

Научная статья

Original article

УДК 628.32

DOI 10.55186/25880209_2025_9_5_3

**ОБОСНОВАНИЕ ВАРИАНТА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ
СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ УСЛОВИЙ ЯКУТИИ**

**RATIONALE OF VARIANT OF BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT
FOR THE CONDITIONS OF YAKUTIA**



Степанова Дария Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры «Энергообеспечения в АПК», ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротехнологический университет», Якутск, Российская Федерация, +7 (968) 154-49-71, grig_mf@mail.ru

Григорьева Александра Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент высшей аграрной школы, ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный аграрный университет имени В.Н. Полецкого», Кемерово, Российская Федерация, +7 (384) 273-51-33, grig_mf@mail.ru

Григорьев Михаил Федосеевич, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник научно-инновационного управления, ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный аграрный университет имени В.Н. Полецкого», Кемерово, Российская Федерация, +7 (384) 273-51-33, grig_mf@mail.ru

Daria Ivanovna Stepanova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Energy Supply in the Agro-Industrial Complex, FSBEI HE "Arctic State Agrotechnological University", Yakutsk, Russian Federation, +7 (968) 154-49-71, grig_mf@mail.ru

Aleksandra Ivanovna Grigoreva, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Higher Agricultural School, FSBEI HE "Kuzbass State Agricultural University", Kemerovo, Russian Federation, +7 (384) 273-51-33, grig_mf@mail.ru

Mikhail Fedoseevich Grigorev, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, Scientific and Innovation Department, FSBEI HE "Kuzbass State Agricultural University", Kemerovo, Russian Federation, +7 (384) 273-51-33, grig_mf@mail.ru

Аннотация. В работе представлено теоретическое обоснование организации очистки сточных вод подходящие под условия Якутии. Представленная тема актуально связи с тем, что развитие урбанизированных городских территорий в значительной степени влияет на антропогенную нагрузку природных экосистем, в первую очередь на водные экосистемы. В связи с этим разрабатываются и совершенствуются подходы для очистки сточных вод и эффективной утилизации отходов. Представлена схема, в соответствии которой очистка сточных вод представлено тремя этапами механической, биологической и переработкой отходов. Представленные меры могут выступить в качестве обоснования для выбора способа очистки сточных вод с производством удобрений для растений. Для производства удобрений предлагается технология компостирования, данный технологический этап производства позволяет эффективно утилизировать твердую фракцию отходов.

Abstract. The paper presents a theoretical rationale for organizing wastewater treatment suitable for the conditions of Yakutia. The presented topic is relevant due to the fact that the development of urbanized city areas significantly affects the anthropogenic load on natural ecosystems, primarily on aquatic ecosystems. In this regard, approaches to wastewater treatment and efficient waste disposal are being developed and improved. Presented is variant according to which wastewater treatment is represented by three stages: mechanical, biological and waste processing. The presented activities can serve as a rationale for choosing a method of wastewater treatment to obtain fertilizers for plants. Composting technology is proposed for the

production of fertilizers; this technological stage of production allows for the efficient utilization of the solid fraction of waste.

Ключевые слова: очистка воды, общая схема, производство удобрения, ил, рекомендация.

Keywords: water purification, general scheme, fertilizer production, silt, recommendation.

Очистка сточных вод представляет актуальную задачу, включая все этапы от транспортировки, обеззараживания и очистки, защиты водных бассейнов от техногенного загрязнения. Известно, что в урбанизированных территориях базовыми источниками загрязнения вод являются отходы жилищно-коммунальных услуг, агропромышленного комплекса, топливно-энергетического и других секторов промышленности. В связи с этим разработка и совершенствование способов по очистке сточных вод представляет научную и практическую значимость. Дополнительно к этому для повышения эффективности и покрытие затрат предлагается создавать систему, совмещенную с производством удобрений [1, 2, 3].

Цель – обоснование мероприятий по очистке воды с примером производства удобрения.

Материал и методы исследований. Рассматриваемый объект подходит под условия г. Якутска. Муниципальное образование является самой крупной урбанизированной территорией в РС (Я) и городом в криолитозоне. Численность населения агломерации более 380 тыс. чел. В состав муниципального образования ГО Якутска входят населенные пункты Хатассы, Табага, Маган, Тулагино-Кильдямцы, Сырдах, и др.

Работа выполнена в соответствии с рекомендациями [1-10].

Результаты и их обсуждение. В Якутске плотно застроены территория, основное направление промышленности является предприятия, поддерживающие жизнедеятельность городского округа. Крупным предприятием в области водоснабжения и водоотведения является ОАО «Водоканал», одной из функций организации является услуги водопровода и

канализации, а также очистку сбрасываемых сточных вод. Канализационная система включает канализационные сети и насосные станции, где происходит сбор стоков перекачка в главные канализационные коллектора, подающих стоки на очистные сооружения канализации. Производительность станции биологической очистки должна соответствовать мощностям поступившей сточной воде (1800-4700 м/час). После первичных отстойников осветленная сточная вода поступает в насосные станции перекачки, где имеется по три погружных насосов. Далее сточные воды насосами подаются в биореакторы с тремя отдельными зонами (анаэробная, аноксидная и аэробная зоны). Известно, что в каждой из трех зон своя система рециркуляция смеси стоков и ила, где развиваются определенные микроорганизмы. Выпавший осадок перекачивают в емкости циркулирующего активного ила, далее перенаправляет в илосборник для дальнейшей обработки. Следующий этап после вторичных отстойников – доочистка с использованием фильтров с кварцевым песком, далее обеззараживаются ультрафиолетовыми лучами [4, 5, 6].

В систему очистки вод и переработки отходов должна включать линия обработки осадков, где уплотняется иловые осадки. Далее эти осадки можно использовать в метантенках, где можно получить биогаз-метан, который можно применить в производственном цикле очистке воды. Полученный переработанный конечный продукт в перспективе можно использовать в растениеводстве в качестве удобрения. При этом следует определить основной состав выступающего в качестве исходного субстрата для переработки, что станет обоснованием для определения концентрации загрязнителей и получаемого в конце удобрения. Принцип очистки сточных вод представлен на рис.

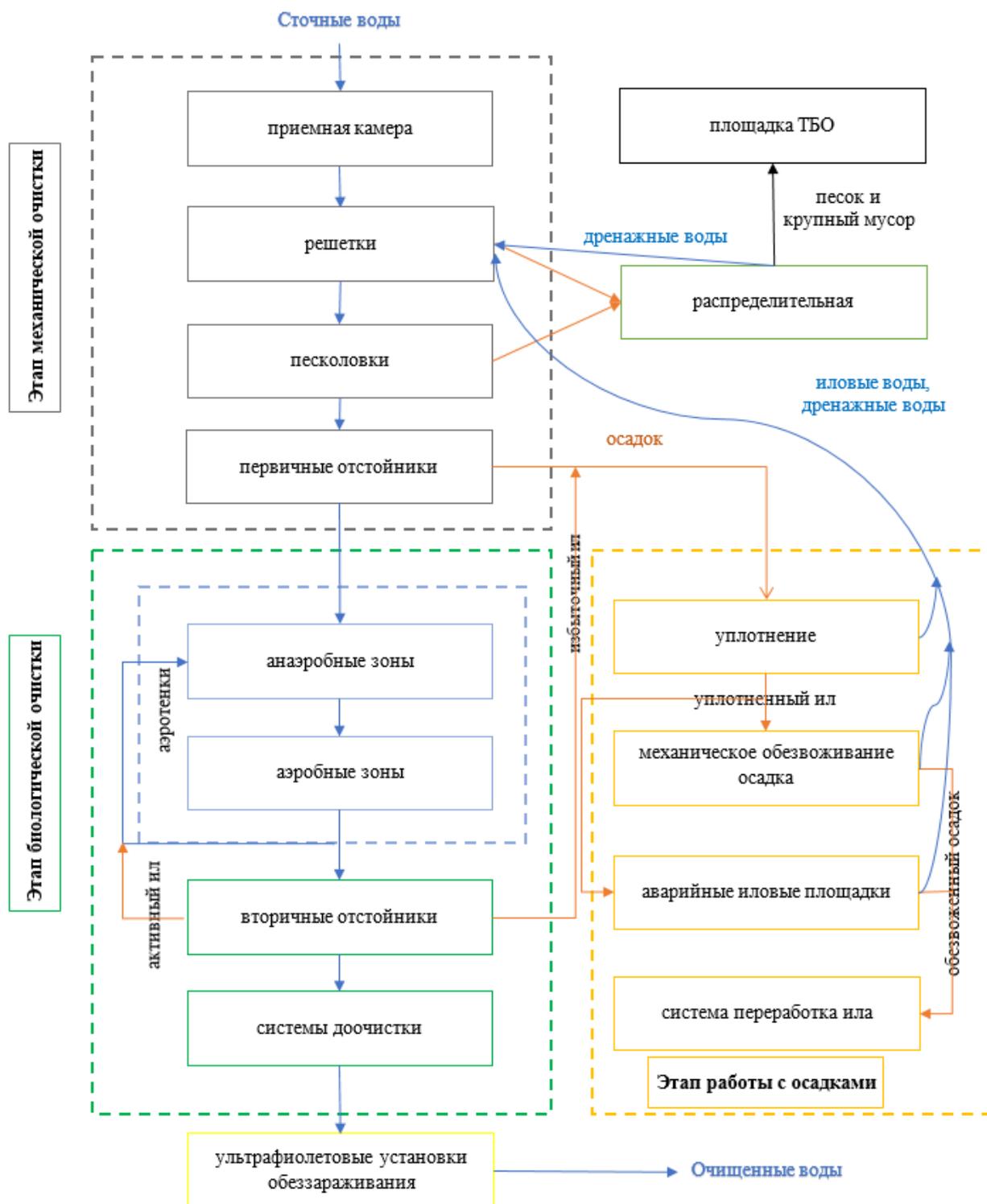


Рис. Принцип работы станции биологической очистки воды

В очистительной системе решётки задерживают крупный мусор в сточной воде, их устанавливают под углом 60-90 °С в зависимости от конструкции. После идут типовые горизонтальные песколовки с круговым движением воды. Далее идут горизонтальные первичные отстойники железобетонного типа с учетом эффекта осветления вод и продолжительностью отстаивания и удаления

взвешенных частиц. В секции биологической очистке должны обеспечены вторичными горизонтальными отстойниками для отделения сточной воды и активного ила. В состав сооружения для биологической очистки сточных вод входят аэротенки, где происходит биохимическая очистка сточной воды с активным илом с учетом рециркуляции и скорость окисления. Далее проводится доочистка стоков на механических фильтрах с плавающей загрузкой, которая позволяет повысить скорость фильтрования и снизить производственные расходы на дополнительную очистку. В целях обеззараживания сточных вод нужно использовать бактерицидную установку, которая губительно повлияет на бактерии. Аэробные стабилизаторы рассчитываются с учетом поступающих размерных фракций отходов, взвешенных частиц и избыточного активного ила. При использовании дополнительной мелкопузырчатой аэрации позволит оптимизировать развитие представителей биоценоза активного ила, что отразится на эффективности работы очистных сооружений [7-10].

Практическое обоснование биологической очистки сточных вод обосновано тем, что в данном случае снижается количество патогенных организмов и загрызающих техногенных элементов, а значит повышается эффективность природоохранных мероприятий предотвращая развитию негативных последствий. Стоит отметить, что добиться полной очистки воды от вредных и токсических соединений практически невозможно из-за не совершенной системы сооружений, так как они могут позволить удалить 80-90 % вредных примесей, то есть водосброс сточных вод все равно представляет угрозу загрязнения окружающей среде. Однако существуют способы решению данной проблемы при использовании современных технологических приемов с применением методов инженерной глубокой очистки и доочистки, а с другой стороны повторное использование вод в замкнутой водооборотной системе. Стоит отметить, что капитальная реконструкция или создание системы очистки сточных вод требует больших инвестиционных издержек, включающие затраты на строительство зданий и сооружений, включая монтаж специального оборудования. Эффективность работы системы очистки сточных вод следует учитывать с учетом годовых эксплуатационных затрат, фонда заработной платы,

затрат на содержание и ремонт оборудования, накладных расходов. Для обоснования выбора состава системы очистки сточных вод были изучено несколько вариантов проектов, изучены технологические схемы очистки сточных вод, которая содержит следующие блоки: механическая, биологическая, доочистка на механических фильтрах и блок обеззараживания ультрафиолетовым облучением. Эта схема сооружений биологической очистки сточных вод подходит под производительность 90 тыс. куб м/сутки и включает в состав здание решеток, дробилки, песколовки, первичные отстойники, биореактор-анаэробная зона, биореактор-аэробная зона, вторичные отстойники; систему доочистки кварцевым песком, очищение ультрафиолетовыми лучами (табл) [4, 8, 10].

Таблица – Минимальное требование к составу очистительной системы сточных вод

Сооружения	Кол-во
Решетка	3
Песколовка	2
Первичный отстойник	4
Аэротенк	1
Вторичный отстойник	6
Доочистка	1

Аэротенк-вытеснитель с регенератором представляет комплексную систему, где протекают два этапа биологической очистки. С одной стороны, поглощение загрязнений активного ила из сточной воды с помощью микроорганизмов, а с другой части – это окисление данных загрязнений протекающие в регенераторе. Использование технологической схемы позволит обеспечить сравнительно лучшую биологическую очистку сточных вод до ПДК, это в свою очередь позволит использовать очищенную воду в системе оборотного водоснабжения. Следует отметить, что использование дополнительной мелкопузырчатой аэрации улучшает состав микроорганизмов в активном иле, что отражается на общей эффективности работы водоочистных сооружений [4, 8, 10].

В компостировании органосодержащих отходов имеется два основных условия, первое это компонент позволяющий оптимизировать содержание влаги субстрата, а второй компонент предназначен для переработки (разложения) субстрата для получения удобрения. В качестве первого компонента выступают такие ресурсы, как отходы растениеводства и лесозаготовительного производства, а ко второму избыточный активный ил и осадок из очистных сооружений. При компостировании за счет биотермического процесса происходит обеззараживание, то есть уничтожение семян сорняков, яйца гельминтов, личинки насекомых, патогенные микроорганизмы. Условия компостирования исключают влияние сторонних факторов отрицательно влияющие на процесс переработки отходов в биоудобрения. Технология компостирования предусматривает общую схему, где первый и второй компоненты послойно насыпаются. Добавление нового слоя в реактор зависит от условий переработки. Созревание компоста зависит от однородности переработанной биомассы компоста. В полученном биогумусе (на основе переработке избыточного ила и осадка) повышается содержание органического вещества, азота, фосфора, калия и макро- и микроэлементов в усвояемой форме для растений. Применение биоудобрения (на основе переработке избыточного ила и осадка) позволяет оптимизировать кислотность почв, улучшить механический состав, в том числе водного и воздушного режима почв, повысить в них микро биологическая активность. Компостирование избыточного ила и осадка позволит решить вопрос утилизации твердых фракций при очистке сточных вод, а значит производство будет безотходным и экологически обоснованным [3, 5, 7].

Таким образом, проведенный анализ и представленные комплекс мер очистных сооружениях могут позволить обеспечить очистку сточных вод города с учетом региональных факторов.

Литература

1. Шологонова С.Е. Эффективность очистки сточных вод в Республике Саха (Якутия) / С.Е. Шологонова // Norwegian Journal of Development of the International Science. - 2020. - № 51-2. - С. 21-23.

2. Панкратов А.В. Анализ производственно-хозяйственной деятельности предприятия оказывающее услуги населению в сфере потребления воды на примере Акционерного общества "Водоканал" (Город Якутск, Республика Саха (Якутия) / А.В. Панкратов, Н.Г. Чиряева // Научные исследования: от теории к практике. - 2015. - № 3 (4). - С. 332-335.
3. Шербоев Т.Т. Компостирование осадков очистных сооружений канализации / Т.Т. Шербоев, Е.К. Аганичева, Г.Т. Амбросова // Интеллектуальный потенциал Сибири. Сборник научных трудов 29-ой Региональной научной студенческой конференции, посвященной Году науки и технологии в России. В 5-ти частях. - Новосибирск, 2021. - С. 268-271.
4. Белолюбская О.М. Способы очистки сточных вод в Республике Саха (Якутия) / О.М. Белолюбская // Студенческий. - 2020. - № 41-3 (127). - С. 38-41.
5. Славинская Н.В. Повторное использование сточных вод / Н.В. Славинская, А.С. Славинский // Человек-Природа-Общество: Теория и практика безопасности жизнедеятельности, экологии и валеологии. - 2010. - № 3. - С. 53.
6. СП 32.13330.2012 Канализация. наружные сети и сооружения. 01.01.2013. - <https://docs.cntd.ru/document/1200094155>
7. Манукьян Д.А. Экологическая безопасность функционирования техноприродных систем: состояние, проблемы и пути решения: монография / Д.А. Манукьян, Н.П. Карпенко. - М.: МГУП, 2007. - 294 с.
8. Лукиных Н.А. Методы доочистки сточных вод / Н.А. Лукиных, Б.Л. Липман, В.П. Криштул. - М. Стройиздат, 1978. - 156 с.
9. Кырджасова М.А. Повышение энергетической и экономической эффективности систем водоснабжения и водоотведения на примере Республики Саха (Якутия) / М.А. Кырджасова, В.В. Бологова // Энергетическая эффективность промышленных объектов и городской инженерной инфраструктуры: сборник докладов всероссийской научно-практической конференции (школы семинара) Института энергоэффективности и водородных технологий "НИУ "МЭИ" - 2024. - Санкт-Петербург, 2024. - С. 282-285.
10. Шаов А.Х. Технологии очистки природных и сточных вод / А.Х. Шаов. - Нальчик: Кабардино-Балкар. гос. ун-т, 2005. - 102 с.

References

1. Shologonova S.E. Effektivnost' ochistki stochnyh vod v Respublike Saha (Yakutiya) / S.E. Shologonova // Norwegian Journal of Development of the International Science. - 2020. - № 51-2. - P. 21-23. [in Russian]
2. Pankratov A.V. Analiz proizvodstvenno-hozyajstvennoj deyatel'nosti predpriyatiya okazyvayushchee usluzhi naseleniyu v sfere potrebleniya vody na primere Akcionernogo obshchestva "Vodokanal" (Gorod Yakutsk, Respublika Saha (Yakutiya) / A.V. Pankratov, N.G. Chiryayeva // Nauchnye issledovaniya: ot teorii k praktike. - 2015. - № 3 (4). - P. 332-335. [in Russian]
3. Sherboev T.T. Kompostirovanie osadkov ochistnyh sooruzhenij kanalizacii / T.T. Sherboev, E.K. Aganicheva, G.T. Ambrosova // Intellektual'nyj potencial Sibiri. Sbornik nauchnyh trudov 29-oj Regional'noj nauchnoj studencheskoj konferencii, posvyashchennoj Godu nauki i tekhnologii v Rossii. V 5-ti chastyah. - Novosibirsk, 2021. - P. 268-271. [in Russian]
4. Belolyubskaya O.M. Sposoby ochistki stochnyh vod v Respublike Saha (Yakutiya) / O.M. Belolyubskaya // Studencheskij. - 2020. - № 41-3 (127). - P. 38-41. [in Russian]
5. Slavinskaya N.V. Povtornoie ispol'zovanie stochnyh vod / N.V. Slavinskaya, A.S. Slavinskij // Chelovek-Priroda-Obshchestvo: Teoriya i praktika bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti, ekologii i valeologii. - 2010. - № 3. - P. 53. [in Russian]
6. SP 32.13330.2012 Kanalizaciya. naruzhnye seti i sooruzheniya. 01.01.2013. - <https://docs.cntd.ru/document/1200094155> [in Russian]
7. Manukyan D.A. Ekologicheskaya bezopasnost' funkcionirovaniya tekhnoprirodnnyh sistem: sostoyanie, problemy i puti resheniya: monografiya / D.A. Manukyan, N.P. Karpenko. - M.: MGUP, 2007. - 294 p. [in Russian]
8. Lukinyh N.A. Metody doochistki stochnyh vod / N.A. Lukinyh, B.L. Lipman, V.P. Krishtul. - M. Strojizdat, 1978. - 156 p. [in Russian]
9. Kyrdzhagasova M.A. Povyshenie energeticheskoy i ekonomicheskoy effektivnosti sistem vodosnabzheniya i vodootvedeniya na primere Respubliki Saha (Yakutiya) / M.A. Kyrdzhagasova, V.V. Bologova // Energeticheskaya effektivnost'

promyshlennyh ob"ektov i gorodskoj inzhenernoj infrastruktury: sbornik dokladov vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii (shkoly seminara) Instituta energoeffektivnosti i vodorodnyh tekhnologij NIU "MEI" - 2024. - Sankt-Peterburg, 2024. - P. 282-285. [in Russian]

10. Shaov A.H. Tekhnologii ochistki prirodnyh i stochnyh vod / A.H. Shaov. - Nalchik: Kabardino-Balkar. gos. un-t, 2005. - 102 p. [in Russian]

© Степанова Д.И., Григорьева А.И., Григорьев М.Ф. 2025. *International agricultural journal*, 2025, №5, 27-37.

Для цитирования: Степанова Д.И., Григорьева А.И., Григорьев М.Ф. Обоснование варианта биологической очистки сточных вод для условий Якутии // *International agricultural journal*. 2025. №5, 27-37