МИР ЧИСТОЙ ВОДЫ
PURE WATER WORLD

ВЫСТАВКА
МИР ЧИСТОЙ ВОДЫ: ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ-2007

Международная научно-практическая конференция

ВОДА: ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

Сборник материалов конференции

Тюменские Системы Водоочистки

Москва, ВВЦ
11-14 апреля 2007г.

РУССКАЯ ВЫСТАВОЧНАЯ КОМПАНИЯ
ЭКСПОДИЗАЙН

СОДЕРЖАНИЕ

Программа Международной научно-практической конференции «ВОДА: ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ».....8

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

Стратегия развития водоснабжения в городе Москве до 2020 года
С.В. Храменков.....13
Поверхностный сток и экологическая реабилитация городских территорий
Е.И. Пупырев.....19
Технико-экономическое обоснование и оптимизация режимов управления систем водоочистки
М.Г. Журба.....21

СЕКЦИЯ « ВОДОСНАБЖЕНИЕ: ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ»

Современные технологии и технические средства забора и подъема подземных вод
А.Д. Гуринович.....25
Пути обеспечения надежности централизованных систем водоснабжения
О.Г. Примин.....28
Интенсификация работы и модернизация водозаборов из поверхностных источников
Ю.И. Вдовин.....32
Современные технологии очистки природных вод, содержащих органические примеси
В.Л. Драгинский, Л.П.Алексеева.....36
Обработка воды коагулянтами и флокулянтами на основе новых отечественных и зарубежных разработок
Алексеева Л.П.....37
Биологические методы предподготовки природных вод
Ж.М. Говорова.....38
Кондиционирование подземных вод, содержащих сероводород, бром и йод
Л.Н. Фесенко, Е.Г. Шевченко, С.И. Игнатенко, А.Ю. Черкесов.....41
Новейшие технологии глубокой очистки питьевой воды
А.Г. Первов, А.П. Андрианов, Д.В. Спицов.....44
Высокоэффективные методы обезвоживания и утилизации осадков водопроводных станций
Р.Я. Аграноник, С.Д. Беляева.....49
Современные подходы к методике гидравлических и оптимизационных расчетов систем подачи и распределения воды
М.А. Сомов, Р.Х. Каримов.....51
Автоматизация и энергосбережение в водном хозяйстве
Б.С. Лезнов.....53
О перспективных технологиях обеззараживания питьевой воды, сточных и других вод
А.Н. Ульянов.....57
Модульные комплексные системы очистки воды
А.Ф. Чабак.....62

тов бактериального метаболизма перекиси водорода, образующейся в процессе окисления органических веществ при переносе электронов по дыхательной цепи.

Важной технологической характеристикой работы применяемых биореакторов является изменение уровня воды по высоте загрузки в течении одного фильтроцикла. Это обуславливает переменное во времени фильтрование воды через частично незатопленные слои загрузки, где происходит интенсивный массообмен обрабатываемой воды с кислородом воздуха и последующие затопленные слои загрузки. Регулирование соотношения объемов незатопленной и затопленной частей загрузок блока биореакторов осуществляется с помощью сифонных устройств систем гидроавтоматической промывки.

В отдельных случаях для повышения эффективности очистки в несколько раз биореакторы могут дополняться системой постоянных магнитов, размещаемых вдоль их загрузки. В данном случае магнитное поле является активатором биохимического окисления.

Применение методов биологической очистки природных вод в составе общей технологической схемы станции позволяет:

- существенно снизить дозы первичного хлора, а следовательно, предотвратить образование хлороформа и четыреххлористого углерода в сверхнормативных католичествах;
- снизить требуемые дозы коагулянта и флокулянта на последующих стадиях водообработки;
- уменьшить нагрузку на очистные сооружения, их размеры и эксплуатационные затраты на реагентную обработку и утилизацию осадков береговых сооружений за счет частичного задержания минеральных и органических примесей.

Л.Н. Фесенко, Е.Г. Шевченко
С.И. Игнатенко, А.Ю.Черкесов

КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД, СОДЕРЖАЩИХ СЕРОВОДОРОД, БРОМ И ЙОД

Южно-Российский государственный технический университет, г. Новочеркасск
ООО НПП "Экофес", г. Новочеркасск

Стоящая перед Россией задача удвоения за десятилетие валового национального продукта потребует сбалансированного развития социальной сферы и всех отраслей народного хозяйства, в том числе и водохозяйственного комплекса. Следует ожидать существенного увеличения объемов используемых вод при снижении удельных норм водопотребления и переходе на маловодные технологии в промышленности.

Последние научно-технические форумы и выставки "Экватэк", "Питьевые воды России" и др. показали четко выраженную экспансию зарубежных фирм на отечественный рынок водоочистных технологий. Причем эти технологии, не обусловленные зачастую предварительными научными проработками, имеют широкую рекламу и, следовательно, сбыт. Чрезмерное увлечение зарубежными поставками оборудования и технологий, в том числе и для очистки вод, ставят Россию в зависимость от иностранного (или частного) капитала, снижают активность собственной индустрии и т.д. В итоге это ведет к подрыву национальной безопасности страны через здоровье и занятость населения. Поэтому вывод отечественных технических и технологических новаций на мировой уровень с перспективой превышения его является не только локальной задачей каждой отрасли, но и государственной - сохранение безопасности страны, что определено основными положениями Национальной программы "Вода России - XXI век".

В общем объеме подаваемой питьевой воды использование подземных вод для водоснабжения населения существенно отстает от большинства развитых стран и составляет лишь 32 % от общего объема водопотребления. В эксплуатации находится менее половины из всех разведанных месторождений. Вместе с тем следует отметить, что во многих случаях водонос-

ные горизонты характеризуются повышенным содержанием железа, фтора, йода, брома, марганца, стронция и других нормируемых микроэлементов, однако существующая обработка подземных вод ограничивается, как правило, обеззараживанием и, иногда, обезжелезиванием и деманганацией. Одной из причин, ограничивающих широкое использование артезианских вод, является наличие в них сероводорода. 60 % добываемой артезианской воды приходится на йодные, бромные, сероводородные воды (ИБСВ). Использование этих вод в качестве промышленного сырья для получения йода и брома, как энергоносителя (сероводородные воды) в системах теплоснабжения и на геотермальных станциях, а также в бальнеотехнике приводит к загрязнению окружающей среды высокотоксичными стоками йодобромного производства, продуктами окисления сероводорода - серой, газообразным сероводородом.

Для перспективного использования ИБСВ возникла необходимость в разработке технологий их обработки с одновременным решением комплекса вопросов: хозяйственных (потребитель получает питьевую или техническую воду); экологических (исключается загрязнение окружающей среды вредными отходами водоочистки); социальных (расширяется технологическая база водолечебниц); сырьевых (появляется возможность производить различные химические вещества, содержащие йод, бром, серу).

Существующие методы удаления из воды сероводорода путем перевода его ионных форм HS^- и S^{2-} в молекулярную H_2S (подкислением воды до pH ≤ 5) с последующей вакуумной, пенной, барботажной, пленочной или иной дегазацией изначально не экологичны, ввиду загрязнения атмосферного воздуха отходящим от дегазатора сероводородом. Большинство действующих технологий очистки воды от сероводорода основано на окислении и переводе его в менее активные соединения - элементарную серу или её окислы $S_xO_6^{2-}$, $S_2O_3^{2-}$, SO_3^{2-}, SO_4^{2-} и др. При всех достоинствах окислительных технологий, в том числе высокой скорости протекания процесса, отсутствии выбросов газообразного H_2S в атмосферу и др. эти методы, однако, связаны с потреблением окислителей, в том числе экологически опасных (газообразный хлор, озон), что делает данные технологии весьма дорогостоящими.

Представляется весьма заманчивым использование для окисления сульфидов атмосферного кислорода, однако в отсутствие катализаторов процесс окисления протекает крайне медленно и практической значимости не имеет. Для активации окисления H_2S могут быть применены как гетерогенные, так и водорастворимые катализаторы на основе соединений железа, хрома, никеля, кобальта и других металлов переменной валентности. При этом окисление сульфид-ионов осуществляется молекулярным кислородом в координационной сфере иона металла при изменении валентного состояния. Ион металла здесь работает как переносчик электронов с сульфид - ионов на кислород, попеременно восстанавливаясь с сульфид - ионом и окисляясь кислородом. В частности, реализация такого метода осуществляется группой компаний "Катализ" (г. Ангарск), при этом жидкофазное окисление сульфидов протекает на гетерогенном металлокомплексном катализаторе марки "Катан", загружаемом в колонну в виде 3 или 5 секций с нагревом подаваемой воды до 85-90°С. Однако стоимость таких катализаторных установок достаточно велика, что сдерживает широкое применение этого метода.

Одним из перспективных направлений решения проблемы очистки и утилизации сероводородных вод является электрохимическое окисление сульфидов. Электрохимическое окисление сероводорода на гладких электродах представляет в основном теоретический интерес, поскольку реализовать такой процесс с достаточной скоростью невозможно ввиду низких реальных плотностей тока окисления (0,1 - 0,2 мА/см^2). Использование объемно-пористого анода, например углеродно-волокнистых материалов, тканого углеграфита и др., позволяет на порядок увеличить токи окисления, чем на гладких электродах с выходом по току, близким к 100 %. Продукт окисления сероводорода - элементная сера удерживается в объеме углеволокна, однако извлечение серы из таких электродов весьма сложная задача в связи с разрушением волокон при промывке.

Электрохимическое окисление сероводорода в объемно-пористом электроде возможно реализовать и без помощи внешнего источника тока. Для этого загрузка должна обладать электронной проводимостью (электрохимический катализ). При этом твердое тело (токопроводящая

загрузка) контактируя с окислителем (O_2) и восстановителем (H_2S), образует катодные и анодные микроучастки, в которых в любой момент времени будет преобладать концентрация одного из веществ. Это, в свою очередь, приведет к возникновению короткозамкнутых микрогальванических элементов, в результате действия которых и будет окисляться сероводород. Т.е. на поверхности электропроводящего тела (катализатора) происходит разряд ионов HS^- и молекул H_2S, а освободившиеся в результате окисления HS^- и H_2S электроны перетекают к участкам катализатора, контактирующего с кислородом, где происходит его восстановление.

Идея окисления сероводорода была апробирована на каталитической загрузке из природного углеродного материала - дробленного антрацита марки "PUROLAT - стандарт", обладающего высокой механической прочностью и производимого из высококачественных низкозольных антрацитов, добываемых на шахте ОАО "Обуховская" (Ростовская область). Очевидно, что поверхность контакта сероводорода и кислорода на катализаторе должна быть наибольшая, что возможно обеспечить фильтрованием сульфидной воды через незатопленную загрузку из зернистого материала (дробленого антрацита). Такой режим фильтрования известен как метод упрощенной аэрации (сухой фильтрации) при обезжелезивании подземных вод. Исследования проводили на артезианской сероводородной воде в ст. Староминской (Краснодарский край), в результате которых установлены следующие оптимальные условия окисления сероводорода: pH 5-8; крупность загрузки 1-3 мм; температура 15-18°С; высота загрузки 50-60 см; скорость фильтрования 1,0-1,5 м/ч; полная регенерация загрузки (водовоздушная промывка аналогичная скорым фильтрам) достигается при сероёмкости не более 0,5-0,7 кг/м^2. При этих режимах вели обработку воды с содержанием сероводорода 17-25 мг/дм^3, в фильтрате сероводород не был обнаружен.

Экспериментальные данные и выводы, полученные при проведении исследований, послужили обоснованием при составлении технологии, проектировании, последующем строительстве и эксплуатации станции очистки подземных сероводородных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения ст. Староминской производительностью 2500 м^3/сут. Опыт эксплуатации станции не только подтвердил высокую эффективность и экономичность метода каталитического окисления сероводорода на антрацитовой загрузке, но и позволил накопить определенный практический опыт и составить технологический регламент работы водоочистных сооружений (продолжительность фильтроцикла, скорость фильтрования, интенсивность и продолжительность подачи воды и воздуха при промывке фильтрующего слоя, емкость загрузки по поглощаемой сере, морфологию поверхности антрацитовых частиц в процессе формирования осадка серы, работу станции в форсированных режимах и др.).

До настоящего времени подземные воды, содержащие йод и бром использовались в качестве сырья для получения йода и брома. Практически не делались попытки утилизировать эти вещества в случае применения йодобромных вод в водоснабжении, бальнеолечении, промышленной добыче йода и брома. В последние годы проведены исследования сорбционных методов извлечения из воды йода и брома. Предложен ряд модифицированных сорбентов: силикагель КСМ, оксид алюминия, тефлон, аниониты АВ-17 и АМП, волокнистые сорбенты ПАН-АВ-17 и др. Однако исследователями не дается технологических решений по извлечению йода и брома в промышленных масштабах, не раскрывается механизм взаимодействия йода и брома с сорбентом. Применение сорбентов также ограничивается, во-первых, отсутствием выпуска многих сорбентов в промышленных масштабах, их дефицитом и высокой стоимостью; во-вторых, вследствие необходимости сопутствующей очистки отработанных регенерационных растворов; в-третьих, использование АВ-17 и АМП не рекомендовано при очистке питьевых вод.

Наибольший практический интерес представляет использование в качестве сорбента гидроксида алюминия, который может быть получен в растворе при гидролизе сернокислого алюминия - коагулянта, широко используемого в технологии водоподготовки. При окислении йодид - и бромидсодержащих растворов, например гипохлоритом натрия образуются различные формы соединений йода и брома, в том числе J_2, J_3^-, J_5^-, J_2Br^-, J_2Cl^-, JCl, JBr, JCl_2^-, $JBrCl$, JBr_2^-, Br_2, Br_3^-, $BrCl$, $BrCl_2$. Их количество и взаимное соотношение в растворе, определяются pH среды, температурой, концентраци-

ей йодидов, бромидов, хлоридов, дозой окислителя. Практический интерес также представляет определение глубины очистки воды от различных форм йода и брома в зависимости от дозы сорбента $Al(OH)_3$ и pH среды, при котором ведется водообработка.

Объектом исследований являлись модельные и натурные хлоридно-натриевые йодные, бромные, йодобромные послепроцедурные воды типа Кудепстинского и Сакского месторождений с концентрацией йода до 60 мг/л и брома до 100 мг/л. В качестве сорбента использовали гидроксид алюминия, различные формы йода и брома получали окислением воды гипохлоритом натрия, дозу которого варьировали от 0 до 0,6 мг активного хлора на 1 мг йода или брома. Результаты теоретических, лабораторных и производственных исследований послужили основой для разработки технологии очистки воды окислительно-сорбционным методом. Сорбцию на гидроксиде алюминия возможно осуществлять либо в свободном объеме (в слое взвешенного осадка), либо в толще зернистой загрузки фильтра методом контактной коагуляции. Процесс очистки воды следует вести при pH 4,5-5 с тем, чтобы получить положительно заряженные гидрокомплексы при гидролизе сульфата алюминия. Исследованиями установлено, что максимальная степень очистки воды достигается при окислении йодидов и бромидов до J_3^-, JCl_2^- и Br_3^-, при этом эффект очистки воды от йода и брома при обработке йодобромных вод выше, чем для вод, содержащих только йод или бром. Было также установлено, что очистку йодной и йодобромной воды следует проводить при величине окислительно-восстановительного потенциала *Eh* в интервале 650 - 700 мВ, бромной - 960 - 980 мВ, что достигается соответствующей дозой окислителя. Доза сульфата алюминия принимается равной 10 г на 1 г удаляемых соединений йода и брома, оптимальное время контакта воды с сорбентом 10-15 мин.

Окислительно-сорбционный метод позволяет достичь 100 % -ной степени удаления йода при одноступенчатой обработке воды, при трехступенчатой обработке (три последовательно включенных фильтра, работающих в режиме контактного осветления) концентрация брома снижается с 93 - 98 %. Одноступенчатую обработку воды нами рекомендуется осуществлять на установке "Галоген-2", сконструированной на базе установки "Струя" с двойным вводом гипохлорита натрия и сульфата алюминия: перед тонкослойным отстойником и фильтром, работающим как контактный осветлитель. При суммарной концентрации йода и брома более 50 мг/л рекомендуется трехступенчатое последовательное фильтрование воды (скорость фильтрования 4 - 4,5 м/ч) с вводом гипохлорита натрия и сульфата алюминия в шайбовые смесители, установленные перед каждым фильтром. При минерализации исходной йодобромной воды с концентрацией хлоридов более 500 мг/л возможна её обработка прямым электролизом в аппарате проточного типа с оксидно-рутениевыми анодами, где происходит окисление воды до значений *Eh* 960-980 мВ. Образующийся в процессе очистки воды осадок, содержащий извлеченные соединения йода и брома может быть утилизирован в качестве сырья на предприятиях йодо-бромной промышленности.

А.Г. Первов, А.П. Андрианов, Д.В. Спицов

НОВЕЙШИЕ ТЕХНОЛОГИИ ГЛУБОКОЙ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Решение любой задачи питьевого водоснабжения – от кухни и офиса до крупного офисного или торгового центра – связано с ценой вопроса и, главное, эксплуатационными затратами, не забывая, конечно, и о качестве воды.

Прогресс новых технологий очистки воды связан, поэтому, наряду с повышением эффективности очистки, со снижением стоимости очистки и сервиса водоочистных систем. В формировании стоимости очистки играют роль такие показатели, как стоимость самого оборудования, затраты на его транспортировку, монтаж, пуск, и, особенно, на эксплуатацию. Эксплуатационные расходы водоочистных установок связаны в первую очередь количеством поку-