

что открытые поры увеличивают проницаемость и водопоглощение, снижая морозостойкость. В работе проводились исследования по формированию открытой пористости в условиях водонасыщения.

Определялось изменение плотности образцов в процессе формирования структуры цементного камня за 1,3, 7, 14, 28 суток.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Блещик Н.П. Структурно-механические свойства и реология бетонной смеси и прессвакуумбетона.
2. Горчаков Г.И. Строительные материалы.
3. Афанасьев Н.Ф., Целуйко М.К. Добавки в бетоны и растворы
4. Воронков М.Г., Шорохов Н.В. Водоотталкивающие покрытия в строительстве.
5. Лыков А.В. Явление переноса в капиллярно-пористых телах.
6. Хейфец Л.И., Неймарк А.В. Многофазные процессы в пористых средах.
7. Давидсон М.Г. Водонепроницаемый бетон.
8. Дерягин Б.В., Овчаренко Ф.Д., Чураева Н.В. Вода в дисперсных системах.

УДК 628.162

*Вдовиченко И.Г.*

*Научный руководитель: к.т.н., ассистент Лещук Н.В.*

#### ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЗРЫВНЫХ КАМЕР ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

В результате механической и биологической очистки городских сточных вод на очистных сооружениях образуются различного вида осадки, содержащие органические вещества. Это отбросы, задерживаемые решетками, осадок, выпадающий в первичных отстойниках, активный ил или биопленка, образующиеся в сооружениях аэробной биологической очистки воды.

Общий объем осадков, как правило, составляет 1% объема обрабатываемых стоков, при этом на долю активного ила приходится 60-70% образующихся осадков [8].

Осадок из первичных отстойников крайне неоднороден по фракционному составу. По данным московских очистных станций, содержание в нем частиц крупностью более 7-10 мм составляет 5-20%, крупностью 1-7 мм – 9-33%, крупностью менее 1 мм – 50-88% массы сухого вещества.

Осадок имеет влажность 92-96%, слабокислую реакцию среды, в значительной степени насыщен микроорганизмами (в том числе патогенными), содержит яйца гельминтов.

Активный ил по фракционному составу значительно однороднее осадка первичных отстойников; около 98% (по массе) частиц ила имеют размер менее 1 мм. Влажность активного ила в зависимости от принятой схемы обработки составляет 96-99,2%. Хлопья ила, состоящие из большого числа многослойно расположенных клеток микроорганизмов, заключенных в слизь, обладают очень развитой удельной площадью поверхности, составляющей около 100 м<sup>2</sup> на 1 г сухого вещества. Так же как осадок, ил может быть заражен яйцами гельминтов.

Твердая фаза осадков городских сточных вод состоит из органических и минеральных веществ. Органическая, или беззольная, часть в осадке из первичных отстойников составляет 65-75% массы сухого вещества, в иле – 70-75%. Соответственно зольность осадка колеблется от 25 до 35%, ила – от 25 до 30%.

Основными компонентами беззольной части осадка и ила являются белково-, жиро-, углеводоподобные вещества, в сумме составляющие 80-85%. Остальные 15-20% при-

ходятся на долю лигнито-гумусового комплекса соединений. Количественные соотношения отдельных компонентов в осадке и иле различны.

Если в беззольном веществе осадка преобладают жироподобные вещества и углеводы, то в активном иле значительную часть органического вещества составляют белки. Осадки сточных вод содержат ценные удобрительные вещества (азот, фосфор, калий, микроэлементы) и могут быть использованы в качестве удобрения [12].

Химический состав осадков, по данным Курьяновской станции азрации (РФ), приведен в таблице 1 [10].

Таблица 1. Химический состав осадков сточных вод

| Вид осадка                      | Белки                  | Жиры  | Углеводы | Азот общий        | Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) | Содержание бактерий Coli в 1 г сухого вещества |
|---------------------------------|------------------------|-------|----------|-------------------|---|--|
|                                 | % беззольного вещества |       |          | % сухого вещества |   |  |
| Осадок из первичных отстойников | 28-32                  | 25-30 | 14-18    | 5-6               | 3,5-4                                   | 10 <sup>7</sup> -10 <sup>8</sup>               |
| Активный ил                     | 40-44                  | 18-23 | 4-7      | 8-10              | 8-9                                     | 4.1·10 <sup>6</sup> -3·10 <sup>7</sup>         |

Состав осадка и ила может меняться в значительных пределах и зависит от состава сточных вод, принятой схемы очистки и других факторов.

Большое содержание органических веществ обуславливает способность осадков быстро загнивать, а высокая бактериальная зараженность, наличие в них яиц гельминтов создают опасность распространения инфекций. Поэтому основной задачей обработки осадков является их обезвреживание – получение безопасного в санитарном отношении продукта.

Осадки сточных вод представляют собой специфический вид отходов. К их особенностям относятся:

- Канализационные осадки представляют повышенную бактериологическую и эпидемиологическую опасность.

- В отличие от других видов отходов, сокращение их количества невозможно, напротив, прослеживается устойчивая тенденция к увеличению их количества. Эта тенденция связана как с ростом населения, так и позитивными социальными изменениями в жизни людей: расширением сети централизованного водоснабжения, улучшением качества очистки сточных вод. В частности, в связи с реконструкцией очистных сооружений канализации в г. Екатеринбурге эта проблема относится к разряду неотложных. За 1 сутки на очистных сооружениях этого города образуется более 100 тонн канализационного осадка (по сухому веществу), что составляет примерно 5000 м<sup>3</sup>/сутки сырого (с влажностью 98%) и более 500 м<sup>3</sup>/сутки обезвоженного (с влажностью 80%) осадка [10].

- Канализационные осадки трудно утилизировать, и в большинстве случаев их утилизация - нерентабельное и затратное мероприятие.

- Большое содержание органических веществ обуславливает способность осадков быстро загнивать, а высокая бактериальная зараженность, наличие в них яиц гельминтов создают опасность распространения инфекций. Поэтому основной задачей обработки осадков является их обезвреживание: получение безопасного в санитарном отношении продукта.

В настоящее время основными способами использования и утилизации канализационных осадков являются:

1. Использование в качестве сельскохозяйственного удобрения.
2. Сброс в природные водоемы (океаны, моря, реки).
3. Компостирование.
4. Сжигание.
5. Захоронение.

Сжигание – наиболее распространенный способ термического обезвреживания промышленных отходов. Данный метод применяется, если утилизация осадков сточных вод

невозможна или экономически нецелесообразна. Процесс сжигания осуществляется в печах и топках различных конструкций. Для сжигания осадков наибольшее распространение получили многоподовые печи, печи кипящего слоя и барабанные вращающиеся печи.

Одним из относительно новых способов переработки отходов, в том числе и биологических, является пиролиз.

Замкнутый цикл данного производства исключает загрязнение окружающей среды, и потери земли используемой под свалки отходов. Образующиеся газы и пары улавливаются и перерабатываются в вещества и соединения, находящие применение в промышленности и в других сферах народного хозяйства. Остальные вещества обугливаются при 450°C. Выделяющиеся газы очищаются и нагреваются, причем длинные молекулы углеводородов разрываются на короткие цепочки таких веществ, которые можно использовать в качестве горючего или сырья для химической промышленности. При охлаждении этих газов и паров образуются летучие масла, которые могут быть использованы для отопления или как горючее для двигателей.

Однако вышеперечисленные устройства имеют ряд существенных недостатков. Так, многоподовые печи имеют высокую стоимость, большие габариты и ненадежность работы гребковых устройств. Для печей кипящего слоя необходимо устраивать рекуператоры, (теплообменники). Также данный вид печей характеризуется большой запыленностью отходящих газов. Барабанные вращающиеся печи обладают большими линейными размерами и сложностью в эксплуатации. При пиролизе, в особенности протекающем при низких и средних температурах, из-за температурных колебаний и вследствие этого не полностью протекающих реакций возникают такие ядовитые вещества, как диоксин и фуран. Для того чтобы предотвратить возникновение ядовитых веществ, температура при пиролизе должна составлять более 1100°C.

Все данные виды устройств для утилизации осадков сточных вод очистных сооружений объединяет главный недостаток – потребление значительного количества топлива, для обеспечения температуры, необходимой для сжигания осадка.

Сейчас в различных отраслях промышленности все более широкое применение находят взрывные камеры.

Например, взрывная камера КВГ-16, (рисунок 1) разработанная конструкторско-технологическим филиалом института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева (г. Новосибирск) предназначена для проведения работ по материалобработке взрывом в обычных производственных помещениях. В камере можно проводить работы с крупногабаритными длинномерными изделиями по: упрочнению материалов, сварке, резке, штамповке взрывом.



Рисунок 1 – Взрывная камера КВГ-16 [9]

Рабочий объем камеры позволяет также проводить работы по компактированию взрывом порошковых материалов в специальных ампулах.

Взрывная камера KBГ-16 горизонтального типа с выдвижным рабочим столом рассчитана на суммарный максимальный рабочий заряд взрывчатого вещества в тротиловом эквиваленте до 16 кг [9].

Взрывная камера KB-02, также разработанная конструкторско-технологическим филиалом института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева, предназначена для обработки изделий с использованием энергии взрыва, а также для выполнения исследований взрывных процессов. Применение высоковольтного инициирования заряда обеспечивает защиту от инициирования заряда наведенными токами.

Благодаря использованию взрывных камер, можно осуществлять практически все известные взрывные технологии, такие как сварка взрывом, компактирование порошковых материалов, штамповка и др.

Конструкции взрывных камер позволяют использовать их в технологии утилизации боеприпасов, в ювелирном производстве, в горнодобывающей промышленности и в производственных цехах.

Известно, что продуктами пиролиза при утилизации органосодержащих твердых отходов и шла являются: топочный мазут, с различным процентным содержанием серы; газовая смесь, содержащая водород, азот, метан, этан, кислород и другие газы, а также полукокс.

Следовательно, используя в небольших количествах бризантные взрывчатые вещества (то есть вещества, взрывчатое превращение которых протекает в форме детонации) во взрывных камерах, конструкция которых позволяет безопасно и эффективно проводить процесс утилизации осадков сточных вод, можно получать высокие температуры, а при наличии высушенных и спрессованных отходов с очистных сооружений получать продукты, аналогичные продуктам пиролиза.

При взрыве в замкнутом объеме может быть достигнута температура 2500-5000°C, что значительно больше температуры многоподовых печей и пиролизных установок для сжигания осадка сточных вод. Давление, создаваемое при взрыве одного килограмма взрывчатого вещества, может быть равным от 20 до 50 ГПа [2].

Можно создать камеру, позволяющую производить сушку, прессование и сжигание осадков сточных вод очистных сооружений, применяя в качестве источника энергии — энергию взрыва. Кроме того, можно рационально использовать тепло, выделяющееся при работе взрывной камеры.

Параметры такой взрывной камеры зависят от взрывчатых и физико-химических характеристик взрывчатых веществ.

Взрывчатые характеристики: теплота взрыва; температура продуктов взрыва, скорость детонации, бризантность — способность взрывчатых веществ производить при взрыве местное дробление твердой среды, прилегающей непосредственно к заряду [2].

Физико-химические характеристики: чувствительность к механическим и тепловым воздействиям, химическая и физическая стойкость, плотность [2].

В настоящий момент на кафедре инженерной экологии и химии проводится работа по проектированию взрывной камеры для сжигания, прессования и утилизации осадков очистных сооружений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев К.К. Термическое разложение и горение взрывчатых веществ. Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.: Наука, 1966. — 340 с.
2. Андреев С.Г. [и др.]. Физика взрыва. Изд. 3-е, перераб. и доп. — М.: Физматлит, 2002. — Т. 1-2.
3. Глазов В. М., Павлова Л. М. Химическая термодинамика и фазовые равновесия. — М., 1988.
4. Горбачкий В. Г. Космические взрывы. — М.: 1967. — 210 с.

5. Киреев В. А. Методы практических расчетов в термодинамике химических реакций. – М., 1975. – 256 с.
6. Взрывная камера для синтеза детонационных наноалмазов: пат. № 2323772 РФ кл. В01J3/08 / В.В. Даниленко, Е.В. Даниленко – М., 2008.
7. Селиванов В.В., Кобылкин И.Ф., Новиков С.А. Взрывные технологии. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 650 с.
8. Яковлев С. В., Карелин Я.А. Канализация: Учебник для вузов. Изд. 5-е, перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1975. – 632 с.
9. <http://www.kti-git.nsc.ru/index.html>
10. <http://www.nki.ru/archive/2000/5/>
11. <http://www.ntpo.com/technologists/>
12. <http://www.we.ur.ru/obzor/traditional.htm>

УДК 624.012.36

*Мельничук М. П.*

*Научные руководители: к.т.н., доцент Кондратчик А.А., аспирантка Санникова О.Г.*

### КОСВЕННОЕ АРМИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ НАПРЯГАЮЩЕГО БЕТОНА

Повышение долговечности железобетонных конструкций связано не только с точным определением условий эксплуатации, но и с применением новых материалов, имеющих специфические характеристики, не присущие, например, обычному тяжелому бетону на портландцементе. К таким материалам относится бетон на напрягающем цементе. Не только повышенные плотность, стойкость к сульфатной и хлорной коррозии, но и способность деформировать арматуру при расширении определяют интерес к нему. Исследования железобетонных конструкций из напрягающего бетона позволяют непрерывно расширять область его применения.

В настоящей работе приведены данные экспериментальных исследований влияния косвенного армирования на деформации напрягающего бетона.

#### 1. Работа косвенной арматуры в элементах

*Влияние косвенного армирования на сцепление арматуры с бетоном.* На необходимость установки косвенной арматуры указывали Е. Мерш (1904 г.), Ф. Эмпергер, В. Мурашев, И. Ахвердов, Т. Гараи (1933-1939 гг.), Б. Соловьев, И. Овчинников, С. Дмитриев, А. Оатул, М. Холмянский (1970-1981 гг.), Р. Шарипов, Ю. Изотов, Г. Судаков, А. Веселов и т.д. (1982-2006 гг.), отводя ей в основном роль противодействия продольным трещинам в зоне анкеровки продольной арматуры. И.Г. Овчинников [1], проводя целенаправленно исследование влияния косвенной арматуры на сцепление арматуры с бетоном, установил следующее. Косвенная арматура препятствует поперечным деформациям бетона в пределах области силового взаимодействия (область, ограниченная окружностью, на поверхности которой вертикальные перемещения не превышают 5% от величины смещения стержня) и срезу бетона между рифлениями. Увеличивается (до 2 раз) количество трещин, а ширина их раскрытия уменьшается по сравнению с элементом без косвенной арматуры. В образцах без косвенной арматуры разрушающая нагрузка на 25% выше нагрузки, при которой появились радиальные трещины и на 10% выше нагрузки начала скольжения, а в образцах с косвенной арматурой эти показатели были соответственно на 70% и 60% выше.

Все исследователи отмечают, что активное включение косвенной арматуры в работу происходит при появлении и раскрытии трещин, т. е. в элементах из обычного бетона косвенная арматура играет пассивную роль до определенного момента.