

УДК 676.12

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ВОДООЧИСТКИ В ОСВЕТЛИТЕЛЬНО-СОРБЦИОННЫХ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

*Б.М. Борисов, канд. техн. наук
(Лаборатория водоснабжения КНИЦ УААН)*

Подчеркнута необходимость интенсификации процесса осветления, обесцвечивания и дезодорации воды в осветлительно-сорбционных фильтровальных сооружениях. Показаны преимущества использования в технологии очистки воды осветлительно-сорбционных фильтровальных сооружений, которые не требуют обязательного нового строительства, а могут внедряться в производство в процессе реконструкции действующих сооружений. Предложено применение пенополистирольных фильтров и гранодиоритно-угольных контактных осветлителей, поскольку они лишены недостатков, присущих угольно-песчаным и другим фильтрам, связанных со снижением сорбционной емкости сорбентов.

Підкреслено необхідність інтенсифікації процесу прояснення, знебарвлення та дезодорації води в прояснювально-сорбційних фільтрувальних спорудах, які не потребують обов'язкового нового будівництва, а можуть бути інкапсуловані в виробництво в процесі реконструкції діючих споруд. Запропоновано використання пінополістирольних фільтрів та гранодіоритно-вугільних контактних освітлювачів як таких, що не мають недоліків, властивих вугільно-піщаним та іншим фільтрам, що базуються на зниженні сорбційної ємності сорбентів.

Necessity of an intensification of process of clarification, decolouration and water deodorization in Clarification and absorbtion filtering constructions is underlined. Advantages of use in technology of water treating of decolouration and absorbtion filtering constructions which do not demand obligatory new building are shown, and can take root into manufacture in the course of reconstruction of operating constructions. Application foam-polystyrene filters and granodioric-coal contact decolouration as they are deprived the lacks inherent in ugolno-sandy and other filters, connected with decrease absorbtion is offered to capacity of sorbents.

© Б.М. Борисов, 2009

Применение в практике водоочистки фильтровальных сооружений с природными и техническими адсорбентами более перспективно, чем углевание воды. В фильтровальных сооружениях сорбенты создают условия и выполняют функции постоянно действующего барьера более надежно. В отличие от углевания применение сорбционных фильтров для извлечения из воды органических ингредиентов основано на их адсорбции в неподвижном слое сорбента. При пропускании раствора адсорбата через загрузку адсорбента сорбируемые вещества образуют движущийся фронт адсорбции по высоте загрузки. Элементарные сорбционные слои постепенно насыщаются сорбатом, извлекая их из раствора. После насыщения всего слоя загрузки наступает момент проскока веществ цветности и запаха в фильтрат [1, 2, 3, 4].

Установлено, что обесцвечивание и дезодорация природных вод в угольных фильтрах усиливается в результате проявления сорбентом каталитических свойств. Наличие на адсорбционной поверхности участков с повышенным адсорбционным потенциалом, объясняемым присутствием оксидов общего состава C_xO_y , и является причиной действия каталитических сил. В результате именно на этих участках происходит концентрация сорбируемых веществ и ускорение реакций между ними [4]. Действие каталитических сил способствует деструкции молекул органических веществ, улучшая их сорбцию.

Применение метода окисления совместно с сорбционным методом интенсифицирует процесс обесцвечивания и дезодорации воды. Предварительная обработка воды хлором, равно как и его производными, озоном, перманганатом калия с последующей адсорбцией загрязнений в угле приводит не к простому суммированию процессов, а к возникновению нового, заключающегося в каталитическом окислении загрязнений и сорбции продуктов распада, по отношению к которым адсорбент обладает более высокой емкостью поглощения, чем к исходному продукту. Возрастает в этом случае и продолжительность межрегенерационного периода сорбента [3, 5].

Предварительное хлорирование и озонирование сырой воды на Днепровской водопроводной станции г. Киева в 1996 году перед ее фильтрованием в слое донецкого активированного

антрацита существенно повышало эффективность сорбционной очистки. Это преимущество возрастало с увеличением времени эксперимента. После пропуска через фильтр 4000 условных объемов воды ХПК фильтрата озонированной воды равнялось — 0,1; хлорированной — 0,3; сырой (без реагента) — 0,45 ХПК0 [6, 8]. Это связано с тем, что озонирование воды перед ее очисткой в сорбционных фильтрах существенно снижает молекулярную массу органических веществ и тем самым улучшает условия сорбции [7].

Широчайшее применение окислительно-сорбционный метод (озон + сорбент) получил за рубежом: во Франции, в Германии, Швейцарии, Финляндии (применяется более чем на 600 водопроводных станциях). При очистке воды р. Калтан и р. Томь (Россия) применение озона и дозирование его непосредственно перед сорбционными фильтрами способствовало глубокой очистке воды от органических загрязнений. Увеличение дозы озона до 5,5 мг/дм снижало цветность воды с 65 до 10—12 градусов, мутность — до 0,2—1 мг/дм, окисляемость — до 0,8—0,9 мг/дм. В связи с тем, что на сорбционный фильтр подавалась вода, предварительно осветленная в фильтре с кварцевой загрузкой, концентрация органических ингредиентов в фильтре, определенная показателем УФ-поглощения, в ряде случаев снижалась до 0, что свидетельствует о практически полном изъятии органических веществ из исходной воды. Величины параметров эритротестирования, проведенного для исходной, озонированной, очищенной в кварце, а потом в сорбированном фильтре воды, соответственно равнялись 1.3—4.77; 1.2—4.16; 1.1—4.2; 0—2.4 и также подтверждают высокую степень очистки природной воды [9].

Метод адсорбционной очистки природных вод от ингредиентов цветности и запахов обычно реализуется в фильтровальных сооружениях второй и третьей ступени очистки, а также в двухслойных контактных осветлителях. В Украине, первой из стран СНГ, были применены сорбционные фильтры для очистки воды. В довоенный период ввели в эксплуатацию угольные фильтры на Светличном водопроводе в Донбассе. Размещенный после скорых фильтров сорбционный фильтр, загруженный древесным углем, крупностью зерен 2—3 мм,

удовлетворительно дезодорировал воду от хлорфенольных запахов при скорости фильтрования 50—60 м/час.

Повсеместное ухудшение состава природных вод поверхностных водоисточников с одной стороны, требования органов Санэпиднадзора с другой, способствовали внедрению в производство угольно-песчаных фильтров. Простота устройства, небольшие капитальные затраты одновременно со значительным улучшением обесцвечивания и дезодорации воды способствовали расширению применения угольно-песчаных фильтров в различных регионах страны. Сорбционный слой в таких фильтровальных сооружениях обычно изготавливали из угольных гранул марки АГ-3, обладавшего достаточными физико-механическими и сорбционными свойствами, высота слоя, как правило, не превышала 5,0 м. Именно с такой высотой слоя были апробированы производственные фильтры в Новополоцке. Обесцвечивание и дезодорация воды, прошедшей очистку в сооружениях I ступени и имеющей цветность до 100 градусов, мутность — до 12 мг/дм, запах — 4—5 баллов и перманганатную окисляемость 7—24 мг/дм на фильтрах, работающих со скоростью 10-15 м/час, осуществлялось до требований ГОСТ «Вода питьевая». Однако загрязненность исходной воды взвешенными веществами и продуктами гидролиза коагулянта способствовало быстрому снижению сорбционной способности угля, а количество вынужденных регенераций сорбента за 15 месяцев эксплуатации фильтров равнялось 11, то есть почти ежемесячно. Продолжительность промывок возрастала при этом до 60 минут, что приводило к усложнению процесса очистки воды и увеличению его себестоимости [10].

В течение почти года исследовалась работа производственных угольно-песчаных фильтров на водоочистой станции г. Николаева. В качестве сорбционной загрузки здесь также использовался уголь марки АГ-3 заводского рассева с $d_3=1,36$ мм и высотой слоя 1,2 м, размещенный над слоем кварцевого песка, имеющим примерно такую же высоту. На фильтры со скоростью 6—12 м/час поступала осветленная в горизонтальном отстойнике вода с цветностью 30—40 градусов, мутностью до 8 мг/дм, гнилостным запахом величиной 3—4 балла, окисля-

емостью 25—35 мгО₂/дм. Производственные угольно-песчаные фильтры имели такие же параметры промывки, как и рядом работающие фильтры с кварцевой загрузкой, грязеемкость же угольно-песчаного фильтра была несколько больше. Момент ухудшения качества фильтрата по запаху и окисляемости сопровождался выносом взвешенных веществ в фильтрат. Время защитного действия по запаху могло быть значительно больше, чем по мутности, если бы не экранирующее действие продуктов коагуляции на гранулы активированного угля [11].

В процессе водных промывок фильтров, что подтверждают результаты исследований кинетики промывки, осуществляемые в течение первого года эксплуатации, восстанавливалась сорбционная способность угля, а через полтора года потребовалась замена сорбционного слоя. Гранулированный уголь марки АГ-3 в обоих рассмотренных случаях «работал» как фильтросорб, очищал воду от взвешенных, коллоидных и растворенных органических загрязнений.

Интенсивность процесса коагуляции поверхности зерен угля находилась в прямой зависимости от концентрации в воде взвеси и продуктов гидролиза коагулянта, скорости фильтрования, доз используемого коагулянта и хлора.

Однако добиться указанного качества воды после отстойников и осветлителей со взвешенным осадком в реальных условиях достаточно сложно, поэтому сокращение срока использования природных и технических адсорбентов в двухслойных фильтрах приводит к необходимости их частой замены или регенерации. Регенерация ГАУ на водопроводных станциях централизовано сегодня практически невозможна из-за отсутствия средств и высокой стоимости процесса.

Высокая стоимость технических, а в ряде случаев и природных адсорбентов, сложность и дороговизна их регенерации побуждает изыскивать способы их защиты в фильтровальных сооружениях, находить более рациональные места в технологических схемах очистки.

Адсорбционные фильтры стали размещать после скорых фильтров, что позволяет более эффективно использовать сорбционную емкость сорбентов [4]. Экранирующая коагуляция в этом случае происходит намного медленнее, межрегенераци-

онный период работы сорбента возрастает. Увеличение межпромывочных циклов способствует снижению потерь угля от истирания. Сокращаются эксплуатационные затраты. Однако строительство сорбционных фильтров в качестве сооружений третьей ступени очистки требует больших капитальных затрат, а также наличия свободных площадей на очистных сооружениях, что в настоящее время также весьма проблематично.

Наиболее оптимальные условия использования адсорбентов в фильтровальных сооружениях создаются в осветлительно-сорбционных фильтровальных сооружениях. Эти сооружения конструируются таким образом, что очистка воды от взвешенных и коллоидных ингредиентов происходит в осветлительном слое, а сорбция растворенных органических веществ — в другом — сорбционном слое. Обе загрузки при этом размещают в одном фильтровальном сооружении, что обеспечивает экономию площадей станции водоочистки, снижение или ликвидацию капитальных вложений на строительство третьей ступени сорбционных фильтров.

Осветлительно-сорбционные фильтры на Украине и за рубежом начали применяться в конце 50-х годов. Первым, не очень удачным вариантом, как уже отмечалось раньше, были угольно-песчаные фильтры. За рубежом, в Швейцарии, был защищен патентом фильтр, в котором сорбционный слой располагался в фильтре ниже кварцевого песка [8]. В Германии и в нашем государстве испытывались фильтры с толщиной угольной загрузки равной 5—6 метрам. Фракционный состав сорбента подбирался таким образом, что верхние его слои были легкие и мелкие, выполняли функцию осветляющей загрузки, а нижние, более крупные, — функцию сорбционной.

В конце 20 века исследователями НИИ КВОВ были предложены для очистки осветлительно-сорбционные фильтры с тяжелыми фильтрующими материалами, в частности, керамзито-угольные фильтры. Здесь в качестве сорбционного слоя рекомендовано применять ГАУ марки АГ-3 [3], который имеет, как известно, далеко не лучшие сорбционные свойства. Использование других марок активированных углей в керамзито-угольных фильтрах проблематично из-за малых значений их гидравлической крупности. А равенство значений гидравлической крупности обоих слоев приводит к их частичному перемешиванию.

Проблема может быть решена путем использования таких фильтровальных сооружений, в которых и в процессе работы, и при промывке в слой адсорбента поступает вода, содержащая минимальное количество взвеси, то есть в пенополистирольно-угольных фильтрах, гранодиоритно-угольных осветлителях. Конструктивные особенности перечисленных сооружений создают эксплуатационные условия, близкие к оптимальным. В качестве осветлительных слоев здесь может быть использован новый фильтрующий материал, крымский горный песок (гранодиорит). Сорбцию растворенных ингредиентов цветности и запаха необходимо осуществлять в техническом углеродном сорбенте АГМ, а также природных обогащенных углях марок ОАЛ и ОАД. Гранулированный уголь марки АГМ как сорбент ингредиентов цветности и запаха малоизучен и использовался иногда в опытах как фильтрующий материал, а природные сорбенты ОАЛ и ОАД начали выпускаться отечественной промышленностью сравнительно недавно, и на их применение в технологиях водоочистки уже получены патентные решения. Таким образом, использование пенополистирольно-угольных, контактных гранодиоритно-угольных осветлителей для осветления-обесцвечивания и дезодорации природных вод после определения их конструктивно-технологических параметров позволит решить следующие задачи:

1. Очистка природных вод в пенополистирольно-угольных фильтрах (I вариант), контактных гранодиоритно-угольных осветлителях (II вариант) дает возможность отказаться от строительства сооружений первой и третьей степени очистки.

2. Значительно снизятся эксплуатационные затраты, упростится техническое обслуживание водоочистных станций.

3. Использование природных и технических сорбентов, только как сорбционных материалов, позволит увеличить межрегенерационный период их работы в 2—3 раза, уменьшить технологически необходимую высоту слоя на 40—50% в сравнении с угольно-песчаными фильтрами, снизить материалоемкость фильтров.

4. Интенсифицировать процесс обесцвечивания и дезодорации воды, улучшить очистку от токсичных, мутагенных и канцерогенных ингредиентов цветности и запаха.

Выводы. Практическое использование перечисленных фильтровальных сооружений для обесцвечивания и дезодорации природных вод вызывает необходимость идентификации ингредиентов цветности и запахов в природных водах водохранилищ, проверки фильтро-сорбционных способностей гранодиоритов, АГМ, ОАЛ, ОАД, исследования кинетики и динамики процесса; определения расчетно-конструктивных параметров обесцвечивающе-сорбционных загрузок, осветлительно-сорбционных фильтровальных сооружений в целом.

* * *

1. Шевченко М.А. Физико-химические обоснования процессов обесцвечивания и дезодорации воды / М.А. Шевченко. — К.: Наук. думка, 1973. — С. 4, 106, 109.

2. Шевелев Ф.А. Интенсификация обесцвечивания природных вод / Ф.А. Шевелев // Материалы международного конгресса по водоснабжению. — М.: 1970. — С. 107—109.

3. Паскуцкая Л.Н., Новиков В.К., Криштул В.П. Повышение эффективности очистки воды в системах хоз-питьевого водоснабжения / Л.Н. Паскуцкая, В.К. Новиков, В.П. Криштул. — М.: Стройиздат, 1978 — С. 12—14.

4. Справочник по свойствам, методам анализа и очистки воды / Л.А. Кульский, А.М. Когановский, И.Т. Гороновский, М.А. Шевченко. — К.: Наук. думка, 1985 — С. 958—956, 915, 713, 586.

5. Гончарук В.В. Концепция улучшения качества питьевой воды в Украине / В.В. Гончарук // Химия и технология воды. — К., 1994. — 16. — № 5 — С. 469—472.

6. Клименко Н.А. Моделирование работы адсорбционных фильтров при подготовке питьевой воды / Н.А. Клименко, С.К. Смолин // Сборник докладов «ЭТЭВК—99». — Ялта, 1999. — С. 33—34.

7. Исследование возможности применения нового сорбента в водоподготовке / Н.Г. Антонюк, Т.В. Кармазина, Н.А. Клименко, О.Д. Кочкодан, О.Д. Швиданко // Химия и технология воды. — К., 1997. — 19. — № 6. — С. 617.

8. Clark R. M., Symons J. M., Ireland J.C. Evaluating field scale CAL systems for drinking water / R.M. Clark, J.M. Symons,

J.C. Ireland // of Environmental Eng. — 1986 — V. 112 N 4 — P. 744—756.

9. Повышение качества водопроводной воды на примере городов Кузбасса / В.Л. Драгинский, Л.П. Алексеева, В.А. Усольцев, В.Д. Соколов // Известия ЖКА РФ. — М., 1996 — № 3 — С. 33—35, 39—43.

10. Ломакина Е.Д. Исследования процессов очистки природных вод на сорбционных фильтрах / Е.Д. Ломакина. — М., 1976. — С. 21—45.

11. Бесан В.С, Слипченко В.А. Устранение гнилостных запахов и привкусов на водопроводе г. Николаева / В.С. Бесан, В.А. Слипченко // Водоснабжение и санитарная техника — М.: Стройиздат, 1987. — Вып. 1. — № 8. — С. 11—12.

Отримано: 19.03.2009 р.