

УДК 628.1

ФИЛЬТРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ВОДЫ

*канд. техн. наук, доц. В.Д. ЮЩЕНКО, Н.Е. ВАРГАН
(Полоцкий государственный университет);
канд. техн. наук, доц. Л.Г. МИХАЙЛИК
(Белорусский национальный технический университет, Минск)*

Рассматривается возможность и целесообразность использования доломита из карьера «Гралево» г. Витебска в качестве фильтрующего материала для обработки хозяйственно-питьевой воды. Отмечены преимущества и недостатки данного материала в сопоставлении с наиболее применяемыми фильтрующими материалами на территории Республики Беларусь. При выборе фильтрующего материала определяющим фактором являются технические и технологические параметры, к числу которых относятся: механическая прочность и химическая стойкость по отношению к обрабатываемой воде, также немаловажную роль играет экономический фактор. На основании выполненных исследований определены физико-механические и химические параметры как подводного, так и надводного типа доломита. На основании полученных данных установлены пределы применимости в качестве загрузки скорых фильтров для обработки хозяйственно-питьевой воды подводного типа доломита.

Введение. При использовании подземных или поверхностных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения часто возникает необходимость обработки воды [1]. При этом существует множество методов водоподготовки, но практически всегда в качестве основного или дополнительного используется фильтрование воды через зернистые материалы.

При выборе фильтрующего материала определяющим является подбор определенных технических и технологических параметров, к числу которых относятся: надлежащий фракционный состав загрузки, определенная степень однородности зерен, механическая прочность и химическая стойкость по отношению к обрабатываемой воде. Немаловажную роль играет экономический фактор.

Основная часть. На территории Республики Беларусь присутствуют полезные ископаемые, которые могут использоваться в качестве фильтрующей загрузки: гранит, доломит, торф, трепелы, опоки, активные силикаты. Последние иногда используются для удаления из воды в слабокислых средах (величина рН находится в пределах 6...6,5) соединений железа при содержании его двухвалентной формы до 90 % от общего. Но наиболее часто используются традиционные виды загрузок, прежде всего пески и керамзит. При этом тип и долговечность материала, определяемые по химической стойкости и физическим параметрам, являются одним из основных технико-экономических показателей, которые рассматриваются при решении задач по оптимизации работы фильтров.

Основным фильтрующим материалом продолжает оставаться кварцевый песок. Однако примерно 60 % всех выявленных месторождений высококачественных песков располагается на Русской платформе (Российская Федерация). Волгоградский карьер, поставлявший в течение нескольких десятилетий песок требуемого качества, практически истощен. Во многих других карьерах значительно изменился гранулометрический состав продукции – до 40...50 % кварцевого песка имеет крупность менее регламентируемой для загрузки фильтров [2]. Кроме этого, стоимость песка постоянно повышается, а с учетом транспортировки его применение на водоочистных станциях Беларуси часто становится нерентабельным.

В последнее время в республике рассматривается вопрос о применении отсева дробленого гранита (гранитный песок) Микашевичского карьера [2]. Но существенным недостатком является высокая плотность данного материала, что приводит к обязательному применению водовоздушной промывки фильтров с высокой интенсивностью подачи воды и воздуха, а это значительно повышает сложность работы фильтров и ведет к увеличению эксплуатационных затрат.

В.Н. Мартенсенем [3] в качестве фильтрующего материала был предложен дробленый керамзит. В результате исследовательских работ Р.И. Аюкаева [2] и другими учеными установлено, что данный тип загрузки существенно интенсифицировал процесс осветления воды. Опыт применения данного вида загрузки показал, что использование керамзита, по сравнению с кварцевым песком, обеспечивает увеличение производительности за счет повышения скорости фильтрации, продолжительности фильтроцикла, также упрощается промывка фильтров со значительным сокращением объемов промывных вод. И.С. Бабаев [4] в своей работе указывает на ряд недостатков при использовании данного вида фильтрующего материала. Так, среднегодовые потери керамзита при эксплуатации достигают 15 % [5], зерна фильтрующего элемента имеют различную плотность, а в связи с неодинаковой степенью обжига трудно выполнить их размерную классификацию. Наличие многочисленных пор ведет к нарушению монолитности слоя, а также к изменению показателей геометрической структуры после 6 – 8 лет эксплуатации [4]. Имеется

немало примеров превращения керамзита в фильтрах в однородную массу, вследствие чего процесс фильтрации прекращался. По нашему мнению, на применимость этой загрузки оказывает существенное влияние способ получения керамзита в заводских условиях, а именно, используются ли при обжиге искусственные наполнители для его вспучивания. В отсутствии специальных исследований по структуре и технологии получения керамзита именно для загрузки скорых фильтров в Беларуси этот материал не получил широкого распространения.

В работах профессора А.М. Фоминых был предложен эффективный фильтрующий материал из горелых пород [6]. Горелые породы – это пустые горные породы, залегающие выше или в толще угольных отложений и подвергнутые обжигу при подземных пожарах. Пористость данного фильтрующего материала достигает 60 %, удельная поверхность в 1,8 раза выше, чем у кварцевого песка. Скорость фильтрования и продолжительность фильтроцикла при использовании горелых пород превосходят аналогичные показатели с кварцевым песком в 1,6...2 раза. Основной недостаток – данные породы не залегают на территории Республики Беларусь, а с учетом транспортировки его применение на водоочистных станциях становится неэкономичным.

Широкое применение в качестве фильтрующей и сорбирующей загрузки в водоподготовке получили природные цеолиты – клиноптилолиты и мордениты. В данное время в природе известно более сорока минеральных видов цеолитов. Благодаря рыхлой кристаллической структуре и высокому содержанию воды это мягкие и легкие минералы: твердость 3,5...5,5; плотность 2...2,3 (лишь у барийсодержащих 2,8...3,0). В практике водоснабжения используются в качестве фильтрующего материала всего лишь несколько видов цеолитов: клиноптилолит, морденит, филлипсит, эрионит, шабазит и редко ломонтит. Они позволяют увеличить производительность фильтров, повышая грязеемкость до 10...20 кг/м².

На качество очистки и обменную ёмкость цеолита по данным исследований [4] оказывает влияние: размер зерен, скорость фильтрования, наличие в исходной воде органических веществ. Увеличение размера зерен с 1...2 до 2...3 мм приводит к значительному ухудшению процесса адсорбции и ионного обмена, снижению обменной ёмкости клиноптилолита. Регенерация данного вида загрузки осуществляется раствором поваренной соли 5...10 %, со скоростью 0,5...4 м/ч, продолжительность регенерации 1...2 ч.

Все вышеперечисленные фильтрующие материалы из природных цеолитов объединяет один фактор, а именно то, что их месторождение и производство находится вне предела Республики Беларусь, что существенно влияет на стоимость данного материала.

Для фильтров малой производительности до 1000 м³/сут, особенно в условиях резкого колебания водопотребления [7], можно рекомендовать угольные материалы (антрацит, кокс или активированные угли).

Более эффективное действие угля по сравнению с кварцевым песком обусловлено наличием высокой активной поверхности частиц. Уголь из-за своей симметричной структуры не обладает полярностью как песок, поэтому механизм задержания соединений на его поверхности происходит прежде всего за счет дисперсных сил межмолекулярного притяжения. Нельзя исключать и донорно-акцепторное взаимодействие, вследствие чего происходит взаимодействие кулоновских сил. Кроме всех эксплуатационных достоинств, при наличии высокой окисляемости воды угли являются отличными сорбентами. Но, несмотря на безусловную эффективность применения углей, тормозящими факторами их использования является высокая стоимость по сравнению с другими материалами.

Для фильтров с двухслойной загрузкой часто в качестве одного из слоев применяют антрацитовую загрузку, значительно реже – как самостоятельный фильтрующий материал. Объясняется это, несмотря на эффективность, дефицитностью антрацита высокого качества, его дороговизной и отсутствием специальных установок по приготовлению антрацитовой загрузки. Исходным материалом служит кусковой антрацит плотностью 1,6...1,7 г/см³ и объемной насыпной массой 700...900 кг/м³. Межзерновая пористость антрацитовой загрузки составляет 52...58 %, коэффициент формы зерна изменяется от 1,5 до 2,5 [2]. Приготовление антрацитовой крошки сводится к двухстадийному дроблению: предварительному разрушению крупных кусков и последующим дроблением до требуемых размеров, рассеву для выделения требуемых фракций. При дроблении должны получаться зерна кубической или близкой к шару формы. Антрацит, при дроблении которого получают зерна слоистого строения, для загрузки фильтров не пригоден, так как укладка таких зерен получается с малой межзёрненной пористостью, ухудшаются условия регенерации в восходящем водном потоке, ограничивается зольность антрацита.

Были предприняты попытки использовать в качестве загрузки доломит в виде щебня или гравия. Но в системах водоснабжения доломит пока не нашел широкого применения как в отечественной практике, так и за рубежом. Сдерживающим фактором является малоизученность свойств доломита и его параметров в процессе фильтрования воды, кроме того не отработана технология предварительной его подготовки (дробление, фракционирование, условия термической обработки и т.д.). Опыт его применения оказался неоднозначным. В одних случаях на скорых фильтрах через некоторое время вследствие частичной цементации доломита резко возрастали потери напора с последующим прекращением процесса фильтрования. При этом фильтрующий материал, особенно верхний слой, вообще не подлежал восста-

новлению. В других случаях эта загрузка зарекомендовала себя с положительной стороны даже при длительной эксплуатации фильтров. В Беларуси доломит относится к местным материалам, транспортируется с минимальными затратами, что создаст экономическую целесообразность его применения для скорых фильтров. Доломит – это минерал, который на 98,7 % состоит из карбонатов кальция и магния. Условием его возникновения является диагенетическое преобразование известкового ила экзогенным путём в условиях повышенной солёности воды. Он залегает среди известняковых толщ в виде пластов большой протяженности.

Нами были проведены исследования по возможному использованию доломита в скорых фильтрах из карьера «Гралево» г. Витебска. Здесь добывают два типа доломита: подводный и надводный. В заводских условиях без сортировки на отдельные типы производят его дробление на различные фракции от 1 до 50 мм. Дробленный доломит имеет высокоразвитую удельную поверхность зерен.

Химический состав минерала не отличается от типа доломита и представлен таблице 1.

Таблица 1

Химический состав исследуемого доломита карьера «Гралево»

| Компонент | Содержание, % |
|------------------|---------------|
| Окись кремния | 0,61 |
| Окись железа | 0,65 |
| Окись алюминия | 0,15 |
| Сульфаты | 0,41 |
| Карбонат кальция | 53,07 |
| Карбонат магния | 45,11 |

Основные испытания проводились по существующим методикам [8] на доломите трех категорий фракций: 1...3, 3...5 и 5...7 мм. Результаты исследований представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

Физические свойства доломита

| Наименование показателей | Рекомендуемые значения показателей | Значение показателей при размере зерен, мм | | | | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|--|-------|-------|------|-------|------|
| | | 1...3 | | 3...5 | | 5...7 | |
| | | П | Н | П | Н | П | Н |
| Объемная масса, г/см ³ | – | 1,54 | 1,37 | 1,67 | 1,41 | 1,79 | 1,48 |
| Плотность, г/см ³ | – | 2,84 | 2,51 | 2,80 | 2,46 | 2,76 | 2,40 |
| Пористость, % | – | 45,77 | 53,75 | 49,73 | 56,7 | 56,24 | 63,1 |
| Измельчаемость, % | Не более 4 % | 1,64 | 2,15 | 3,6 | 4,8 | 4,7 | 6,5 |
| Истираемость, % | Не более 0,5 % | 0,12 | 0,8 | 0,46 | 1,58 | 3,69 | 4,9 |

Примечание. П - подводный тип доломита; Н – надводный тип доломита.

Анализ данных таблицы 2 показывает, что наилучшие показатели имеются при использовании доломита подводного типа, размер зерен которого не превышает 5 мм. Его физические параметры (истираемость и измельчаемость) в среднем на 12,5 % ниже по отношению к надводному типу.

Как видно из полученных данных, доломит любого типа с размером зерен свыше 5 мм не соответствует требованиям по физическим свойствам, которые предъявляются к фильтрующим материалам.

Таблица 3

Химические показатели доломита (любой тип)

| Характеристика водного раствора | Сухой остаток, мг/л (норма 20) | Кремневая кислота, мг/л (норма 10) |
|---------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| Нейтральная среда, pH = 6,9 | 14 | 1,8 |
| Щелочная среда, pH = 8,2 | 25 | 6,3 |
| Кислая среда, pH = 5,9 | 15 | 0,6 |

Учитывая, что основной формой доломита являются карбонаты кальция и магния, то при его контакте с соляной кислотой идет процесс образования углекислого газа CO_2 , в результате полученные химические параметры значительно искажаются при повторяемости опытов. Поэтому химическое воздействие на минерал в кислой среде производилось 0,1 н раствором серной кислоты.

Согласно полученным данным в таблице 3, доломит по химическим показателям в щелочной среде не соответствует требованиям, предъявляемым к фильтрующим материалам, т.е. имеется превышение прироста сухого остатка свыше 20 мг/л.

В реальных условиях следует учитывать то, что эксплуатация материала в средах как с высоким, так и с низким содержанием рН (обрабатываемая вода) может иметь место 3 – 5 раз в год по 7...10 суток.

Заключение. Данные проведенных исследований по определению свойств подводного доломита из карьера «Гралево» позволяют сделать вывод о возможности его применения в качестве загрузки скорых фильтров для обработки воды при слабокислых и нейтральных значениях рН.

ЛИТЕРАТУРА

1. Питьевая вода. Методы контроля: СанПиН 10-124 РБ 99.
2. Аюкаев, Р.И. Производство и применение фильтрующих материалов для очистки воды: справ. пособие / Р.И. Аюкаев, В.З. Мельцер. – М.: Стройиздат, 1985. – 120 с.
3. Фильтрующий материал для водопроводных фильтров / под ред. В.Н. Мартенсена // Информ. бюл. 1970. – № 3. – 1 с.
4. Бабаев, И.С. Исследование свойств дробленых цеолитов – клиноптилолита и модернита как материала для загрузки водоочистных фильтров / И.С. Бабаев, Т.Б. Алиев // За технический прогресс. – 1979. – № 6. – С. 45 – 48.
5. Мартенсен, В.Н. Дробленый керамзит – новый фильтрующий материал для водоочистных фильтров: учеб. пособие / В.Н. Мартенсен; Р.И. Аюкаев. – Куйбышев, 1976. – 168 с.
6. Фоминых, А.М. Теоретическая оценка фильтрующих материалов по его геометрической структуре / А.М. Фоминых, Н.А. Тестова // Изв. вузов. Строит. и архитектура. – 1975. – № 12. – С. 125 – 129.
7. Ющенко, В.Д. Опыт эксплуатации угольных фильтров для удаления железа из подземных вод / В.Д. Ющенко, Е.В. Подсадник // Труды молодых специалистов. – 2007. – Вып. 22. – С. 74 – 76.
8. Инструкция по применению местных зернистых материалов водоочистных фильтров. – М.: Стройиздат, 1987.

Поступила 03.01.2008