

УДК 50.502/504.502.56/.568

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ
КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ФЕКАЛЬНЫХ ОТХОДОВ И УСТРОЙСТВ УТИЛИЗАЦИИ
ИЛОВОГО ОСАДКА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

**IMPROVEMENT OF METHODS FOR DISINFECTING SEWAGE FECAL WASTE
AND DEVICES FOR UTILIZATION OF SLUDGE FROM SEWAGE
TREATMENT PLANTS**

©Шарафиев Р. Г.,

Казанский (Приволжский) федеральный университет,
г. Набережные Челны, Россия

© Sharafiev R.

Kazan Federal University,
Naberezhnye Chelny, Russia

©Ахмадиев Г. М.,

д-р ветеринар. наук; ORCID: 0000-0002-0167-1055
Казанский (Приволжский) федеральный университет,
г. Казань, Россия, GMAhmadiev@kpfu.ru

©Akhmadiev G.

Dr. habil.; ORCID: 0000-0002-0167-1055
Kazan Federal University,
Kazan, Russia, GMAhmadiev@kpfu.ru

Аннотация. Проблема утилизации отходов очистных сооружений с каждым годом становится все острее для многих городских, поселковых, сельских поселений России. За прошедшие годы вблизи их территорий образовались многочисленные, перегруженные осадками иловые площадки, хвостохранилища, отвалы, карьеры. Их наличие существенно влияет на условия проживания населения, экологическую безопасность в регионах. Целью настоящей работы является сравнительная характеристика способа для обеззараживания канализационных фекальных отходов и устройства для утилизации илового осадка очистных сооружений. Осадки, образующиеся в процессе очистки сточных вод в виде избыточного ила, хотя и представляют ценность за счет содержания целого ряда органических компонентов, но не имеют постоянного состава. Это, в свою очередь, требует соблюдения определенных условий их обработки для использования в качестве удобрений при получении сельскохозяйственной продукции. В осадках нередко содержатся тяжелые металлы. Попадая в почву, они могут отрицательно воздействовать на растения, животных и человека, на природную среду в целом. Между тем, внесение в почву или производство на их основе различных компостов — один из путей решения проблемы избавления от огромного количества отходов, накапливающихся в населенных пунктах. Почва обогащается питательными макро– и микроэлементами и органическими веществами.

Утилизация осадков в виде удобрений в сельском хозяйстве позволит сократить расходы минеральных удобрений до 600–1000 руб./га. Для регулирования внесения осадков сточных вод в почву с учетом требований экологической безопасности необходимо ввести систему законодательных актов.

Abstract. The problem of utilization of waste treatment facilities every year becomes more acute for many urban, rural settlements in Russia. Over the years near their territories, numerous sludge-infested sludge plots, tailing dumps, dumps, and quarries were formed. Their presence significantly affects the living conditions of the population, environmental safety in the regions. The purpose of this paper is a comparative description of the method for disinfecting sewage fecal waste and a device for utilization of sludge from sewage treatment plants. Precipitation formed in the process of wastewater treatment in the form of excess silt, although they are of value due to the content of a number of organic components, but do not have a permanent composition. This, in turn, requires certain compliance with the processing conditions for use as fertilizers in obtaining agricultural products. In sediments, heavy metals are often found. Getting into the soil, they can adversely affect plants, animals and humans, the natural environment in general. Meanwhile, the introduction of various composts into the soil or production on their basis is one of the ways to solve the problem of getting rid of the huge amount of waste that accumulates in populated areas.

The soil is enriched with nutrient macro- and microelements and organic substances. Utilization of precipitation in the form of fertilizers in agriculture will reduce the costs of mineral fertilizers to 600–1000 rubles/ha. To regulate the introduction of sewage sludge into the soil, taking into account the requirements of environmental safety, it is necessary to introduce a system of legislative acts.

Ключевые слова: способ, обеззараживание, канализационные фекальные отходы, устройство, утилизация, иловый осадок, очистные сооружения.

Keywords: method, disinfection, sewage fecal waste, device, utilization, sludge, sewage treatment plant.

Иловые осадки на большинстве очистных сооружений, по оценкам специалистов, находятся в частично обезвоженном и недостаточно стабилизированном состоянии. Поэтому первоочередными задачами в решении проблемы являются уменьшение объемов отходов и последующее их размещение, использование в каких-либо целях или полной утилизации. Естественно, при обязательном соблюдении санэпиднорм и восстановлении благоприятного состояния окружающей среды [1–2]. Развитие методов, которыми обрабатываются отходы очистных сооружений происходило в мире в несколько этапов. В первой половине 20 в. преобладало анаэробное сбраживание. Вначале оно реализовывалось в двухъярусных отстойниках и эмшерах. Затем к этому оборудованию добавились метантенки с обезвоживанием обработанного ими ила и подсушиванием его в естественных условиях на специально устраиваемых иловых площадках. Далее производство очистных сооружений для больших поселений пошло по пути отказа от иловых площадок и внедрением оборудования, в котором обезвоживание осадка стало происходить принудительно (вакуум-фильтры) после предварительного кондиционирования отходов реагентами неорганического типа. В последнее время, из-за ряда существенных недостатков (низкая производительность, большой расход реагентов, высокая затратность эксплуатации, антисанитарные условия, сложность) вакуум-фильтры стали заменяться более инновационными технологиями. Среди них обезвоживание осадка на камерных, ленточных и рамных фильтр-прессах, шнековых обезвоживателях осадка, осадительных центрифугах. А предварительное кондиционирование отходов стали делать с применением органических флокулянтов. Опыт города Кувейта показывает, что проблема обезвоживания осадка от городских стоков (66 тыс м³/сут)

усугубляется недостатком свободных площадей для расширения песковых площадок. Сегодня их работает 3, в каждой из которых 10 ячеек размером 15×25 м. Ежедневная производительность сооружений 278 м² отходов с влажностью 40%. По принятой технологии ежедневно с площадок вынимается и вывозится танкерами 500 м³ обработанного осадка. Прогнозные расчеты ученых указывают на значительный рост объема осадков в ближайшие годы и необходимости принимать меры для их утилизации. Очистные сооружения города явно устарели (последняя реконструкция была проведена в 1981–82 гг.). Поэтому специалисты рекомендовали их полностью модернизировать, а для снижения объема осадков предложили производить их обезвоживание с использованием центрифуг, фильтр–прессов, вакуум–фильтров. Естественно, с применением флокулянтов. Опыт города Йоркшира (Англия) свидетельствует, что ежедневное поступление стоков на очистные сооружения города, на которых успешно работает флотационная установка современной инновационной конструкции, оценивается примерно в 1 млн м³. После переработки на выходе получается 1,40 тыс м³ осадка с влажностью ~96%. Для его обезвоживания до недавнего времени применялись фильтр–прессы, которые из-за недостаточной производительности, являлись причиной постоянного накопления необезвоженного осадка. Объем последнего в 2005 г. достиг 50 тыс м³. Сегодня фильтр–прессы заменены двумя центрифугами декантерного типа. Работают они без остановки, обрабатывая в час 30 м³ осадка, понижая их влажность с 96% до 75%. Использование новой технологии позволило снизить объем отходов, подлежащих дальнейшей утилизации, и энергозатраты на обезвоживание осадка. В Швеции 83% жителей (население 8,8 млн чел.) обитают в городах, из них 1/3 в Мальме, Гетеборге, Стокгольме. Они, вместе с промышленностью и сельским хозяйством, «производят» в год больше 1 млн м³ стоков. Они перерабатываются ~2 тыс очистных сооружений и «выдают» ~180 тыс т сухого осадка с влажностью 82%. Почти на каждом сооружении в составе действующего оборудования имеется автоматическая станция приготовления и дозирования флокулянта и коагулянта, высокопроизводительный флотатор и другое очистительное оборудование. Снижение влажности осадка производится, в основном, на центрифугах с обязательным использованием флокулянтов. Отказ от фильтр–прессов и вакуум–прессов позволил шведам улучшить ситуацию с отходами по сравнению с другими странами. В дальнейшем на больших очистных сооружениях планируется внедрить технологию сжигания отходов. Опыт Санкт-Петербурга показывает, что острота проблемы утилизации отходов в городе усугубляется невозможностью строительства иловых площадок из-за близкого расположения к поверхности грунтовых вод. К этому добавляются сложные климатические условия региона и отсутствие достаточных свободных площадей. Проектом городских очистных сооружений обезвоживание осадка было предусмотрено с использованием вакуум–фильтров, термических сушилок и дальнейшим его применением как удобрения в сельском хозяйстве. Практически указанные технологии не оправдали себя по разным причинам (необходимость больших количеств химреагентов, нестабильность работы, отказ агропромкомплекса использовать отходы на полях). Временным выходом из ситуации явилось строительство под городом специальных полигонов, на которых складировались обезвоженные осадки. К 2002 г. их объем достиг 6 млн куб. м, а площадь занятых земель составила 196 га. Учитывая постоянно растущие потребности под складирование отходов (до 10 га ежегодно), их негативное влияние на природную среду и население, было принято решение усовершенствовать используемые в очистке стоков технологии. Сегодня очистные сооружения постоянно модернизируются, заменяется старое и устанавливается высокоэффективное, как, например,

установка УФ обеззараживания воды оборудование. А в утилизации осадка используется технология механического его обезвоживания и последующего сжигания.

В Украине обезвоживание осадка, получаемого при очистке стоков, производится, в большинстве, с использованием иловых площадок. Расположены они на окраинах поселений, постоянно «растут» по площади (например, под Киевом на 14 га ежегодно) и представляют реальную угрозу вторичного загрязнения природной среды. Площадки с илом экологически опасны уже сегодня и особенно в будущем. Большинство из сооружений уже заполнено, осадки и вода «уходят» через край, что ведет к загрязнению природы. В лучшем случае перекачиваются, например, с использованием канализационной насосной станции (КНС) назад, для обработки на очистные станции, что ведет к перегрузке последних и увеличению затрат на очистку. В перспективе возможна ситуация с попаданием в грунт загрязненной воды и загрязнением водотоков, подземных вод. Опыт рекультивации иловых площадок направлен на сохранение надлежащего экологического, санитарно-эпидемиологического состояния крупных городов требует принятия мер для рекультивации полигонов, на которых хранятся обезвоженные осадки от переработки стоков. В первую очередь тех, которые расположены в городской черте. Вопрос рекультивации площадок, входящих в систему очистных сооружений, важен не только с экологической стороны, но и несет выгоды в социальном и экономическом плане. Удаление, утилизация осадка освобождает территории, которые затем могут использоваться под гражданское строительство или другие социально значимые цели. В качестве примера может служить Москва, где использование методов депонирования и механического обезвоживания осадка позволило за 5 лет решить вопрос рекультивации площадок станции аэрации в Курьянове, занимавших ~800 га земель. В ходе работ было утилизировано 15 млн м³ осадков и построен жилой массив на 3,5 млн м² жилья под названием «Мариинский парк» [3].

Целью работы является сравнительная характеристика способа для обеззараживания канализационных фекальных отходов и устройство для утилизации илового осадка очистных сооружений.

Для разработки способа для обеззараживания канализационных фекальных отходов и для утилизации илового осадка очистных сооружений в устройствах ни малое значение имеет обезвоживание отходов. Основная стадия обработки отходов, после прохождения загрязненных стоков через, например, флотационную установку — их обезвоживание. Операция позволяет значительно уменьшать их объем, влажность, что сокращает необходимые, например, площади для хранения. Снижает последующие затраты на полную утилизацию осадков [4].

Применяемое сегодня при производстве очистных сооружений оборудование, выпускаемое, в частности, компанией «Эководстройтех» для обезвоживания отходов, может классифицироваться по типу воздействия на них: обезвоживание с использованием вакуума; обезвоживание с использованием дополнительного избыточного давления; обезвоживание с использованием центробежных сил. Аппараты и оборудование, реализующие на практике в очистных сооружениях отмеченные методы имеют свои преимущества и определенный ряд недостатков. В достоинствах вакуум-фильтров возможность обезвоживать осадки без предварительного выделения из них песка и отсутствия неприятных запахов. Но для их работы требуется много вспомогательного оборудования: центробежные насосы, ресиверы, воздухоподогреватели, вакуум-насосы и пр. Сложно и управление вакуум-насосами, низка их надежность, в оборудовании нельзя использовать для кондиционирования отходов

органические флокулянты. Устройства громоздки, потребляют много электроэнергии, загрязняют при работе окружающую среду. Фильтр-прессы позволяют «доводить» осадки до низкой влажности. Их чаще применяют в технологиях, в которых предусматривается дальнейшее сжигание или сушка отходов. Такой тип оборудования рационально использовать в производстве очистных сооружений для предприятий, в стоках которых высокое содержание минеральных примесей [5].

Сегодня все чаще на очистных сооружениях применяется для обезвоживания осадка оборудование, работающее по методу его центрифугирования. Достоинства его в простоте конструкции, экономичность, хорошей управляемости процессом. Именно центрифугирование позволяет до возможного минимума сократить влажность (соответственно, и объем) отходов. Среди наиболее производительных центрифуг, используемых компанией «Эководстройтех» при разработке и производстве очистных сооружений, продукция производителя «Вестфалия–Сепаратор» (Германия). Оборудование внедрено на многих очистных объектах страны и доказали свою эффективность. В линейке достойных внимания специалистов также центрифуги «BARGAM» (Италия) декантерного типа, шнековые дегидраторы от японской компании «AMCON». Преимущества декантеров «BARGAM»: в возможности применения для обработки разных по составу и концентрациям примесей осадков и стоков; обезвоживание осадка до 62%...68% влажности (отечественные центрифуги ОГШ, например, обеспечивают этот показатель на уровне 70%...75%); простоте обслуживания; высокой степени автоматизации процессов; автоматический подбор, как это происходит и в станциях приготовления и дозирования флокулянта и коагулянта от компании «Эководстройтех», подходящей дозы флокулянта; доступная цена, относительно низкая масса. Особенности дегидратора «AMCON»: возможность его использования в очистных сооружениях, принимающих разные по составу и концентрациям примеси осадки и стоки; широкий диапазон (35...2 г/л) возможных концентраций взвешенных веществ в обезвоживаемых осадках; 68%...75% влажность обработанного осадка на выходе; наличие в конструкции зоны сгущения, исключающей необходимость доукомплектации очистных сооружений илоуплотнителями; невозможность засорения барабана в процессе работы, что экономит воду для промывки; отсутствие высокооборотных и высоконагружаемых узлов, низкий уровень вибрации, шума; низкие эксплуатационные затраты, энергопотребление; малые габаритные размеры, вес; полная автоматизация работы. Обезвоживание осадка дегидратором «AMCON» Вначале стабилизированный осадок перемещается насосом для предварительной обработки флокулянтам в специальное отделение дегидратора. Затем подается узел, который производит выдавливание из него избыточной влаги. Фильтрат вытекает наружу сквозь имеющиеся зазоры между кольцами. Ширина зазоров от зоны сгущения уменьшается к зоне обезвоживания. Уменьшается и шаг витков шнекового пресса, что увеличивает давление в толще обрабатываемого осадка. Предельное давление внутри барабана регулируется прижимной пластиной, установленной в конце шнека. Фильтрат от дегидратора возвращается к началу очистных сооружений, спрессованный осадок в накопительный контейнер. Развитие современных промышленных технологий постоянно приводит к «появлению» в промышленных стоках новых загрязнителей (ПАВы, консерванты, не биогенные, сложные органические вещества), который сегодня на существующих очистных сооружениях известными методами невозможно удалить. Поэтому они сбрасываются вместе с обработанными стоками в водоемы, загрязняют их сверх установленных нормативов. Выше указанным загрязнителям, добавляются проблемы с загрязненностью городских стоков токсичными веществами,

зараженностью патогенными микроорганизмами, загниванием. Их трудно, а часто и невозможно довести известными методами до приемлемого состояния. В результате то же загрязнение природы, вред здоровью людей, снижение комфортности их проживания. Решать эту проблему сегодня специалисты компании «Эководстройтех» предлагают использованием термической обработки отходов после их обезвоживания. Тепловая обработка полностью обеззараживает осадок, стабилизирует его свойства, улучшает водоотдачу, позволяет полностью отказаться от применения реагентов. Среди эффективного оборудования для тепловой обработки осадка, имеющего влажность 80%...82%, являются установки прямоточной сушки, способные на выходе «выдавать» отходы с 40%...50% влажностью. Их использование в очистных сооружениях позволяет совмещать несколько операций: сушку, обеззараживание осадка, его пневматическое перемещение на площадки складирования. Работа установки прямоточной тепловой обработки отходов состоит из операций: подача обезвоженного, например, в центрифугах, до влажности 80%...85% осадка в аккумулирующую емкость-бункер; перемещение осадка винтовыми насосами по трубопроводам до форсунок; впрыскивание осадка в высокотемпературную среду, создаваемую за счет сжигания какого-либо топлива; транспортировка осадка в высокотемпературной среде; улавливание высушенного и обезвоженного осадка; уплотнение осадка винтовым питателем и перемещение в зону хранения. Высушенный термически осадок становится безопасным для окружающей природы, может использоваться как органоминеральное удобрение. Пиролиз сегодня в числе инновационных технологий переработки отходов и считается специалистами компании «Эководстройтех» лучшим, чем сжигание. Метод заключается в разложении органических соединений при недостатке или отсутствии кислорода и одновременном воздействии высоких температур. На выходе получают смолу и экологит (твердый продукт), которые могут использоваться без опасений нанести урон природе в других технологиях (например, при производстве керамзита, бетона).

Сегодня на рынке оборудования для очистки стоков известны примерно полусотня различных систем, реализующих на практике метод пиролиза осадка. Отличаются они исходным сырьем, рабочей температурой, конструктивными и технологическими решениями. При всех достоинствах у метода пиролиза осадка существует один большой недостаток: значительный расход топлива для создания нужной температуры. Устранить его можно путем использования взрывной камеры. Причем она позволяет в разы увеличить и рабочую температуру (до 2500°C...5000°C), что может вывести метод пиролиза в число экономически целесообразных направлений утилизации осадка. Схема утилизации по этому методу — технологии утилизации отходов очистных сооружений во взрывной камере предполагает: направление ила во взрывную камеру, осуществление взрыва; очистка газо-воздушной смеси, накопление твердого остатка, перемещение его к месту хранения; отбор избыточного тепла, использование его, например, для отопления домов; накопление жидкого остатка и перемещение его на дальнейшую утилизацию; очистка и выброса в атмосферу газовой смеси. Параметры взрывной камеры подбираются к характеристикам применяемых взрывных веществ. В достоинствах такой технологии утилизации отходов очистных сооружений: возможность обработки осадка с любой влажностью; упрощение конструкции устройств; повышенная эффективность сжигания, обеззараживания осадка; уменьшение запыленности отходящих газов. Единственным недостатком использования взрывной камеры для утилизации отходов является необходимость точного ее расчета, связанного со значительными нагрузками на материалы, возникающие при взрыве. Естественно, и

устойчивости всей конструкции, поддерживающей ее и обеспечивающей функционирование метода.

Переработка и обезвреживание осадка очистных сооружений — актуальный экологический вопрос для всего СНГ. Длительный период наши отстойники чистились нерегулярно, накапливались горы ила, которые никто не убирал. А если это делалось, то стихийно и бессистемно. Присутствие данных отходов на открытом воздухе вредит окружающей среде и здоровью человека, ухудшая эпидемиологическую обстановку. В настоящее время стоит цель минимизировать количество отходов путем целесообразного распределения, дальнейшего применения либо эффективной утилизации. Как пример — рекультивация городских отвалов и хранилищ, содержащих остатки переработанных стоков. В результате этой операции не только осуществляются природоохранные мероприятия, но и может извлекаться прибыль из ненужной дисперсной биомассы. К тому же расчищаются заброшенные земельные участки, которые превращаются в ликвидное имущество [5].

Показателен опыт столицы, где была реализована программа, позволившая в течение пятилетки завершить рекультивацию шламового хозяйства Курьяновской станции аэрации на 800 га. Утилизировано 15 млн м³ отходов и возведен микрорайон «Мариинский парк» с жилой площадью 3,5 млн квадратных метров. В Германии известен метод сжигания ила для производства синтетического горючего. Так, сжигая 350 тыс т ила, получают объем горючего, приравняемый к 700 тыс баррелей нефти и 175 тыс т угля.

За всю историю санитарно-очистной отрасли общество испробовало множество способов воздействия на отходы с целью обезопаситься от их негативного влияния. От простейших до высокотехнологичных и многоступенчатых [6]. В прошлом веке преимущественно было распространено анаэробное сбраживание в эмшерах. В этих резервуарах стоки осветлялись, а выпавший осадок сбраживался. Отстаивание проходило в их верхнем ярусе, сбраживание — внизу. Впоследствии придумали метантенки, в которых после химической реакции осадок обезвоживался, а затем сушился в естественных условиях на отдельных илоплощадках. Со временем мегаполисам по понятным причинам пришлось от них отказаться. Взамен появилось оснащение, принудительно обезвоживающее обработанный реагентами осадок, пропущенный через вакуум-фильтр. Однако оно обладало серьезными изъянами: небольшой мощностью, низким КПД, значительным потреблением реагентов, громоздкостью, низкой экозащищенностью, — и сегодня подобные схемы уходят в прошлое [7]. Актуальным стало оборудование, обезвоживающее ил в камерных, ленточных, рамных фильтр-прессах, шнековых обезвоживателях, осадочных машинах. Его кондиционирование происходит посредством органических флокулянтов [12].

Данный метод является инновационным в сфере операций с отходами. Он расценивается как наиболее прогрессивный и перспективный в сравнении с сжиганием. Смысл пиролиза в расщеплении органических веществ в высокотемпературных условиях в бескислородной среде. В качестве готового продукта фигурируют безопасная смола и экологит, служащие исходным материалом, например, для изготовления керамзита или бетона. Разработки этого направления имеются в достаточном количестве как в России, так и за рубежом. Эксперты отмечают до 50 разнообразных моделей пиролизных установок. Их технические характеристики зависят от состояния сырья, температуры эксплуатации, особенностей устройства. Впрочем, многочисленные достоинства омрачает большой минус, присущий пиролизу осадка. Для достижения проектной температуры требуется внушительный объем горючего. Специалисты нашли выход из ситуации путем создания взрывной камеры, что позволило на порядок поднять температуру технологического

процесса — до 5000 °С. Среди преимуществ взрывной камеры любая влажность сырья, простота конструкции, максимальная продуктивность сгорания, отсутствие запыленности остаточного газа. К недостаткам можно отнести скрупулезный расчет ее рабочей конструкции. Параметры камеры должны соответствовать типу взрывоматериалов, которые планируется использовать. Это объясняется воздействием больших механических сил, наблюдающихся в момент взрыва. Динамический удар стремится разрушить установку, поэтому она должна быть прочной. Хотя существенным недостатком такое условие не назовешь [11].

Научные эксперименты свидетельствуют о вероятности применения специально подготовленных осадков в производстве цемента. Шлам после очистки жидких отходов промышленной гальваники добавляют в исходный материал как пластификатор. А высушенный водоканализационный ил, обладающий высокой теплотворной способностью, можно использовать в качестве топлива для изготовления строительной смеси [10].

Исследователи нашли альтернативные пути добычи белка — из биологических отходов. В таком белке содержатся аминокислоты, микроэлементы и витамины группы В. Этот процесс обеспечивают колонии окислительных бактерий, живущих в биологическом очистном сооружении, а источником является активный ил. Почему он активный? Потому что содержащиеся в нем микроорганизмы участвуют в очистке сточных вод на клеточном уровне [16]. Принцип прост: микрофлора питается растворенной органикой, выступая в роли санитара. Сложный биохимический процесс идет в двух плоскостях: окисление до распада на углекислый газ и воду, клеточное синтезирование (воспроизводство). Расчет осадка при биологической очистке составляет около 1% от общего объема сточных вод [12].

Для дезинфекции осадка используется термосушка. Это приспособление функционирует по «продвинутому» принципу, посредством которого осадок обеззараживается, стабилизируются его качества, оптимизируется водоотдача. Вдобавок термический метод позволяет полностью отказаться от применения реагентов. Что касается средств тепловой обработки ила с влажностью около 80%, то наиболее подходящими признаны установки прямоточной сушки. Они ценятся тем, что выдерживают неплохой показатель влажности на выходе, не превышающий 40–50%. А еще прямоточная установка способна комбинировать собственно сушку, обеззараживание осадка, подачу его сжатым воздухом в места складирования [7].

Масса активного ила, содержащего сложные микроэлементы, а также азот и особенно фосфорные соединения постоянно накапливаются, поэтому люди вынуждены принимать дополнительные меры по его переработке. В данном аспекте интересна технология производства почвогрунтов (эта субстанция, конечно, уступает сапропелю и гумусу по содержанию питательных веществ, но тем не менее...). Данным методом обезвреживают избыточно активный ил посредством барабанных вакуум-фильтров, центрифуг с дальнейшей сушкой при параллельном гранулировании. При этом выходят готовые изделия-окатыши, из которых затем изготавливаются стойкие для разложения, отлично хранящиеся и транспортабельные органоминеральные удобрения, удобные в использовании по прямому назначению. Технология позволяет одновременно утилизировать осадок, производить полезный агро материал да еще и зарабатывать на этом! Единственное условие — строгий контроль над кондицией готового продукта, который не должен содержать примеси тяжелых металлов, химикаты и яйца паразитов. Если соблюсти его нельзя, следует выбрать иной способ утилизации, например сжигание [9].

Выше описанные методы появились, что называется, не от хорошей жизни, а из-за периодически обнаруживаемых «свежих» ядов и токсичных образований. Зачастую они труднораспознаваемы, плохо поддаются анализу и устранению. Попадая в водную среду после традиционных очистных операций, не являющихся для них препятствием, они становятся опасным замаскированным источником загрязнения. Но больше всего в коммунальных стоках содержится патогенной микрофлоры и продуктов гниения. Бороться с ними непросто, а обезвредить со стопроцентным эффектом допотопными способами и вовсе нереально. Поэтому вслед за усовершенствованием собственной жизнедеятельности мы обязаны адекватно развивать утилизационную индустрию, поглощающую отходы канализации [2].

С ростом городов, развитием промышленности во всех регионах РФ проблема оптимизации взаимодействия человека и природы является актуальной, поскольку решение ее имеет большое значение для сохранения природы. Одним из источников антропогенного влияния городов на объекты природы являются бытовые сточные воды, в процессе очистки которых образуются отходы в виде осадков. Расчетное количество на одного человека в год образующегося сухого осадка составляет более 30 кг.

В России с численностью населения 148 млн человек, в том числе городского населения свыше 100 млн человек, расчетный объем образующихся отходов в виде осадков городских сточных вод оценивается ориентировочно в 4,4 млн т. в год (по сухому веществу). Такое количество образующихся отходов, в свою очередь, требует значительных затрат и производственных площадей для организации экологически безопасного их хранения. Существующие технологии предварительного обезвреживания и обезвоживания таких отходов являются энергоемкими, длительными по продолжительности и для их реализации применяется дорогостоящее оборудование. Образующиеся в процессе очистки сточных вод осадки характеризуются высоким содержанием ценных органических веществ, но в тоже время не гарантируется отсутствие бактериальных загрязнителей (наличие патогенных, термотолерантных микроорганизмов, простейших организмов, микробов и вирусов). Кроме того, имеет место содержание в осадках тяжелых металлов. Создание систем обеззараживания и обезвоживания образующихся осадков с целью их последующей утилизации при строительстве новых или реконструкции действующих городских очистных сооружений приводит к увеличению капитальных вложений в 1,8–2,3 раза. За счет размещения оборудования для обработки осадков производственные площади очистных сооружений увеличиваются в 1,7 раза. При этом возрастают резко эксплуатационные затраты с учетом вывоза предварительно обеззараженных и обезвоженных осадков. В тоже время образующиеся на городских очистных сооружениях осадки представляют собой важнейший источник органических, питательных и биологически активных веществ. Использование обезвреженных осадков взамен органических удобрений решает важную проблему обогащения загрязненных почв за счет обогащения их органическим углеродом и элементами питания для растений. Исследования последних лет показали возможность успешного применения гидродинамической кавитации для дезинтеграции различных твердых веществ и микроорганизмов. Экспериментальные исследования отечественных и зарубежных ученых показали эффективность применения кавитации для дезинтеграции различных видов микроорганизмов. При кавитационном воздействии происходит дезинтеграция грамм-положительных и грамм-отрицательных аэробных и анаэробных бактерий, палочковидных, простейших организмов, микробов и вирусов. Для реализации процесса обработки осадков с целью их обеззараживания и улучшения способности к

обезвоживанию предлагаются разработанные ООО «ЭКО–ТЕХ–МОСКВА» гидродинамические аппараты, в которых кавитация возникает за счет интенсивности поля скоростей в потоке. Основным фактором, определяющим перспективность использования гидродинамической кавитации для дезинтеграции микроорганизмов, является механическое воздействие кумулятивных микропузырьков. Интенсивность кавитационного воздействия определяется режимом течения, а затраты энергии в 10–15 раз меньше, чем при использовании ультразвука. До последнего времени практическое применение гидродинамической кавитации для дезинтеграции микроорганизмов сдерживалось из-за отсутствия конструкции надежного кавитационного генератора. В настоящее время разработан гидродинамический кавитационный генератор, обеспечивающий образование кавитационного поля, необходимого для дезинтеграции содержащихся в остаточном иле микроорганизмов при высокой производительности до 100 м³/час. Исходный осадок в виде водно-иловой смеси через патрубок подают в рабочую камеру роторного гидродинамического кавитационного аппарата. В процессе гидродинамической кавитации происходит образование полей кавитационных пузырьков и кумулятивных микроструек диаметром 5–200 мкм, движущихся со скоростью от 50 до 1500 м/с. При движении смеси скорость движения уменьшается, давление возрастает и происходит схлопывание кавитационных пузырьков. Давление в точках схлопывания кавитационных пузырьков может достигать $1,5 \times 10^3$ МПа. Известно, что интенсивность кавитации зависит от величины и частоты пульсаций давления, возникающего при перекрытии кавитаторами ротора зазоров между кавитаторами статора. Частоту этих пульсаций можно повысить посредством увеличения количества кавитаторов ротора и статора, повышением частоты вращения ротора или дополнительным вращением статора в сторону, противоположную направлению вращения ротора. Увеличение количества кавитаторов в ряду ротора имеет предел, обусловленный радиусом ротора, минимальным шагом расположения кавитаторов по окружности ротора и минимальной шириной кавитатора, необходимой для полного перекрытия кавитаторами ротора зазоров между кавитаторами статора. Максимально допустимый радиус ротора ограничивается минимально необходимым запасом прочности элементов ротора на растяжение под действием центробежных сил, возникающих при вращении ротора. Максимально допустимая частота вращения ротора ограничивается параметрами подшипникового узла вала ротора и не превышает 3000 об/мин. При вращении ротора, его каналы периодически совмещаются с каналами статора. Выходя из каналов статора, жидкость собирается в рабочей камере и выводится через выходной патрубок. В период времени, когда каналы ротора перекрыты стенкой статора, в полости ротора давление возрастает, а при совмещении канала ротора с каналом статора давление за короткий промежуток времени сбрасывается и в результате этого в канал статора распространяется импульс давления. Скорость потока жидкости в канале статора является переменной величиной. При распространении в канале статора импульса избыточного давления, вслед за ним возникает кратковременный импульс пониженного («отрицательного») давления, так как совмещение каналов ротора и статора завершилось, и подача жидкости в канал статора происходит только за счет «транзитного» течения из радиального зазора между ротором и статором. Объем жидкости, вошедший в канал статора, стремится к выходу из канала, и инерционные силы создают растягивающие напряжения в жидкости, что вызывает кавитацию. Кавитационные пузырьки растут при понижении давления до давления насыщенных паров обрабатываемой жидкости при данной температуре, и схлопываются или пульсируют при увеличении давления в канале статора. Часть кавитационных пузырьков

выносятся в рабочую камеру. В связи с тем, что скорость потока жидкости в канале статора велика и имеет флуктуации, поток имеет развитую турбулентность. При вращении ротора в зазоре между ротором и статором возникают большие сдвиговые напряжения. Основные технические характеристики кавитационного генератора приведены в Таблице.

Таблица.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАВИТАЦИОННОГО ГЕНЕРАТОРА

<i>Показатели</i>	<i>Единицы измерения</i>	<i>Значения показателей</i>
Производительность по исходной пульпе	м ³ /час	100
Частота вращения приводного вала	мин ⁻¹	3000
Мощность двигателя	кВт	110
Масса	Т	1,5
Габаритные размеры	м	1,8×0,8×0,7

Обработка осадков на гидродинамическом кавитационном аппарате приводит к изменению целого ряда их свойств, в том числе увеличивается способность влагоотдачи, что позволит значительно сократить или исключить применение дорогостоящих реагентов на стадии обезвоживания. Полученные в процессе испытаний кавитогенератора данные свидетельствуют о значительном повышении влагоотдачи обработанных осадков, что особенно важно для увеличения эффективности последующего процесса их обезвоживания. Поскольку процесс обезвоживания осадков является энергоемким и осуществляется с использованием дорогостоящих реагентов и оборудования. Изменение указанного свойства осадка после кавитационной обработки является важным при утилизации обезвоженных осадков. Также наблюдается некоторое изменение химического состава осадков после кавитационной обработки. Однако, в пробах осадков, содержащих тяжелые металлы в пределах 1,5–5 мг/л достижение установленных нормативов для последующего внесения их в почву не гарантировано. Соответственно, предлагается комплексная технология обработки осадков с совмещением процессов обезвреживания методом кавитации и известного и проверенного ранее метода детоксикации тяжелых металлов с применением гуминовых препаратов. Детоксикация тяжелых металлов, находящихся в осадках, гуминовыми препаратами. Наиболее перспективным и достаточно исследованным процессом детоксикации тяжелых металлов является связывание содержащихся в осадках токсинов гуминовыми препаратами. Основу последних составляет гуминовая кислота, для которой характерны насыщенность различными функциональными группами, повышенная реакционной способностью при окислительно-восстановительных и комплексообразующих процессах. При взаимодействии с тяжелыми металлами образуются нерастворимые соли, не способные к миграции в растения. К тому же гуминовая кислота является средой, в которой интенсивно развивается естественная почвенная микрофлора, способствующая разрушению трудноокисляемых органических примесей. Детоксикация иловых осадков гуминовым препаратом исключает действие тяжелых металлов и позволяет использовать их в качестве основы искусственных почв и удобрений в сельском хозяйстве [5].

Как известно, осадок в виде избыточного ила богат гуминовыми веществами, которые положительно влияют на урожайность [12]. Проведенные в 1996–2000 гг. научные эксперименты по выращиванию овощной и злаковой продукции на компосте показали исключительно высокие агрономические качества этого естественного удобрения, т. к. в нем содержится более 60% органики, 1,2% калия, 0,9% фосфора, 2,5% кальция, его рН = 7,6–7,8. Опыты, проводимые Ленинградским Институтом Токсикологии, показали прибавку урожая

картофеля на 77%. Содержание солей тяжелых металлов (свинец, ртуть, кадмий, мышьяк, медь, цинк, никель, хром, олово) в выращенных на компосте огурцах и помидорах оказалось меньше, чем в почве и по заключению института «продукция растениеводства по исследованным показателям полностью безопасна» (заключение №01-05/337 от 10.11.96 г.) [1]. Аналогичные результаты получены Всероссийским научно-исследовательским, конструкторским и проектно-технологическим институтом химической мелиорации почв (ВНИПТИМ) Российской академии сельскохозяйственных наук [10]. На основании Протокола испытаний огурцов и почвы на содержание тяжелых металлов, выполненному по письму ГУП МПБО-П за №01-121 от 10.07.96 имеется заключение: «содержание тяжелых металлов в плодах огурцов ниже ПДК для овощей». Однако, технология получения компоста на базе осадков сточных вод является длительным процессом, для его реализации требуются дополнительные производственные площади и эксплуатационные затраты. Применение кавитационного генератора для обеззараживания осадков позволит оптимизировать дополнительные затраты, исключит необходимость строительства отдельных производственных помещений. Время обработки осадков составляют минуты по сравнению с многосуточным по другим технологиям [9].

Осадки, образующиеся в процессе очистки сточных вод в виде избыточного ила, хотя и представляют ценность за счет содержания целого ряда органических компонентов, но не имеют постоянного состава [7]. Это, в свою очередь, требует определенных соблюдения условий их обработки для использования в качестве удобрений при получении сельскохозяйственной продукции. В осадках нередко содержатся тяжелые металлы. Попадая в почву, они могут отрицательно воздействовать на растения, животных и человека, на природную среду в целом. Между тем, внесение в почву или производство на их основе различных компостов — один из путей решения проблемы избавления от огромного количества отходов, накапливающихся в населенных пунктах. Почва при этом обогащается питательными макро- и микроэлементами и органическими веществами. Утилизация осадков в виде удобрений в сельском хозяйстве позволит сократить расходы минеральных удобрений до 600–1000 руб./га. Для регулирования внесения осадков сточных вод в почву с учетом требований экологической безопасности необходимо ввести систему законодательных актов. Правовые акты такого рода приняты в большинстве развитых стран в конце 70-х — начале 80-х годов. В них закреплены меры, обеспечивающие экологическую безопасность и предотвращение риска ухудшения санитарно-гигиенического качества сельскохозяйственной продукции.

Список литературы:

1. Ахмадиев Г. М., Ахметшин Р. С. Устройство для обеззараживания и утилизации илового осадка очистных сооружений // Патент на полезную модель RUS 172829, 09.03.2016.
2. Ахмадиев Г. М. Разработка способа и устройства для обеззараживания и утилизации илового осадка очистных сооружений // Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. 2018. №1 (77). С. 3-12.
3. Гюнтер Л. И. Состояние и перспективы обработки и утилизации осадков сточных вод. Ч. 2 // Водоснабжение и санитарная техника. 2005. №12-2. С. 5-9.
4. Касатиков В. А. Агрогеохимические свойства осадков городских сточных вод и торфоилового компоста // Агрохимия. 1996. №8-9. С. 87-96.
5. Керин А. С., Нечаев И. А. Ленточные фильтр-прессы и сетчатые сгустители в технологии обработки осадков // Водоснабжение и санитарная техника. 2005. №5. С. 41-45.

6. Богатеев И. А., Керин А. С., Сахно А. П., Керин К. А. Разработка, проектирование и реализация систем обработки осадков сточных вод // Ежемесячный научно-технический и производственный журнал. 2009. №1. С. 32.

7. Осадчий С. Ю., Гонопольский А. М., Змеев С. В. Актуальные проблемы в области управления отходами производства и потребления. Перспективы создания нормативно-законодательной базы в России // Экология и промышленность России. 2009. №12. С. 9.

8. Червяков В. М., Юдаев В. Ф. Гидродинамические и кавитационные явления в роторных аппаратах. М.: Машиностроение-1, 2007. 128 с.

9. Сидоров С. М., Керин А. С., Соколова Е. В. Применение установки «УГОС-110» в технологических процессах обработки осадков сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. №7. С. 66-72.

10. Пат. 2438769 RU. Роторный гидродинамический кавитационный аппарат для обработки жидких сред. Скворцов Л. С., Сердюк Б. П., Грачева Р. С. Заяв. Nq201 012896213.06.2010 г. Пер. 10.01,2012 г.

11. Юдаев В. Ф. Критерий границы между процессами кавитации и кипения // Теоретические основы химической технологии. 2002. Т. 36. №6. С. 599-603.

12. Иванов А. А., Юдина Н. В., Мальцева Е. В., Матис Е. Я. Исследование биостимулирующих и детоксицирующих свойств гуминовых кислот различного происхождения в условиях нефтезагрязненной почвы // Химия растительного сырья. 2007. №1.

References:

1. Akhmadiev, G. M., & Akhmetshin R. S. The device for decontamination and utilization of sludge of sewage treatment plants. Patent for utility model RUS 172829, 09.03.2016. (in Russian)

2. Akhmadiev, G. M. (2018). Development of a method and device for decontamination and utilization of sludge of sewage treatment plants. *Socio-economic and technical systems: research, design, optimization, 1* (77). 3-12. (in Russian)

3. Günther, L. I. (2005). State and prospects of treatment and utilization of sewage sludge. Part 2. *Water supply and sanitary engineering*, (12-2), 5-9.

4. Kasatkov, V. A. (1996). Agrogeochemical properties of sediments of urban wastewater and peat composts. *Agrochemistry*, (8-9), 87-96. (in Russian)

5. Kerin, A. S., & Nechaev, I. A. (2005). Belt filter presses and net thickeners in the technology of processing precipitation. *Water supply and sanitary engineering*, (5), 41-45. (in Russian)

6. Bogateev, I. A., Kerin, A. S., Sakhno, A. P., & Kerin, K. A. (2009). Development, design and implementation of sewage sludge treatment systems. *Monthly scientific, technical and industrial journal*, (1), 32. (in Russian)

7. Osadchiy, S. Yu., Gonopolsky, A. M., & Zmееv, S. V. (2009). Actual problems in the field of waste production and consumption management. Prospects for creating a regulatory and legislative framework in Russia. *Ecology and Industry of Russia*, (12), 9-9. (in Russian)

8. Chervyakov, V. M., & Yudaev, V. F. (2007). Hydraulic and cavitation phenomena in rotor apparatus: monograph. М.: Mechanical Engineering-1. 128 (in Russian)

9. Sidorov, S. M., Kerin, A. S., & Sokolova, E. V. (2011). Application of the "UGOS-110" installation in the technological processes of sewage sludge treatment. *Water supply and sanitary engineering*, (7), 66-72. (in Russian).

10. Pat. 2438769 GB. Rotary hydrodynamic cavitation apparatus for processing liquid media. Skvortsov, L. S., Serdyuk, B. P., Gracheva, R. S. Application. Nq201 012896213.06.2010. Per. 10.01.2012 (in Russian).

11. Yudaev, V. F. (2002). Criterion of the boundary between the processes of cavitation and boiling. *Theoretical basis of chemical technology*, 36 (6), 599-603.

12. Ivanov O. N., Argunov N. D., Shulgin A. I. (2002). Application of humic preparations for detoxification and reclamation of contaminated land. *Science in Moscow and the regions*, (1) (in Russian).

*Работа поступила
в редакцию 22.04.2018 г.*

*Принята к публикации
26.04.2018 г.*

Ссылка для цитирования:

Шарафиев Р. Г., Ахмадиев Г. М. Совершенствование способов для обеззараживания канализационных фекальных отходов и устройств утилизации илового осадка очистных сооружений // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. №5. С. 197-210. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/sharafiev> (дата обращения 15.05.2018).

Cite as (APA):

Sharafiev, R., & Akhmadiev, G. (2018). Improvement of methods for disinfecting sewage fecal waste and devices for utilization of sludge from sewage treatment plants. *Bulletin of Science and Practice*, 4(5), 197-210.