

УДК 338.3

Экономическая оценка инновационных технических решений в области обработки осадка на примере отечественных и зарубежных ресурсоснабжающих предприятий

Канд. экон. наук **Трейман М.Г.** britva-69@yandex.ru

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,
Высшая школа технологии и энергетики
191186, Россия, Санкт-Петербург, Большая Морская ул. д.18

В статье представлена информация о схемах, системах управления процессом переработки осадка сточных вод, образующегося от биологической очистки стоков. Данные и методы: В исследовании представлены основные методы, применяемые в части работы с осадком сточных вод для успешной ликвидации последствий для экологических, экономических и социальных аспектов городской жизни, рассмотрены различные схемы переработки осадка, используемые в отечественной практике, а также зарубежный опыт переработки с описанием характеристик данных методов и определением их положительных и отрицательных моментов. Анализ результатов: Технические решения представлены как инновационный аспект управления окружающей средой. Управление процессами является ключевым направлением в особенностях внедрения экологического менеджмента. В Российской Федерации есть инновационные разработки в сфере обработки осадка, но они находятся на начальной стадии, и существует мало примеров внедрения, тогда как зарубежом данное направление является достаточно развитым. Ключевые слова: осадок сточных вод, технические решения, управление, инновации.

DOI: 10.17586/2310-1172-2019-12-3-155-162

Innovative technical solutions in the field of sludge treatment on the example of domestic and foreign resource supplying enterprises

Ph.D. **Treyman M.G.** britva-69@yandex.ru

St. Petersburg State University of industrial technologies and design,
Higher school of technology and energy
191186, Russia, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya str., 18

Introduction: the article presents information about schemes, control systems for the process of processing sewage sludge formed from biological wastewater treatment. Data and Methods: The study presents the main methods used in the work with sewage sludge for the successful elimination of consequences for the environmental, economic and social aspects of urban life, various schemes of sludge processing used in domestic practice, as well as foreign experience of processing with a description of the characteristics of these methods and the definition of their positive and negative aspects. Technical solutions are presented as an innovative aspect of environmental management. Analys of Results: Process management is a key area in the implementation of environmental management. In the Russian Federation there are innovative developments in the field of sludge treatment, but they are at an early stage and there are few examples of implementation, while abroad this direction is quite developed.

Keywords: sewage sludge, technical solutions, management, innovations.

Введение

Множество стран использует для очистки сточных вод методы биологической очистки, в результате очистки значительных объемов воды, образуется большие объемы осадков сточных вод. Осадок сточных вод в основном имеет жидкую структуру (его консистенция зависит от влажности), в его составе можно обнаружить значительное количество питательных веществ (калий, фосфор, кальций и др.). Ключевой проблемой для

предприятий на сегодняшний день являются методы переработки осадка, так как вывоз и размещение его на полигонах является нецелесообразным и затратным мероприятием. Поскольку масса осадка велика, он занимает значительные территории, требует существенных средств на вывоз и последующую рекультивацию земель полигонов. Таким образом, проблема использования осадков сточных вод является актуальной и значимой для ряда регионов Российской Федерации и в настоящее время полностью не решена для рассматриваемых территорий.

Негативными сторонами процесса влияния размещения осадка на полигонах являются [2; 4; 9]:

1. Отрицательное влияние полигонов на окружающую среду (на подземные воды и атмосферный воздух).
2. Заполнение накопителей и иловых карт до критических отметок.
3. Жалобы граждан на неприятный запах.
4. Не эффективное использование земельного участка.

Цель и задачи исследования

Целью исследования является изучение наиболее приемлемых и выгодных способов переработки осадков сточных вод, образующихся в результате применения ресурсоснабжающими предприятиями механизмов очистки.

К задачам исследования относятся:

1. Анализ существующих технологий применения и использования осадка сточных вод.
2. Определение достоинств и недостатков этих технологий.
3. Рассмотрение технических и технологических особенностей, возможность увеличения эффективности процесса за счет инноваций.

Эмпирический анализ

В данном случае, представленные в статье технические решения являются инновационными, так как включают в себя новые элементы технологического процесса, позволяющие улучшить механизм обращения с осадком сточных вод. Инновационные решения в данном направлении позволят развить технологию до нужного уровня и решить проблему переработки осадка в полном объеме. Сводные данные о методах переработки и использования осадков сточных вод представлены в табл. 1.

Таблица 1

Способы утилизации илового осадка [10–15]

В какой сфере применяется	Описание
Сельское хозяйство	Отказ со стороны торговых сетей, существует риск неполной обработки осадка в части уничтожения микробов, медикаментов, антибиотиков и др.
Полигоны, карьеры	В Евросоюзе запрещено размещение осадков на полигонах и карьерах с 2005 года, осадки обладают такими свойствами как самовозгораемость, токсичность, могут значительно загрязнять окружающую среду.
Совместное сжигание	Осадок должен обладать высоким качеством, в процессе сжигания происходит потеря фосфатов.
Полная сушка	В процессе расходуется значительное количество энергии, должны соблюдаться требования по хранению, так как материал взрывоопасен.
Моно-сжигание	Относится к категории «наилучшие доступные технологии», в основном применяется зарубежом.

Варианты использования осадка сточных вод в других целях представлены на рис. 1. Данные методы используются для переработки осадка сточных вод в Санкт-Петербурге.



Рис. 1. Возможные варианты использования потенциала осадка сточных вод

Осадок сточных можно сжигать – в результате чего получится продукт сжигания – зола, который может быть использован как компонент строительных материалов. Другим способом использования осадка сточных вод является применение его макроэлементов в виде удобрений и техногрунта, что позволяет рекультивировать почвы, улучшать их основное свойство – плодородие [1; 3]. Еще одним методом применения компонентов осадка сточных вод является сжигание с использованием углерода и метана, что позволяет применять его энергетический потенциал в виде тепловой и электрической энергии. Рассмотрим наиболее интересные для применения технологии переработки осадка сточных вод.

1. Применение энергии, образующейся в результате переработки осадка сточных вод.

Рассмотрим схему использования энергопотенциала осадка сточных вод, представленную на рис. 2.



Рис. 2. Схема применения энергопотенциала, образующегося от переработки осадка сточных вод

Использования энергетического потенциала может лежать в диапазоне 80-95%, что позволяет в полной мере использовать осадок сточных вод в других видах деятельности.

2. Технология «Геотубирования»

Геотубирование – это технология, связанная с обезвоживанием осадка за счет размещения его внутри цилиндрических объемных систем, изготовленных из различных типов устойчивого геотекстиля, обладающего обезвоживающими свойствами. Состав осадка сточных вод после применения технологии геотубирования в сравнении с характеристиками навоза, представлена в табл. 2.

Таблица 2

**Средний состав обезвоженных осадков сточных вод
и навоза крупного рогатого скота**

Вещества, г/кг	Si	Al	Ca	K	P	S	Fe
Осадок сточных вод	2,61	14,2	3,7	16,2	20,1	8,4	23,3
Навоз	–	–	5,0	4,5	2,5	–	–

Таким образом, проанализировав табл. 2, можно сделать вывод, что технология геотубирования сохраняет значительное количество питательных и ценных компонентов, которые могут быть полезны для дальнейшего использования, например, в сельском хозяйстве, она может быть эффективна для дальнейшего применения в отечественной практике.

3. Отечественные технологии переработки осадка сточных вод, применяемые для иловых осадков, образующихся в результате деятельности предприятия ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»

Рассмотрим состав группы «тяжелых металлов», присутствующих в осадке сточных вод и определим возможность использования осадка из Санкт-Петербурга для нужд сельского хозяйства в зависимости от содержания в его составе компонентов «тяжелых металлов».

Таблица 3

**Валовое содержание «тяжелых металлов» в осадке сточных вод
ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»***

Наименование показателей, мг/кг СВ	2015	2016	2017	2018	Требования ГОСТ, мг / кг СВ	
					1 группа осадков	2 группа осадков
Pb	120,1	56,3	120,1	160,5	250,1	500,2
Cd	21,2	33,4	13,4	33,2	17	30,1
Ni	27,1	24,5	40,1	44,3	201	400,3
Cr	93,5	71,6	68,4	87,6	502	1 001
Zn	800,3	680,1	800,1	730,1	1 750,1	3 500,5
Cu	220,4	170,2	240,5	200,3	750,2	1 500,4
Hg	0,76	1,76	0,834	1,1	7,6	15,1
As	4,51	3,34	3,61	2,8	10,1	20,3

**Примечание: осадки 1 группы используют для улучшения условий плодородия почв в сельскохозяйственных культурах; осадки 2 группы используют для выращивания зерновых, зернобобовых культур; осадки 1, 2 групп используют в промышленном цветоводстве, лесных и декоративных посадках, для биологической рекультивации нарушенных земель и полигонов ТБО.*

Согласно данным табл. 3, использование Петербургского осадка сточных вод возможно в целях сельского хозяйства (в качестве удобрения). Схема переработки осадка, используемая в Санкт-Петербурге представлена на рис. 3.



Рис. 3. Схема переработки осадка сточных вод в Санкт-Петербурге

Осадок сточных вод имеет влажность до 98%, поэтому первоочередным этапом его переработки будет удаление лишней влаги, то есть обезвоживание, затем для полного удаления влаги применяется механизм сушки, а уже потом осадок вывозится специализированным транспортными средствами до завода по сжиганию осадка, где в результате сжигания образуется зола и тепловая энергия. В настоящее время зола вывозится на полигон без последующей переработки, но есть предложение дополнить цикл специализированной установкой, которая будет полностью перерабатывать золу («метод плазменного сжигания золы»), либо использование золы как полезного продукта в качестве органо-минеральных удобрений [7; 8]. В настоящее время технология изменяется и пересматривается. Используемую технологию можно считать стабильной, но она в полной мере не решает вопрос переработки и максимально полезного использования отхода [5; 6].

4. Технологии сжигания осадка сточных вод, образующегося от биологической очистки сточных вод на очистных сооружениях города, применяемые в зарубежных странах

Стандартная схема этапов работы очистных сооружений с определением этапов обработки осадков представлена на рис. 4.



Рис. 4. Стандартная компоновка очистных сооружений

В данном случае наиболее важными этапами переработки можно считать осуществление процессов гравитационного и механического уплотнения, последующую стабилизацию осадка, обезвоживание и сушку, после сушки зачастую осуществляется сжигание осадка.

Существует множество различных технологий сжигания. Рассмотрим технологию сжигания Perfect Solution (рис. 5).

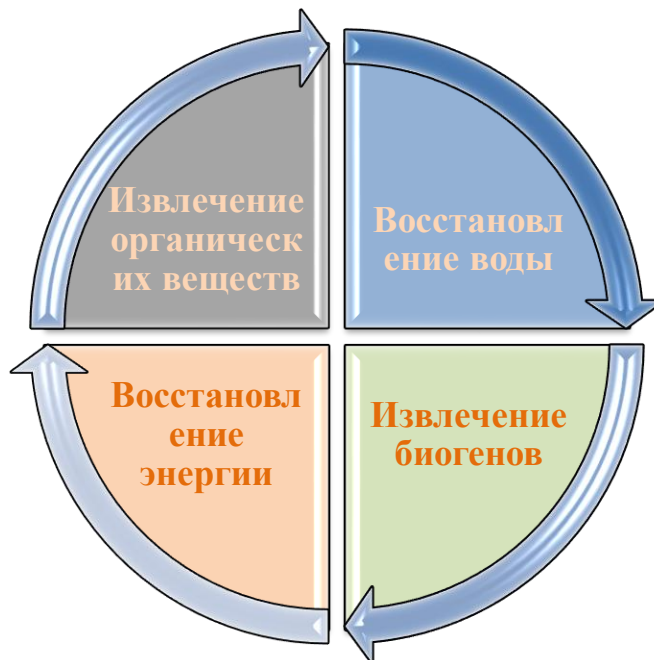


Рис. 5. Экономика замкнутого цикла на очистных сооружениях с применением технологии сжигания от КОС по ЗВР (заводы по восстановлению ресурсов)

В данном случае в философском подходе к проблеме разработана схема задач, которые необходимо выполнить для осуществления полноценной очистки сточных вод, первоочередной задачей при этом считается восстановление водного ресурса и энергии и извлечение «вредных веществ органического и неорганического происхождения». Оптимальная схема, на наш взгляд, обработки осадка представлена на рис. 6.

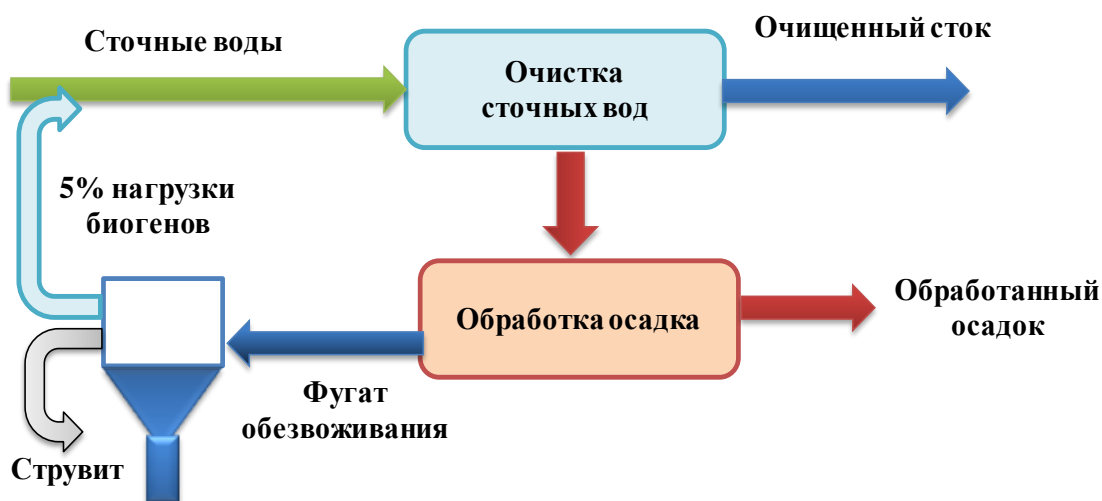


Рис. 6. Схема циркуляции фугата на канализационных очистных сооружениях с установкой доочистки

Влияние извлечения струвита из фугата на процесс переработки осадков

№	Показатель	Работа метантенка и процесс извлечения струвита
1	Вторичные нагрузки по азоту и фосфору, высвобожденные в процессах переработки осадков	Удаление фосфора на 80-90%. Удаление азота на 10-20%
2	Необходимость химического удаления фосфора	Практически устранена
3	Дополнительный химический осадок от осаждения фосфора	Практически устранен
4	Общее количество образующихся осадков	Снижение прироста активного ила
5	Степень обезвоживания осадка	Наибольшая степень обезвоживания достигает 2-3%
6	Содержание минеральных веществ в осадке	Сниженное
7	Количество золы в случае сжигания	Намного меньше с учетом отсутствия химического осадка и извлеченной минеральной части
8	Дополнительная прибыль от производства минеральных удобрений	Да

Применение технологии извлечения струвита и фугата изменяет технологический процесс, придает ей инновационный характер за счет того, что получается новый продукт с полезными свойствами. Таким образом, используемая технология более продуктивна: очистка и обработка осуществляется более тщательно, возможно получение дополнительной прибыли от производства минеральных удобрений, улучшаются условия биологической очистки: не нарушается баланс активного ила, устраняется химический осадок, улучшается консистенция полученного осадка.

Выводы

В настоящее время достаточно широкий диапазон перспектив в части обработки осадка сточных вод, образующихся в результате биологической очистки стоков, но достаточно мало внедрений инноваций в российской практике в данном направлении. Все вышеприведенные методы переработки осадков относятся к техническим инновациям за счет того, что данные решения являются новыми и позволяют совершенствовать экономический, управленческий и технический результат. Технические разработки в данной области дадут возможность решить проблему с осадком сточных вод на региональном уровне, улучшить использование образующихся компонентов не как отходов, а как ценных продуктов, получить положительный экономический эффект от проведенных мероприятий.

Литература

1. Барановский И. Н., Гладких Д. П. Осадок сточных вод в земледелии Нечерноземной зоны / Твер. гос. с.-х. акад. – Тверь: Агростера, 2007. 96 с.
2. Власова Е. Я., Яндыганов Я. Я. Стратегическое управление природопользованием: Уральский государственный экономический университет. – Екатеринбург: Уральский государственный экономический университет, 2019. – 526 с.
3. З.Гайнутдинов Э. М., Поддерегина Л. И. Экономическая оценка новационных технических решений: монография [Минск: БНТУ, 2010.
4. Ильин В. И. Технологические процессы и способы очистки производственных сточных вод. – М.: РХТУ, 2014. 103 с.
5. Кантор Е. Л. Экономическая эффективность промышленного производства (теоретико-методический аспект): монография / ГОУ ВПО "Сев.-Зап. гос. заоч. техн. ун-т". – СПб: Изд-во СЗТУ, 2010. 129 с.
6. Коцаев А. Г. Основы экологической биотехнологии: учебное пособие: для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки высшего образования "Экология", "Агрономия", "Агрохимия и агропочвоведение" / ФГБОУ ВПО "Кубанский гос. аграрный ун-т". – Краснодар: редакционный отдел и типография Кубанского государственного аграрного университета, 2014. 397 с.
7. Крупнова Т. Г., Кострюкова А. М. Передовые технологии обработки и утилизации осадков городских сточных вод / Южно-Уральский государственный университет. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – 73 с.

8. *Ледовская Н.В.* Государственное управление природопользованием в условиях конвергенционных экономических систем: ФГГАУ ВО "Северо-Кавказский федеральный университет". – Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2017.
9. *Невская М.А.* Оценка природно-ресурсного потенциала в системе управления природопользованием / Санкт-Петербург. гос. горн. ун-т. – СПб: Астерион, 2012. 189 с.
10. *Розенберг И.Н., Соловьев И.В., Цветков В.Я.* Комплексные инновации в управлении сложными организационно-техническими системами. – М.: Феория, 2010. 246 с.
11. *Потравный И.М., Новиков Д.В.* Эколого-ландшафтное управление природопользованием. – М.: Экономика, 2016. 254 с.
12. *Тальянов С. Ю., Шергин В. В.* Экономическая эффективность сложных процессов: стохастические граничные методы оценки □ Иванов. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново: ФГБОУ ВПО Ивановский государственный химико-технологический университет, 2014. 179 с.
13. *Торопов В., Жильникова Н., Фаммлер Х., Энгвальд Ф.* Руководство по нормативно-правовым, экономическим и техническим мерам сокращения приоритетных опасных веществ ХЕЛКОМ в России: BEF Group, 2012. – 56 с.
14. *Хомякова Е.Н., Пашаян А.А., Нестеров А.В., Щетинская О.С.* Новые способы регенерационной очистки сточных вод от углеводородного загрязнения: монография / ФГБОУ ВПО "Брянская гос. инженерно-технол. акад.". – Брянск: БГИТА, 2013. 199 с.
15. *Цгоев Т. Ф., Теблоев Р. А., Цитаев Б. С.* Экономические методы управления охраной окружающей среды и природопользованием: ФГБОУ ВО "Северо-Кавказский горно-металлургический институт". – Владикавказ: Цопанова А. Ю., 2018. – 489 с.

Reference

1. Baranovsky I. N., Smooth D. P. sewage Sludge in agriculture of non-Chernozem zone / Federation, Tver. state S.-H. Acad. – Tver: Agrosfera, 2007. – 96 p.
2. Vlasova E. Y., Anduganov J. J. of Strategic environmental management: the Ural state economic University. - Ekaterinburg: Ural state University of Economics, 2019. – 526 p.
3. Gainutdinov E. M., Podderegin L. I. Economic evaluation of innovative technical solutions: monograph □ Minsk: 2010.
4. Piyin V. I. Technological processes and methods of industrial wastewater treatment. – М.: 2014.
5. Cantor E. L. Economic efficiency of industrial production (theoretical and methodological aspect): monograph / GOU VPO "the North.-Zap. state highest level. tech. Univ". – St. Petersburg: SZTU publishing House, 2010.
6. Koshchaev A. G. fundamentals of environmental biotechnology : a textbook for students of higher educational institutions studying in areas of training of higher education "Ecology" and "agronomy", "agricultural chemistry and soil science" / FGBOU VPO "Kuban state agrarian University". – Krasnodar: editorial Department and printing house of Kuban state agrarian University, 2014. 397 p.
7. Krupnova T. G., Kostryukova A. M. Advanced technologies of treatment and utilization of municipal sewage sludge / South Ural state University. – Chelyabinsk: publishing center SUSU, 2014. 73 p.
8. Ledovskaya N. V. State environmental management in terms of the cohesion of economic systems: FGGAU IN "North-Caucasian Federal University". – Stavropol: publishing house of NCFU, 2017.
9. Nevskaya M. A. Assessment of natural resource potential in the system of environmental management / St. Petersburg. GOS horn. Univ. of Illinois. – Saint Petersburg: Asterion, 2012. 189 p.
10. Rosenberg, I. N., Solovjev I. V., Tsvetkov V. J. Integrated innovation in the management of complex organizational-technical systems. – М.: Feoriya, 2010. 246 p.
11. Potravny I. M., Novikov D. V. Ecological and landscape management of natural resources. – М.: Economics, 2016. 254 p.
12. Taljanov S. Y., Shergin V. V. Economic efficiency of complex processes: stochastic frontier estimation methods □ Иванов. state chem.-tekhnol. Univ. of Illinois. – Ivanovo: VPO Ivanovo state University of chemistry and technology, 2014. 179 p.
13. Toropov V., Zhilnikova N., Fammler H., Engewald F. Guide to the legal, economic and technical reduction measures for priority hazardous substances of HELCOM in Russia: BEF Group, 2012. 56 p
14. Khomyakova E. N., Pashayan A. A., Nesterov A.V., Szczecin O. S. New methods of regenerative treatment of waste water from hydrocarbon contamination: monograph / FGBOU VPO "Bryansk state engineering and technology. Acad.". – Bryansk: BGITA, 2013. 199 p
15. Tsgoev T. F., Tebloev R. A., Titaev B. S. Economic management methods of environmental protection and nature: of the "North-Caucasian mining and metallurgical Institute". – Vladikavkaz: Zupanova A.Y., 2018. 489 p.