



ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛАООТДАЧИ ОСАДКА ПОСЛЕ ЗАМОРАЖИВАНИЯ

В статье отражена актуальность вопроса интенсификации обезвоживания осадка в очистных сооружениях водоотведения. Уточнены параметры, определяющие влагоотдачу уплотненного избыточного активного ила. Зафиксировано снижение удельного сопротивления фильтрации при трехкратном замораживании осадка сточных вод и улучшение динамики фильтрования осадка по отношению к осадку, не подвергавшемуся замораживанию. Подтверждено влияние замораживания осадка на увеличение его влагоотдачи.

Уплотненный избыточный активный ил, удельное сопротивление фильтрации осадка, замораживание, влагоотдача, влажность осадка.

Для гравитационного обезвоживания осадка, образующегося на станциях биологической очистки сточных вод малой производительности в условиях Северо-Западного региона, широко применяются иловые площадки с искусственным водонепроницаемым основанием и дренажем. Площадки используются с целью обезвоживания и подсушивания осадка. Особенностью эксплуатации таких сооружений является зависимость их от климатических факторов, которые изменяют физические свойства осадка и, соответственно, влияют на его влагоотдачу.

Из литературы известно [1–3], что замораживание приводит к изменению структуры осадка, способствует быстрому его обезвоживанию. Таким образом, замораживание может рассматриваться как процесс подготовки осадка к обезвоживанию на иловых площадках.

Изучение изменения физических свойств осадка после замораживания с последующим оттаиванием является предметом деятельности ряда авторов [4, 5]. Проведенные ими исследования показывают, что при замораживании осадка на иловых площадках в первую очередь кристаллизуется свободная влага, образуя поверхностный слой льда. Твердые частицы вытесняются из слоя кристаллизующейся жидкости в слой осадка, а молекулы воды ориентируются таким образом, чтобы обеспечивать дальнейшее образование кристаллов льда [6, 7]. Установлено также, что большей влагоотдачей обладает осадок, замороженный при небольших отрицательных температурах в условиях низких скоростей движения фронта формирующегося льда, так как при медленном процессе замораживания связанная влага успевает распространиться в межклеточное пространство, где она и кристаллизуется. Возникающее при этом внутреннее напряжение сжатия способствует укрупнению и коагуляции обезвоженных частиц осадка и накоплению слоя уплотняемого осадка на дне площадки, т.е. с противоположной стороны относительно поверхности теплообмена. В таких условиях замерзание твердых и коллоидных частиц происходит в последнюю очередь, и это обеспечивает максимальное образование свободной влаги при изменении структуры осадка.

В проанализированных источниках отмечено, что изменение структуры осадка при замораживании приводит к снижению его удельного сопротивления фильтрации, и, соответственно, к увеличению производительности иловых площадок и уменьшению показателя «взвешенные вещества» дренажной воды [1, 3, 8]. В то же время влияние многократно повторяемого замораживания и оттаивания осадка на изменение его физических свойств и влагоотдачи в литературе не отражено.

Целью проводимых автором данной статьи исследований является изучение влияния многократно повторяемого замораживания и оттаивания осадка уплотненного избыточного активного ила (УИАИ) на снижение удельного сопротивления фильтрации (УСФ), уменьшение времени уплотнения осадка и увеличение скорости гравитационного обезвоживания с применением фильтрующего материала.

Изначально была проведена серия опытов по определению концентрации, влажности, зольности и удельного сопротивления фильтрации исходного осадка УИАИ. Результаты исследования представлены в таблице 1.

В проведенных нами исследованиях [9, 10] был выявлен оптимальный диапазон температур замораживания осадка, который для УИАИ составил от минус 5 до минус 10 °С. Исходя из этого, опыты по трехкратному (циклическому) замораживанию осадка проводились в данном диапазоне температур.

Методика проведения исследования предполагала одновременное размещение шести проб осадка УИАИ объемом по 500 мл в морозильной камере при постоянной температуре. Каждый из трех циклов температурного воздействия включал в себя: 18-ти часовое замораживание и последующее размораживание в течение 6 часов при температуре +20 °С. После каждого цикла замораживания и оттаивания в пяти повторениях определялись по стандартным методикам следующие показатели: «удельное сопротивление фильтрации» осадка (R), «взвешенные вещества» осадка (ВВ), «влажность» осадка (Вл).

Результаты исследования исходного осадка УИАИ

| Номер пробы | Показатель | | | |
|-------------|--------------------|--------------|--------------|---|
| | Концентрация, мг/л | Влажность, % | Зольность, % | Удельное сопротивление фильтрации $R, \times 10^{-10}$ см/г |
| 1 | 32150 | 96,2 | 30,6 | 230,2 |
| 2 | 32600 | 96,0 | 31,3 | 216,4 |
| 3 | 32730 | 96,4 | 30,5 | 196,7 |
| 4 | 32500 | 96,2 | 30,4 | 222,8 |
| 5 | 32350 | 96,3 | 30,6 | 212,2 |
| 6 | 30910 | 96,4 | 30,1 | 201,3 |
| 7 | 32470 | 96,0 | 31,2 | 193,9 |
| 8 | 32840 | 96,1 | 31,6 | 214,2 |
| 9 | 33730 | 96,7 | 31,4 | 203,5 |
| 10 | 30430 | 96,4 | 30,7 | 209,7 |
| 11 | 33270 | 96,5 | 30,9 | 197,5 |
| 12 | 31890 | 96,2 | 31,0 | 224,4 |

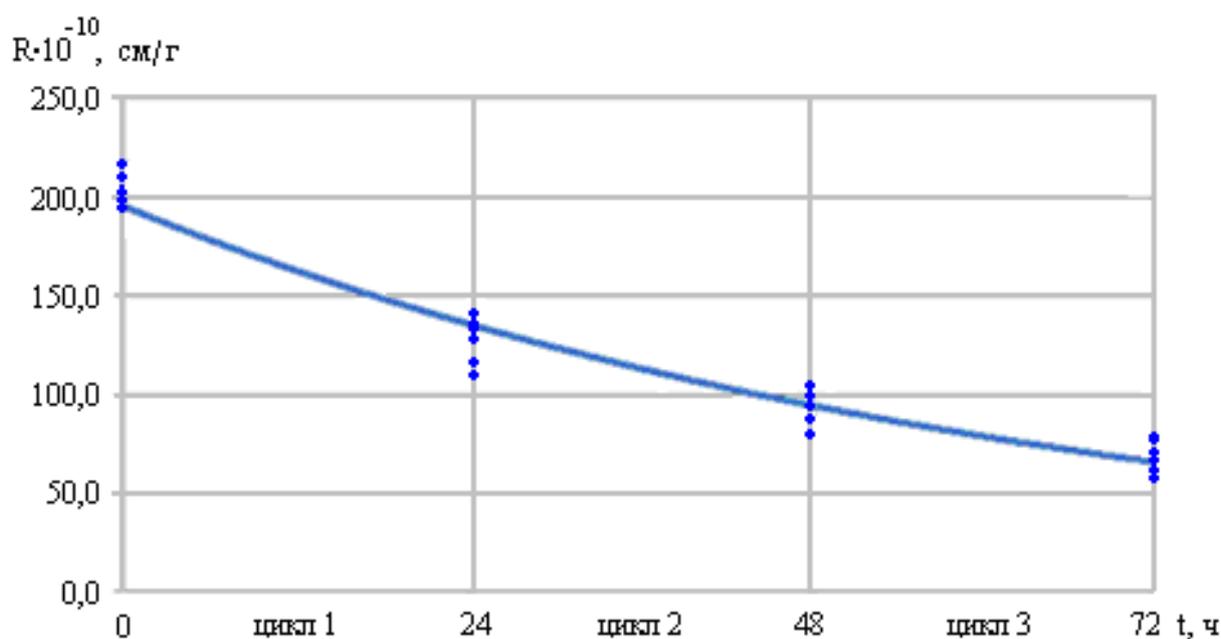


Рис. 1. Изменение удельного сопротивления фильтрации осадка УИАИ по циклам замораживания: 1-й цикл (0–24 ч); 2-й цикл (24–48 ч); 3-й цикл (48–72 ч)

Результаты исследования удельного сопротивления фильтрации осадка УИАИ после каждого из трех циклов замораживания представлены на рисунке 1.

Циклическое замораживание с последующим оттаиванием позволило снизить удельное сопротивление фильтрации осадка после первой фазы замораживания в 1,4 раза, после второй и третьей фаз – в 2,3 и 3,0 раза относительно начального значения. Полученный эффект подтверждает значительное изменение структуры осадка, способствующее повышению его влагоотдачи.

Исследование гравитационного уплотнения УИАИ, подвергнутого замораживанию, проводилось путем одновременного размещения шести проб в мерных цилиндрах объемом 1000 мл каждый и фиксации образующегося объема осадка на протяжении одного часа с интервалом десять минут.

Результаты исследования гравитационного уплотнения УИАИ представлены на рисунке 2.

Исследование гравитационного фильтрования УИАИ, подвергнутого замораживанию, проводилось путем пропускания шести проб объемом 100 мл через бумажные фильтры «белая лента» с измерением объема фильтрата через каждые десять минут.

Результаты исследования гравитационного фильтрования осадка УИАИ представлены на рисунке 3.

Полученные результаты исследования показывают, что увеличение числа циклов замораживания от одного до трех положительно влияет на гравитационное уплотнение и фильтрование осадка по отношению к пробам, не подвергавшимся температурному воздействию. Интенсивная влагоотдача зафиксирована на протяжении первых 20 минут фильтрования по всем пробам осадка (рис. 3). Дальнейшее фильтрование протекает в спокойной фазе, без значительного изменения скорости.

Исследованный осадок обезвоживается сложнее, чем просто избыточный активный ил, что согласуется с результатами исследований авторов [1, 11].

Среднее значение показателя «взвешенные вещества» исходного исследуемого осадка составляло 32,5 г/л и практически не менялось на протяжении

циклов замораживания, что зафиксировано в таблице 2. В то же время влажность осадка, полученная при первом цикле замораживания в значении 97,5%, после следующих двух циклов уменьшалась в среднем на 1%.

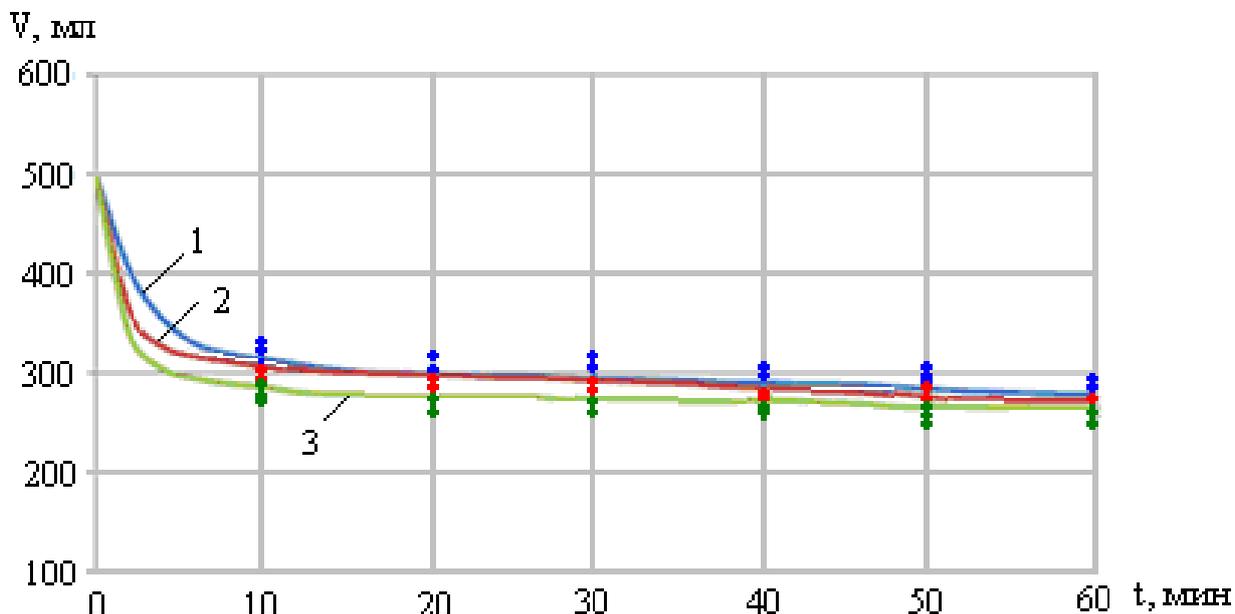


Рис. 2. Изменение объема УИАИ при гравитационном уплотнении осадка после трех циклов его замораживания:
1 – 1-й цикл; 2 – 2-й цикл; 3 – 3-й цикл

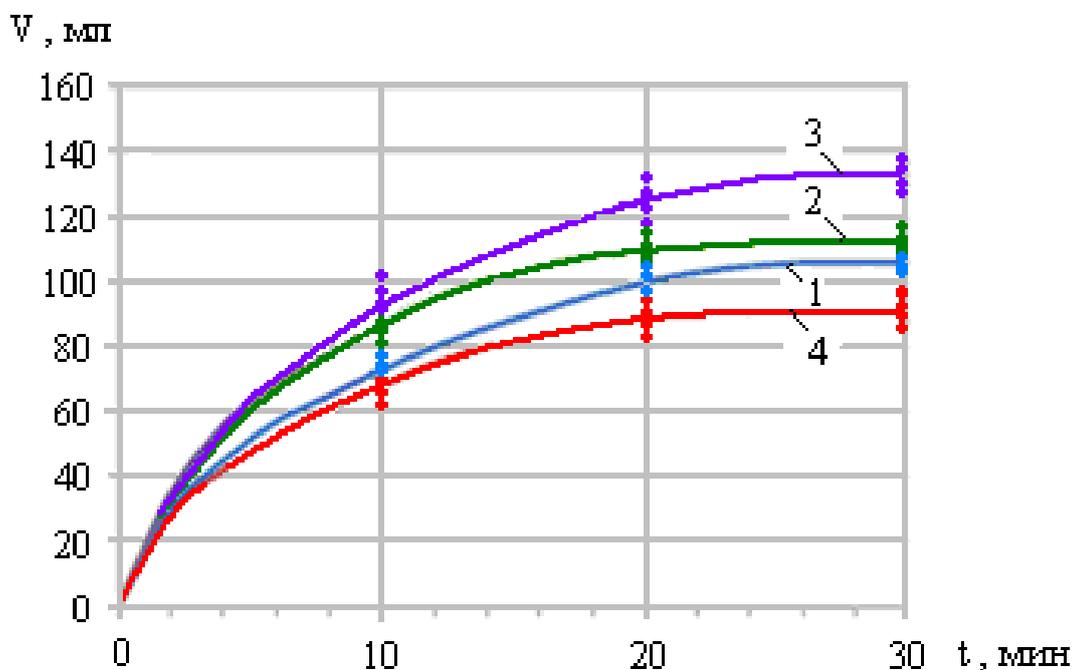


Рис. 3. Изменение объема фильтрата (V) в зависимости от продолжительности фильтрования осадка после трех циклов его замораживания:
1 – 1-й цикл; 2 – 2-й цикл; 3 – 3-й цикл; 4 – исходный осадок

Результаты исследования осадка УИАИ

| № опыта | Цикл замораживания | | | | | | | | |
|---------|------------------------------|-------------|----------|------------------------------|-------------|----------|------------------------------|-------------|----------|
| | 1-й цикл | | | 2-й цикл | | | 3-й цикл | | |
| | $R \cdot 10^{-10}$, см/г | ВВ, мг/л | Вл, % | $R \cdot 10^{-10}$, см/г | ВВ, мг/л | Вл, % | $R \cdot 10^{-10}$, см/г | ВВ, мг/л | Вл, % |
| 1 | 110,9 | 31965 | 97,6 | 81,7 | 31880 | 97,0 | 58,4 | 30735 | 96,6 |
| 2 | 142,6 | 32315 | 97,4 | 100,4 | 32015 | 96,8 | 67,8 | 33210 | 96,3 |
| 3 | 140,3 | 33060 | 97,5 | 105,6 | 34270 | 96,4 | 75,9 | 32450 | 96,1 |
| 4 | 133,2 | 32565 | 97,3 | 98,5 | 32410 | 96,9 | 71,2 | 33515 | 96,3 |
| 5 | 115,8 | 32465 | 97,5 | 90,2 | 31640 | 97,0 | 61,2 | 32980 | 96,6 |
| Mid | 128,6 | 32474 | 97,5 | 95,3 | 32443 | 96,8 | 66,9 | 32578 | 96,4 |

Представленные результаты исследования подтверждают изменение свойств осадка УИАИ, что позволяет рассматривать применение многократного замораживания в условиях эксплуатации иловых площадок в зимний период времени года для интенсификации процесса обезвоживания. Технология обработки осадка на иловых площадках в зимний период времени в этом случае будет предусматривать разлив осадка, его гравитационное уплотнение, слив верхнего слоя осветленной влаги, замораживание всего слоя осадка, удаление выделившейся свободной влаги фильтрованием через слой загрузки после полного размораживания осадка.

На основании проведенного исследования получены следующие результаты:

1. Повторное замораживание осадка с последующим оттаиванием снижало удельное сопротивление фильтрации УИАИ в 3,0 раза.

2. Влажность УИАИ после трехкратного замораживания снижалась в среднем на 2%.

3. После трех циклов замораживания с оттаиванием улучшалось уплотнение осадка. Наибольшая динамика зафиксирована в течение первых 10 минут уплотнения. Осадок УИАИ уменьшался в объеме относительно исходного значения в 2 раза.

4. Наибольшая эффективность гравитационного фильтрования через слой бумажного фильтра «белая лента» для УИАИ наблюдалась на протяжении первых 20 минут. Скорость фильтрования УИАИ улучшилась в 1,4 раза по отношению к осадку, не подвергнутому замораживанию.

Таким образом, многократно повторяемое замораживание осадка уплотненного избыточного активного ила (УИАИ) влияет на снижение удельного сопротивления фильтрации (УСФ), уменьшение времени уплотнения осадка и увеличение скорости гравитационного обезвоживания с применением фильтрующего материала.

Литература

1. Зайнуллин, Р. Р. Применение процессов замораживания и оттаивания осадков сточных вод / Р. Р. Зайнуллин, А. А. Галяутдинов // Инновационная наука. – 2016. – № 6. – С. 72–74.

2. Мисбахов, Р. Ш. Ячеистая модель фазового перехода в сферической капле при охлаждении / Р. Ш. Мисбахов, В. Е. Мизонов // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. – 2015. – № 8. – С. 71–74.

3. Веригина, Е. Л. Изучение изменения свойств осадков городских сточных вод на площадках естественной сушки / Е. Л. Веригина // Известия МГТУ МАМИ. – 2014. – № 1 (19). – С. 91–98.

4. Авторское свидетельство № 1046201 СССР, МПК⁴ С 02 F 11/20. Способ обезвоживания осадка сточных вод : № 3272127 : заявл. 03.04.1981: опубл. 07.10.1983 / Соковнин В. М., Дрожнер В. М., Кузнецова И. В. [и др.]; заявитель : Государственный проектный институт «Укрводоканалпроект».

5. Патент № 2393122 Российская Федерация, МПК⁷ С 02 F 11/14. Способ круглогодичного обезвоживания осадков муниципальных сточных вод на иловых площадках : № 2008146565 : заявл. 25.11.2008 : опубл. 27.06.2010, бюл. № 18 / Иванов Н. А., Иванов А. Н. ; заявители и патентообладатели Иванов Николай Александрович, Иванов Антон Николаевич.

6. Хисамеева, Л. Р. Обработка осадков городских сточных вод : учебное пособие / Л. Р. Хисамеева, А. С. Селюгин. – Казань : Издательство Казанского государственного архитектурно-строительного университета, 2016. – 105 с.

7. Благоразумова, А. М. Обработка и обезвоживание осадков городских сточных вод : учебное пособие / А. М. Благоразумова. – Новокузнецк : Сиб-ГИУ, 2010. – Ч. 1. – 139 с.

8. Туровский, И. С. Обработка осадков сточных вод / И. С. Туровский. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Стройиздат, 1982. – 223 с.

9. Тянин, А. Н. Влияние замораживания на повышение влагоотдачи осадков сточных вод / А. Н. Тянин, Н. А. Кузнецов // Теоретические и прикладные вопросы науки и образования : сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции (Тамбов, 30.04.2019 г.) / Тамбов : Консалтинговая компания Юком, 2019. – Ч. 1. – С. 110–112.

10. Тянин, А. Н. Исследование влагоотдачи избыточного активного ила после замораживания и оттаивания / А. Н. Тянин // Актуальные направления фун-

даментальных и прикладных исследований : материалы XIX международной научно-практической конференции. NorthCharleston, 21-22.05.2019. – Morrisville, NC, USA : LuluPress, 2019. – P. 97–99.

11. Пугачев, Е. А. Процессы и аппараты обработки осадков сточных вод : монография / Е. А. Пугачев. – Москва : Издательство АСВ, 2012. – 208 с.

A.N. Tyanin

RESEARCH OF SEDIMENT MOISTURE-YIELDING ABILITY AFTER FREEZING

The article shows the relevance of the issue of intensification of sediment dewatering in wastewater treatment plants. The parameters determining the moisture-yielding ability of thickened excess active sludge are specified. A decrease in the specific filtration resistance during threefold freezing of sewage sediment, the improvement in the dynamics of sediment filtration in relation to the sediment which is not subjected to freezing, was recorded. The effect of sediment freezing on increasing its moisture-yielding ability was confirmed.

Thickened excess active sediment, specific resistance to sediment filtration, freezing, moisture-yielding ability, sediment moisture.