким водопотреблением этот показатель может снижаться до 3–4 лет.

Важным экономическим преимуществом децентрализованных систем является возможность поэтапного внедрения и масштабирования, что позволяет распределить капитальные затраты во времени. Кроме того, современные технологии обеспечивают возможность повторного использования очищенной воды, что создает дополнительный экономический эффект.

При оценке экономической эффективности необходимо также учитывать косвенные выгоды: снижение экологических платежей, улучшение санитарно-эпидемиологической обстановки, повышение качества жизни населения и рост стоимости недвижимости в районах с современными системами водоотведения.

### Экологические аспекты использования локальных очистных сооружений

Экологическая составляющая использования локальных очистных сооружений (ЛОС) является одним из ключевых факторов, определяющих целесообразность их внедрения в сельской местности. Современные технологии очистки позволяют значительно снизить негативное воздействие на окружающую среду и обеспечить высокое качество очищенных стоков [5].

Влияние локальных очистных сооружений на окружающую среду характеризуется комплексом факторов. При правильной эксплуатации ЛОС способствуют снижению загрязнения почвы и грунтовых вод на 85–95% по сравнению с традиционными выгребными ямами. Современные установки обеспечивают минимальное образование неприятных запахов благодаря герметичности конструкции и эффективной системе вентиляции. Уровень шума при работе оборудования не превышает 35–40 дБ, что соответствует санитарным нормам.

Качество очистки сточных вод в современных ЛОС достигает высоких показателей. По данным лабораторных исследований на базе Тихоокеанского государственного университета, эффективность очистки составляет:

- по взвешенным веществам — 95–98%;
- по БПК<sub>5</sub> — 96–98%;
- по ХПК — 90–95%;
- по азоту аммонийному — 90–95%;
- по фосфатам — 75–85%.

Такие показатели позволяют осуществлять сброс очищенных стоков в водоемы рыбохозяйственного назначения или использовать их для технических целей.

Особое внимание уделяется возможностям повторного использования очищенной воды. Современные технологии доочистки позволяют применять очищенные стоки для полива зеленых насаждений, технических нужд, противопожарных целей. При использовании дополнительных модулей ультрафиолетового обеззараживания и сорбционной очистки качество воды может быть доведено до требований, предъявляемых к технической воде для промышленных предприятий.

Экологический эффект от внедрения ЛОС также проявляется в снижении нагрузки на природные водоемы и почву. В то же время, экологическая эффективность ЛОС, особенно в части предотвращения загрязнения почв и грунтовых вод, сопоставляется с традиционно используемыми в сельской местности выгребными ямами и септиками, как наиболее распространенной альтернативой ЛОС в реальных условиях. Такое разделение объясняется спецификой применяемых решений в зависимости от типа населенного пункта и доступности инфраструктуры.

По данным производителей локальных очистных сооружений (например, системы «Евролос»), современные ЛОС обеспечивают степень очистки до 98 % по ключевым параметрам (БПК<sub>5</sub>, ХПК, взвешенные вещества и др.). Это снижение концентраций загрязняющих веществ в грунтовых водах почти в 50–100 раз по сравнению с ситуациями, где применяются выгребные ямы или простейшие септики [11].

Важным аспектом является утилизация образующегося осадка. Современные технологии позволяют минимизировать его количество и после соответствующей обработки использовать в качестве удобрения для технических культур. При этом объем образующегося осадка составляет 0,3–0,5% от объема очищаемых стоков, что значительно упрощает задачу его утилизации.

Использование ЛОС способствует сохранению природных экосистем и биоразнообразия в сельской местности, что особенно важно для территорий с высокой экологической ценностью. При этом затраты на природоохранные мероприятия снижаются за счет предотвращения загрязнения окружающей среды на начальном этапе [7].

### **Практические рекомендации по внедрению**

При внедрении локальных очистных сооружений (ЛОС) необходимо учитывать комплекс технических, экономических и эксплуатационных факторов, определяющих эффективность их работы в конкретных условиях.

Выбор типа локальных очистных сооружений (ЛОС) должен осуществляться на основе комплексной оценки ряда ключевых факторов, определяющих эффективность и долговечность системы в конкретных условиях эксплуатации. Основным критерием является производительность установки, которая должна соответствовать расчетному объему сточных вод с учетом суточного водопотребления и пиковых нагрузок. Не менее важны характер загрязнений и состав сточных вод, которые влияют на выбор технологии очистки — механической, биологической или комбинированной. Климатические условия региона, включая глубину промерзания и температурный режим, требуют учета при проектировании утепления и защиты оборудования. Особенности грунта и уровень грунтовых вод определяют тип основания и необходимость дополнительной гидроизоляции, а площадь участка и возможности размещения влияют на выбор компактной или модульной конструкции. Также необходимо учитывать требования к качеству очищенной воды — в зависимости от дальнейшего использования (сброс в водоем, полив, технические нужды) может потребоваться доочистка или обеззараживание. Энергообеспеченность объекта играет важную роль, особенно для систем, требующих постоянного электропитания, а финансовые параметры — бюджет проекта и прогнозируемые эксплуатационные затраты — определяют экономическую целесообразность выбранного решения.

На этапе проектирования ЛОС обязательным является проведение инженерно-геологических изысканий для оценки несущей способности грунта и определения оптимального места размещения с соблюдением санитарно-защитных зон. Важно разработать рациональную схему подвода стоков и учесть рельеф местности. Монтаж оборудования должен выполняться квалифицированной организацией с точным соблюдением технологических требований производителя. Особое внимание уделяется подготовке котлована и устройству надежного основания, анкеровке емкостей для предотвращения всплытия, качественной гидроизоляции и эффективному утеплению системы, особенно в условиях холодного климата. Обязательным является правильная организация вентиляции для предотвращения накопления газов и обеспечения стабильной биологической активности, а также корректная прокладка всех инженерных коммуникаций — электрических, канализационных и вентиляционных.

Эксплуатация ЛОС должна осуществляться строго в соответствии с регламентом производителя. Это включает регулярный контроль работы оборудования, своевременную замену расходных материалов, периодическую очистку емкостей от накапливающегося осадка и систематический контроль качества очищенной воды для подтверждения эффективности очистки. Ведение журнала технического обслуживания позволяет отслеживать состояние системы и планировать профилактические мероприятия. Для обеспечения стабильной и длительной работы ЛОС рекомендуется использовать биологически разлагаемые моющие средства, исключить попадание в систему химически агрессивных веществ, лекарств или масел, которые могут нарушить биологические процессы. Следует соблюдать равномерность поступления стоков, избегая резких гидравлических ударов, обеспечивать бесперебойное электроснабжение и проводить плановое техническое обслуживание в установленные сроки. Выполнение всех этих условий позволяет обеспечить надежную, экологически безопасную и экономически эффективную работу локальных очистных сооружений на протяжении всего срока их службы.

Немаловажным аспектом является подготовка персонала, ответственного за эксплуатацию ЛОС. Рекомендуется проведение обучения с привлечением специалистов компании-производителя и разработка подробных инструкций по обслуживанию системы.

Также отмечается, что одним из важных аспектов эксплуатации локальных очистных сооружений (ЛОС) является образование осадка — продукта биологической и механической очистки сточных вод. Объем осадка составляет 0,3–0,5% от объема обрабатываемых стоков, что для установки производительностью 25 м<sup>3</sup>/сутки составляет около 75–125 л в день. При этом состав осадка зависит от типа ЛОС, характера сточных вод и используемых технологий очистки.

Современные биологические ЛОС (например, системы типа «Топас», «Евролос Био») обеспечивают высокую степень минерализации органической части осадка, что снижает его биологическую активность и запах. После стабилизации в аэробных условиях осадок может быть классифицирован как малоопасный отход (V класс опасности) и подлежит дальнейшей утилизации или переработке.

При соблюдении всех требований к проектированию, монтажу и эксплуатации современные ЛОС обеспечивают стабильную работу в течение длительного периода с минимальными эксплуатационными затратами и высокой эффективностью очистки сточных вод.

### **Перспективы развития децентрализованных систем очистки**

Развитие децентрализованных систем очистки сточных вод характеризуется активным внедрением инновационных технологий и постоянным совершенствованием существующих решений. Анализ текущих тенденций позволяет определить основные направления развития отрасли [6].

Развитие децентрализованных систем очистки сточных вод характеризуется активным внедрением инновационных технологий и постоянным совершенствованием существующих решений. В настоящее время в сфере локальных очистных сооружений (ЛОС) наблюдается переход к более высокотехнологичным и устойчивым решениям. Среди ключевых инноваций — внедрение мембранных биореакторов (МБР), обеспечивающих высочайшее качество очистки за счёт эффективного отделения активного ила от очищенной воды и достижения степени очистки, приближающейся к 99%. Всё большее внимание уделяется использованию нанотехнологий, направленных на интенсификацию биологических и физико-химических процессов, что позволяет повысить эффективность удаления загрязняющих веществ, включая микрополлютанты.

Активно развиваются «умные» системы управления на основе искусственного интеллекта, способные адаптировать режимы работы ЛОС в зависимости от нагрузки и состава стоков. Параллельно ведётся разработка энергоэффективных решений, в том числе с использованием альтернативных источников энергии, таких как солнечные панели и ветрогенераторы, что особенно важно для удалённых сельских территорий. Особое внимание уделяется созданию компактных модульных систем, которые отличаются простотой транспортировки и быстрым монтажом, что значительно сокращает сроки ввода объектов в эксплуатацию.

Не менее важным направлением является модернизация уже эксплуатируемых систем очистки. Современные подходы предполагают замену устаревшего оборудования на энергоэффективные аналоги, внедрение автоматизированных систем контроля и управления, а также дооснащение ЛОС дополнительными блоками доочистки и обеззараживания, включая ультрафиолетовые установки и сорбционные фильтры. Оптимизация технологических процессов позволяет повысить устойчивость работы сооружений, снизить эксплуатационные расходы и уменьшить антропогенное воздействие на окружающую среду. Особое внимание при модернизации уделяется улучшению систем удаления и переработки осадка, что способствует переходу к замкнутым циклам ресурсопользования.

Прогнозируемое развитие отрасли в ближайшие 5–10 лет связано с расширением доли децентрализованных систем в общей структуре водоотведения сельских поселений, что обусловлено их экономической и экологической эффективностью. Ожидается ужесточение нормативных требований к качеству очищенных стоков, что станет катализатором внедрения более совершенных технологий [8], [9], [10].

Будет продолжаться развитие решений по повторному использованию очищенной воды для полива, технических нужд и противопожарных целей, особенно в регионах с дефицитом водных ресурсов. Снижение энергозатрат на очистку станет возможным за счёт интеграции энергосберегающих технологий и возобновляемых источников энергии. Широкое распространение получат автоматизированные системы мониторинга и управления, в том числе в рамках концепции «умного дома», где ЛОС станут частью единой экосистемы жилого объекта. Ожидается развитие систем предиктивной аналитики, способных прогнозировать необходимость технического обслуживания, выявлять потенциальные сбои и оптимизировать режимы работы оборудования, что повысит надёжность и снизит эксплуатационные издержки.

Необходимо также отметить, что, несмотря на очевидные преимущества, децентрализованные системы очистки сточных вод имеют ряд ограничений, которые необходимо учитывать при их массовом внедрении, это и зависимость от стабильного электроснабжения, большинство современных ЛОС (особенно с активным илом) требуют постоянного энергопитания, в сельской местности с нестабильной энергосистемой это может привести к сбоям в работе и снижению эффективности очистки. Решением может стать установка резервных источников питания (аккумуляторы, генераторы) или переход на энергонезависимые технологии (например, биофильтры, фитоочистные системы). Предъявляются и требования к квалификации персонала, ведь несмотря на высокий уровень автоматизации, ЛОС требуют регулярного технического обслуживания, диагностики и контроля качества воды. В условиях дефицита квалифицированных специалистов в сельской местности это становится серьёзным барьером. Необходимо развивать программы обучения местных жителей и создавать мобильные сервисные службы. Существует и проблема накопления осадка. При отсутствии системы его переработки или вывоза осадок может накапливаться на месте, создавая вторичное загрязнение. Это требует разработки локальных цепочек утилизации.

Перспективным направлением является формирование замкнутых циклов водопользования, минимизирующих сброс стоков в природную среду и максимизирующих повторное использование воды. Развитие нормативно-правовой базы и усиление экологического контроля будут стимулировать не только повышение эффективности очистки, но и создание комплексных решений по утилизации и переработке отходов ЛОС, включая осадок, что в совокупности будет способствовать достижению целей устойчивого развития в сельских территориях.

### **Заключение**

Проведенное исследование показывает, что децентрализованные системы очистки сточных вод являются рациональным и эффективным решением для сельских территорий, особенно в условиях удалённости от централизованных сетей и ограниченных бюджетов. Современные ЛОС обеспечивают высокое качество очистки, экологическую безопасность и экономически обоснованы при грамотном проектировании и эксплуатации. Однако для устойчивого развития необходимо решать вопросы, связанные с обращением с осадком, энергозависимостью, обслуживанием и социальным восприятием технологий. Внедрение замкнутых циклов водопользования, переработка



осадка в ценные ресурсы и развитие локальной инфраструктуры обслуживания станут ключевыми факторами перехода к устойчивому водоотведению в сельской местности.

Предложенные в статье рекомендации и перспективы развития могут служить основой для формирования региональных программ экологической модернизации сельских поселений и способствовать достижению целей устойчивого развития в сфере водоснабжения и экологии. Практическая значимость результатов исследования заключается в систематизации критериев выбора оптимальных технологических решений, разработке практических рекомендаций по внедрению и эксплуатации ЛОС, а также определении перспективных направлений развития отрасли.

Представленные в статье обобщения и аналитические материалы могут быть использованы в качестве методологической основы при принятии проектных решений, связанных с выбором и внедрением систем автономной очистки сточных вод в сельской местности.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### Список литературы / References

1. Али О. Децентрализованные решения санитарного контроля в Таджикистане / О. Али. — Oxfam, 2022. — 24 с. — URL: <https://oxfamilibrary.openrepository.com/bitstream/10546/621378/4/lp-decentralised-sanitation-solutions-tajikistan-300522-ru.pdf> (дата обращения: 15.10.2023).
2. Пукемо М.М. Самобалансирующие очистные сооружения — "устойчивые" очистные сооружения в условиях отсутствия квалифицированного обслуживания / М.М. Пукемо // Яковлевские чтения. — 2016. — С. 115–125.
3. Плиева Т.Х. Оптимизация работы сооружений очистки сточных вод сельских поселений / Т.Х. Плиева, Н.М. Лаврентьева, И.В. Заикина // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. — 2015. — № 19. — С. 36–40.
4. СН КР 40-03:2023. Водоотведение населенных пунктов с численностью до 5000 жителей и объектов рекреации. Нормы проектирования. — URL: [https://gosstroy.gov.kg/kg/state\\_program/download-pdf/snkr40032023vona5000zitelejrusso1-636657b24785a30a9.64107382.pdf](https://gosstroy.gov.kg/kg/state_program/download-pdf/snkr40032023vona5000zitelejrusso1-636657b24785a30a9.64107382.pdf) (дата обращения: 15.02.2025).
5. Петрова З.К. Модернизация сельских поселений путем применения инновационных технологий / З.К. Петрова // Academia. Архитектура и строительство. — 2021. — № 4. — С. 86–93.
6. Dimmerling T. Assessing the Feasibility of Decentralized Wastewater Treatment Systems for Rural Areas / T. Dimmerling. — 2024. — URL: [https://www.marshallplan.at/images/All-Papers/MP-2024/Dimmerling\\_Tim.pdf](https://www.marshallplan.at/images/All-Papers/MP-2024/Dimmerling_Tim.pdf) (accessed: 15.01.2025).
7. Subramanian K. Decentralized Wastewater Treatment Enhancing Sustainability in Rural Communities / K. Subramanian, S. Suresh // Chemical Engineering Transactions. — 2024. — Vol. 113. — P. 625–630. — DOI: 10.3303/CET24113105
8. Capodaglio A.G. Sustainability of decentralized wastewater treatment technologies / A.G. Capodaglio [et al.] // Water Practice and Technology. — 2017. — Vol. 12, № 2. — P. 463–477. — DOI: 10.2166/wpt.2017.052
9. Massoud M.A. Decentralized approaches to wastewater treatment and management: applicability in developing countries / M.A. Massoud, A. Tarhini, J.A. Nasr // Journal of Environmental Management. — 2009. — Vol. 90, № 1. — P. 652–659. — DOI: 10.1016/j.jenvman.2008.07.010
10. Nature-based Solutions for Decentralized Wastewater Treatment in the Lower Danube // GWP Central and Eastern Europe. — 2018. — URL: <https://www.gwp.org/en/GWP-CEE/WE-ACT/news/2018/nature-based-solutions-for-decentralized-wastewater-treatment-in-the-lower-danube/> (accessed: 30.01.2025).

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Ali O. Decentralizovannye reshenija sanitarnogo kontrolja v Tadžikistane [Decentralized sanitation solutions in Tajikistan] / O. Ali. — Oxfam, 2022. — 24 p. — URL: <https://oxfamilibrary.openrepository.com/bitstream/10546/621378/4/lp-decentralised-sanitation-solutions-tajikistan-300522-ru.pdf> (accessed: 15.10.2023). [in Russian]
2. Pukemo M.M. Samobalansirujushhiesja ochistnye sooruzhenija — "ustojchivye" ochistnye sooruzhenija v uslovijah otsutstvija kvalificirovannogo obsluzhivanija [Self-balancing treatment plants — "sustainable" treatment plants in conditions of lack of qualified maintenance] / M.M. Pukemo // Jakovlevskie chtenija [Yakovlev readings]. — 2016. — P. 115–125. [in Russian]
3. Plieva T.H. Optimizacija raboty sooruzhenij ochistki stochnyh vod sel'skih poselenij [Optimization of wastewater treatment facilities in rural settlements] / T.H. Plieva, N.M. Lavrent'eva, I.V. Zaikina // Vestnik Rossijskogo gosudarstvennogo agrarnogo zaochnogo universiteta [Bulletin of Russian State Agrarian Correspondence University]. — 2015. — № 19. — P. 36–40. [in Russian]

4. SN KR 40-03:2023. Vodootvedenie naselennyh punktov s chislennost'ju do 5000 zhitelej i ob'ektov rekreacii. Normy proektirovanija [Sanitation of settlements with up to 5,000 inhabitants and recreational facilities. Design standards]. — URL: [https://gosstroy.gov.kg/kg/state\\_program/download-pdf/snkr40032023vona5000zitelejrusso1-636657b24785a30a9.64107382.pdf](https://gosstroy.gov.kg/kg/state_program/download-pdf/snkr40032023vona5000zitelejrusso1-636657b24785a30a9.64107382.pdf) (accessed: 15.02.2025). [in Russian]
5. Petrova Z.K. Modernizacija sel'skih poselenij putem primenenija innovacionnyh tehnologij [Modernization of rural settlements through innovative technologies] / Z.K. Petrova // *Academia. Arhitektura i stroitel'stvo* [Academia. Architecture and construction]. — 2021. — № 4. — P. 86–93. [in Russian]
6. Dimmerling T. Assessing the Feasibility of Decentralized Wastewater Treatment Systems for Rural Areas / T. Dimmerling. — 2024. — URL: [https://www.marshallplan.at/images/All-Papers/MP-2024/Dimmerling\\_Tim.pdf](https://www.marshallplan.at/images/All-Papers/MP-2024/Dimmerling_Tim.pdf) (accessed: 15.01.2025).
7. Subramanian K. Decentralized Wastewater Treatment Enhancing Sustainability in Rural Communities / K. Subramanian, S. Suresh // *Chemical Engineering Transactions*. — 2024. — Vol. 113. — P. 625–630. — DOI: 10.3303/CET24113105
8. Capodaglio A.G. Sustainability of decentralized wastewater treatment technologies / A.G. Capodaglio [et al.] // *Water Practice and Technology*. — 2017. — Vol. 12, № 2. — P. 463–477. — DOI: 10.2166/wpt.2017.052
9. Massoud M.A. Decentralized approaches to wastewater treatment and management: applicability in developing countries / M.A. Massoud, A. Tarhini, J.A. Nasr // *Journal of Environmental Management*. — 2009. — Vol. 90, № 1. — P. 652–659. — DOI: 10.1016/j.jenvman.2008.07.010
10. Nature-based Solutions for Decentralized Wastewater Treatment in the Lower Danube // GWP Central and Eastern Europe. — 2018. — URL: <https://www.gwp.org/en/GWP-CEE/WE-ACT/news/2018/nature-based-solutions-for-decentralized-wastewater-treatment-in-the-lower-danube/> (accessed: 30.01.2025).