

## Создание экопромышленных парков при строительстве или реконструкции действующих канализационных очистных сооружений в Южном Федеральном Округе

*Л.Н. Приходько, Е.В. Белякова*

*Сочинский государственный университет, Россия*

**Аннотация.** Работа посвящена развитию экопромышленных парков в Южном федеральном округе. Они представляют собой территорию, выделенную под канализационные очистные сооружения (КОС). Приведены примеры КОС, использующие биореакторы с ершовой насадкой на станциях денитрификации, нитрификации и доочистки сточных вод, которые имеют для закрытых павильонов величину санитарно-защитной зоны на уровне 15-50 м, позволяющую размещать их непосредственно в жилой застройке. Приведены экономические параметры экопромышленного парка в зависимости от производительности КОС м<sup>3</sup>/сут. Результатом работы является разработанная авторами технологическая схема комплектования экопромышленного парка на площадке КОС, представлена схема экопромышленного парка площадью не более 8 га.

**Ключевые слова:** экопромышленные парки, канализационные очистные станции, сточные воды, биореактор, отходы.

В настоящее время, несмотря на тяжелое экономическое положение в России активно развиваются «экопромышленные парки – индустриальный (промышленный) парк, объекты промышленной инфраструктуры которого используются для создания промышленного производства или модернизации промышленного производства, в том числе осуществления деятельности по утилизации отходов, и (или) обработке, и (или) обезвреживанию отходов, и (или) вовлечению отходов в хозяйственный оборот в качестве вторичного сырья при производстве промышленной продукции и выполнении работ» (Постановление Правительства РФ от 7 июля 2022 г. N 1216 “О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 4 августа 2015 г. N 794 и признании утратившим силу отдельного положения акта Правительства Российской Федерации”). Это территория, организованная для размещения новых производств, обеспеченная

инфраструктурой, энергоносителями, необходимыми административно-правовыми условиями, управляемая специализированной компанией.

Отличительной особенностью жилой застройки в приморских поселках, баз отдыха, санаториях, дачных поселках ЮФО России является различие численности проживающих пользователей водоснабжением и канализацией, что отражается на поступающих в канализационные очистные сооружения (КОС) сточных водах и необходимостью назначить число работающих секций очистительных станций на зимний и летний периоды, подпитки органическими добавками сточных вод в зимнее время, обязательного резервирования электроснабжения, задействованием ветряных установок, бензогенераторов, гелиоустановками [1].

Канализационные очистные сооружения – это сложные инженерные системы, призванные очищать сточные воды, поступающие от жилых домов, промышленных предприятий и других источников. Эти воды содержат огромное количество загрязняющих веществ: органические соединения, неорганические соли, тяжелые металлы, нефтепродукты, а также патогенные микроорганизмы – бактерии, вирусы, простейшие, способные вызвать различные инфекционные заболевания [2].

Эффективность очистки напрямую влияет на экологическое состояние водоемов, в которые сбрасываются очищенные стоки, и, соответственно, на здоровье населения. Современные КОС используют многоступенчатые процессы очистки, включающие механическую очистку (отстаивание, фильтрация), биологическую очистку (аэробное и анаэробное разложение органических веществ с помощью микроорганизмов) и, в ряде случаев, химическую очистку (нейтрализация, окисление, осаждение) [3].

В процессе работы КОС образуется значительное количество осадка, представляющего собой концентрированную смесь органических и неорганических веществ, включая остатки патогенных микроорганизмов.

---

Традиционно этот осадок обезвоживается (часто с использованием различных методов, таких как центрифугирование или вакуум-фильтрация) и транспортируется на полигоны твердых бытовых отходов (ТБО) для захоронения. Однако такой подход сопряжен с серьезными экологическими рисками: возможность утечки загрязняющих веществ в почву и грунтовые воды, распространение патогенов, а также значительные затраты на транспортировку. Более того, захоронение ценного органического сырья представляет собой существенную потерю ресурсов.

Альтернативный подход, заключается в переработке осадка непосредственно на территории КОС, используя технологии, аналогичные тем, что применяются на комбинированных мусороперерабатывающих заводах (КМРЗ). Это может включать анаэробное сбраживание осадка с получением биогаза (смеси метана и углекислого газа), который может использоваться в качестве топлива для собственных нужд КОС или для выработки электроэнергии [4,5]. Твердый остаток после сбраживания может быть использован в качестве удобрения (после соответствующей обработки для обеззараживания и снижения содержания тяжелых металлов) в сельском хозяйстве или как компонент для производства строительных материалов. Применение таких технологий значительно снижает экологическую нагрузку, поскольку уменьшается количество отходов, подлежащих захоронению. Кроме того, это способствует экономической эффективности работы КОС: получение биогаза [6] и реализация переработанного осадка в качестве вторичного сырья приносят дополнительную прибыль, компенсируя затраты на переработку и, возможно, даже позволяя снизить тарифы на водоотведение [2]. Однако необходимо учитывать, что внедрение таких технологий требует значительных капитальных вложений в новое оборудование и обучение персонала. Также необходимо проводить

---

тщательный анализ осадка на наличие опасных веществ [4], чтобы обеспечить безопасность и экологическую чистоту процесса переработки.

В целом, интеграция переработки осадка на КОС — перспективное направление в развитии систем водоотведения, способствующее достижению целей устойчивого развития. Для его реализации необходима разработка и внедрение эффективных и экономически обоснованных технологий, учитывающих специфику осадка и экологические требования конкретного региона [3].

КОС, использующие биореакторы с ершовой насадкой [7] на станциях денитрификации, нитрификации и доочистки сточных вод имеют для закрытых павильонов величину СЗЗ на уровне 15-50 м [8], что позволяет разместить их непосредственно в жилой застройке. Здесь возможно применять оборотное водоснабжение жилой застройки, разводить рыбу в водохранилищах-накопителях глубоко очищенной воды. Также использовать «живую» воду, полученную смешиванием очищенных бытовых стоков и дождевой воды для полива зеленых насаждений. Комплекс мероприятий на одной территории создает возможность организации экопромышленных парков (ЭП) [9].

Экопромышленный парк (ЭП) - это территория, выделенная под канализационные системы очистных сооружений (КОС). На них находятся биореакторы для удаления загрязнений от промышленных и бытовых сточных вод, сооружения для механической очистки и усреднители расхода сточных вод, оборудование очистных сооружений, а также сооружения для переработки осадков, получения из них удобрений, размещения водохранилищ с выделением отсеков для выростных бассейнов для выращивания рыб, оснащения КОС установками резервного энергообеспечения - бензогенераторами, ветродвигателями и солнечными батареями на случай аварийного отключения электросетей [10]. На

---

действующих КОС исключаются иловые площадки, на их месте создаются теплицы для выращивания овощей и производства удобрений из обезвоженных осадков сточных вод. Оценка эффективности работы канализационно-очистных сооружений (КОС) – это комплексная задача, выходящая далеко за рамки простого измерения уровня очистки сточных вод. Её главная цель – гарантировать экологическую безопасность и защитить водные объекты от антропогенного загрязнения, предотвращая негативное воздействие на экосистемы и здоровье населения.

Технологическая схема комплектования ЭП на площадке КОС приведена на рисунке 1 [9].

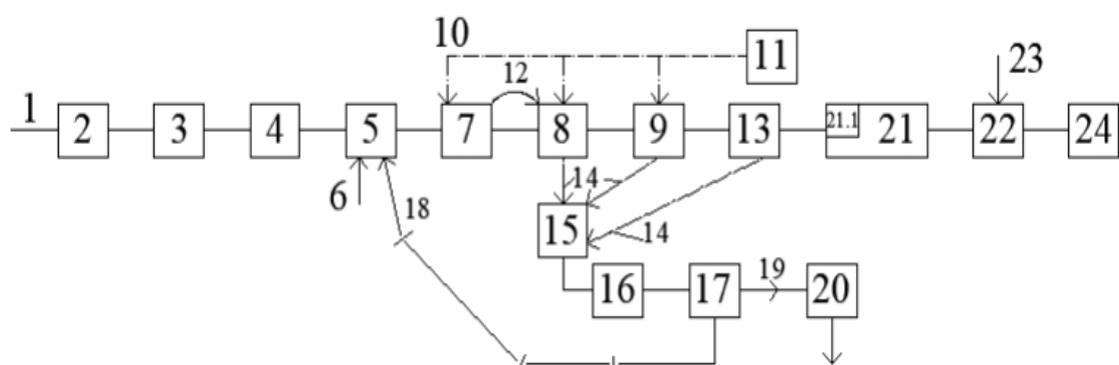


Рис.1. Технологическая схема комплектования ЭП на базе КОС.

1. Поток исходного стока бытовых вод; 2. Приёмный резервуар КНС; 3. Устройство для механической очистки сточных вод; 4. Усреднитель расходов сточных вод. 5. Смеситель с потоком сточных вод; 6. Рециркуляционный поток нитрифицированных вод; 7. Насос дозатор сточных вод; 8. Денитрификатор; 9. Нитрификатор; 10. Воздуховод; 11. Воздуховодная; 12.

Барбортёры аэрации; 13. Биореакторы доочистки сточных вод; 14. Регенерационные воды; 15. Илоуплотнители; 16. Устройства для обезвоживания осадков сточных вод; 17. Биокомпостеры; 18. Фильтрат от обезвоживания остатков сточных вод; 19. Удобрение; 20. Теплицы; 21. РЧВ; 22. Водохранилище; 23. Дождевые воды; 24. Узел обеззараживания очищенной воды.

Применение отходов от канализационных очистных станций превращается в заводы по получению сырья для строительных материалов, сельского хозяйства и пищевой промышленности. Наличие добавок промстоков может привести к выделению осадков, но, безусловно, наличие в стоках городов добавок промстоков может создать проблемы в составе воды и выделяемых осадков. В курортных городах, таких как Сочи и в Крыму, таких опасностей нет [11].

Можно привести пример расчета.

От 500000 человек, при норме водоотведения 200л/чел·сут, получается 100000м<sup>3</sup>/сут сточных вод с содержанием взвесей – 32500кг и органических веществ – 37500кг. Из них в первичных отстойниках выделяется в осадок 16250кг взвесей и 15000кг органических веществ. Из 37тонн органических веществ можно получить около 20000м<sup>3</sup>/сут горючего биогаза или 20тонн стерильного компоста влажностью 50% для сельского хозяйства или 15 тонн биогумуса, копролитов червей и до тонны биомассы червей (корма птиц и рыбы) [12], а копролиты могут использоваться фильтрантом для очистки ливневых вод. Экономические параметры ЭП из расчета блока сооружений по технологической схеме комплектования (состав сооружений может меняться в зависимости от производительности) согласно Рис.1. в ценах 2020года приведены в таблице №1.

Таблица №1

Бюджет затрат на строительство ЭП разной производительности в тыс.  
руб [13].

| Виды работ  | Производительность КОС м <sup>3</sup> /сут |        |        |        |
|---|--|--------|--------|--------|
|   | 30   | 100    | 500    | 1500   |
| Предпроектные работы  | 50   | 219    | 519    | 846    |
| Проектирование  | 250  | 878    | 2359   | 4060   |
| Основное технологическое и вспомогательное оборудование                 | 2,5  | 10683  | 303387 | 54808  |
| Строительно-монтажные работы  | 2,0  | 5097   | 13965  | 27807  |
| Итого в млн. руб  | 5,1  | 16,875 | 47,180 | 84,580 |
| Удельная стоимость КОС(на м <sup>3</sup> производительности), тыс. руб. | 170  | 140    | 98     | 60     |

Существуют аэробный и анаэробный способы переработки осадков первичных отстойников.

Аэробный - проще, безопасней в экологическом плане и дешевле.

Анаэробный - сложнее и дороже в России, на данный момент богатой запасами газа и нефти.

При использовании безопасной технологии очистки сточных вод [1] в соответствии с пирамидой весов [9] можно получить активного ила ежесуточно до  $0.3Q_{сут}$ , где  $Q_{сут}$  — суточное поступление взвешенных веществ и прироста биомассы гидробионтов сообщества прикрепленных и свободно плавающих микроорганизмов на реконструируемой КОС.

Если отстойники остаются в работе, то из выделяемых в отстойниках осадков сточных вод можно получать удобрения путем их биокомпостирования на механизированных площадках или вращающихся биокомпостерах [14], а прирост гидробионтов использовать для выращивания рыб. Удобрения целесообразно задействовать для формирования почвы в теплицах, для выращивания овощей для населения жилой застройки, такой же прием переработки и обезвреживания можно использовать для измельченных глистов от сушки осадков, например, по технологии примененной на КОС Адлера.

Компановка и пример экопромышленного парка показан на рис.2. Проектом необходимо уточнять и площадь, и стоимость ЭП.

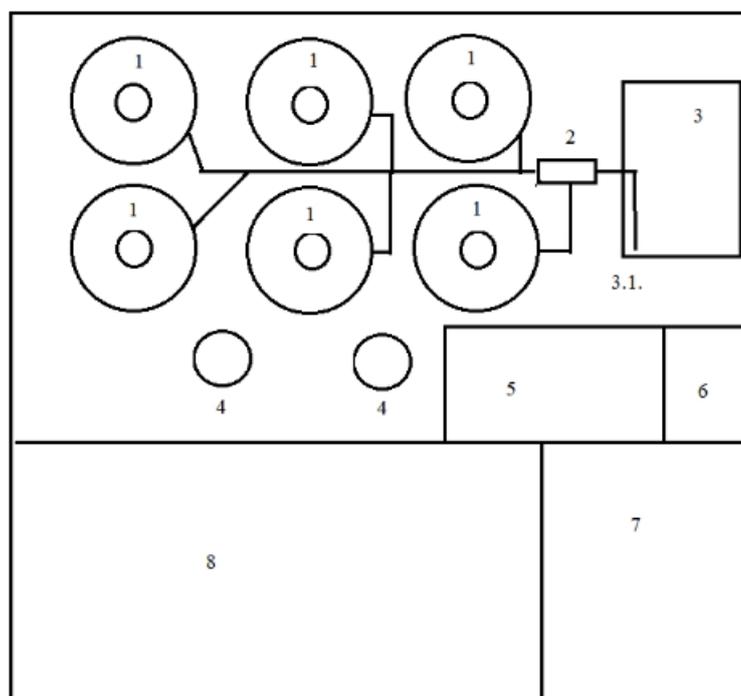


Рис. 2. Схема экопромышленного парка площадью не более 8га.

1. Блок ёмкостей биореакторов.
2. УФО.
3. Водохранилище с выростным бассейном 3.1.
4. Илоуплотнители [15].
5. Узел обезвоживания.

6. Хранилище удобрений.
7. Теплицы.
8. Энергетическое хозяйство.

В итоге КОС является фабрикой по производству материальных ресурсов [8].

Фабрика будет считаться экологичной, если её проект будет предусматривать нулевой баланс отходов, выбрасываемых в окружающую природную среду.

Выделяющаяся при биологической очистке сточных вод углекислота должна быть задействована для выращивания растений и воспроизводства кислорода.

### Литература

1. Куликов Н.И., А.Н. Ножевникова А.Н., Зубов Г.М., Куликова Е.Н., Приходько Л.Н. Очистка муниципальных сточных вод с повторным использованием воды и обработанных осадков: теория и практика. М.: Логос, 2015. -400 с.
  2. Скворцов Л.С., Коньгин А.А., Шматова В.В. Современные технологии очистки сточных вод и эколого- экономическая оценка их использования. Экология и промышленность России. 2012;(5): С. 4-8.
  3. Латыпова А.Р., Минина Н.Н. Технологический процесс биологической очистки сточных вод // В сборнике: Современные проблемы региональной экологии. Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Бирск, 2024. С. 43-46.
  4. Gusiatin Z.M., Kulikowska D., Klik B.K., Hajdukiewicz K. Ecological risk assessment of sewage sludge from municipal wastewater treatment plants: a case study // Journal of Environmental science and health. Part A: Environmental science and engineering and toxicology. 2018. V. 53, iss. 13 P. 1167-1176. DOI: 10.1080/10934529.2018.1530333.
-

5. Сафронов М.А., Титов Е.А., Малютина Т.В., Князев В.А. Оценка влияния постоянного электрического тока на окислительную способность активного ила в процессе биологической очистки стоков // Инженерный вестник Дона, 2024, №11. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2024/9626](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2024/9626).

6. Li C., Wang X., Zhang G., Li J., Li Z., Yu G., Wang Y. A process combining hydrothermal pretreatment, anaerobic digestion and pyrolysis for sewage sludge dewatering and coproduction of biogas and biochar: Pilot - scale verification // *Bioresources technology*. 2018. V. 254. pp. 187-193. 10.1016/j.biortech.2018.01.045.

7. Кулишов С.А., Лыков И.Н., Голофтеева А.С. Исследование технологических параметров очистки сточных вод прикрепленным биоценозом // Проблемы региональной экологии. 2016. № 4. С. 16-20.

8. Сабирова З.Ф., Бударина О.В., Шипулина З.В. Особенности обоснования санитарно-защитных зон для городских канализационных очистных сооружений // Водоснабжение и санитарная техника. 2018. № 5. С. 14-20.

9. Воронов Ю. В., Алексеев В. П. и др. Водоотведение. М.: Инфра-М. 2001. 411 с.

10. Половян А.В., Казакова М.Г. Экопромшленные парки как инструмент системы управления отходами // Механизм регулирования экономики. 2013. № 3. С. 121-130.

11. Куликов Н.И., Приходько Л.Н., Куликова Е.Н. Канализационная очистная станция - фабрика по преобразованию экологически опасных отходов населения в сырьё для промышленности, сельского хозяйства и оздоровления воздушного бассейна// Наука и мир. 2014. № 9 (13). С. 35-37.

12. Стрябкова А.П., Берестовая А.А., Лукьянченко А.А. Получение биогумуса из осадков сточных вод и его дальнейшее применение для культивирования хозяйственно-полезных растений // Комплексные проблемы

---

техносферной безопасности. Безопасный город и методы решения экологических проблем окружающей среды. Материалы XIII научно-практической конференции, посвященной 85-летию гражданской обороны России и Году экологии в России. 2017. С. 186-192.

13. Гриненко С.В., Приходько Л.Н., Белякова Е.В. Управление водообеспечением населения на основе получения "живой" воды в условиях промышленных парков // Системный анализ в проектировании и управлении. сборник научных трудов XXIII Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. 2019. С. 95-101.

14. Лихачева А.В., Дашкевич А.Н. Способы интенсификации биокомпостирования органических отходов // В сборнике: Химическая технология и техника. Материалы 86-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием). Отв. за издание И.В. Войтов. Минск, 2022. С. 263-264.

15. Рыльцева Ю. А., Лысов В. А. Совершенствование методов расчета процессов обезвоживания осадков природных вод на площадках подсушивания // Инженерный вестник Дона, 2012, №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/1011](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/1011).

### References

1. Kulikov N.I., A.N. Nozhevnikova A.N., Zubov G.M., Kulikova E.N., Prikhodko L.N. Ochistka municipal'ny`x stochny`x vod s povtorny`m ispol`zovaniem vody` i obrabotanny`x osadkov: teoriya i praktika. [Municipal wastewater treatment with reuse of water and treated sludge: theory and practice]. М.: Logos, 2015. 400 p.

2. Skvortsov L.S., Konygin A.A., Shmatova V.V. E`kologiya i promy`shlennost` Rossii. 2012;(5), pp. 4-8.

3. Latypova A.R., Minina N.N. Sovremennyy`e problemy` regional`noj e`kologii. Sbornik nauchny`x trudov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodny`m uchastiem. Birsk, 2024. pp. 43-46.
4. Gusiatin Z.M., Kulikowska D., Klik B.K., Hajdukiewicz K. Ecological risk assessment of sewage sludge from municipal wastewater treatment plants: a case study. Journal of Environmental science and health. Part A: Environmental science and engineering and toxicology. 2018. V. 53, iss. 13 P. 1167-1176. DOI: 10.1080/10934529.2018.1530333.
5. Safronov M.A., Titov E.A., Malyutina T.V., Knyazev V.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2024, №11. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2024/9626](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2024/9626).
6. Li C., Wang X., Zhang G., Li J., Li Z., Yu G., Wang Y. Bioresources technology. 2018. V. 254. pp. 187-193. 10.1016/j. biortech.2018.01.045.
7. Kulishov S.A., Lykov I.N., Golofteeva A.S. Problemy` regional`noj e`kologii. 2016. № 4. pp. 16-20.
8. Sabirova Z.F., Budarina O.V., Shipulina Z.V. Vodosnabzhenie i sanitarnaya texnika. 2018. № 5. pp. 14-20.
9. Voronov Yu. V., Alekseev V. P. i dr. Vodootvedenie. [Wastewater disposal]. M.: Infra-M. 2001. 411 p.
10. Polovyan A.V., Kazakova M.G. Mexanizm regulirovaniya e`konomiki. 2013. № 3. pp. 121-130.
11. Kulikov N.I., Prikhodko L.N., Kulikova E.N. Nauka i mir. 2014. № 9 (13). pp. 35-37.
12. Stryabkova A.P., Berestovaya A.A., Lukyanchenko A.A. V sbornike: Kompleksny`e problemy` texnosfernoj bezopasnosti. Bezopasny`j gorod i metody` resheniya e`kologicheskix problem okruzhayushhej sredy`. Materialy` XIII nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashhennoj 85-letiyu grazhdanskoj oborony` Rossii i Godu e`kologii v Rossii. 2017. pp. 186-192.



13. Grinenko S.V., Prikhodko L.N., Belyakova E.V. Sistemny`j analiz v proektirovanii i upravlenii. sbornik nauchny`x trudov XXIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Sankt-Peterburgskij politexnicheskij universitet Petra Velikogo. 2019. pp. 95-101.

14. Likhacheva A.V., Dashkevich A.N. Ximicheskaya texnologiya i texnika. Materialy` 86-j nauchno-texnicheskoy konferencii professorsko-prepodavatel`skogo sostava, nauchny`x sotrudnikov i aspirantov (s mezhdunarodny`m uchastiem). Otv. za izdanie I.V. Vojtov. Minsk, 2022. pp. 263-264.

15. Ryltseva Yu. A., Lysov V. A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, №3.  
URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/1011](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/1011).

**Дата поступления: 5.02.2025**

**Дата публикации: 15.03.2025**