



**ВОДОСНАБЖЕНИЕ И
ВОДООТВЕДЕНИЕ
МЕГАПОЛИСА**

Москва - 2011

Скаковский Е.Д., Воронин А.В., Тычинская Л.Ю., Рыков С.В., Пряхин В.Н. Особенности подготовки проб для анализа питьевых и сточных вод, газовых выбросов методом ЯМР-спектроскопии	331
Спицов Д.В., Первов А.Г., Попков А.Г. Применение систем обратного осмоса для повторного использования бытовых и ливневых сточных вод в городской застройке	336
Фесенко Л.Н., Федотов Р.В., Пчельников И.В. К выбору метода удаления бора из кремнийсодержащих артезианских вод	338
Фесенко Л.Н., Федотов Р.В., Игнатенко С.И. Обескремнивание питьевой воды на люмомодифицированной загрузке	346
Юдин П.В., Медведев Д.Д. Очистка воды с использованием озоновых и мембранных технологий	355

«ЯКОВЛЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ»

15-16 марта 2011 г. в Московской государственной академии коммунального хозяйства и строительства проведена вторая международная конференция, посвященная памяти академика РАН С.В. Яковлева. В этот день собрались его ученики, соратники в трудном и очень важном деле – поддержания чистых вод России.

Сергей Васильевич посвятил всю свою жизнь исследованиям в области водоснабжения и водоотведения. Он прошел большой трудовой путь от чертежника-картографа до проректора в Московском инженерно-строительном институте и директора НИИ ВОДГЕО. Крупнейший ученый, великолепный организатор, человек большого такта, добрый и строгий, щедрый и требовательный - таким он был для тех, кто его знал, кто у него учился, кто с ним работал.

Организаторами конференции стали: факультет «Инженерных систем и экологии», кафедра «Коммунальное и промышленное водопользование», ГУП «Мосводоканал», редакция журнала «Водоснабжение и санитарная техника».

Конференцию, посвященную памяти академика С.В. Яковлева открыл ректор Академии А.А. Кальгин.

Активное участие в работе конференции приняло руководство ГУП «Мосводоканала»: заместитель директора – главный инженер ПУ «Мосводоканала» - Подковыров В.П., заместитель начальника – главный инженер Управления канализаций - Хамидов М.Г., начальник отдела – главный технолог Управления канализаций - Белов Н.А.

О перспективах развития и разработки нормативной документации в области водоснабжения и водоотведения рассказал заместитель исполнительного директора Ассоциации

К ВЫБОРУ МЕТОДА УДАЛЕНИЯ БОРА ИЗ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИХ АРТЕЗИАНСКИХ ВОД

Л.Н. ФЕСЕНКО, Р.В. ФЕДОРОВ, И.В. ПЧЕЛЬНИКОВ

*Южно-Российский государственный
технический университет, Новочеркасск*

С.И. ИГНАТЕНКО

ООО НПП «ЭКОФЕС», Новочеркасск

Дефицит питьевой воды в Республике Калмыкия стал одной из самых острых социально-экологических и политических проблем, прежде всего по причине отсутствия на территории республики водных объектов (как поверхностных, так и подземных), пригодных к использованию в качестве источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Еще в период 1981-1984 г.г. были разведаны и утверждены балансовые эксплуатационные запасы пресных подземных вод Северо-Левокумского месторождения в количестве 304 тыс. м³/сут. для питьевого водоснабжения г. Элисты и ряда населенных пунктов Калмыкии и Ставрополя с общим расходом подаваемой воды 45 тыс. м³/сут. Освоение месторождения (бурение скважин, часть напорного водовода, котлован НС и пр.) в 1993 г. было приостановлено по причине отсутствия финансирования и вновь возобновлено с 2006 г. Однако, при восстановлении скважин подземного водозабора и проведении химических анализов артезианских вод обнаружилось их несоответствие введенным в 2001 г. «ужесточенным» нормативам СанПиН 2.1.4.1074-01 по отношению к ранее действующему ГОСТу 2874-82. Были выявлены: повышенная концентрация аммония (до 7 мг/л при норме 2 мг/л) и нитритов (в отдельных скважинах до 10 мг/л при норме 3 мг/л), а также обнаруженного впоследствии кремния (до 35 мг/л при норме

10 мг/л) и бора (1,2-1,8 мг/л при ПДК 0,5 мг/л). Т.е. задачу выбора и обоснования технологии удаления из воды лимитирующих по ПДК компонентов приходилось решать по мере поступления информации: деаммонизация - обезкремнивание и, наконец, удаление бора.

Северо-Левокумское месторождение подземных вод будет использоваться для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения с относительно большим водопотреблением (45 тыс. м³/сут.), что имеет существенное значение при выборе метода деаммонизации воды. Такие методы как отдувка аммиака, ионный обмен на клиноптилолите, нитрификация и денитрификация реализуются на фильтровальных установках с аэрацией (или дегазацией) воды, применением кислых и щелочных реагентов, биологических (в том числе и без доступа воздуха) установках специальных конструкций и целого ряда сооружений, обслуживающих как основную технологию, так и технологию образующихся при водоочистке стоков (мембранные или ионообменные методы). Иными словами, при очистке природных вод от аммонийных соединений типа NH_4^E и NO_2 нет необходимости устройства целого ряда сооружений последовательной обработки воды, тем более при сравнительно невысоких концентрациях NH_4^E как это имеет место в воде Северо-Левокумского месторождения. В этом случае наиболее целесообразно применение электролитического гипохлорита натрия, получаемого на электролизных установках и дозируемого в трубопровод перед подачей воды потребителю [1,2]. Это положение полностью подтверждается и результатами научно-исследовательских работ, выполненных ООО НПП «ЭКОФЕС» (г. Новочеркасск).

Значительно более сложным является вопрос удаления из воды ортосиликатов и полиборных соединений. Существующее на сегодняшний день многообразие методов декремнизации воды не дает

однозначного ответа к выбору технологии, особенно в области очистки питьевых вод и тем более с расходами подаваемой воды в десятки тысяч кубометров в сутки. Способы удаления из воды бора ориентированы в основном на его промышленное извлечение из концентрированных рассолов методами экстракции, соосаждения и осаждения, электролиза, мембранного (осмос высокого давления) разделения или ионного обмена. Однако эти методы предполагают использование значительного количества реагентов или сопутствующее образование (до 50 % от подаваемой исходной воды при осмосе) минеральных отходов водоочистки, сбрасываемых в конечном итоге в сток, который должен быть переработан и ликвидирован (утилизирован), что заведомо будет стоить значительно дороже, чем собственно сама водоподготовка.

Среди существующих, перспективными технологиями очистки питьевой воды от бора считаются селективные ионообменные смолы и сорбционные методы. Наиболее подробно в литературе описан метод ионного обмена для извлечения соединений бора. В частности установлено, что наиболее эффективно ионный обмен происходит на сильноосновных анионитах в отсутствии анионов сильных кислот, которые возможно удалить на первой ступени анионированием или мембранной нанофильтрацией. Опыт удаления оксоборатов из природных вод селективными смолами, пока только ставит задачи по совершенствованию их избирательной способности по бору. На сегодняшний день еще не разработана высокоселективная смола, позволяющая избирательно извлекать только бор при его содержании в воде 1,5-2,0 мг/л. Практическое использование селективных смол в технологии извлечения бора, также ставит задачи и последующей очистки отработанных регенерационных растворов. Например, на одну регенерацию 1 м³ бороселективного слабоосновного макропористого анионита «ГРАНИОН D 403»

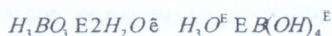
расход серной кислоты и едкого натра (регенерация проводится последовательным пропуском реагентов) составляет соответственно 100 и 60 кг (по чистому продукту) при объеме сточных вод 11 м³ от одной регенерации (по данным ЗАО «ЭкоПромКомпания»).

В ряду сорбционных методов наиболее эффективным считается неорганический сорбент на основе гидратированной двуокиси циркония (ГДЦ), разработанный в УПИ им. С.М., Кирова [3]. Регенерация ГДЦ осуществляется 0,25 % гидроксидом натрия. В решении задач избирательного извлечения бора ведущее место заняли оксогидратные циркониевые сорбенты (ОЦС) [4]. Степень сорбции бора ОЦС обеспечивается на уровне 40...50 %. Наряду с соединениями бора ОЦС сорбирует также Ca^{2+} , Mg^{2+} и другие ионы многовалентных металлов, что мешает процессу. Предварительное удаление из воды катионов, например, обратным осмосом, повышает обменную емкость ОЦС относительного бора, но удорожает технологию. Соединения бора (как и кремния) мембранным методом из воды удаляются значительно хуже [4].

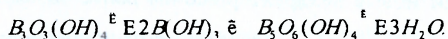
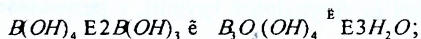
Изложенные недостатки ионитной и мембранной водоподготовок для питьевых целей определили направление научных исследований в область экономически менее затратных и более экологичных технологий очистки воды от кремния и бора. Наиболее перспективным, но мало изученным методом удаления бора, возможно считать фильтрование борсодержащей воды через алюмомодифицированную загрузку, т.е. загрузку, активированную солями алюминия. При модификации фильтрующих материалов на их поверхность наносят новые молекулярные группы, в результате сами материалы приобретают новые нехарактерные им ранее свойства. По данным литературных источников, исследованиями, проведенными в МИСИ, НИИ ВОДГЕО, ЮРГТУ (НПИ) и др., установлено, что после обработки солями алюминия природных цеолитов (клиноптилолит,

морденит, филлипсит, шабазит и др.) они способны извлекать из фильтруемой воды фторид-, бромид-, иодид-, силикат-, борат- и некоторые другие ионы в большей или меньшей степени.

Механизм сорбции бора алюмомодифицированной загрузкой предположительно работает в следующей последовательности: при контакте алюмосодержащего реагента с цеолитом, который является природным катионообменником, в последнем замещаются обменные катионы Na^E , Ca^{2E} , Mg^{2E} на катионы алюминия из раствора - модификатора. Реобмен катионов алюминия из цеолита начинается при последующем фильтровании очищаемой воды через алюмомодифицированный материал. Алюминий взаимодействует с присутствующими в воде анионами OH^E , SO_4^{2E} , $B(OH)_4^E$, $B_3O_3(OH)_4^E$ и др. Одновременно с гидролизом и образованием основных солей алюминия протекает процесс извлечения из воды борокислородных соединений за счет ионообмена и образования алюмоборных комплексов, которые адсорбируются модифицированной загрузкой. В общем виде специфическую адсорбцию борат-ионов оксогидратным алюминиевым сорбентом, возможно проанализировать состоянием борат-ионов в водных растворах и сравнить его с состоянием производных форм бора в фазе сорбента. Ион борной кислоты в водных растворах гидратирован и его образование протекает по реакции

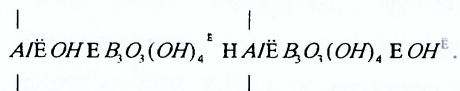


с последующим включением молекул борной кислоты в моноборат и образованию полиборатных анионов:



Распределение в фазе сорбента анионов моно-, три- и пентаборатов определяется pH среды. Для воды Северо-Левомуковского

месторождения с $pH \sim 8,0$ преобладающей, очевидно, будет доля анионов $B_3O_3(OH)_4^E$ и процесс специфической сорбции бора оксогидратным алюминиевым сорбентом с участием концевых OH^E групп можно представить в виде:



Ввиду малой изученности вопроса сорбции бора модифицированным неорганическим сорбентом, были проведены исследования на воде, доставленной из Северо-Левомуцкого месторождения и содержащей соединения кремниевой кислоты в количестве 34 мг/л (в пересчете на кремний) и бор, концентрацией 1,8 мг/л. Удаление из воды лимитирующих микроэлементов бора и кремния производили двумя различными технологиями, с последующим сравнением их эффективности. Такими технологиями были определены контактно-сорбционное фильтрование и фильтрование через модифицированные загрузки. Результатами экспериментальных исследований было установлено, что метод контактно-сорбционного фильтрования для очистки воды, содержащей кремний от 30 и более мг/л, дает положительные результаты по снижению концентрации кремния до норм ПДК только в схеме двух и более ступенчатого последовательного фильтрования (см. статью «Обескремнивания питьевой воды на алюмомодифицированной загрузке» настоящего сборника). Однако данная технология существенно усложняет технологическую схему обескремнивания и обесборивания воды, приводит к увеличению расхода реагентов и росту общей минерализации обрабатываемой воды.

Наиболее компактным в технологическом плане, экономичным и эффективным показал себя метод фильтрования кремний- и

борсодержащей воды через алюмомодифицированную загрузку, в частности загрузку из природного цеолита опалкристобалитовой породы типа ОДМ-2Ф, активированную 0,5-процентным полиоксихлоридом алюминия высокой активности $Al_2(OH)_5Cl$. В результате таких пробных поисковых исследований было установлено, что одновременно с декремнизацией воды концентрация бора снижалась с 1,6-1,8 мг/л (исходная вода, доставленная на исследования из Северо-Левокумского месторождения) до значений 0,1- 0,2 мг/л (в начале) и 0,5-0,8 мг/л (в конце) фильтроцикла (до содержания остаточного кремния 10 мг/л), что создает определенную уверенность в реальной возможности применения предлагаемой технологии декремнизации и по отношению к бору. Тем не менее, для окончательных выводов и составления регламентных рекомендаций по технологии очистки воды от бора необходимо продолжение научных исследований ввиду недостаточной изученности вопроса.

Библиографический список:

1. Фесенко Л.Н., Игнатенко С.И., Фесенко А.Л., Федотов Р.В. К выбору метода деаммонизации подземных вод Северо-Левокумского месторождения для хозяйственно-питьевых целей /Технология очистки воды «ТЕХНОВОД-2009»: Материалы V межд. науч.-практ. конф., посвященной 120-летию ОАО «АУРАТ»; г. Кисловодск /Юж.-Рос. гос. техн. ун-т.(НПИ), - Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2009.

2. Фесенко Л.Н., Игнатенко С.И., Фесенко А.Л., Громов А.А. Сравнительная экономическая оценка методов деаммонизации питьевой воды ионообменном и окислением гипохлоритом натрия /Технология очистки воды «ТЕХНОВОД-2009»:Материалы V межд.науч.-практ. конф., посвященной 120-летию ОАО «АУРАТ»; г. Кисловодск /Юж.-Рос. гос. техн. ун-т.(НПИ),- Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2009.

3. А.с. 655413 СССР, МПК В 01 I 1/22. Способ получения неорганического сорбента для извлечения соединений бора из растворов/ А. А. Поспелов, В.П. Тимаков, Б.А. Петров и др.// Открытия. Изобретения. 1979. № 13.

4. Дорожкин С.А., Ивлева Г.А. Технология очистки подземных вод от биологически активного компонента – бора // Водоснабжение и сан. Техника. 2006.№7.

ОБЕСКРЕМНИВАНИЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НА АЛЮМОМОДИФИЦИРОВАННОЙ ЗАГРУЗКЕ

Л.Н. ФЕСЕНКО, Р.В. ФЕДОТОВ
*Южно-Российский Государственный
технический университет, Новочеркасск*

С.И. ИГНАТЕНКО
ООО НПП «ЭКОФЕС», Новочеркасск.

Водоснабжение г. Элисты и ряда населенных пунктов Калмыкии и Ставрополя предполагается осуществлять из подземных вод Северо-Левокумского месторождения (Ставропольский край) с общим расходом подаваемой воды 45 тыс. м³ в сутки. При строительных испытаниях эксплуатационных скважин в 2007г. в большинстве из них (всего 15 скважин) были выявлены повышенные концентрации кремния (до 35 мг/л) и бора (до 2 мг/л).

Процессы обескремнивания воды, как правило, не рассматриваются применительно к питьевому водоснабжению, обсуждение предполагается в рамках использования воды для технических целей промышленности, в частности воду, содержащую кремниевую кислоту, нельзя использовать для питания котлов высокого и сверхвысокого давления, в химико-фармацевтической промышленности, при переработке цветных металлов и т.д. Однако, поскольку кремний отнесен ко второму классу опасности по санитарно-токсикологическому лимитирующему признаку вредности, его содержание в питьевой воде регламентировано СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода», согласно которому оно не должно превышать 10 мг/дм³ [1]. Поэтому вопросы обескремнивания в свете подготовки Северо-Левокумской воды для хозяйственно-питьевых нужд населения весьма актуальны.

Обескремнивание воды достигается следующими известными методами: осаждением известью; сорбцией гидроксидами железа, алюминия, оксидом или гидроксидом магния; фильтрованием через магнезиальный сорбент или через активированный оксид алюминия и бокситы; ионным обменом; методом мембранного разделения.

Тем не менее, перечисленные выше методы имеют ряд существенных недостатков, основными из которых следует считать следующие: так, при осаждении известью необходимо проводить удаление избытка гидроксида кальция и предварительный нагрев воды. Применение солей железа, алюминия при коагуляции в свободном объеме требует значительных доз (до 400 мг/л) реагентов, что ведет к возрастанию общей минерализации декремнированной воды, возможному проскоку ионов Al^{3+} и Fe^{3+} в питьевую воду и сопутствующему образованию значительных количеств влажных гидроксидных осадков, трудно поддающихся обезвоживанию. Магнезитовые реагенты отличаются дефицитностью, высокой стоимостью и требуют значительных энергозатрат на предварительный подогрев воды. Магнезиальные сорбенты (полу-обожженный доломит, а также специальный сорбент, получаемый обработкой измельченного каустического магнезита соляной кислотой) не регенерируются и требуют полной замены после исчерпания обменной емкости (один кубометр загрузки сорбирует не более 90 кг SiO_2). Применение ионного обмена позволяет добиться наиболее глубокой степени обескремнивания воды, но данный метод, как и мембранное разделение, связан с сопутствующим образованием концентрированных солевых стоков, требующих затрат на их переработку, сопоставимых с собственно самой водоочисткой.

Для глубокого обескремнивания принципиально может использоваться электрохимический метод, однако в случае высококремниевых вод (концентрация $Si > 2-5$ мг/л) расход алюминия и

электроэнергии возрастает многократно. Например по данным [2], для обескремнивания воды, содержащей 40 мг/л SiO_2 при плотности тока 2 mA/cm^2 , расход алюминия составляет $50\text{г}/\text{м}^3$, а потребление электроэнергии – $0,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$. Или, в пересчете на Северо-Левомуковский водоисточник, при очистке 45 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$ воды, годовая потребность в металлическом алюминии для замены анодных пластин в электролизном аппарате составит не менее $50 \times 45000 \times 365 / 10^6 = 821\text{т}$, что только по этому показателю исключает какие-либо перспективы электрокоагуляционных технологий обескремнивания. Помимо того, недостатком электрохимического обескремнивания воды является быстрая пассивация электродов. Применение диафрагменных электролизеров снижает эффект пассивации, однако при этом образуется большое количество высокощелочных сточных вод (католита).

Поскольку рассмотренные выше методы обескремнивания воды в большей или меньшей степени не удовлетворительны применительно к очистке значительных объемов воды (45 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$) и с содержанием кремния до 35-40 мг/л, нами предлагается к исследованию метод контактного фильтрования через модифицированные загрузки. Данный метод позволит значительно сократить количество применяемых реагентов и образующихся при водоочистке побочных продуктов, он не требует периодической замены фильтрующей загрузки, позволит добиться компактности установок и простоты их обслуживания.

При выборе материала загрузки контактных фильтров, тем более работающих в режиме модификации, необходимо руководствоваться не только гранулометрическим составом, механической прочностью, химической стойкостью и т.д., но и способностью сорбировать на себе примеси органического (цветность) и минерального происхождения, а также

функционировать в режиме избирательного ионного обмена. Основываясь на проведенных исследованиях кафедры Водного хозяйства предприятий и населенных мест ЮРГТУ (НПИ) представляется наиболее целесообразным в качестве загрузки фильтров применить новый в практике водоочистки высокоэффективный сорбционно-фильтрующий материал ОДМ-2Ф (опока дробленная модифицированная), производимый из природного цеолитового минерального сырья опалкристобалитовой породы.

Цель исследований заключалась в экспериментальном изучении свойств и выборе наиболее оптимального материала фильтрующей загрузки и реагентов для удаления из воды соединений кремниевой кислоты.

В качестве объекта исследований использовали модельную воду, содержащую соединения кремниевой кислоты, и привезенную воду Северо-Левокумского месторождения. Для проведения предварительных (поисковых) исследований модельную воду готовили на водопроводной воде добавлением в нее основного стандартного раствора силиката натрия (4,73 г Na_2SiO_3 в 1 л дистиллированной воды или 1 мг SiO_2 в 1 мг раствора) в количестве из расчета 65 мг/л SiO_2 (65 мл р-ра Na_2SiO_3 на 1 л водопроводной воды) с последующим доведением pH раствора до 7,5-8, при помощи 0,01N раствора соляной кислоты. Концентрацию кремния в полученной модельной воде проверяли аналитически, и она составляла 30,3 мг/л.

На первом этапе исследований проводили пробную коагуляцию соединений кремниевой кислоты в свободном объеме по стандартным методикам. Применяли растворы следующих коагулянтов: хлорид железа (III), оксихлорид алюминия марки «Аурат ТМ-30», сульфат алюминия, алюминат натрия.

Полученные результаты показали, что для всех изучаемых типов коагулянтов увеличение их дозы в интервале от 30 до 300 мг/л практически не оказывает существенного влияния на глубину удаления кремния, эффект обескремнивания составлял не более 30%. Снижения концентрации кремния до нормативов ПДК добиться не удалось.

На следующем этапе исследований проводили коагуляцию с последующим фильтрованием воды через фильтр, загруженный различными материалами: кварцевый песок, антрацитовая крошка, ОДМ-2Ф. Экспериментальная установка состояла из фильтровальной колонки диаметром 46мм и высотой 1000 мм, выполненной из оргстекла. Подачу воды и дозирование реагентов осуществляли перистальтическими насосами-дозаторами марки ETATRON Type B 10-1 Sant с контролем дозирования объемным методом.

Раствор коагулянта вводили в трубопровод подачи исходной модельной воды непосредственно перед фильтром. Расход подаваемой воды устанавливали исходя из скорости фильтрования 5-6 м/ч, высота слоя загрузки 700 мм, направление фильтрования - снизу вверх. На выходе из установки измеряли концентрацию кремния и рН воды. Для каждого типа зернистой загрузки были проведены серии опытов с применением различных коагулянтов и их доз. В результате было установлено, что при применении в качестве коагулянтов солей алюминия загрузка из антрацитовой крошки не задерживала образующиеся хлопья, а увеличение доз коагулянта приводило только к его перерасходу, не повышая эффекта обескремнивания воды. В сравнении с ОДМ-2Ф антрацитовая крошка и кварцевый песок обладают в два раза меньшей продолжительностью фильтроцикла (по проскоку кремния) и плохо задерживают образующийся осадок.

Повторные исследования контактного фильтрования были проведены с использованием реальной воды Северо-Левомукомского месторождения. В качестве загрузки фильтра применялся ОДМ-2Ф.

Результаты исследований показали, что метод контактного фильтрования для всех типов исследуемых коагулянтов (FeCl_3 , $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$, NaAlO_2) по эффекту декремнизации воды в изучаемом диапазоне доз (10-30 мг/л) коагулянтов дает примерно соизмеримые результаты (эффект очистки 25-35%) и желаемого результата не обеспечивает.

В связи с этим была проведена серия опытов многоступенчатого фильтрования, заключающегося в том, что перед каждой ступенью фильтрования в воду дозировался раствор коагулянта.

Исследовали до четырех ступеней последовательно работающих фильтров, загруженных материалом ОДМ-2Ф. Доза коагулянта составляла 10мг/л, результаты исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1
Результаты исследований многоступенчатого контактного
фильтрования

Коагулянт	Исходная концентрация Si, мг/л	1-я ступень	Эффект удаления Si, %	2-я ступень	Эффект удаления Si, %	3-я ступень	Эффект удаления Si, %	Эффект удаления Si, %	
Хлорид железа (III)	31,76	25,24	20,51	19,54	38,46	17,10	46,15	15,06	52,56
Аурат ТМ-30	30,94	23,61	25,64	20,36	35,89	16,28	48,72	10,58	66,66

		мг/л	мг/л
0,1	150	8.95	10,58
0,2	180	7,48	10,99
0,3	210	6.52	10,76
0,4	220	6.11	10,99
0,5	230	5.98	10,65

Из полученных данных сделаны следующие основные выводы: во-первых, наиболее целесообразно в качестве модификатора применение 0,3% (по Al_2O_3) раствора полиоксихлорида алюминия и, во-вторых, увеличение концентрации регенерационного раствора не приводит к заметному росту продолжительности фильтроцикла и снижению концентрации кремния в обработанной воде.

Предлагаемая технология обескремнивания воды, в отличие от большинства существующих в настоящее время, может быть применима для питьевого водоснабжения, оказывает минимальное влияние на минеральный состав обрабатываемой воды. По сравнению с «классическими» технологиями удаления кремния из воды она также позволяет значительно сократить расходы реагентов и энергозатрат, вследствие чего снижается и количество образующихся при водоочистке побочных продуктов. Обладающий высокими прочностными характеристиками, повышенной грязеемкостью и сорбционными свойствами зернистый материал ОДМ-2Ф не требует замены по мере его истощения, что существенно сокращает себестоимость очистки кремнийсодержащих вод. Применение контактного фильтрования через модифицированные загрузки позволяет добиться компактности установок очистных сооружений и простоты их обслуживания.

Библиографический список:

1. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.

2. Кульский Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. – Киев: Наук. думка, 1980.