

Комплексное решение задач
обработки и утилизации
осадка сточных вод
городских станций аэрации

Комплексное решение задач обработки и утилизации осадка сточных вод городских станций аэрации.

Аверьянов В.Н., Борткевич В.С.

ЗАО «Проектно-изыскательское научно-исследовательское бюро «ГИТЕСТ», Москва, Россия.

- В технологическом процессе обработки термофильно-сброженного осадка его влажность существенно снижается. Уменьшение влажности осадка сопровождается изменением его объёма и физико-механических характеристик, которые являются важными факторами, определяющими способ обращения с осадком. При оценке степени изменения этих факторов в зависимости от влажности осадка следует остановиться на самом определении «влажность осадка».
- Методика технологического контроля работы очистных сооружений городской канализации [1] предусматривает определение влажности осадка как отношение массы воды P_w , удалённой высушиванием образца осадка до постоянной массы, к массе образца до его сушки P . Эту влажность часто называют объёмной влажностью W^* и определяют по формуле:

$$W^* = \frac{P_w}{P} \times 100\% \quad (1)$$

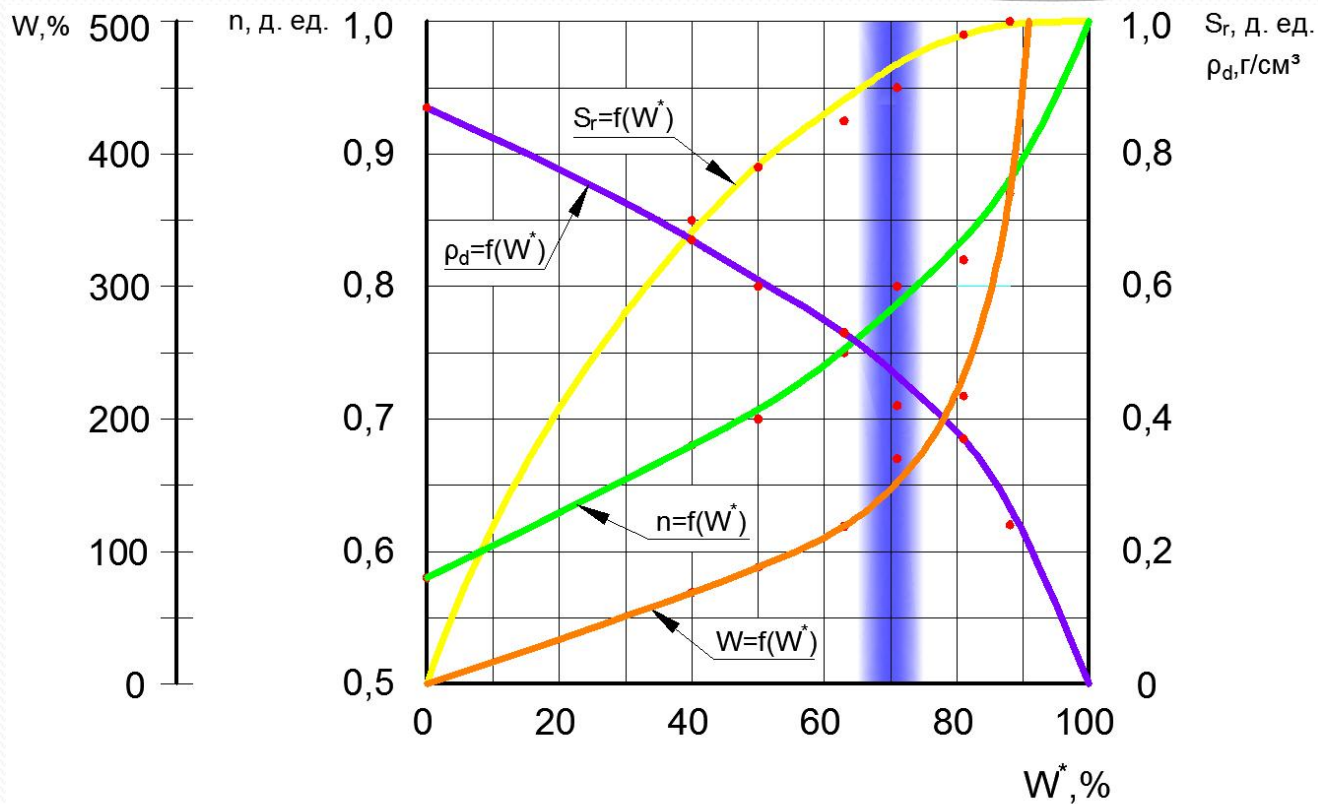
- Если же рассматривать осадок сточных вод как техногенный грунт, образованный в результате деятельности человека (т.е. классифицировать его антропогенным образованием согласно табл. 4 ГОСТ 25100-95 «Грунты. Классификация»), то влажность осадка следует определять по ГОСТ 5180-84 «Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик» как отношение массы воды P_w , удалённой высушиванием образца до постоянной массы, к массе высушенного образца ($P - P_w$). Эту влажность назовём весовой влажностью W . Она определяется по формуле:

$$W = \frac{P_w}{(P - P_w)} \times 100\% \quad (2)$$

- Для изучения соотношения величин объёмной и весовой влажности осадка, а также влияния их на физические характеристики осадка, ЗАО «ПИНИБ «ГИТЕСТ» выполнен полный комплекс лабораторных исследований образцов осадка с различной влажностью.
- Образцы осадка с объёмной влажностью 60 – 90 % формировали из монолитов, отобранных в соответствии с ГОСТ 12071-72 «Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов» с иловых площадок Курьяновских очистных сооружений ПУ «Мосочиствод».

- Для получения образцов осадка с меньшей объёмной влажностью монолиты, отобранные с иловых площадок, были подсушены. Высушивание образцов обезвоженного осадка до постоянной массы позволило получить образцы сухого вещества в осадке (влажность 0 %).
- Изучение физических свойств осадка сточных вод во всём возможном диапазоне изменения его влажности, выполненное по ГОСТ 5180-84 «Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик», позволило выявить закономерности изменения этих свойств и представить их на рис. 1 в виде зависимостей весовой влажности W , пористости n , плотности сухого вещества ρ_d , и коэффициента водонасыщения S_r от объёмной влажности осадка W^* .
- Из графика зависимости $\rho_d = f(W^*)$ видно, что плотность сухого вещества ρ_d в осадке интенсивно увеличивается по мере снижения объёмной влажности W^* лишь на начальном этапе обезвоживания. Так, например, снижение объёмной влажности осадка с 97 – 98 % на 20 % приводит к повышению плотности сухого вещества в нём и, соответственно, к уменьшению объёма осадка в 6 – 8 раз:

$$N = \frac{\rho_d(\text{при } W^* = 77 \div 78\%)}{\rho_d(\text{при } W^* = 97 \div 98\%)} = \frac{0,42 \div 0,40}{0,07 \div 0,05} = 6 \div 8$$



Условные обозначения:

- - экспериментальные значения;
- область значений, получаемых механическим обезвоживанием осадка на фильтр-прессах;

Рис. 1. Графики зависимости весовой влажности W , пористости n , коэффициента водонасыщения S_r и плотности сухого вещества ρ_d от объёмной влажности осадка W^* .

- Столь существенное уменьшение объёма осадка при снижении влажности проявляется лишь до тех пор, пока объём жидкой среды в осадке значительно превалирует над суммарным объёмом сухого вещества и газов, т.е. пока коэффициент водонасыщения S_r характеризуется величиной $0,9 \div 1,0$. При объёмной влажности осадка $W^* = 75 \div 65 \%$ достигается такое соотношение объёмов жидкой среды и сухого вещества в осадке, когда изменяется его структура. Жидкость остаётся только в порах, сформированных сухим веществом. Дальнейшее снижение влажности осадка происходит за счёт изменения величины насыщения жидкостью пор сухого вещества, поэтому не даёт ранее достигаемого эффекта по уменьшению объёма осадка.
- Снижение объёмной влажности осадка с 77% до 0% (т. е. полное высушивание) повышает его плотность до значения $\rho_d = 0,87$ (при $W^* = 0\%$) т.е. объём осадка уменьшается только в 2,1 раза:

$$N = \frac{P_d(\text{при } W^* = 0\%)}{P_d(\text{при } W^* = 77\%)} = \frac{0,87}{0,42} = 2,1$$

- Изменение объёма образца механически обезвоженного осадка при высушивании показано на рис.2

а)



б)



в)



Рис. 2. Образец механически обезвоженного осадка в пробоотборном кольце:

а) – при объемной влажности $W^* = 77\%$;

б) и в) – после высушивания до постоянной массы, $W^* = 0\%$.

- Снижение влажности осадка до 65 – 75 % обычно производится обезвоживанием (отжатию жидкой фазы). При больших объёмах подачи осадка применяют механическое обезвоживание (камерные и ленточные фильтр-прессы, центрифуги). ЗАО «ПИНИБ «ГИТЕСТ» запроектированы, а АОЗТ «ТК «Люблино» построены и введены в эксплуатацию цеха механического обезвоживания осадка сточных вод с камерными фильтр-прессами на 8-й иловой площадке ПУ «Мосочиствод» производительностью 50 тыс.т. сухого вещества в год и на 19-й иловой площадке производительностью 105 тыс.т. сухого вещества в год. При малых объёмах подачи осадка процесс обезвоживания производится за счет его фильтрования под действием сил гравитации через фильтрующий материал. Возможно обезвоживание осадка непосредственно в иловых картах или совмещение вышеназванных видов обезвоживания. [2] В любом случае процессу обезвоживания должен предшествовать процесс флокуляции осадка.

- После обезвоживания дальнейшее уменьшение влажности возможно только высушиванием, требующим больших энергетических затрат. В связи с вышеизложенным следует считать приемлемым высушивание осадка только избыточным теплом других технологических процессов.

- Избыточное тепло может быть получено при сжигании обезвоженного осадка. В сухом веществе осадка содержится от 40 до 60 % органики, поэтому при соответствующей подготовке осадок может быть применён в качестве топлива.

- Если механически обезвоженный осадок не предполагается сжигать, то целесообразно использовать его в качестве удобрения после проведения сертификации по экологическим требованиям [3, 4]. Так как большинство осадков сточных вод может быть отнесено к ценным органическим удобрениям, то они могут применяться для выращивания технических культур, промышленного цветоводства, лесоразведения и при биологической рекультивации нарушенных земель.
- Примером использования обезвоженного осадка в качестве удобрения может служить опыт ПУ «Мосочиствод», получающего на камерных фильтр-прессах агрохимикат «Комплексное органо-минеральное удобрение КУДЕКК» на которое получены: Санитарно-эпидемиологическое заключение № 77.99.30.001.А.000661.12.07 Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; Экологический сертификат соответствия №00001547 от 16.11.2009 Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации.
- Плотность выпускаемого агрохимиката, определяемая как отношение его полной массы к объёму, составляет $\rho = 1,07 - 1,20$ г/см³. Плотность частиц сухого вещества $\rho_s = 2,07 - 2,13$ г/см³, пористость $n = 75 - 80$ %, коэффициент водонасыщения $S_r = 90 - 95$ %. Консистенция может изменяться от мягкопластичной до тугопластичной, показатель текучести $J_L = 0,31 - 0,73$. Осадок с такими физическими показателями не вызывает сложности в обращении с ним.

- Осадки, не соответствующие экологическим требованиям по ГОСТ Р 17.4.3.07-2001, СанПиН 2.1.7.573-96, СП 1.2.11.70-02 и СП 2.1.7.1322-03 подлежат захоронению на полигонах. При этом рекомендуется использовать патент РФ № 2214974 «Способ захоронения обезвоженного осадка сточных вод в обвалованном полигоне» (патентообладатель ЗАО «ПИНИБ «ГИТЕСТ»), который обеспечивает наиболее высокую нагрузку на площадь захоронения без отрицательного воздействия на окружающую среду и позволяет дополнительно снизить влажность осадка на 5 – 10 % за счёт фильтрационной консолидации под действием собственной массы [5]. Этот же патент может быть использован для кондиционирования осадка по влажности при реконструкции иловых карт путём их укрупнения и углубления.
- Перекрытие захороненного или заложенного на кондиционирование осадка может быть осуществлено по патенту РФ № 2255055 «Способ создания грунтового изолирующего слоя на обезвоженном осадке в обвалованном полигоне» (патентообладатель ЗАО «ПИНИБ «ГИТЕСТ»).
- При строительстве и эксплуатации полигонов захоронения или участков кондиционирования обезвоженного осадка сточных вод необходимо проведение гидрогеологического мониторинга согласно СП 11-102-97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства» для систематической регистрации и контроля основных показателей состояния подземных вод, характеризующих эффективность принятых инженерных решений. [6]
- Вышеуказанные инновации реализованы при реконструкции иловых площадок №№ 4, 8, 19 Курьяновских очистных сооружений. Схема реконструкции иловых карт для кондиционирования обезвоженного осадка на этих площадках показана на рис. 3.

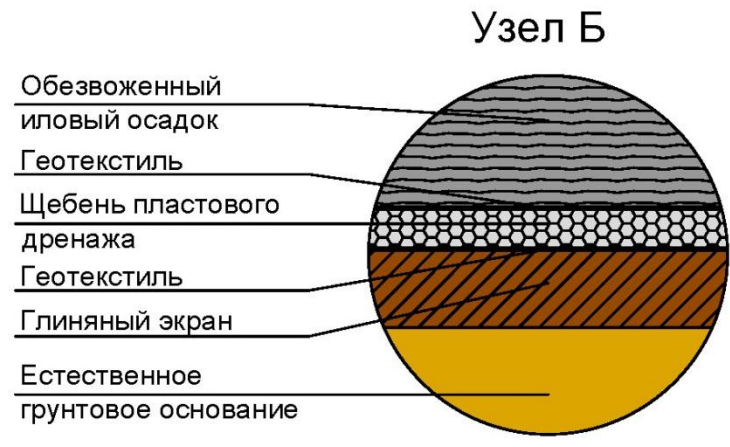
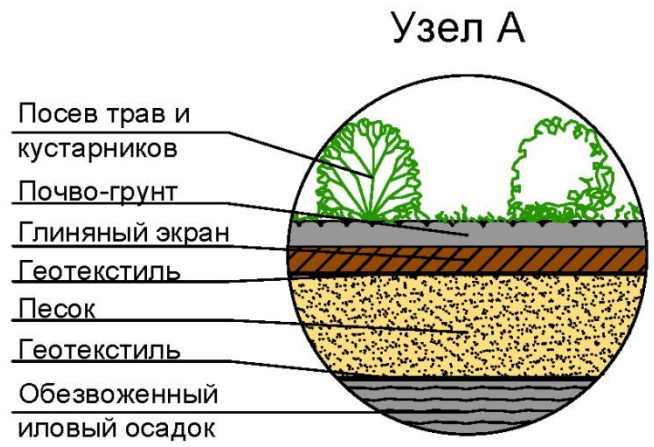
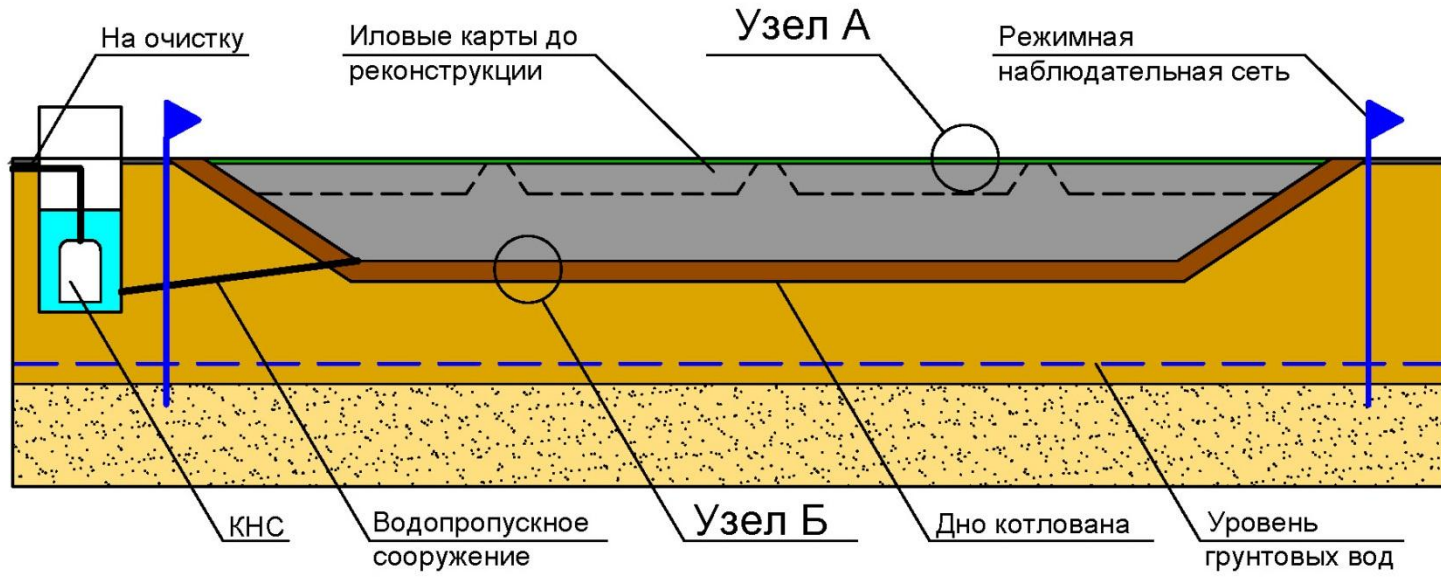


Рис. 3. Схема реконструкции иловых карт для кондиционирования обезвоженного осадка.

- Если обезвоженный осадок с объёмной влажностью порядка 65 – 75 % предполагается сжигать при температуре 850 – 900 °С в печах с псевдосжиженным слоем, то надо иметь в виду, что объём золы, получаемый после сжигания, будет составлять четвертую часть от объёма сжигаемого осадка. В соответствии с ГОСТ 25100-95 «Грунты. Классификация» эта зола относится к классу дисперсных техногенных грунтов антропогенного образования, которые при оптимальном увлажнении и уплотнении могут применяться для создания искусственных оснований и возведения качественных насыпей.
- При уплотнении оптимально увлажнённой золы её объём уменьшается ещё в полтора раза, достигаемая при этом плотность сухого вещества составляет 0,9 г/см³. Суммарный коэффициент сокращения объёма материала составляет $\kappa=6$. Может быть рассмотрена возможность использования золы для производства фосфорных удобрений или кирпича, а также в качестве добавки в цемент или бетон.
- Если же обезвоженный осадок с такой же объёмной влажностью сжигать на установках стеклования при температуре 1300 – 1480 °С в атмосфере газа, обогащённого кислородом, то получаемый объём остеклованного гранулята будет в 7 раз меньше относительно первоначального объёма обезвоженного осадка, а плотность гранулята составит 1,1 г/см³.

- Остеклованный гранулят может быть использован в качестве заполнителя при создании асфальто-бетонных покрытий дорог или в качестве материала для производства стеклокерамических изделий.
- В начале технологического процесса сжигания осадок необходимо подсушивать теплом сгорания до объёмной влажности 55 - 60 % в печах с псевдосжиженным слоем и до 3 - 8 % в установках стеклования.
- Особый интерес представляет использование обезвоженного осадка сточных вод с повышенным содержанием тяжёлых металлов для получения концентрата цветных металлов, концентрата хрома, железо-кальциевого концентрата и очищенного органоминерального удобрения путём химреагентной обработки по технологии Удмуртского научного центра Российской академии наук. [7]
- Для обработки осадка сточных вод в этом случае применяется гидрометаллургическая схема с использованием серной и азотной кислоты.
- Указанная технологическая схема была опробована на обезвоженных осадках ПО «Сафьян» в г. Рязани, Курьяновской станции аэрации (ныне КОС) в г. Москве, очистных сооружений г. Ижевска и г. Челябинска.
- Установлено, что химреагентная обработка обезвоженного осадка позволяет извлекать из него 95 - 100 % всех металлов и получать чистое органоминеральное удобрение. Однако промышленной установки для реализации химреагентной обработки обезвоженного осадка сточных вод до настоящего времени не создано.

Учитывая все вышеизложенные факторы, касающиеся современной обработки осадка сточных вод можно сделать следующие выводы:

1. Обезвоживание должно обязательно включаться в состав технологической цепочки обработки осадка сточных вод, так как оно даёт максимальный эффект сокращения объёма осадка при минимальных энергетических затратах.
2. Способ дальнейшей обработки и утилизации обезвоженного осадка необходимо выбирать с учётом состава осадка и реальных потребностей хозяйства рассматриваемой области.
3. Учитывая перспективы развития металлообрабатывающей промышленности в России, следует считать целесообразным дальнейшее развитие химреагентной обработки обезвоженных осадков с созданием промышленной установки.

Литература:

1. Методика технологического контроля работы очистных сооружений городской канализации. Стройиздат. М., 1977г.
2. Похил Ю.Н. Особенности технологии обезвоживания осадков сточных вод на иловых площадках. Сборник докладов. 4-й Международный конгресс по управлению отходами ВЭЙСТЭК. Москва. 31 мая – 3 июня 2005г., с. 352-353.
3. Беляева С.Д., Гюнтер Л.И. Решение проблемы обработки и размещения осадков сточных вод для повышения экологической надёжности работы очистных сооружений. Сборник докладов. 4-й Международный конгресс по управлению отходами ВЭЙСТЭК. Москва. 31 мая – 3 июня 2005г., с. 379-380.
4. Вайсфельд Б.А., Кремер А.И. О направлениях обработки и утилизации отходов, образующихся на городских очистных сооружениях. Сборник докладов. 4-й Международный конгресс по управлению отходами ВЭЙСТЭК. Москва. 31 мая – 3 июня 2005г., с. 347-348.
5. Храменков С.В., Борткевич С.В. Гидротехнические сооружения депонирования осадков. Ж. «Водоснабжение и санитарная техника», №12, М., 2002г., с. 34-37.
6. Аверьянов В.Н. Мониторинг гидрогеологической обстановки – необходимый компонент строительства и эксплуатации объектов жилищно-коммунального комплекса Московского региона. Информационный вестник государственного автономного учреждения Московской области «Мособлгосэкспертиза». Выпуск №1 (32) 2011г.
7. Установка по переработке осадков сточных вод с повышенным содержанием тяжёлых металлов УКРОС-100. Технический отчёт научно-производственной фирмы «НКПС». Институт прикладной механики Уральского отделения Российской академии наук. Удмуртский научный центр Российской академии наук. Ижевск, 1992г.

Закрытое Акционерное Общество
Проектно-изыскательское научно-исследовательское бюро
«ГИТЕСТ»

Тел./факс: +7 (495) 926-41-55

info@gitest.ru www.gitest.ru

Адрес офиса: Россия, 125212, г. Москва, Ленинградское шоссе д. 43а

Почтовый адрес: 125212, г. Москва, а/я №37