



**В.Н. Ануфриев,**

заведующий кафедрой «Водоснабжение и водоотведение» БНТУ,  
кандидат технических наук

## Технологии обработки осадков сточных вод

(Окончание. Начало в № 5.)

В первой части статьи мы рассмотрели способы обработки отходов, образующихся при механической очистке сточных вод на решетках и песколовках, и основные направления обработки осадка первичных отстойников и избыточного активного ила, такие как уплотнение и стабилизация. В продолжение этой темы расскажем о других технологиях обработки осадка сточных вод и применяемом оборудовании, а также о направлениях конечной утилизации осадка сточных вод после обработки.

### ОБЕЗВОЖИВАНИЕ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД

После стабилизации осадок сточных вод характеризуется высокой влажностью — 95–98 %, что затрудняет его последующее использование из-за значительных объемов. **Для снижения объема осадка применяется его обезвоживание.**



#### **ВАЖНО**

Снижение влажности с 96 до 70 % уменьшает первоначальный объем осадка с 1000 до 120 л, что позволяет упростить его дальнейшую обработку, в т.ч. транспортирование.

На рис. 1 представлена зависимость объема осадка от его влажности<sup>1</sup>. Данный график показывает, что изменение объема осадка зависит от содержания в нем воды, и указывает диапазоны влажности осадка, которые могут быть достигнуты при использовании различных методов его обработки: уплотнение, обезвоживание, сушка.

<sup>1</sup> Merkblatt DWA-M 366. Maschinelle Schlammentwässerung. Правила DWA Механическое обезвоживание осадка. Издательство: Немецкая ассоциация водного хозяйства, сточных вод и отходов. 2013.

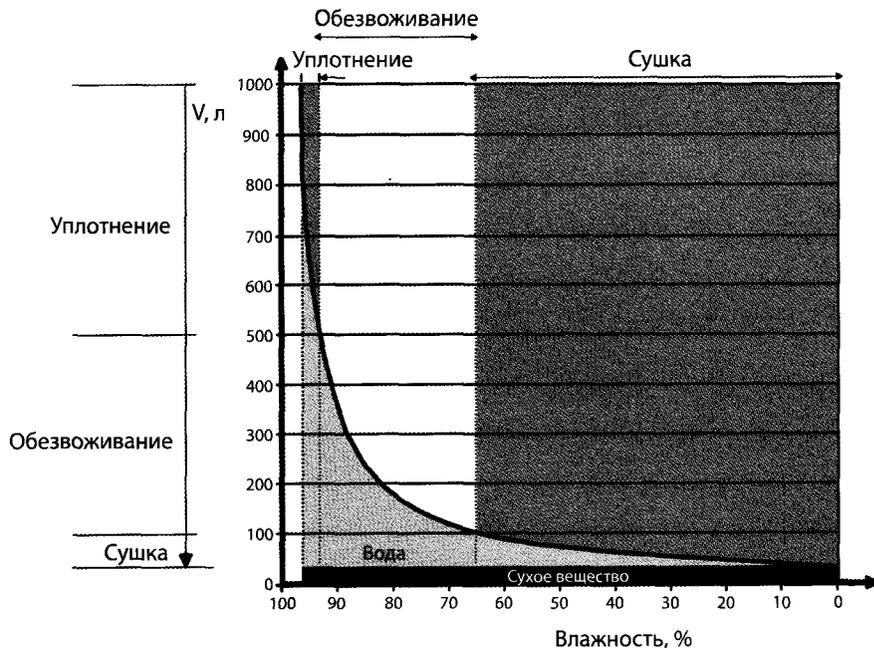


Рис. 1. Зависимость объема осадка от его влажности

### Обезвоживание с помощью иловых площадок

Одним из простейших сооружений для обезвоживания осадка сточных вод являются иловые площадки. **Иловые площадки** представляют собой открытые земляные сооружения, состоящие из карт, разделенных ограждающими валиками. Иловые площадки различаются исполнением дренажных устройств:

- иловые площадки могут устанавливаться на естественном основании без дренажных устройств;
- иловые площадки могут устанавливаться на естественном основании с горизонтальными либо вертикальными дренажными устройствами.

Снижение влажности осадка при обезвоживании его с помощью иловых площадок на естественном основании происходит при испарении воды из осадка и в большей степени при фильтровании воды. Для удаления подсушенного осадка устраиваются съезды для автотранспорта и землеройной техники.

**Для предотвращения фильтрации иловой воды из осадка в грунт**, а также в случае высокого уровня грунтовых вод иловые площадки могут устраиваться на искусственном асфальтобетонном основании.

Основные недостатки использования иловых площадок:

- опасность попадания иловой воды, содержащей значительные концентрации загрязняющих веществ, в водоносные горизонты при использовании иловых площадок без искусственного асфальтобетонного основания;
- эмиссия газов, приводящих к распространению запахов на прилегающие территории.

**ПРИМЕЧАНИЕ**

Недостатки иловых площадок, а также потребность в больших площадях для их размещения привели к тому, что во многих странах использование иловых площадок, особенно без антифильтрационных устройств, существенно ограничивается. В Республике Беларусь иловые площадки допускается применять для обезвоживания осадка при производительности очистных сооружений до 25 000 м<sup>3</sup>/сут. в соответствии с ТКП 45-4.01-202-2010. При большей производительности должны предусматриваться сооружения с механическим обезвоживанием осадка.

**Механическое обезвоживание**

**Механическое обезвоживание** — процесс, направленный на увеличение содержания сухого вещества в осадке с помощью различного оборудования: фильтр-прессов, камерных прессов, центрифуг, шнековых прессов, гидравлических прессов и т.д. (см. рис. 2).

Необходимым условием эффективного механического обезвоживания осадка является дозирование флокулянта (в большей части используется полиакриламид). Расход флокулянта при обезвоживании находится в диапазоне от 4 до 15 г/кг сухого вещества осадка. С целью повышения эффективности флокулянта и сокращения его расхода при обезвоживании в осадок могут добавляться коагулянты — соли железа или алюминия.

После обезвоживания влажность осадка, как правило, составляет 70–80 %. В отдельных случаях при хорошей водоотдаче осадка и при использовании отдельных видов оборудования (центрифуги, фильтр-прессов) остаточная влажность может быть доведена до 60–65 %.

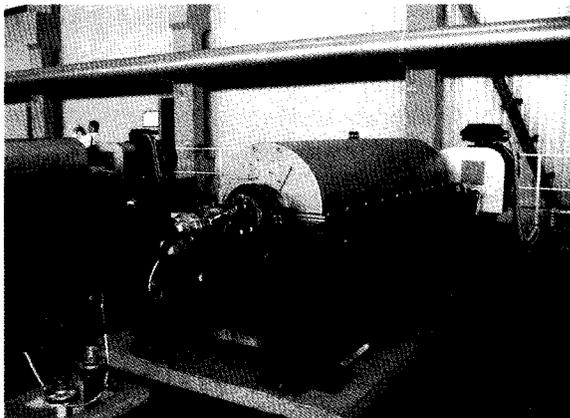


Рис. 2. Центрифуга для обезвоживания осадка сточных вод

**СПРАВКА**

В настоящее время проводятся исследования по разработке безреагентных методов механического обезвоживания, однако эффективность и надежность таких методов еще недостаточны.

**СУШКА ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД**

Дальнейшее снижение влажности осадка после обезвоживания может производиться путем его сушки. После сушки влажность в высушенном продукте снижается до 10 % и ниже.



Сушка осадка основана на использовании тепловой энергии для испарения воды из осадка после обезвоживания. При этом энергопотребление в процессе сушки значительно выше, чем при обезвоживании, в связи с чем сушка осадка применяется преимущественно на крупных очистных сооружениях.



### ПРИМЕЧАНИЕ

Термическая сушка может быть полной (с достижением содержания сухого вещества в осадке более 85 %) либо частичной (при содержании сухого вещества в конечном продукте менее 85 %).

Процесс термической сушки осадка подразделяют на две основные группы:

- 1) прямой нагрев (конвективная сушка);
- 2) косвенный нагрев (контактная сушка).

Такая классификация основана на способе передачи тепловой энергии осадку при его нагреве. Однако существуют комбинированные установки, в которых сочетаются два процесса.

**При конвективной сушке** передача теплоты происходит при непосредственном контакте с нагретым воздухом или газом. Температура осадка увеличивается, и вода испаряется.

Типичным оборудованием для сушки с прямым нагревом являются барабанные или ленточные сушилки, где осадок выдерживается в течение 5–10 минут при

температуре около 450–460 °С (барабанная сушилка) или 40–60 минут при 120–160 °С (ленточная сушилка).

**При контактной сушке** осадок и теплоноситель (горячая вода, масло или пар) разделены нагретой стенкой. Типичным оборудованием для контактной сушки являются:

- вертикальные лотковые сушилки;
- горизонтальные дисковые, лопастные или спиральные сушилки;
- сушилки с кипящим слоем.

Так, в дисковых сушилках сушка производится в течение 45–60 минут при температуре около 160–200 °С с использованием пара в качестве теплоносителя

и при температуре около 190–240 °С с использованием масла в качестве теплоносителя. Во время сушки температура продукта составляет 85–95 °С, температура отходящих газов — 95–110 °С.

**К альтернативному варианту относится сушка осадка с использованием солнечной энергии.** Преимуществом такой технологии является возможность использования солнечной энергии для снижения эксплуатационных расходов. Солнечные сушилки представляют собой теплицу, где ограждающие конструкции выполнены из прозрачных материалов, а на основание подается и распределяется слоем обезвоженный осадок (см. рис. 3).

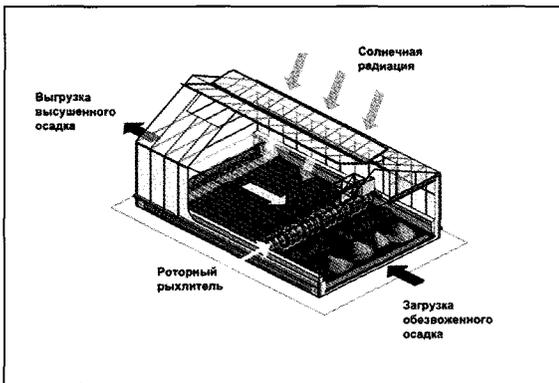
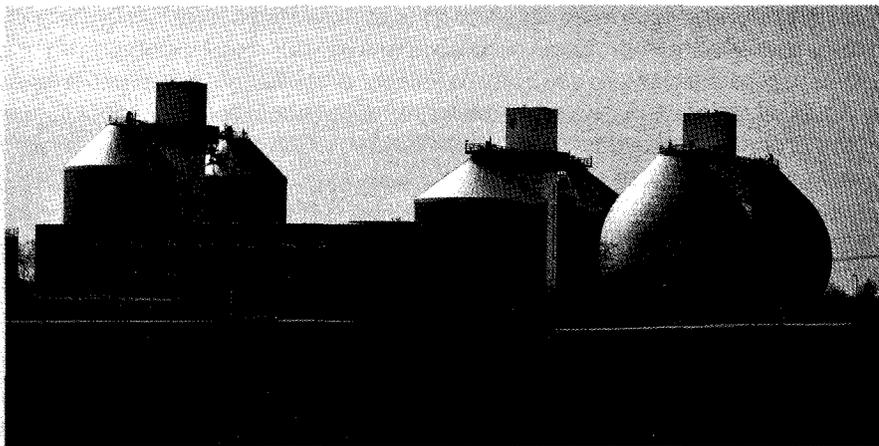


Рис. 3. Сушка осадка сточных вод с использованием солнечной энергии



Комплекс по обработке осадка сточных вод на очистных сооружениях.

Для удаления влажного воздуха и подачи свежего воздуха применяются системы принудительной вентиляции. Для равномерной сушки осадка производится его перемешивание один или несколько раз в сутки.

**Для повышения интенсивности сушки** используются различные способы: подогрев пола, использование гелиоводонагревателей, инфракрасных ламп, тепловых насосов или дополнительных систем для накопления и хранения тепловой энергии.

Удаление воды при испарении из осадка увеличивает содержание сухого вещества в нем и в то же время уменьшает его объем и, таким образом, его массу. **Высушенный осадок** представляет собой сыпучий материал или гранулы, которые в дальнейшем **можно использовать** как конечный продукт, например **в качестве удобрения**, или направлять на сжигание.

## СЖИГАНИЕ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД

Сжигание осадка может рассматриваться как **метод максимально возможного снижения его объема и массы с получением энергии** из его органической части.

**Сжигание** осадка может производиться как **отдельно** (моносжигание) при добавлении другого вида топлива лишь в качестве вспомогательного, так и **совместно** с другими источниками энергии (например, твердыми отходами или другими видами топлива).

Проектные решения для сжигания осадка в печах зависят от свойств осадка и теплоты сгорания различных видов топлива.

**При моносжигании** соотношение осадка и добавляемого вспомогательного топлива зависит от содержания сухого вещества в осадке и его зольности. При содержании сухого вещества в осадке 90 % и более расход вспомогательного топлива резко снижается или процесс может производиться без использования дополнительного топлива. Тем не менее вспомогательное топливо необходимо для запуска процесса сжигания, а также для обеспечения нормальной непрерывной эксплуатации оборудования по сжиганию, при колебании содержания сухого вещества в поступающем на сжигание осадке.



**При совместном сжигании** осадка для поддержания процесса горения используется энергия сгорания твердых отходов или других твердых видов топлива. В целом содержание сухого вещества и теплота сгорания осадка, а также других видов топлива должны быть как можно более высокими. В большей части случаев теплота сгорания осадка составляет 3–5 МДж/кг сухого вещества и зависит от зольности и влажности.

Требуемое содержание сухого вещества при совместном сжигании зависит от теплоты сгорания других источников тепловой энергии. Если теплота сгорания другого топлива, используемого при совместном сжигании, очень высокая, на сжигание может подаваться обезвоженный осадок влажностью 70–80 %, не подвергавшийся термической сушке.

**Предпочтительными технологиями** для моносжигания осадков сточных вод являются многоподовые печи и печи с псевдоожиженным слоем. Сжигание осадков сточных вод совместно с твердыми бытовыми отходами осуществляется в печах с псевдоожиженным слоем или в колосниковых печах. Осадок сточных вод также может сжигаться в технологических установках по получению продуктов обжигом (цементные печи, угольные электростанции).



### ПРИМЕЧАНИЕ

Большая часть печей для сжигания осадков сточных вод работает в диапазоне температур от 850 до 950 °С при нахождении осадка в течение 2 секунд. При более высоких температурах – в 980 °С или выше – существует вероятность плавления золы.

**В результате сжигания** органическая часть осадка окисляется с получением тепловой энергии и газов (диоксид углерода, водяной пар, азот) и золы. Зола, которая составляет относительно небольшую часть от исходного осадка, как правило, направляется на захоронение.

## КОНЕЧНАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД

Задача, связанная с эффективной и экологически приемлемой конечной утилизацией осадка сточных вод, является весьма актуальной. До последнего времени осадок сточных вод вывозился на полигоны для захоронения отдельно или совместно с твердыми коммунальными отходами.



### ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ

Приведенные способы обработки осадка сточных вод уменьшают его объем и массу, что снижает потребность в площадях для размещения полигонов.

Наиболее распространенным видом конечной утилизации осадков сточных вод является их **внесение в почву как удобрения** на сельскохозяйственных землях, при рекультивации, в лесном хозяйстве и т.д. При этом может вноситься



как необработанный осадок в жидком виде, так и после обработки в виде обезвоженного, высушенного осадка или продукта после компостирования осадка с различными наполнителями.



#### СПРАВКА

Осадок сточных вод очистных сооружений г. Хельсинки (Финляндия) компостируется вместе с торфом и реализуется как органическое удобрение или почвоулучшающая добавка.

Основные **ограничения связаны с содержанием в осадке тяжелых металлов**, а также ряда других веществ, поступление которых в почву с осадком несет риск загрязнения почв и, соответственно, приводит к проблемам с обеспечением качества сельскохозяйственной продукции.



#### ПРИМЕЧАНИЕ

В различных странах существуют разного рода ограничения, связанные с регулированием возможности внесения осадка в почву, — от установления определенных требований к качеству вносимого осадка до полного запрета.

Второе направление основано на использовании осадка как топлива либо при прямом сжигании осадка, получении биоугля при гидротермальной карбонизации, смешивании осадка с твердыми отходами с получением твердотопливных брикетов и т.д.

Вместе с тем проблема содержания тяжелых металлов и в данном случае может быть лимитирующим фактором при утилизации осадка, поскольку **при сжигании тяжелые металлы могут присутствовать в выбросах дымовых газов и содержаться в золе**, образующейся при сжигании осадка.

Учитывая вышеизложенное, поиск решений и разработка технологий для конечной утилизации осадка сточных вод остаются важной и актуальной задачей.



#### Вывод

Поскольку высокотехнологичные способы обработки осадка являются достаточно дорогостоящими, то при существующей практике установления тарифов на услуги водоотведения в Республике Беларусь решение задач по конечной утилизации осадка сточных вод становятся еще более сложными и требующими глубоких детальных исследований и разработок. 