

УДК 628.336.7

М.С. Дьяков, А.В. Цыбина, У.В. Груздева

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ И ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД: РЕТРОСПЕКТИВА И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ

Рассматривается проблема утилизации крупнотоннажных отходов очистных сооружений – осадка сточных вод и избыточного активного ила. Существующая тенденция развития промышленного сектора и урбанизации территорий способствует повышению водопотребления и создает дополнительную нагрузку на объекты окружающей среды. В статье отражена отечественная и мировая практика, сложившаяся за долгие годы в области обращения с твердыми отходами очистных сооружений. Особое внимание уделено актуальной проблеме поиска эффективных методов обезвоживания осадков сточных вод. Проанализированы традиционные механические и термические методы обезвоживания осадка, сделаны выводы об их ключевых достоинствах и недостатках. Предложено перспективное направление обезвоживания осадка с применением ультразвуковых волн в комбинации с механическими методами и термическим воздействием.

Ключевые слова: осадки сточных вод, избыточный активный ил, утилизация, обезвоживание, механические методы обезвоживания, термические методы обезвоживания, геоконтейнеры, ультразвук.

В последние годы в России наблюдается тенденция уменьшения численности населения, которая в период 2002–2010 гг. усилилась по сравнению с периодом 1989–2002 гг. в связи с общим ухудшением демографических показателей (старение населения, снижение рождаемости и т.д.). Параллельно с сокращением общей численности населения в стране прогрессируют процессы урбанизации, характерные для большинства развивающихся стран. Благодаря этому на фоне сокращения общей численности населения происходит непрерывное увеличение количества жителей городов. Относительно стабильный уровень жизни и рост благосостояния ряда слоев населения с достатком среднего и выше среднего уровня способствует увеличению спроса на товары народного потребления, в том числе на высокотехнологичную

продукцию. При этом усилия органов государственной власти направлены как на создание благоприятного инвестиционного климата в стране, так и на стимулирование развития инновационных производств на базе существующих крупных промышленных предприятий, в том числе за счет усиления кооперации производства и науки [1]. Указанные тенденции являются ключевыми факторами роста промышленного производства, вызванного не только увеличением объемов производимой продукции на уже существующих предприятиях, но и возникновением принципиально новых отраслей промышленности.

Благоприятная социальная среда и инвестиционная привлекательность урбанизированных территорий приводит к увеличению нагрузки на объекты окружающей среды, в том числе на водные объекты. Анализ накопленных статистических данных, а также прогнозных показателей свидетельствует о сложившейся общемировой тенденции повышения уровня водопотребления и водопользования, наблюдающейся в первую очередь в развитых и развивающихся странах. По оценке Государственного гидрологического института, данная тенденция характерна и для нашей страны, что объясняется вышеописанными процессами урбанизации и развития промышленности (рис. 1).

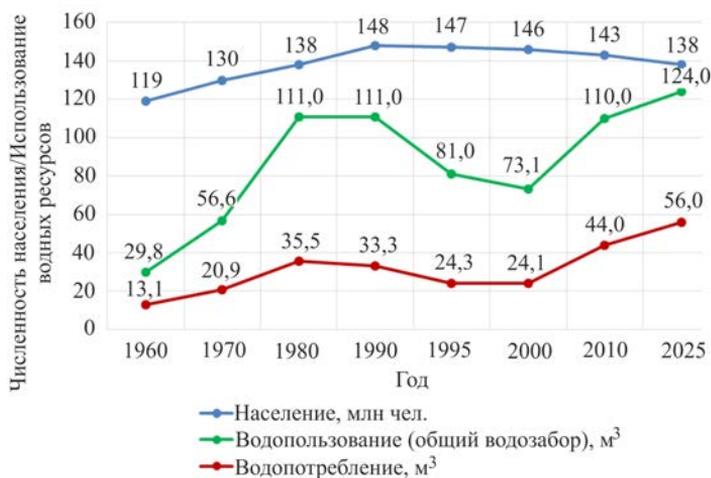


Рис. 1. Динамика водопотребления Российской Федерации по оценке ФГБУ «Государственный гидрологический институт» (г. Санкт-Петербург, Россия)¹

¹ Источник: доклад ООН «Урбанизированные и сельские территории, 1950–2025 гг.» (данные Института мировых ресурсов).

Увеличение водопотребления напрямую связано с ростом объема образующихся хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод, которые подвергаются очистке с целью доведения качества воды до значений, соответствующих нормативным показателям, согласованным контролирующими органами индивидуально для каждого конкретного случая. На сегодняшний день в России применяется традиционная схема очистки городских сточных вод, включающая в себя механические, физико-химические и биологические методы. Заключительным этапом обработки сточных вод перед сбросом в водоем является их дезинфекция с целью уничтожения патогенных микроорганизмов.

В процессе очистки сточных вод образуются многотоннажные твердые отходы (осадки сточных вод первичных и вторичных отстойников, отходы биологических очистных сооружений – избыточный активный ил), которые имеют разный химический состав и физико-механические свойства, а также относятся к разным классам опасности. Основные стадии очистки городских сточных вод, отходы, образующиеся в процессе очистки, и традиционно используемые в России направления утилизации этих отходов представлены на рис. 2.

Анализ литературных данных и собственные исследования позволяют сделать вывод о том, что наиболее перспективными направлениями переработки твердых отходов очистных сооружений являются:

1. Складирование осадка сточных вод (ОСВ) и избыточного активного ила (ИАИ) на иловых картах и/или илонакопителях с последующим использованием переработанных отходов в качестве технических грунтов. Складированию подвергаются предварительно обезвоженные отходы с влажностью не более 80 %.

2. Использование твердых отходов очистных сооружений в качестве удобрения. В странах Европейского союза существует общий порядок применения ОСВ в сельском хозяйстве в качестве органо-минерального удобрения, регламентированный Директивой ЕС от 12 июня 1986 г. № 86/278/ЕЕС². Однако ОСВ и ИАИ концентрируют в себе все основные загрязняющие вещества,

² http://europa.eu/legislation_summaries/agriculture/environment/128088_en.htm

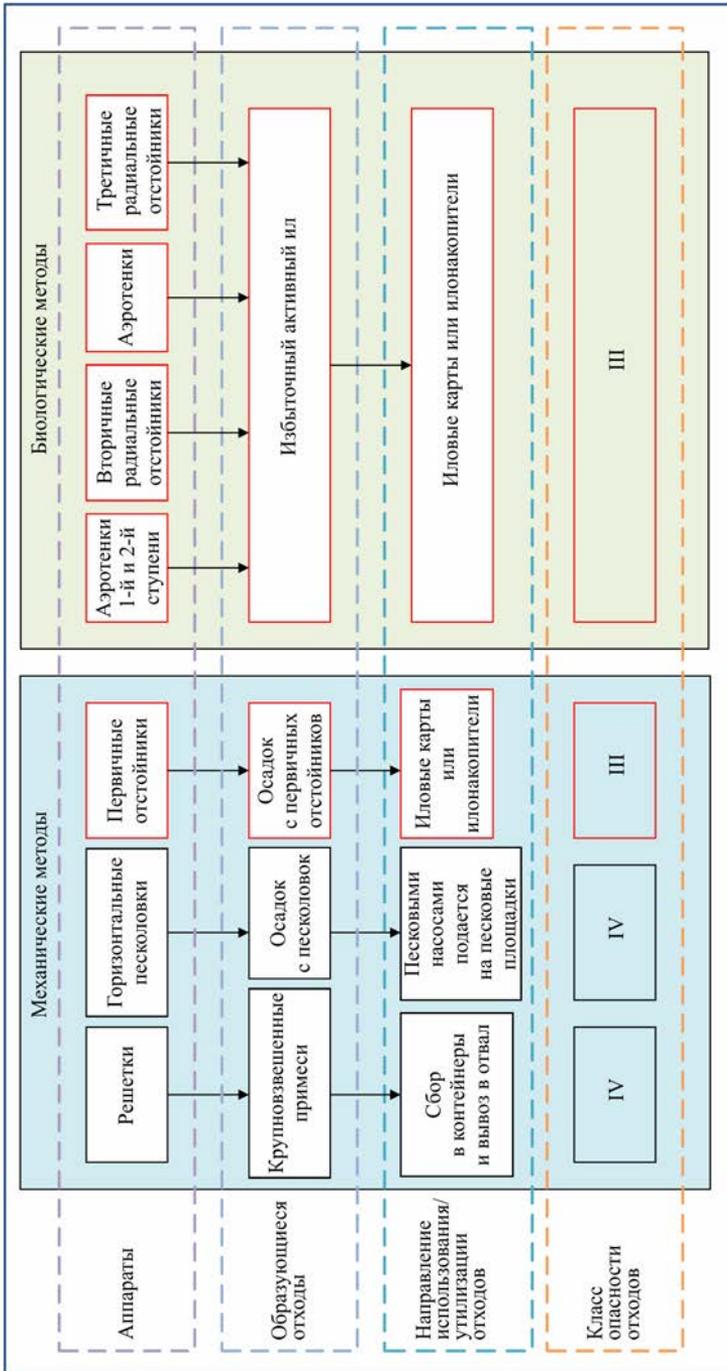


Рис. 2. Номенклатура твердых отходов очистных сооружений и направления их утилизации

содержащиеся в сточных водах, которые в силу их высокой токсичности являются, по данным ЮНЕСКО, наиболее опасными загрязнителями для окружающей среды [2]. Особую опасность представляют хлор- и серосодержащие соединения, а также металлоорганические соединения, которые, как правило, относятся к суперэкоотоксикантам, что ограничивает использование ОСВ и ИАИ в качестве удобрения. Применение отходов очистных сооружений в качестве удобрений или технических грунтов представляется возможным после предварительной обработки, включающей процессы обеззараживания и дегельминтизации или реагентной детоксикации с последующим обезвоживанием с получением утилизируемого продукта – органо-минерального компоста. Однако в России использование ОСВ и ИАИ в качестве удобрения и технического грунта ограничено законодательством и допускается только после установления класса опасности (токсичности) в соответствии с СП 2.1.7.1386–03 «Почва, очистка населенных мест, отходы производства и потребления. Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления. Санитарные правила» на основании методики согласно ГОСТ Р 17.4.3.07–2001 «Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений».

3. Анаэробная деструкция и обеззараживание ИАИ и/или ОСВ с получением биогаза. Данный метод не нашел широкого применения в России и странах Европы ввиду ограниченной возможности контроля процесса сбраживания, а также в связи с нестабильным выходом и низким качеством получаемого биогаза. Кроме этого, при применении данного метода возникает вопрос поиска областей использования твердых отходов – смеси сброженного ОСВ и ИАИ. Процессу сбраживания подвергаются предварительно обезвоженные твердые отходы очистных сооружений.

4. Термические методы переработки твердых отходов очистных сооружений посредством сжигания или термохимической деструкции. Сложившаяся мировая практика свидетельствует о том, что термические методы являются наиболее эффективными с точки зрения технико-экономических показателей. В связи с тем, что в процессе термической переработки отходов снижается

его масса и одновременно с этим происходит концентрирование токсичных компонентов, содержащихся в первоначальных отходах, в единице массы продукта термической переработки, в схему обращения с отходами необходимо включать этапы предварительной обработки с целью снижения токсичности исходного материала. Вследствие этого процесс детоксикации приобретает особую значимость. В то же время термические методы переработки отходов являются энергозатратными. Как следствие, возникает необходимость обезвоживания утилизируемых отходов до минимально возможной влажности. Согласно предварительным проведенным исследованиям уменьшение влажности отхода на 1 % позволяет при их дальнейшей утилизации термическими методами снизить потребление энергоресурсов в 80 раз [3].

Анализ вышеперечисленных методов переработки избыточно активного ила и осадков сточных вод показывает, что процесс обезвоживания твердых отходов очистных сооружений является неотъемлемым и обязательным этапом утилизации вне зависимости от выбранной стратегии обезвреживания многотоннажных отходов.

Осадки сточных вод представляют собой дисперсную систему, в которой дисперсной фазой являются твердые частицы, а дисперсной средой – сточная вода с растворенными в ней электролитами и органическими веществами. Такая система называется суспензией. Свойства суспензии (формы связи воды, а также химические и физико-механические особенности) во многом зависят от влажности, которая в осадках находится в пределах 90–99 % [4].

Согласно классификации связи воды с твердыми частицами осадка сточных вод, предложенной [5], различают четыре формы такой связи:

1) свободная влага, которая не связана с твердыми частицами осадка, поэтому ее легко можно удалить сушкой на иловых площадках;

2) поровая влага, которая может быть высвобождена с применением сильного механического воздействия;

3) коллоидно-связанная влага, удерживаемая на поверхности твердых частиц с помощью адсорбции и адгезии, которая удаляется из осадка с большим трудом в связи с тем, что она обвола-

квивает отдельные частицы прочной гидратной оболочкой и способствует их агрегированию. Удаление коллоидно-связанной влаги или ее части возможно только при использовании устройств, позволяющих разрушить прочные структурные связи. С этой целью применяют аппараты, способные создавать высокое давление или ударные нагрузки. Полное удаление коллоидно-связанной влаги возможно только с помощью сушки осадка при высоких температурах;

4) химически связанная влага, которую невозможно полностью извлечь даже с использованием термического процесса принудительного удаления жидкости из отходов посредством испарения.

Содержание разных форм влаги, аккумулированной в осадке, может незначительно варьироваться в зависимости от физико-механических свойств ОСВ (таблица).

Содержание различных форм связи воды с твердыми частицами отходов очистных сооружений, %

Тип отхода	Свободная влага	Поровая влага	Коллоидно-связанная влага	Химически связанная влага
ОСВ	45–52	22–23	13–15	13–15
ИАИ	48–56	19–21	15–17	10–12

Свободная влага содержится в полости клеток или занимает межклеточное пространство и имеет наименьшую энергию связи со структурой осадка, поэтому ее лучше всего удалять механическими методами. Наибольшие трудности вызывает удаление из ОСВ химически связанной влаги, поскольку она наиболее сильно связана с материалом, располагается внутри клеточной стенки и не участвует в процессах влагопереноса. Содержание связанной влаги в ОСВ можно уменьшить с помощью термических методов или удалением влаги под давлением.

Существующие методы обезвоживания осадка сточных вод можно разделить на несколько категорий:

1. Депонирование – размещение ОСВ на иловых площадках.
2. Механические методы – обезвоживание с помощью вакуум-фильтров, центрифуг, фильтр-прессов, виброфильтров, геоконтейнеров (геотубы).

3. Термические методы – обезвоживание с помощью кондуктивных сушилок, конвективных сушилок (распылительных, пневматических, сушилок с кипящим слоем).

4. Ультразвуковые методы – обработка ультразвуком или обработка ультразвуком в сочетании с другими методами (термическими или химическими).

Для поиска оптимального метода обезвоживания проанализируем методы каждой из рассматриваемых категорий. В процессе анализа кратко опишем схему применения метода, рассмотрим его основные преимущества и недостатки, в частности, возможность удаления с помощью данного метода содержащейся в ОСВ влаги разных типов. Удаление связанной влаги, таким образом, будет являться одним из основных лимитирующих факторов, определяющих эффективность методов обезвоживания ОСВ.

Наиболее простым, но малоэффективным методом обезвоживания ОСВ является *депонирование* – размещение осадка на иловых картах или илонакопителях. Обезвоживание осадков данным способом для очистных станций средней и большой пропускной способности нерационально, поскольку при этом происходит заделживание значительных земельных ресурсов. Кроме этого, илонакопители, как правило, находятся вдали от очистных сооружений, поэтому данный метод требует крупных финансовых затрат на транспортировку и проведение работ, связанных с размещением осадка [6]. Таким образом, более предпочтительно использовать другие методы обезвоживания ОСВ или комбинации методов.

Обезвоживание осадков *механическими методами* осуществляется с помощью вакуум-фильтров, центрифуг, фильтр-прессов и виброфильтров. Вакуум-фильтр представляет собой горизонтально расположенный цилиндрический барабан, покрытый капроновой или хлорвиниловой фильтрующей тканью. Барабан разделен продольными, радиально расположенными перегородками на несколько секторов, представляющих собой отдельные фильтрующие камеры. Осадок сточных вод и избыточный активный ил перед вакуум-фильтром подвергаются предварительной обработке, включающей в себя промывку технической водой и продувку воздухом. Затем отходы направляются на уплотните-

ли, где происходит снижение объема осадка посредством удаления свободной влаги. В зависимости от принятой схемы очистной станции уплотнению могут подвергаться осадки из первичных отстойников, избыточные активные илы или смесь осадка первичных отстойников и избыточного активного ила. Отделенная иловая вода содержит значительное количество растворенных органических загрязнений, поэтому она возвращается в цепочку очистки воды перед аэротенками. Из илоуплотнителей отходы удаляются плунжерными насосами и подвергаются коагулированию, после чего подаются на вакуум-фильтр. В результате обезвоживания влажность фильтрованного осадка в среднем составляет 78,5–80 %. К основным недостаткам данного метода относятся сложность процесса подготовки осадка к обезвоживанию, большой расход реагентов-коагулянтов и существенный износ фильтрующих материалов. Зачастую фильтрующая ткань сложно поддается регенерации и не представляется возможным в процессе эксплуатации восстановить ее первоначальные характеристики, что приводит к необходимости замены дорогостоящего фильтрующего материала [7].

Для станций очистки с пропускной способностью до 100 000 м³/сут целесообразно применение центрифуг. Основными элементами центрифуги являются конический ротор и полый шнек, которые вращаются с различной частотой в одну сторону. Частицы твердой фазы отходов очистных сооружений отбрасываются к стенкам ротора под действием центробежной силы и, благодаря различной частоте вращения ротора и шнека, перемещаются к отверстию в роторе, через которое обезвоженные отходы попадают в бункер для кека. Фугат отводится через отверстия с другой стороны ротора и направляется в голову процесса очистки сточных вод.

Наибольшей эффективностью при обезвоживании ОСВ обладают осадительные горизонтальные центрифуги непрерывного действия со шнековой выгрузкой осадка. Влажность осадка на выходе из центрифуги составляет 67–77 %. Эффективность метода можно повысить с помощью добавления к обрабатываемому осадку высокомолекулярных полиэлектролитов [4]. При этом обезвоженный материал будет иметь влажность 65–75 %. К пре-

имуществам данного метода обезвоживания ОСВ относятся простота использования, экономичность, низкая влажность обезвоженного осадка, высокая производительность при низком удельном расходе энергии.

Конструкция фильтр-прессов для обезвоживания ОСВ включает в себя несколько фильтровальных плит, оснащенных фильтрующей тканью, которая протягивается между плитами с помощью направляющих роликов. Нагрузку от давления внутри фильтровальных плит воспринимают вертикальные опоры, связывающие плиты. В России широко используются автоматизированные фильтр-прессы с горизонтальными камерами типа ФПАКМ (фильтр-пресс автоматизированный камерный). Основными стадиями обезвоживания ОСВ в фильтр-прессах являются загрузка осадка и/или избыточного активного ила, отжим, просушка и выгрузка обезвоженных отходов. Основным преимуществом ленточных фильтр-прессов является более высокая производительность и низкая энергоемкость. Согласно оценкам экспертов (см.: Проектирование установок с фильтр-прессами для обезвоживания осадков сточных вод: справ. пособие к СНиП 2.04.03–85 «Канализация. Наружные сети и сооружения»), по конечным значениям влажности обезвоженного осадка ленточные фильтр-прессы сравнимы с вакуум-фильтрами и центрифугами.

На сегодняшний день широкое распространение получает метод обезвоживания твердых отходов очистных сооружений с помощью текстильных геоконтейнеров. Данный метод может использоваться как самостоятельно, так и в сочетании с другими методами обезвоживания ОСВ и ИАИ, например, с предварительным кондиционированием с применением различных коагулянтов.

Геоконтейнеры изготавливаются из высокопрочного полипропиленового фильтровального полотна односторонней проводимости, размеры пор которого не превышают 0,425 мм. При обезвоживании отходов очистных сооружений на внутренней поверхности геоткани постепенно формируется уплотненный шламовый слой, способствующий более глубокому обезвоживанию. Таким образом, жидкая фаза ОСВ фильтруется как непосредственно через микропоры поверхности геоконтейнера, так и через наращиваемый уплотненный слой.

Основными стадиями обезвоживания ОСВ с помощью геоконтейнеров являются:

- проникновение жидкости в поры и их насыщение свободной водой;
- перемещение жидкости по поровым каналам под действием сил гравитации и капиллярных сил всасывания;
- удаление жидкости из поровых каналов [8].

Обработка осадка в тканевых геоконтейнерах позволяет снизить объем ОСВ в 10–15 раз, при этом влажность осадка снижается до 60–75 %. В результате обезвоживания образуется грунтоподобный шлам, который в дальнейшем может быть использован в качестве базового материала при изготовлении технических грунтов. Основные достоинства метода обезвоживания отходов очистных сооружений с использованием геоконтейнеров – отсутствие необходимости в возведении специальных зданий и постройке сооружений под размещение геоконтейнера, а также сравнительно невысокие материало- и энергозатраты. Использование данного метода обезвоживания позволяет снизить эмиссии комплекса дурнопахнущих веществ и уменьшить нагрузку на окружающую среду на протяжении всего жизненного цикла от образования отхода до получения конечного продукта.

Термическую сушку осадков проводят, как правило, после механического обезвоживания. Сушительные аппараты термического действия делятся на кондуктивные и конвективные, в зависимости от способа подвода теплоты. К кондуктивным относятся вальцовые, вакуумные, скребковые и шнековые сушилки. Сушительные аппараты конвективного типа делятся на стационарные (барабанные, многоподовые, ленточные, петлевые) и динамические (распылительные, пневматические трубы-сушилки со встречными струями, сушилки с кипящим и фонтанирующим слоями). В конвективных сушилках динамического принципа действия продолжительность процесса обезвоживания значительно меньше, чем в стационарных сушительных аппаратах, поэтому сушка с их применением является наиболее эффективным методом термического обезвоживания ОСВ. В целом к преимуществам термических методов обезвоживания ОСВ относится высокая эффективность, а также обеззараживание осадков от патогенной микрофлоры и гельминтов [9].

Сушка ОСВ термическими методами является энергозатратным процессом и требует использования больших объемов энергии из первичных источников, т.е. таких видов топлива, как природный газ или мазут. Поэтому целесообразно рассматривать возможность применения комплекса методов для обезвоживания ОСВ, позволяющих, с одной стороны, обеспечить требуемый уровень снижения содержания влаги в осадке, а с другой, минимизировать потребность в первичной энергии, требуемой для реализации процесса обезвоживания.

На основе научно-технических данных и проведенных исследований, направленных на определение эффективности методов обезвоживания твердых отходов очистных сооружений, можно сделать вывод о том, что химически связанная влага не удаляется ни одним из традиционных методов. В связи с этим возникает необходимость поиска методов удаления химически связанной влаги из ОСВ и ИАИ.

Ультразвуковые методы. Известно, что облучение целлюлозных волокон, например, древесины, ультразвуком благоприятно воздействует на физические свойства исходного материала, а также снижает процент содержащейся в нем влаги [10]. Существует также метод обезвоживания водно-нефтяной эмульсии с помощью ультразвука [11]. При облучении ультразвуковой энергией неоднородной среды между включениями под влиянием звукового поля возникают силы Бьеркнеса, которые притягивают капли воды друг к другу. Приведенные примеры практического применения ультразвукового метода показывают, что ультразвук используется для сушки материалов с большой органической составляющей. Это позволяет предположить, что можно использовать данный метод в комбинации с другими методами для обезвоживания ОСВ.

Ультразвуковой метод может быть особенно эффективным именно для уменьшения содержания в ОСВ химически связанной влаги, поскольку под воздействием ультразвука разрушаются стенки клеток и высвобождается внутриклеточный материал. Для обеспечения максимальной эффективности использования данного метода необходимо установить оптимальные параметры процесса, к которым в первую очередь относятся частота волн и время облучения.

Применение для обезвоживания ОСВ исключительно ультразвукового метода может быть недостаточно для достижения приемлемого уровня содержания влаги в осадке. Поэтому целесообразно исследовать также применение ультразвукового метода в комплексе с другими методами обезвоживания осадка, например, механическими методами в симбиозе с обработкой осадка химическими реагентами, способствующими уменьшению удельного сопротивления фильтрации.

В настоящий момент авторами проводятся экспериментальные исследования с целью обоснования целесообразности применения ультразвуковых волн для обезвоживания осадка сточных вод в сочетании с другими перспективными методами удаления влаги. Ведутся также работы, направленные на определение оптимальных технологических параметров ведения технологического процесса обезвоживания ОСВ и ИАИ.

Библиографический список

1. Текущее состояние и перспективы развития легкой промышленности в России: докл. к XV апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества. – М., 2014. – 333 с.
2. Groundwater Early Warning monitoring strategy a methodological guide, available at: <http://unesdoc.unesco.org/images/0016/001622/162223e.pdf> (accessed 24 September 2014).
3. Цыбина А.В., Дьяков М.С., Вайсман Я.И. Состояние и перспективы обработки и утилизации осадков сточных вод // Экология и промышленность России. – 2013. – № 12. – С. 56–61.
4. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод. – М.: Изд-во АСВ, 2006. – 704 с.
5. Kopp J., Dichtl N. Prediction of full-scale dewatering results by determining the water distribution of sewage sludges // Water Science & Technology. – 2001. – Vol. 43, no. 9. – P. 135–143.
6. Гюнтер Л.И. Состояние и перспективы обработки и утилизации осадков сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. – 2005. – № 12, ч. 2. – С. 5–9.
7. Благоразумова А.М. Обработка и обезвоживание осадков городских сточных вод. – СПб.: Лань, 2014. – 208 с.
8. Обработка осадков сточных вод нефтяного комплекса / К.Л. Чертег [и др.] // Региональная архитектура и строительство. – 2012. – № 2 (13). – С. 30–33.
9. Туровский И.С. Осадки сточных вод: обезвоживание и обеззараживание. – М.: ДеЛи принт, 2008. – 376 с.
10. Влияние ультразвука на лигнин древесины дуба / Г.Ф. Антонова [и др.] // Химия растительного сырья. – 2006. – № 3. – С. 5–16.
11. Гречихина Н.А. Совершенствование процесса первичной переработки нефти // Ученые заметки ТОГУ. – 2013. – Т. 4, № 3. – С. 1221–1226.

References

1. Tekushchee sostoyanie i perspektivy razvitiya legkoy promyshlennosti v Rossii [Current status and development prospects of light industry in Russia]. *Doklady k XV Aprelskoy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii po problemam razvitiya ekonomiki i obshchestva*. Moscow, 2014. 333 p.
2. Groundwater Early Warning Monitoring Strategy A Methodological Guide, available at: <http://unesdoc.unesco.org/images/0016/001622/162223e.pdf> (accessed 24 September 2014).
3. Tsybina A.V., Dyakov M.S., Vaysman Ya.I. Sostoyanie i perspektivy obrabotki i utilizatsii osadkov stochnykh vod [Status and prospects of sewage sludge processing and utilization]. *Ekologiya i promyshlennost Rossii*, 2013, no. 12, pp. 56–61.
4. Voronov Yu.V., Yakovlev S.V. Vodootvedenie i ochistka stochnykh vod [Disposal and treatment of waste water]. Moscow: Izdatelstvo Assotsiatsii stroitelnykh vuzov, 2006. 704 p.
5. Kopp J., Dichtl N. Prediction of full-scale dewatering results by determining the water distribution of sewage sludges. *Water Science & Technology*, 2001, vol. 43, no. 9, pp. 135–143.
6. Gyunter L.I. Sostoyanie i perspektivy obrabotki i utilizatsii osadkov stochnykh vod [State and prospects of treatment and utilization of waste water]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika*, 2005, no. 12, part 2, pp. 5–9.
7. Blagorzumova A.M. Obrabotka i obezvozhivanie osadkov gorodskikh stochnykh vod [Processing and dehydration of municipal sewage sludge]. Saint-Petersburg: Lan, 2014. 208 p.
8. Chertes K.L. [et al.] Obrabotka osadkov stochnykh vod neftyanogo kompleksa [Processing of oil industry sewage sludge]. *Regionalnaya arkhitektura i stroitelstvo*, 2012, no. 2 (13), pp. 30–33.
9. Turovskiy I.S. Osadki stochnykh vod: obezvozhivanie i obezzarazhivanie [Sewage sludge: dehydration and disinfection]. Moscow: DeLi print, 2008. 376 p.
10. Antonova G.F. [et al.] Vliyanie ultrazvuka na lignin drevesiny duba [Effects of ultrasound on oak wood lignin]. *Khimiya rastitelnogo syrya*, 2006, no. 3, pp. 5–16.
11. Grechikhina N.A. Sovershenstvovanie protsessa pervichnoy pererabotki nefti [Improving the process of initial oil refining]. *Uchenye zametki TOGU*, 2013, vol. 4, no. 3, pp. 1221–1226.

Получено 3.10.14

M. Dyakov, A. Tsybina, U. Gruzdeva

**SEWAGE SLUDGE PROCESSING AND DEHYDRATION
TECHNIQUES: RETROSPECTION AND PROSPECTIVE
LINES OF DEVELOPMENT**

In this paper the problem of utilization of large-tonnage waste from treatment facilities (sewage sludge and surplus sludge) is considered. Prevailing trends of the development of industrial sector and urbanization of territories favor the increase of water consumption and generate additional environmental load. In this paper well-established practice of treatment facilities solid waste processing is described. In spite of the existing options of the utilization of this type of waste, authors gave particular attention to the actual problem of search for effective methods of sewage sludge dehydration. Traditional mechanic and thermal methods of sewage sludge dehydration have been analyzed; conclusions of their key highs and lows have been drawn. Prospective direction of sewage sludge dehydration by the use of ultrasonic waves combined with mechanical methods and thermal influence is proposed.

Keywords: sewage sludge, sludge surplus, utilization, dewatering, mechanical dehydration method, thermal dehydration method, geocontainer, ultrasound.

Дьяков Максим Сергеевич (Пермь, Россия) – канд. техн. наук, доцент кафедры охраны окружающей среды, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: dyakov-m@live.ru).

Цыбина Анна Валерьевна (Пермь, Россия) – старший преподаватель кафедры охраны окружающей среды, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: anna@eco.pstu.ac.ru).

Груздева Ульяна Вадимовна (Пермь, Россия) – студентка 6-го курса, автомобильный факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: gruzdeva.u@mail.ru).

Dyakov Maksim (*Perm, Russian Federation*) – *Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of Department of Environmental Protection, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: dyakov-m@live.ru).*

Tsybina Anna (*Perm, Russian Federation*) – *Senior Lecturer of Department of Environmental Protection, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: anna@eco.pstu.ac.ru).*

Gruzdeva Ulyana (*Perm, Russian Federation*) – *Student, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: gruzdeva.u@mail.ru).*