

УДК 628.3

МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Присяжный Д.В.

учащийся 10 класса,

Бюджетное общеобразовательное учреждение города Омска «Гимназия №115»,

Россия, Омск

Ефременко Е.С.

к.м.н., доцент, зав. кафедрой биохимии

ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет»

Минздрава России, Россия, Омск

Аннотация. В статье представлена информация о методах, применяющихся при очистке сточных вод. Указаны основные загрязняющие вещества. Рассмотрены различные способы очищения воды: механические методы, физико-химические способы, химическая нейтрализация загрязнителей, процесс химического окисления токсикантов, озонирование воды, биологические, каталитические. Показано, что предпочтительнее использование в практике комбинированных методов в связи с наличием недостатков у каждого метода.

Публикация подготовлена в рамках проекта «Базовые школы РАН», который реализуется в соответствии с указанием Президента Российской Федерации от 28 декабря 2018 г. № Пр-2543.

Ключевые слова: сточные воды, вода, очистка, методы, экология.

METHODS OF WASTEWATER TREATMENT

Prisyazhnyj D.V.

Pupil,

Budgetary educational institution of the city of Omsk "Gymnasium 115",

Russia, Omsk.

Efremenko E.S.

Ph.D., Associate Professor, Head. Department of Biochemistry,

Omsk State Medical University,

Russia, Omsk.

Abstract. The article provides information on the methods used in wastewater treatment. The main pollutants are indicated. Various methods of water purification are considered: mechanical methods, physico-chemical methods, chemical neutralization of pollutants, the process of chemical oxidation of toxicants, ozonation of water, biological, catalytic. It has been shown that it is preferable to use combined methods in practice due to the presence of disadvantages in each method.

Keywords: wastewater, water, treatment, methods, ecology.

Актуальность. Загрязнение воды стойкими органическими соединениями - серьезная экологическая проблема, угрожающая здоровью человека и окружающей среды. Многие люди в мире не имеют доступа к чистой питьевой воде. Потребности в воде огромны и ежегодно возрастают. Стремительный рост городов, рост населения, для которого нужно производить разные товары, одежду, продукты – все эти факторы с каждым годом все больше усложняют ситуацию загрязнения рек и озер необработанными сливами. Большинство стоков предприятий попадают напрямую в водоемы, что приводит к постепенному ухудшению экологической ситуации. Дефицит пресной воды уже сейчас становится мировой проблемой. Все более возрастающие потребности в воде заставляют все страны, ученых всего мира искать разнообразные средства для реше-

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

ния этой проблемы. Необходимо разработать выгодные способы очистки сточных вод для улучшения жизни многих людей.

Цель. Анализ методов очистки сточных вод для обоснования наиболее эффективного метода.

Материалы и методы. С использованием метода контент-анализа проведено изучение сведений из информационной базы данных e-library, посвященных исследованиям методов очистки сточных вод.

Результаты и их обсуждение.

Деятельность многих отраслей народного хозяйства приводит к загрязнению сточных вод:

- 1) нефтехимическая и нефтеперерабатывающая промышленность;
- 2) металлургия и горнодобывающая индустрия;
- 3) химическая и целлюлозно-бумажная промышленность;
- 4) предприятия по изготовлению пищевых продуктов и ряд других производств.

Огромное загрязнение сточным водам наносит неправильное использование удобрений и пестицидов в сельском хозяйстве. Часть соединений очень трудно удаляются из стоков, в их число входят поверхностно-активные вещества, содержащиеся в синтетических моющих средствах.

Большую опасность представляют радиоактивные загрязнения. Данные примеси появляются при переработке ядерного горючего, нарушении технологии очистки урановых руд и в ряде других ситуаций.

Загрязняющие вещества сточных вод можно подразделить на три большие группы:

1. физические – песок, глина, ил, шлам, взвешенные твердые частицы, радиоактивные элементы, органолептические загрязнители, влияющие на цвет и запах жидкости;
2. биологические – дрожжевые и плесневые грибки, лигнины и водоросли, различные болезнетворные организмы;

3. химические – кислоты и щелочи, нефть и нефтепродукты, соли и фенолы, диоксиды и пестициды, тяжелые металлы, аммонийный и нитритный азот [3].

Вид загрязнения влияет на выбор способа очистки сточных вод. Процесс очистки сточных вод можно разделить на пять различных видов: механическая, химическая и физико-химическая очистки, биологическая, каталитическая

Механическая очистка сточных вод является первым этапом очистки и проводится перед применением других методов. Другими словами, механическая очистка – это подготовка воды перед полной очисткой. При механической очистке из сточных вод удаляются как грубодисперсные частицы, так и поверхностные загрязнения. Для устранения твердых веществ, в зависимости от их размера, применяют последовательно: решетки, сита, песколовки, фильтры и отстойники. После этого, в зависимости от состава, вода может быть подвержена обработке на нефтеловушках, бензодисперсионаторах.

Метод механической очистки дает возможность извлекать из бытовых сточных вод около 60-75% нерастворимых примесей. В случае промышленных вод эффективность очистки увеличивается до 95%, и при этом многие примеси, отделенные механической очисткой, используются в производстве повторно.

Очевидно, что использование только механической очистки сточных вод нерационально из-за того, что этот метод позволяет извлечь из стоков только нерастворенные крупно- и мелкодисперсные примеси. Органические и неорганические вещества, растворенные в сточной воде извлечь таким образом невозможно, поэтому, в большинстве случаев, этот метод используется совместно с другими методами.

Физико-химическая и химическая очистки

Физико-химический метод очистки промышленных и бытовых сточных вод позволяет очистить стоки от мелкодисперсных и коллоидных загрязнений и

примесей. Физико-химический метод очистки могут использовать как предочистку до, так и доочистку после биологической обработки.

Химическая нейтрализация

В зависимости от состава, сточные воды проходят химическую нейтрализацию: вода обрабатывается нейтрализующими агентами с целью предотвращения коррозии материалов водоотводящих сетей и водоочистных сооружений. На практике, в зависимости от ситуации, используются три разных варианта нейтрализации.

При наличии на одном производстве одновременно и кислых, и щелочных сточных вод имеется возможность проводить взаимную нейтрализацию, смешивая сточные воды в одной емкости.

Также нейтрализация может проходить за счет фильтрации через нейтрализующие материалы и за счет нейтрализующих агентов.

Метод химической нейтрализации неудобен в тех случаях, когда нейтрализация идет за счет только нейтрализующих реагентов и специальных фильтров. В случае, когда нужно нейтрализовать большое количество воды или нейтрализация проходит непрерывно, вещества-нейтрализаторы быстро выходят из строя, что приводит к большим затратам на расходные материалы. В случае, когда нейтрализация происходит за счет смешения вод, стоимость процесса значительно снижается, однако, такой метод подходит не всем предприятиям и городским водоочистным сооружениям.

К способам физико-химической очистки так же относятся коагуляция и флокуляция. Коагуляция и флокуляция – два схожих процесса, используемых последовательно, в результате которых происходит процесс слипания мелкодисперсных частиц в более крупные с образованием частиц «агрегатов (хлопьев)». Эти процессы основаны на выпадении осадка из коллоидного раствора при введении в него коагулянта. При этом, использование флокуляции в процессе коагуляции позволяет значительно ускорить процесс выпадения «хлопьев» из коллоидно устойчивых и тонко диспергированных частиц.

При столкновении таких частиц под воздействием сил Ван-дер-Ваальса происходит слипание в крупные «агрегаты», которые в последствии можно быстро и легко извлечь. Сам механизм действия коагулянтов (флокулянтов) основан на адсорбции молекул коагулянта на поверхности коллоидных частиц. В процессе адсорбции каждая макромолекула прикрепляется несколькими сегментами к одной частице, а после остальные свободные сегменты закрепляются на поверхности других частиц, образуя и связывая их полимерными мостиками. В процессе коагуляции степень дисперсности и количество частиц дисперсной системы быстро уменьшается из-за большой скорости слипания первичных частиц.

После завершения коагуляции происходит седиментация образовавшихся частиц. Для полной седиментации используют дополнительные отстойники и фильтры. Осадок, образованный в процессе седиментации, механически обезвоживают с помощью ленточных и камерных фильтр-прессов, а также центрифуг.

Данный метод позволяет осадить большую часть металлосодержащих веществ, в том числе и снизить жесткость воды. Из сточной воды почти полностью удаляются коллоидные и взвешенные частицы.

К достоинствам можно отнести дешевизну процесса и легкодоступность реагентов.

К недостаткам можно отнести образование большого объема вторичных отходов, маленькую производительность и низкий коэффициент очистки сточных вод. В процессе добавления коагулянтов сильно возрастает общее солесодержание, а в отдельных случаях добавляются токсичные реагенты [1].

Химическое окисление

Для обезвреживания и дезинфекции производственных сточных вод, которые содержат токсичные примеси (комплексные и обычные цианиды) используется метод химического окисления и озонирования. Для окисления цианидов, меркаптанов, сероводорода и др., используется хлор или его соединения. Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМН Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

При добавлении хлора в очищаемую воду, образуются хлороводород и хлорноватистая кислота, которая сразу диссоциирует на атомарный водород и гипохлорит-ион. Сумма свободного хлора, гипохлорит-ионов и хлорноватистой кислоты называется свободным «активным хлором».

Очистка сточных вод от цианидов основывается на понижении токсичности примесей (примерно в 1000 раз) путем окисления сильнотоксичных веществ в малотоксичные цианат-ионы с их последующим гидролизом. Гипохлориты используются для окисления в сточных водах таких соединений, как аммиак и веществ, содержащих аминогруппы.

Метод химического окисления удобен в промышленности, когда нужно очистить большое количество воды, однако это требует большого количества реагентов. Существует большая вероятность передозировки окислителей, что может привести к образованию токсичных веществ. В случае использования хлора возникает сложность транспортировки и хранения больших объемах жидкого и высокотоксичного реагента.

Озонирование

Озонирование - метод химической очистки, основанный на свойствах сильного окислителя – озона. Озон можно получать прямо на очистных сооружениях из кислорода, содержащегося в атмосферном воздухе. При получении озона из воздуха необходимо удалять влагу из воздуха во избежание образования в озонаторе азотной кислоты.

Озон позволяет обесцветить воду, убрать привкусы и запахи, не увеличивая солевой состав очищаемых сточных вод. Вещества, окисленные с помощью озона, не представляют такой опасности, как первоначальные вещества. Озон в воду вводят посредством барботирования озono-воздушного потока через слой воды.

Применение озонирования эффективно при обработке вод, содержащих фенолы, поверхностно активные вещества, циклопентан, нефть. Во многих странах процесс хлорирования на станциях очистки воды был заменен на обра-

ботку озонированием или ультрафиолетовым излучением. Применение подобных технологий очистки ограничено по причине дороговизны переоборудования очистных сооружений. Помимо затрат на переоборудование, возникает новая проблема – высокая стоимость процесса. На работу озонаторов уходит большое количество электрической энергии. Помимо этого, озон не способен уничтожать сухой остаток, образованный в процессе озонирования. Из-за своей сильной окислительной способности, озон считается ядовитым, поэтому его относят к высокоопасным веществам.

Биологическая очистка

Метод биологической очистки основан на способности различных микроорганизмов перерабатывать органические и некоторые неорганические (аммиак, нитриды) вещества для своего развития.

В процессе биологической очистки параллельно протекают два процесса с разной скоростью – это адсорбция растворенных и тонкодисперсных примесей различных органических веществ из сточных вод и деструкция этих адсорбированных веществ внутри самих микроорганизмов. Деструкция веществ внутри микроорганизмов достигается за счет процессов окисления и восстановления внутри микроорганизмов.

В зависимости от видов и свойств микроорганизмов, данные параллельные стадии могут реализовываться как в анаэробных, так и в аэробных условиях. Очистка проводится в основном в искусственных резервуарах в зависимости от условий, влияющих на наличие кислорода.

Примером таких сооружений могут послужить аэротенки – железобетонные резервуары прямоугольной формы, разделенные перегородками на отдельные площади. Сточная вода после химической очистки попадает в аэротенки, где смешивается с циркулирующим активным илом, и после того как пройдет через все отдельные тоннели аэротенка, вода попадает во вторичный отстойник. Приблизительное время нахождения воды в аэротенке от 6 до 12 ча-

сов. За это время биоценоз активного ила разлагает основную массу органических загрязнений.

Сам активный ил является совокупностью мелких беспозвоночных животных и гетеротрофных микроорганизмов. Для поддержания жизни в аэротенках активный ил постоянно подвергается аэрации. Сточные воды с илом отстаиваются в отстойнике, в котором осевший ил забирается и подается насосом обратно в аэротенк, а очищенная сточная вода подается на доочистку и дезинфекцию.

Одним из основных факторов, влияющих на высокую производительность и эффективность биологической очистки, является температура. Оптимальной температурой для биологической очистки считается 20–30 °С. Также на скорость процесса влияет кислотность воды.

Оптимальное показание рН = 6,5–7,5. При отклонении значения рН от величины оптимальных значений, скорость окисления начинает падать из-за замедления обменных процессов в клетках. К плюсам данного метода можно отнести полную экологичность процесса, а также универсальность. Микроорганизмы способны разложить даже высокотоксичные вещества, но в малых концентрациях. Биологический способ малозатратен и прост в применении.

Несмотря на все преимущества, биологический метод очистки имеет множество недостатков. К ним относятся высокая чувствительность и малый диапазон изменения параметров окружающей среды. При большом отклонении в плане кислотности среды или температуры, организмы погибают, и вода перестает очищаться.

Помимо этого, в случае очистки высокотоксичных стоков возникает необходимость разбавления общего потока. При разбавлении объем сточной воды, поступающей на биологическую очистку, в разы увеличивается, что в конечном счете приводит к замедлению общей скорости очистки.

Биологическая очистка значительно уступает в скорости химической и физико-химической очисткам, что в итоге приводит к необходимости в боль-

ших площадях для размещения очистных сооружений. Некоторые органические соединения являются биостойкими, что приводит к невозможности их разложения.

Отработанный активный ил невозможно регенерировать полностью, что приводит к образованию большого количества биологических отходов. При очистке воды, содержащей тяжелые металлы или высокотоксичные вещества, ил заражается и вредные вещества остаются в самом иле. В случае использования его как удобрения вредные вещества попадают непосредственно в почву и заражают ее. Помимо этого, в процессе жизнедеятельности организмов образуется большое количество катионных и анионных поверхностно активных веществ (ПАВ). Сточная вода после очистки с большой концентрацией ПАВ, попадая в естественное водохранилище, может пагубно повлиять на природный биоценоз. Соответственно, биологическая очистка нуждается в дополнительной доочистке [2].

Каталитическая очистка

Одним из видов очистки сточных вод является каталитическая очистка. Принцип этого способа заключается в обеспечении химического превращения загрязнений в безвредные или мало вредные вещества под воздействием специальных катализаторов.

При реакции с катализаторами, токсичные вещества в воде, переходят в нетоксичные, которые потом легко выделить с помощью механической очистки. В качестве катализаторов чаще всего используются переходные металлы. Последние отличаются от элементов основной группы тем, что имеют частично незаполненные d- или f-уровни. Основная переходная группа, или d-элементы – это те элементы, у которых частично заполнен d-уровень, и это именно та группа, с которой, главным образом, работают в гомогенном катализе.

Так, d-элементы могут легко образовывать прочные связи с веществами, содержащими системы π -электронов или имеющими орбитали подходящей симметрии и энергии для образования π -связей. Не менее важной с точки зрения

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

ния катализа является способность переходных металлов образовывать прочные связи, в основном, σ -типа с некоторыми реакционноспособными соединениями.

В связи с этим комплексы переходных металлов облегчают получение этих соединений при относительно мягких условиях (часто при комнатной температуре и атмосферном давлении), делают их последующее поведение более спокойным и часто заставляют их реагировать специфичным образом.

Одним из таких катализаторов является гидроксипатит меди. Медь относится к переходным металлам и поэтому может образовывать прочные связи, реагируя с другими веществами. Минеральный компонент натуральной человеческой кости – гидроксипатит применяется, как составляющий компонент для костных имплантатов в медицине включая стоматологию и ортопедию.

При нанесении каталитически активных соединений меди на гидроксипатит образуется фосфат меди во внешнем слое гидроксипатита. Эта модификация превращает низкоактивный гидроксипатит в высококаталитически активный катализатор в процессе разложения. Как результат гидроксипатит меди является хорошим катализатором, который будет эффективно и безопасно очищать сточные воды от большинства токсичных веществ.

К сожалению, все рассмотренные методы селективны и направлены на какой-либо определенный спектр веществ. В зависимости от степени загрязнения стоков все виды очистки могут применяться как по отдельности, так и вместе, при этом, чаще всего различные виды очистки применяются по очереди. Такой метод очистки, при котором используются несколько методов, называется комбинированным. Комбинированный метод позволяет добиться лучшего результата, однако не всегда удается получить полностью очищенную и безопасную воду

Вывод

Предпочтительны комбинированные способы очистки из-за наличия недостатков у всех методов.

Публикация подготовлена в рамках проекта «Базовые школы РАН», который реализуется в соответствии с указанием Президента Российской Федерации от 28 декабря 2018 г. № Пр-2543.

Библиографический список:

1) Аленичев Н.В. Разработка принципиальной схемы компактных сооружений физико-химической очистки сточных вод / Н.В. Аленичев, Н.В. Рыков // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 7. – С. 67-68.

2) Володин В.М. Анализ и моделирование технологических процессов очистки сточных вод / В.М. Володин, Д.Г. Ткаченко, М.Г. Беренгартен // Вестник Международной академии системных исследований. Информатика, экология, экономика. – 2010. – Т. 12, № 2. – С. 3-6.

3) Дудоров В.Е. Методы очистки сточных вод, виды очистных сооружений и инновации в области очистки сточных вод / В.Е. Дудоров, Д.Н. Хисматулина, Э.Р. Исхакова // Наука среди нас. – 2019. – № 4(20). – С. 43-48.

Оригинальность 81%