

## КОМПЛЕКСНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ СБРАЖИВАНИЯ, ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ И ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

П.В. Степанова, В.М. Иванов

*Проведены исследования по изучению возможности совмещения процессов сбраживания, обезвоживания и обеззараживания осадков хозяйственно-фекальных сточных вод. Разработана автоматизированная установка для комплексной обработки осадков и подобраны оптимальные рабочие параметры. Обработанные осадки могут быть утилизированы в сельском хозяйстве в качестве экологически безопасного эффективного органоминерального удобрения.*

*Ключевые слова:* сырой осадок, избыточный активный ил, стабилизация, сбраживание, обезвоживание, обеззараживание, автоматизированная установка, камера предварительного сбраживания, электрифицированная задвижка, комплексная обработка осадка, гельминты, овицидный препарат, флокулянт, биогаз, органоминеральное удобрение.

При эксплуатации очистных сооружений канализации (ОСК) образуются значительные объемы сырого осадка и избыточного активного ила, которые характеризуются как нестабильные жидкие отходы высокой влажности (96-99%), обсемененные яйцами гельминтов и другими патогенными микроорганизмами.

На большинстве ОСК городов РФ чаще всего решается только проблема обезвоживания осадков, реже осуществляется стабилизация в мезофильных условиях с последующим обезвоживанием в естественных или искусственных условиях и накоплением осадков на иловых площадках, примыкающих к территории ОСК. К сожалению, практически нигде не производится обеззараживание осадка. Подобные технологические схемы обработки осадков способствуют не только отчуждению территорий сельскохозяйственного назначения, но и повышению рисков возникновения эпидемиологических и экологических катастроф.

При организации систем водоотведения малых объектов (коттеджных поселков, кемпингов, туристических комплексов и фермерских хозяйств) для очистки стоков применяют компактные установки, в большинстве которых не предусмотрена комплексная обработка осадка. В мировой практике очистки сточных вод от малых объектов в настоящее время практически отсутствуют компактные сооружения или оборудование, предназначенные для комплексной обработки осадков.

В тоже время осадки, образующиеся при очистке хозяйственно-фекальных сточных вод, обогащены биогенными элементами (азотом, фосфором, серой), а также микро-

макроэлементами, т.е. являются сбалансированным органоминеральным удобрением. Такие осадки не только улучшают агрохимический состав почвы и ее производительность, но и являются перспективным удобрением для сельского и лесопаркового хозяйства. Получение осадка необходимого качества возможно только после его комплексной обработки, включающей в себя сбраживание, обеззараживание и обезвоживание.

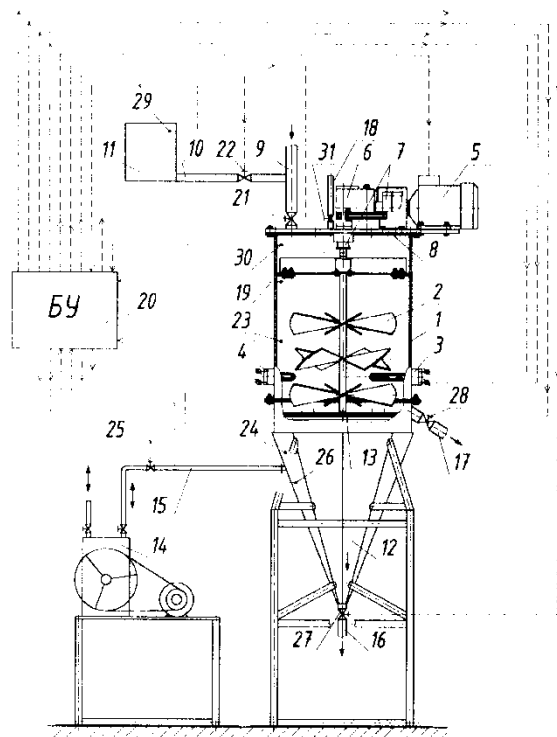
Авторами настоящей работы проведены исследования по изучению возможности совмещения процессов сбраживания, обезвоживания и обеззараживания осадков в одном аппарате. Для этого была спроектирована и смонтирована экспериментальная автоматизированная установка комплексной обработки осадков (КОО), проведены исследования с целью подбора оптимальных рабочих параметров. Схема установки КОО и фотография ее основных элементов представлены на рисунках 1 и 2.

Малая автоматизированная установка КОО работает следующим образом.

Осадок сточных вод после предварительного кислото сбраживания подается в корпус 1 установки КОО через патрубок 9. Датчиком 19 снимаются показания уровня осадка, полученный информационный сигнал подается на блок управления (БУ) 20. Управляющий сигнал с БУ 20 подается на открытие электрифицированной задвижки подачи флокулянта и овицидного препарата 22, которые поступают из баков их приготовления 11. Лопастная мешалка 2, нагревательный элемент 3 и вакуум-насос 14 включаются в работу при достижении в установке минимального уровня осадка. При достижении максимального

## КОМПЛЕКСНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ СБРАЖИВАНИЯ, ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ И ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

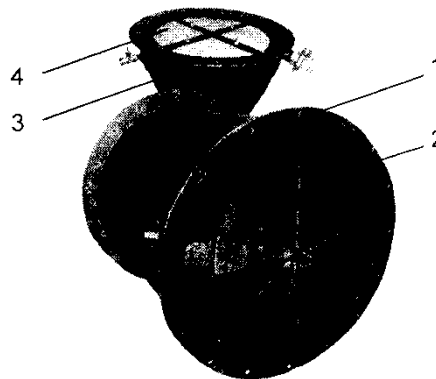
уровня осадка датчик 19 подает сигнал на закрытие электрифицированных задвижек 21 и 22. При минимальных уровнях флокулянта и овицидного препарата в баках 11 срабатывает датчик-сигнализатор 29.



**Рисунок 1 - Схема автоматизированной рабочей модели установки КОО:** 1 - корпус; 2 - мешалка; 3 - рабочий нагревательный элемент; 4 - резервный нагревательный элемент; 5 - электродвигатель; 6 - редуктор; 7 - муфты сцепления; 8 - крышка; 9 - патрубок загрузки осадков; 10 - патрубки подачи флокулянта и овицидного препарата; 11 - баки приготовления флокулянта и овицидного препарата; 12 - конусообразная накопительная емкость для сбора фильтрата; 13 - фильтрующий элемент; 14 - вакуум-насос; 15 - соединительный патрубок вакуум-насоса; 16 - патрубок отвода фильтрата; 17 - патрубок выгрузки обработанного осадка; 18 - патрубок отвода газов брожения; 19 - датчик уровня осадков в корпусе; 20 - блок управления с аналого-цифровым преобразователем; 21, 22 - электрифицированные задвижки; 23 - датчик температуры осадков в корпусе; 24 - датчик давлений среды под фильтрующим элементом; 25 - электрифицированная задвижка; 26 - датчик уровня фильтрата в конусообразной накопительной емкости; 27, 28 - электрифицированные задвижки; 29 - датчик-сигнализатор уровней флокулянта и овицидного препарата в баках

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК №4 2009

приготовления; 30 - датчик давлений газов брожения над осадком в корпусе; 31 - электрифицированная задвижка.



**Рисунок 2 - Фотография основных элементов установки КОО:** 1 - корпус; 2 - мешалка; 3 - коническая накопительная емкость; 4 - фильтрующий элемент.

Постоянный подогрев осадка до оптимальной температуры 30-35°C осуществляется нагревательными элементами 3 (рабочий) и 4 (резервный), включение которых производится в зависимости от показаний датчика 19. Измерение температуры осадка внутри установки производится датчиком температуры 23. Полученный информационный сигнал через БУ 20 передается на рабочий нагревательный элемент, что позволяет оптимизировать степень нагрева обрабатываемого осадка. В случае поломки рабочего нагревательного элемента 3 или недостаточного нагрева осадка подается сигнал на включение резервного нагревательного элемента 4.

Включение вакуум-насоса 14 для создания рабочего разряжения под фильтрующим элементом 13, а именно в накопительной конической емкости 12, производится по сигналу датчика 19. Отключение вакуум-насоса производится по сигналу датчика 24, установленного в верхней части накопительной емкости 12.

Фильтрат из накопительной емкости сбрасывается через патрубок 16, оборудованный электрифицированной задвижкой 27, открытие и закрытие которой производится по сигналу датчика уровня фильтрата 24 в накопительной емкости.

Регенерация фильтрующего элемента 13 осуществляется обратным током воздуха из окружающей среды, создаваемого вакуум-насосом.

Образующиеся газы брожения отводятся через патрубок 18, на котором установлена электрифицированная задвижка 31, открытие и закрытие которой производится сигналом, подаваемым датчиком давления газовой среды 30.

Сброженный, обеззараженный и обезвоженный осадок выгружаются через патрубок 17, на котором установлена электрифицированная задвижка 28, открытие и закрытие которой производится от реле времени.

Исследования проводились в усовершенствованной экспериментальной комплексной установке (рисунок 3), оборудованной камерой предварительного сбраживания (КПС), предназначенной для протекания первой стадии сбраживания. В камере обработки осадка (КОО) завершается анаэробный процесс, т.е. щелочная стадия.

В модернизированной установке осадок (смесь сырого осадка и уплотненного активного ила) функционирующих ОСК г. Барнаул обрабатывался овицидным препаратом «ПУРОЛАТ-БИНГСТИ» и загружался в КПС, где он в течение 8-10 суток подвергался кислому брожению в мезофильных условиях. После завершения кислой стадии осадок обрабатывался флокулянт «Zetag» и перегружался в установку КОО, где осуществлялось щелочное брожения (7-15 суток) также в мезофильных условиях. Установка КОО работала в двух режимах: при создании вакуума под фильтрующим элементом (300-500 мм рт. ст.) и без него. По объему выделяемых газов судили об интенсивности процессов сбраживания в КПС и установке КОО.

Процесс анаэробного сбраживания оценивали по качеству обрабатываемого осадка и образующегося фильтрата. Сбраживаемый осадок контролировали по влажности, зольности, удельному сопротивлению, наличию яиц гельминтов, их видовому составу и жизнеспособности. В фильтрате определяли ХПК, БПК<sub>пол</sub>, pH, перманганатную окисляемость, летучие жирные кислоты (ЛЖК), щелочность, концентрацию азота аммонийного, фосфора, сульфатов, плотного и прокаленного остатков и взвешенных веществ.

В первой серии экспериментов осадок влажностью 97,6% обрабатывали овицидным препаратом «ПУРОЛАТ-БИНГСТИ» при дозе 5 мл препарата на м<sup>3</sup> осадка (0,02 г препарата на кг сухого вещества осадка) и загружали в КПС.

Во второй серии осадок влажностью 96,6% предварительно обрабатывался дозой 10 мл/м (0,03 г препарата на кг сухого веще

ства осадка), время экспозиции в естественных температурных условиях 3-4 часа. После этого осадок загружался в КПС.

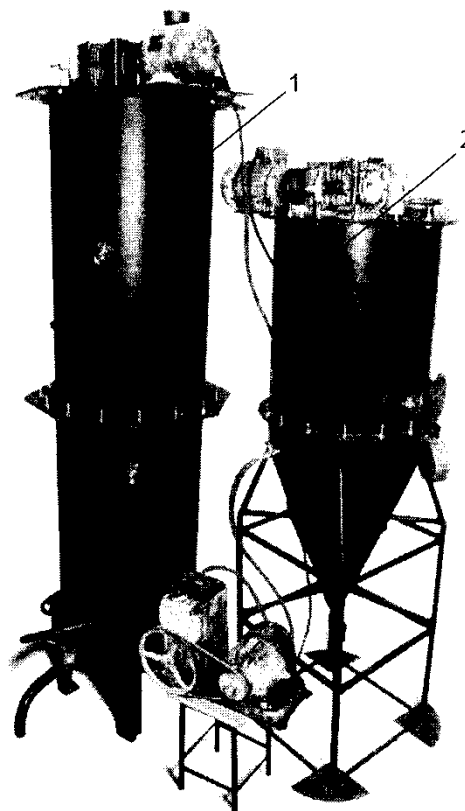


Рисунок 3- Фотография экспериментальной комплексной установки:  
1-КПС; 2- установка КОО

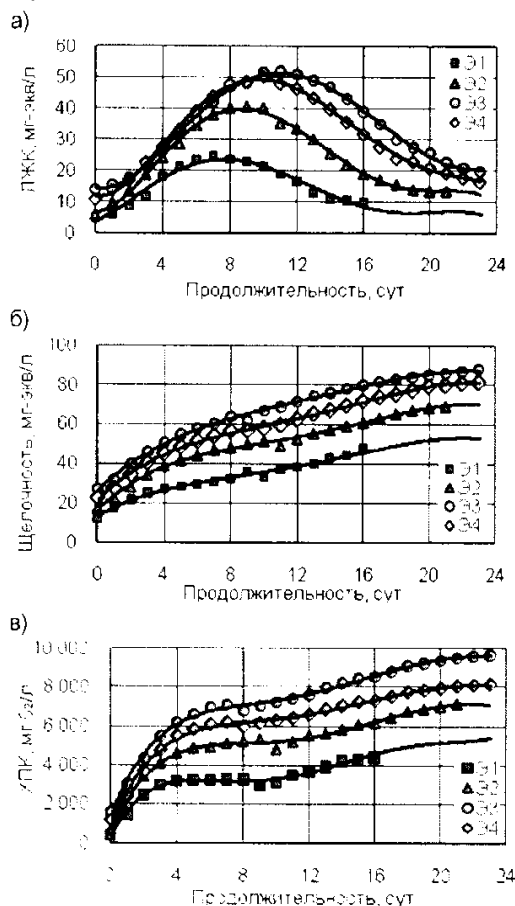
Разряжение под фильтрующим элементом в установке КОО в первой и второй серии экспериментов не создавалось.

В третьей серии осадок влажностью 95,2% обрабатывался препаратом дозой 20 мл/м<sup>3</sup> (0,042 г на кг сухого вещества осадка), выдерживался 6-8 часов в естественных температурных условиях и загружался в КПС. Процесс обезвоживания в установке КОО интенсифицирован созданием разряжения (230-270 мм рт. ст.) под фильтрующим элементом.

В четвертой серии осадок влажностью 96,1% обрабатывался дозой препарата 20 мл/м<sup>3</sup> (0,051 г на кг сухого вещества осадка) выдерживался в естественных температурных условиях 4-6 часов, также загружался в КПС и далее перегружался в КОО. Под фильтровальным элементом создавалось разряжение (400-450 мм рт. ст.).

## КОМПЛЕКСНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ СБРАЖИВАНИЯ, ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ И ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Результаты экспериментов приведены на рисунках 4-7. На рисунках приняты следующие условные обозначения: Э1 – первая серия экспериментов; Э2- вторая, Э3- третья; Э4- четвертая.

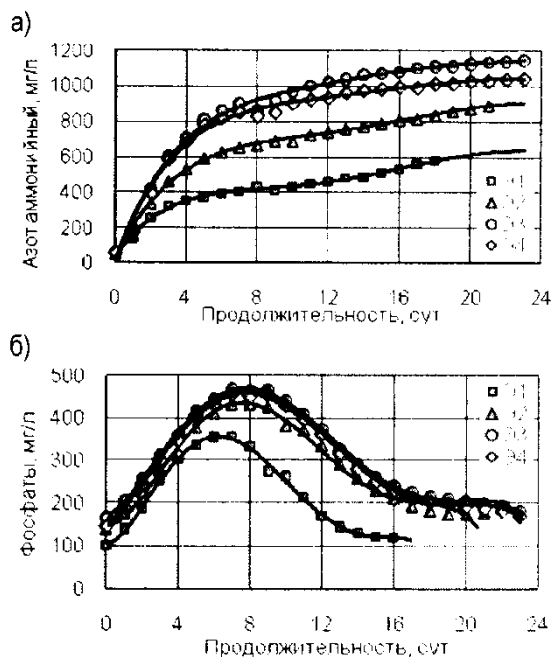


**Рисунок 4 - Влияние продолжительности обработки смеси в установке КОО на изменения исследуемых параметров фильтрата:**  
а) ЛЖК; б) щелочность; в) ХПК.

Процесс анаэробного сбраживания, судя по рН, ЛЖК, щелочности и ХПК (рисунок 4), завершался на 16-20 сутки.

Концентрация азота аммонийного (рисунок 5,а) увеличивалась в среднем в 2,5-4,5 раза по сравнению со значением этого показателя в загружаемом осадке и достигала в отдельных экспериментах почти 1200 мг/л. На стадии кислого брожения наблюдалось резкое увеличение концентрации фосфатов в 3-5 раз до 370-450 мг/л (рисунок 5,б). На стадии щелочного сбраживания за счет использования фосфора облигатными анаэробами, его концентрация снижалась и на стадии завершения процесса достигала практически исходных значений. Поэтому получаемый после обработки

осадок обогащен легко усвояемой растениями формой фосфора.



**Рисунок 5 - Влияние продолжительности обработки смеси в установке КОО на изменения исследуемых параметров фильтрата:**  
а) азот аммонийный; б) фосфаты.

Во всех четырех сериях экспериментов в загружаемом осадке были обнаружены яйца гельминтов: общее количество в среднем составляло 75-95 шт. на г сухого вещества осадка, из них жизнеспособных - 60-75 шт.

Видовой состав яиц представлен в основном аскаридой собачей (таксокарой), аскаридой человеческой, острицей. Значительно реже встречались отдельные яйца власоглава, карликового цепня, лентеца широкого, анкилостомы и хлыстовика.

В третьей и четвертой серии экспериментов при дозе овицидного препарата «ПУРОЛАТ-БИНГСТИ» 20 мл/м<sup>3</sup> (0,04-0,05 г препарата на кг сухого вещества осадка) и времени экспозиции в естественных температурных условиях в течение 4-8 часов эффект дегельминтизации по жизнеспособным яйцам достиг 100% (рисунок 6).

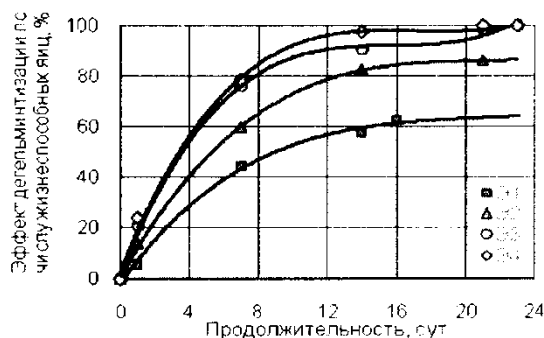


Рисунок 6 - Влияние продолжительности обработки осадка на изменение эффекта дегельминтизации по числу жизнеспособных яиц.

На рисунке 7 показано изменение влажности и удельного сопротивления осадка в процессе его обработки в камерах предварительного кислого и щелочного сбраживания.

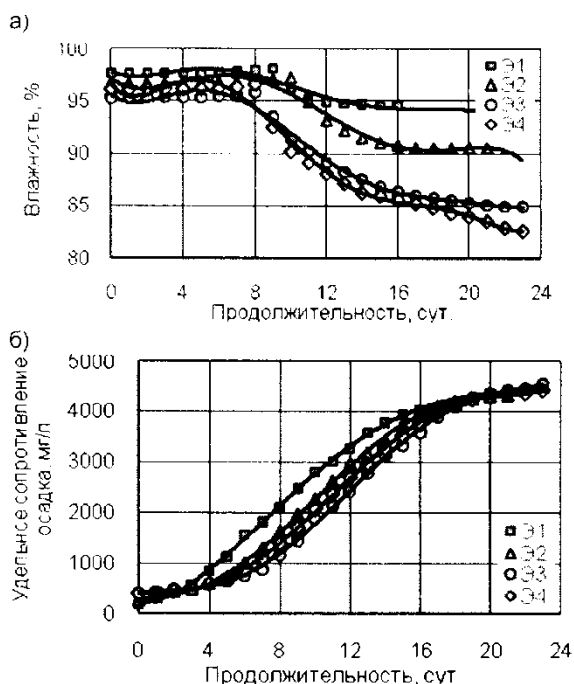


Рисунок 7 - Влияние продолжительности обработки смеси в установке КОО на изменения исследуемых параметров осадка: а) влажность; б) удельное сопротивление осадка.

Как видно из рисунка 7,а, в процессе кислого брожения влажность осадка увеличивается на 1-1,5%, так как в этой камере не

предусматривается обезвоживание осадка. В камере, предназначенной для щелочного сбраживания осадка, его влажность резко снижалась с 98-96% до 83-80% за счет создания вакуума 250-450 мм рт. ст. под фильтрующим элементом.

Выгружаемый из установки сброженный, обеззараженный и обезвоженный осадок имел пастообразную консистенцию. Распад органических веществ достигал 40%, при этом зольность сброженного осадка повышалась с 36-38% до 52-54%.

### Выводы

1. Исследуемые осадки очистных сооружений канализации г. Барнаул были обсеменены яйцами гельминтов (60-75 шт. жизнеспособных яиц на г сухого вещества осадка).
2. Исследования подтвердили возможность совмещения в одном аппарате трех процессов: анаэробного сбраживания осадка в мезофильных условиях, обеззараживания овицидным препаратом «ПУРОЛАТ- БИНГСТИ» и обезвоживания осадка с использованием флокулянта «Zetag».
3. Процесс обезвоживания наиболее интенсивно протекает при создании вакуума в накопительной емкости фильтрата 250-450 мм рт. ст. Подобраны дозы флокулянта «Zetag» (6-7 г на кг сухого вещества осадка).
4. Установлено, что 0,04-0,05 г овицидного препарата «ПУРОЛАТ-БИНГСТИ» на кг сухого вещества осадка позволяет получить безопасное в санитарном отношении удобрение. Эффект снижения жизнеспособных яиц гельминтов во всех экспериментах составлял 100%.
5. Предлагается конструкция автоматизированной установки комплексной обработки осадков, предусматривающей сбраживание, обеззараживание и обезвоживание осадков с целью их дальнейшей утилизации в сельском хозяйстве в качестве экологически безопасного эффективного органоминерального удобрения.

**Степанова П.В.**, доц. кафедры «Теплотехники, гидравлики, водоснабжение и водоотведение» АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел. (3852) 36-78-89, [po13@mail.ru](mailto:po13@mail.ru), [13pola@gmail.com](mailto:13pola@gmail.com).

**Иванов В.М.**, д.т.н., проф., зав. кафедрой «Теплотехники, гидравлики, водоснабжение и водоотведение» АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел. (3852) 36-78-89, [trodivilina@mail.ru](mailto:trodivilina@mail.ru)