

данного метода устранения дурно пахнущих веществ недопустимо на территории жилой застройки.

Окисление озон. В работе [6] описан газоконвертор «Ятаган». Принцип работы установок «Ятаган» основан на комбинированном воздействии объемного барьерно-стриммерного разряда и озона на молекулы опасных и дурно пахнущих газов. Очищаемый воздух проходит зону холодной плазмы, где молекулы загрязнений непосредственно подвергаются ее воздействию: происходит разрушение и дальнейшее окисление до водяного пара и углекислого газа. При этом инертные составляющие воздуха не разрушаются. Озонирование является удобным прямым и быстрым методом окисления тиолов до сульфокислот и дисульфидов до ангидридов сульфокислот. Преимуществами озонных технологий являются высокая эффективность применения, компактность оборудования, возможность полной автоматизации процесса и экологическая безопасность. При применении озонных технологий отпадает необходимость транспортировки и хранения реагентов.

Заключение. Наиболее значимыми источниками загрязнения воздушного бассейна г. Бреста дурно пахнущими летучими соединениями являются: канализационные насосные станции, очистные сооружения канализации, мусороперерабатывающий завод. Дурной запах обусловлен наличием в вентиляционных выбросах тиолов или меркаптанов – органических веществ, сернистых аналогов спиртов, имеющих общую формулу RSH.

Основными методами очистки газов от тиолов являются: адсорбция, абсорбция, электрохимический, дезодорирование, озонирование. Наиболее эффективными для г. Бреста являются методы на базе озонных технологий.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь 30.12.2010 г. № 186
2. Gilley Alicia. High capacity activated carbon: full-scale installations demonstrate exceptional odor control // Conference WEFA and WMA Odors and Air Emissions 2006, Hartford, Conn., Apr. 9-12, 2006 / Alicia Gilley. – Alexandria (Va): Water Environ. Fed., 2006. – 700–708 с.
3. Лейбович, Л.И. Очистка воздуха от сероводорода / Л.И. Лейбович, В.Я. Кирилюк, В.А. Битаев, Л.А. Пацурковский. – Домашняя страница: International scientific laboratory. – Режим доступа: <http://coisl.com>.
4. Рублевская, О.Н. Мероприятия по предотвращению распространения неприятных запахов на объектах ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» / О.Н. Рублевская. – Водоснабжение и санитарная техника. – № 10. – 2013. – 55 с.
5. Усачев, А.С. Определение эффективности реагентов серии Odorflo TM производства компании SNF Floerger (Франция) для дезодорирования запахов сточных вод. Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД-2006» // Материалы 3 Международной научно-практической конференции, посвященной 10-летию промышленного производства и использования оксихлоридного коагулянта "ОХА" в России, Кисловодск, 2–5 окт., 2006 / А.С. Усачев, М.Л. Багурина. – Новочеркасск: ТЕМП, 2006. – С. 166–169.
6. Колычева, М.А. Борьба с дурно пахнущими выбросами от очистных сооружений канализации / М.А. Колычева – Водоснабжение и санитарная техника. – № 1. – 2014. – С. 44–46.

Материал поступил в редакцию 28.04.15

ZHITENYOV B.N., SUK E.V. The reasons of pollution of the air basin of Brest badly the smelling substances and ways of their prevention

Identified the most significant sources of air pollution in the city of Brest smelly volatile compounds. It is noted that a bad smell air emissions sewage pumping stations, due to the presence of mercaptans. The main methods of purification of gases from mercaptans.

УДК 628.544

Петров О.А., Романовский В.И.

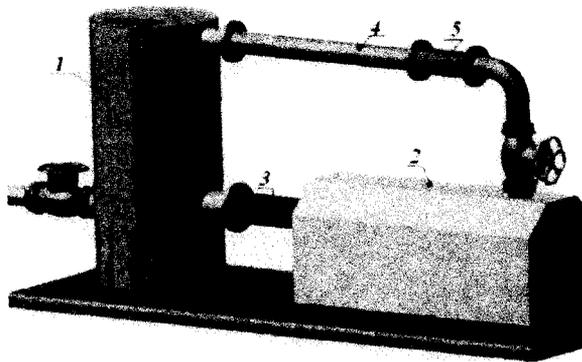
ПРИМЕНЕНИЕ СУПЕРКАВИТИРУЮЩИХ АППАРАТОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОТХОДОВ В ЖИДКИХ СРЕДАХ

Введение. Для подавляющего большинства систем очистки сточных вод актуальным является решение задачи минимизации энергозатрат при требуемой эффективности очистки. Применяемые схемы должны обеспечивать максимальное использование очищенных вод в основных технологических процессах и минимальный их сброс. При широком внедрении таких оборотных систем, совершенствовании технологий и используемого оборудования имеются дополнительные резервы по значительному сокращению расхода свежей воды и уменьшению сброса сточных вод.

Для интенсификации очистки сточных вод широко применяются природные и синтетические флокулянты и коагулянты. В Республике Беларусь данные материалы не производятся, поэтому актуальным является вопрос получения данных материалов и в нашей стране.

Цель работы: анализ возможности использования суперкавитирующих аппаратов (СКА) для гидродинамической обработки отходов с получением коагулянтов и флокулянтов.

Статическая суперкавитирующая установка (рис. 1): сопротивление кавитатора $\Delta P = 20$ кПа, насос – Х50-32-125 (подача – 12,5 м³/ч, напор – 20 м), электродвигатель (мощность – 1,5 кВт, частота 3000 об/мин), объем обрабатываемой суспензии – 0,016 м³.



1 – емкость; 2 – центробежный насос; 3 – всасывающий участок трубопровода; 4 – напнетательный участок трубопровода; 5 – кавитатор

Рис. 1. Статическая суперкавитирующая установка

Использование синтетических флокулянтов в процессах очистки сточных вод и осветления тонкодисперсных суспензий, хотя и дает значительный практический эффект, но их стоимость достаточно высока. Поэтому в отдельных случаях целесообразно использовать

Петров Олег Алексеевич, к.т.н., доцент кафедры машин и аппаратов химических и силикатных производств Белорусского государственного технологического университета.

Романовский Валентин Иванович, к.т.н., ст. преподаватель кафедры промышленной экологии Белорусского государственного технологического университета.

Беларусь, БГТУ, 220050, г. Минск, ул. Свердлова, 13а.

природные флокулянты, полученные из биомассы микроорганизмов. В первую очередь практический интерес представляет использование биомассы тех микроорганизмов, которые получают как отходы производства или побочный продукт, например избыточный активный ил (ИАИ) при биологической очистке сточных вод.

Ежегодный прирост массы активного ила только в странах западной Европы составляет миллионы тонн. В Республике Беларусь ежегодно образуется около 0,8 млн. т осадков сточных вод, в том числе и избыточного активного ила. Основное направление использования осадков - размещение на иловых площадках, которые в настоящее время занимают значительную площадь. При этом они представляют собой источник комплексного долгосрочного воздействия на почву и подземные воды, которое сказывается на протяжении десятков лет. Мероприятия по переработке и обезвреживанию избыточного активного ила требуют огромных материальных затрат. На обработку 1 т (в пересчете на сухое вещество) активного ила используются сотни килограмм реагентов (хлорного железа, известки, перекиси водорода и т.д.), а на его сушку и сжигание - до полутонны мазута. Это вынуждает к активному поиску направлений и рациональных способов решения этой проблемы.

В результате проведенных экспериментов выяснено, что после гидродинамической обработки в суперкавитирующем аппарате избыточного активного ила его можно эффективно использовать в качестве биофлокулянта для интенсификации процесса отстаивания при первичной очистке сточных вод [1], снижая тем самым нагрузку на последующие стадии очистки. Известно, что в составе ИАИ имеется большая группа микроорганизмов, которые в процессе своей жизнедеятельности образуют и выделяют внеклеточные биополимеры, которые и являются флокулирующими агентами. В результате обработки агломераты микроорганизмов разрушаются до отдельных клеток или сегментов клеток, что приводит к резкому увеличению поверхности контакта между биофлокулянт и частицами примесей. Разрушение клеточных агломератов, а также отдельных клеток до их сегментов может быть достигнуто созданием в зоне микроорганизмов высоких скоростных градиентов. Применение на этом этапе исследуемых гидродинамических СКА может значительно интенсифицировать данные процессы. Сущность гидродинамической кавитационной обработки активного ила состоит в создании условий, обеспечивающих непрерывное выделение микроорганизмами биополимеров до исчерпания запасных жировых веществ клеток.

При гидродинамической кавитационной обработке за счет деструкции межклеточных структур достигается еще один положительный эффект - повышение степени растворения тяжелых металлов, содержащихся в твердой фазе ИАИ. Выбор способа обезвреживания всех осадков зависит от состава и свойств веществ, которые определяют его токсичность, вредность для окружающей среды. Главным направлением обезвреживания является перевод указанных веществ в другие нетоксичные соединения, связывание их в виде практически нерастворимых и нелетучих соединений. Во многом способы обезвреживания сточных вод и осадков подобны [2]. В настоящее время одним из основных методов обезвреживания ИАИ, содержащего тяжелые металлы, является химическое извлечение этих металлов перед складированием осадка на иловых площадках.

Были проведены эксперименты по исследованию влияния гидродинамической кавитационной обработки на свойства ИАИ. В ходе экспериментов были исследованы пробы ИАИ после различного времени обработки в СКА и изменение характеристик активного ила вследствие обработки. Проведены исследования по применению активного ила в качестве биофлокулянта на стадии механической очистки сточных вод. Был проведен ряд опытов по определению оптимального времени обработки активного ила, а также по исследованию флокулирующих свойств этого материала. Вместе с этим было проверено предположение о повышении растворимости тяжелых металлов, содержащихся в осадке, после такой обработки, а также о применимости гидродинамической кавитации и аппаратов на ее основе для стабилизации биомассы и обеззараживания воды.

Проведенные опыты, заключающиеся в определении времени капиллярного впитывания, илового индекса, удельного сопротивле-

ния осадка фильтрованию, оптической плотности для различных проб, позволили выявить оптимальное время кавитационной обработки активного ила при использовании его в качестве флокулянта, а также дозу, при которой наблюдается наибольший эффект очистки. Оптимальная доза составила 1% от объема сточной воды. Оптимальное время обработки - около 1 минуты или 1 цикл при последовательном использовании нескольких аппаратов, то есть при необходимости непрерывности процесса. При меньшем времени обработки снижается количество выделяемых клетками биополимеров, т.к. запасные резервы клеток не исчерпываются полностью. При большем времени обработки дальнейшее механическое воздействие на клетку, уже лизированную и разрушающуюся, приводит к ухудшению дальнейшего процесса флокулирования смеси исходной сточной жидкости и обработанного активного ила. При повышении степени механического воздействия клеточные оболочки немедленно разрушаются, жизнедеятельность клеток прекращается, а значит, естественно прекращается и выделение ими биополимеров.

После определения оптимального времени кавитационной обработки активного ила и его дозировки в глинистой суспензии, выбранной в качестве модельной, была оценена эффективность очистки суспензии. Таким образом, при исследовании кинетики осаждения глинистой суспензии использовали активный ил, подвергнутый кавитационной обработке в течение 1 минуты. Доза обработанного ИАИ составляла 1% об. Исследования проводили для глинистой суспензии концентрации 500 и 1000 мг/л. Измерялась оптическая плотность в зависимости от времени отстаивания суспензии, активного ила и суспензии с активным илом. Оказалось, что после 20 минут отстаивания эффективность очистки для суспензии концентрацией 500 мг/л составляет до 80%. При увеличении концентрации суспензии в два раза этот показатель снижается до 50%.

На следующих этапах исследовалось влияние гидродинамической обработки на интенсификацию процессов обезвреживания, стабилизации и обеззараживания осадков промышленных сточных вод.

В ходе исследований установлено, что наблюдается хорошая корреляция между обобщенным показателем фильтруемости осадка (удельным массовым сопротивлением фильтрованию) и степенью растворения содержащихся в нем тяжелых металлов. Таким образом, степень растворения металлов определяется степенью механической деструкции структур ИАИ в процессе обработки и может контролироваться по изменению удельного массового сопротивления осадка фильтрованию.

В результате исследования обработки осадков сточных вод в СКА установлено, что за счет деструкции межклеточных структур осадка растворяется от 17 до 70% содержащихся в твердой фазе осадка металлов (Zn, Ni, Си, Cd, Pb). Степень растворения зависит от металла, что объясняется различными формами связывания тяжелых металлов (в частности, активным илом). Достигнутая степень растворения тяжелых металлов не всегда достаточна по ПДК для самостоятельного использования такой обработки для окончательного обезвреживания осадков, однако в сочетании с традиционными способами гидродинамической кавитационной обработки позволит значительно интенсифицировать процесс и уменьшить объемы используемых реагентов.

Результаты экспериментов по стабилизации и обеззараживанию активного ила в исследуемом суперкавитирующем аппарате показали, что уже за один проход общее микробное число (ОМЧ) сократилось на порядок и составило около 3×10^5 колоний/мл (ОМЧ в начальной пробе составляло более 3 млн. колоний/мл). Через 10 минут циркуляции жидкости в установке ОМЧ уменьшилось практически до 6×10^4 колоний/мл.

Также исследовалась возможность использования СКА для получения коагулянтов/флокулянтов из отходов отработанных синтетических ионов [3]. Отработанные синтетические иониты близки по составу и свойствам к применяемым в настоящее время флокулянтам и характеризуются весьма значительной остаточной обменной емкостью. В качестве одного из способов получения таких материалов может рассматриваться измельчение [3] (степень измельчения должна быть близкой к дисперсным частицам гидроксо-комплексов, образующихся при гидрата-

ции коагулянтов). Выбор условий измельчения, обеспечивающих получение продукта с заданными свойствами, проводили по результатам пробного коагулирования контроля сорбционной емкости, дзета-потенциала, распределения функциональных групп.

Выбор механохимического метода переработки отработанных синтетических ионов будет определяться в основном характеристиками исходного материала и требованиями к качеству продукта. Для помола в промышленности применяют молотковые, роторные, барабанные, вибрационные мельницы и др. Наибольшее распространение в промышленности для тонкого помола и активации нашли планетарные мельницы. Их использование рационально для получения материала с размерами более 20 мкм, поскольку для получения частиц меньшего размера существенно увеличатся затраты энергии. Для дальнейшего уменьшения размеров частиц можно использовать кавитационное воздействие. В настоящее время такую обработку можно осуществлять в ультразвуковых и суперкавитирующих аппаратах. Применение ультразвуковых и суперкавитирующих аппаратов позволит снизить влияние повышенной температуры (которая сильно заметна при сухой обработке в планетарной мельнице) на количество функциональных групп. Использование СКА позволяет проводить измельчение ионов в водной суспензии без предварительного измельчения. Возможность применения такого способа измельчения исследовали на 1 %-й водной суспензии анионита. Обработку проводили в течение 10, 20, 30 мин. Фракционный состав измельченного анионита характеризуется следующим распределением по фракциям менее 5 мкм, 5–20 мкм и более 20 мкм в мас. %: для 10 мин – 46,2; 23,7; 30,1, 20 мин – 32,2; 28,7; 39,1 и 30 мин – 23,6; 24,5; 51,9 соответственно.

При обработке отработанных ионов на ультразвуковой установке с гидродинамическим излучателем наблюдается значительно больший выход фракции с размерами частиц 5–20 мкм и уменьшение выхода фракции с размерами частиц более 20 мкм по сравнению с обработкой в шаровой мельнице и последующей ультразвуко-

вой обработкой на ультразвуковой установке с пьезоэлектрическим излучателем при близких по значению энергозатратах.

Факторами, определяющими технологический эффект, являются количество и размеры образующихся кавитационных пузырьков за суперкавернами. Чтобы получить кавитационные пузырьки оптимальных по технологическому воздействию размеров, необходимо создавать каверну с определенным характером нестационарного движения в ее хвостовой части. В этом и заключается одно из принципиальных отличий исследуемых гидродинамических аппаратов.

Заключение. Таким образом, исследованный метод воздействия на активный ил может найти применение и как способ стабилизации биомассы и частичного обеззараживания воды, который в сочетании с последующей стадией извлечения тяжелых металлов позволяет также существенно повысить общую степень удаления тяжелых металлов из обработанного осадка. Также использование СКА позволяет проводить одностадийную обработку отработанных синтетических ионов для получения коагулянта/флокулянта.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Петров, О.А. Применение гидродинамического аппарата для обработки активного ила / О.А. Петров, О.В. Гурьян, П.Е. Вайтехович // Новейшие достижения в области импортозамещения в хим. промышленности и производстве строительных материалов: материалы докладов Междунар. науч.-техн. конф. – Мн.: БГТУ, 2003. – С. 493–495.
2. Родионов, А.И. Техника защиты окружающей среды / А.И. Родионов [и др.] – М.: Химия, 1989. – 512 с.
3. Петров, О.А. Применение суперкавитирующих аппаратов для обработки ионов / О.А. Петров, В.И. Романовский // Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов: материалы докл. Международной науч.-тех. конф. БГТУ, Минск, 25–27 ноября 2009 г. / Белорус, гос. техн. ун-т; редкол.: И.М. Жарский [и др.]. – Минск, 2009. – С. 123–126.

Материал поступил в редакцию 25.02.15

PETROV O.A., ROMANOVSKY V.I. Use of supercavitating devices for processing of waste in liquid environments

The main results of researches of use of supercavitating devices for receiving from waste of the fulfilled ion-exchange pitches are presented in article and is superfluous active silt of products which can find application as coagulants and flokulyant for sewage treatment and processing of waste.

УДК 551.524.2 (476)

Мешик О.П., Рыжковская И.А.

ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Введение. В последние несколько десятилетий в научной литературе широко дискутируется вопрос влияния естественных и антропогенных факторов на изменение режима климатических характеристик. При этом температура воздуха занимает ведущую роль при описании и моделировании глобальных метеорологических процессов. За последнее столетие в Северном полушарии отмечается рост среднегодовой температуры приземного слоя воздуха на 0,6 °С, а к середине XXI века ожидается ее увеличение еще на 2,5 °С и более [1, 2, 3 и др.]. Глобальное потепление климата увязывается, в первую очередь, с антропогенными выбросами в атмосферу «парниковых» газов.

Ведя речь о климате Беларуси, приходится учитывать процессы, происходящие на всем земном шаре, использовать материалы измерений большого числа параметров, которые характеризуют как сам климат (температура, влажность воздуха, облачность и др.), так и факторы, определяющие климат (солнечная и земная радиация, химический состав атмосферы, влажность и температура почвы и др.). Перспективным, на наш взгляд, является описание пространственно-временных колебаний характеристик климата с позиций его циркуляционной структуры [4, 5 и др.]. В общем случае, колебания

атмосферно-циркуляционных структур и их статистические параметры в долговременном аспекте должны отражать не только атмосферно-солнечные связи, но и их зависимости от гравитационных, геодинамических и других факторов. При интерпретации особенностей многолетних колебаний параметров климата учитывается классификация атмосферных процессов по А.А. Гирсу, данные о многолетних изменениях положения полюса циркуляции, интенсивность некоторых центров действия атмосферы, повторяемость циклонов и антициклонов и др. факторы.

Температурный режим территории Беларуси формируется солнечной радиацией и переносимым воздушными массами теплом с других территорий (адвекция тепла). Температура воздуха в Беларуси характеризуется значительной изменчивостью. Самый теплый месяц года – июль со средними температурами воздуха от 17,0 до 18,5 °С, самый холодный – январь с температурами от минус 8,0 до минус 4,5 °С. Максимальные наблюдаемые температуры на территории Беларуси достигли 35,0–38,0 °С, минимальные – минус 35,0–41,0 °С [6]. Зимой температурный режим формируется, в большей степени, за счет адвективной составляющей турбулентного теплообмена приземной атмосферы, и погода зависит, в основном, от атмосферной циркуляции. Трансфор-

Рыжковская Ирина Артуровна, магистрант кафедры природообустройства Брестского государственного технического университета. Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.