

УДК 627.8.03

## Очистка воды из реки Оми ферратсодержащим реагентом

А. В. МАМАЙ<sup>1</sup>, А. М. СИЗИКОВ<sup>2</sup><sup>1</sup>Омский государственный аграрный университет,  
Институтская площадь, 2, Омск 644008 (Россия)E-mail: [fen\\_nix@mail.ru](mailto:fen_nix@mail.ru)<sup>2</sup>Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия,  
проспект Мира, 5, Омск 644080 (Россия)

(Поступила 04.12.09; после доработки 25.02.10)

### Аннотация

На основании результатов сравнительного изучения эффективности очистки воды из реки Оми коагуляционным методом с использованием в качестве коагулянтов глинозема, хлорида железа (III) и реагента, содержащего феррат (VI) натрия-калия (ФСР) и хлорид железа (III), показана возможность получения питьевой воды установленного качества без существенного изменения технологической схемы станции водоподготовки в п.г.т. Кормиловка.

**Ключевые слова:** очистка воды коагулянтами, феррат (VI) натрия, феррат (VI)-содержащий реагент

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время река Омь является единственным источником организованного водоснабжения трех районов Омской области – Кормиловского, Калачинского и Нижне-Омского – ввиду отсутствия в них группового водопровода. Водосток р. Оми достаточен для того, чтобы обеспечить эти районы питьевой водой. Однако вода в реке по ряду показателей не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к источникам водоснабжения. Например, мутность воды может достигать 20 мг/л, цветность – 400 град, содержание железа – 3 мг/л, а окисляемость – 30 мг O<sub>2</sub>/л, что значительно больше значений ПДК для этих показателей. Как показал анализ литературных данных по очистке воды от взвешенных и окрашенных примесей [1–3], наиболее часто для этих целей используют коагуляционный метод. Для снижения содержания железа в природных водах проводят предварительное окисление железа до степени окисления +3 путем аэрации воды воздухом и обработки окислителями (озон, хлор, гипохлорит натрия) с дальнейшим осаждением его в виде гидроксида железа (III).

Обработкой воды окислителями (гипохлорит натрия, перманганат калия, озон) и последующим использованием коагулянтов удаётся довести до требуемого уровня и цветность воды.

Для ускорения осаждения осадков, образующихся коагулянтами, всегда используют добавки флокулянтов.

### ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

Технологическая схема на станции водоподготовки в п.г.т. Кормиловка включает следующие этапы. Вода, подаваемая на станцию, поступает в вихревой смеситель, куда подается также гипохлорит натрия и коагулянт (глинозем), а на выходе из кармана смесителя – флокулянт ВПК-402. Из смесителя вода поступает на осветлители со взвешенным слоем осадка, откуда далее подается на скорые фильтры. После фильтрования по сборному трубопроводу вода подается в резервуары чистой воды, в этот же трубопро-

ТАБЛИЦА 1

Характеристика воды из р. Оми по результатам анализа

Показатели	ПДК [8]	21.03.2009 г.	22.04.2009 г.	21.05.2009 г.	07.06.2009 г.
Запах, балл	2.00	3.00/2.00	3.00/2.00	3.00/2.00	3.50/2.50
Привкус, балл	2.00	3.00/2.00	3.00/2.00	3.00/2.00	3.50/2.50
Мутность, мг/л	2.60	1.75/0.25	11.00/0.75	7.50/2.25	10.00/2.25
Цветность, град	20.00	75.00/50.00	50.00/20.00	95.00/90.00	130.00/110.00
Общее железо, мг/л	0.30	1.30/0.80	1.15/0.40	0.90/0.68	1.70/1.10
Жесткость, мг/л	7.00	8.95/8.60	5.65/5.55	2.30/2.15	2.77/2.62
Окисляемость, мг/л	5.00	22.40/7.2.0	10.4/3.20	20.00/10.40	24.80/10.40
Остаточный					
алюминий, мг/л	0.5	0.00/0.19	0.16/0.51	0.01/0.45	0.10/0.40
СПАВ, мг/л	0.5	0.01/0.02	0.01/0.01	0.01/0.01	0.03/0.01
Сухой остаток, мг/л	1000.0	315/290	345.0/305.0	345.0/305.0	310.0/295.0
pH	6.0–9.0	7.00/6.00	7.80/7.49	7.81/7.56	7.95/7.65

*Примечание.* Первое значение – до прохождения через станцию водоподготовки, второе – после.

вод предусмотрен ввод гипохлорита натрия для обеззараживания.

Схема водоподготовки классическая, однако, как показывают результаты анализа, вода, как до, так и после прохождения через станцию водоподготовки, не всегда соответствует требуемому качеству [4].

Для примера в табл. 1 приведены результаты анализа воды, полученные в лаборатории станции водоподготовки в весенние месяцы 2009 г. В соответствии с требованиями технологического регламента такой анализ выполняется ежедневно.

Видно, что по таким параметрам, как цветность, общее содержание железа и окисляемость, вода до и после станции водоподготовки не удовлетворяет требованиям СанПиН [4]. Кроме того, в воде после водоподготовки в достаточно больших количествах появляется алюминий. До очистки алюминий в речной воде практически отсутствует, а после станции водоподготовки его содержание повышается почти до уровня ПДК. Вероятно, это связано с использованием в качестве коагулянта глинозема, основу которого составляет сульфат алюминия.

Поскольку техническое состояние оборудования поддерживается на хорошем уровне и технологический регламент соблюдается, можно предположить, что недостаточно эффективная работа станции водоподготовки связана с плохим качеством используемого коагулянта.

Цель настоящей работы заключалась в том, чтобы найти коагулянт, применение которого позволит очистить речную воду до нормативного качества и не потребует существенного изменения действующей технологической схемы станции водоподготовки в п.г.т. Кормиловка.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. На основании литературных данных выбрать коагулянты, которыми можно заменить глинозем.
2. Учитывая рекомендации СНиП [5], провести в лабораторных условиях сравнительное изучение эффективности водоподготовки воды из р. Оми по технологии, близкой к практикуемой в п.г.т. Кормиловка, с использованием глинозема и выбранных коагулянтов.
3. Разработать рекомендации по улучшению работы станции водоподготовки в п.г.т. Кормиловка.

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для определения физико-химических показателей воды (рН, цветность, мутность, запах, привкус) и других контролируемых примесей (общее железо, железо (III), перманганатная окисляемость) использовали стандартные методы [6–8].

В соответствии с требованиями [5, 9] исследование эффективности коагулянтов выполняли по следующей схеме. В шесть мерных цилиндр-

ров вместимостью 0,5 л каждый наливали исследуемую речную воду, затем к ней добавляли необходимое количество раствора коагулянта. Содержимое во всех цилиндрах смешивали быстрым вращением стеклянной палочки в течение 15–20 с. Далее в цилиндры добавляли различное количество раствора флокулянта, и затем в течение 3–5 мин пробы медленно перемешивали и оставляли для отстаивания. После отстаивания вода подавалась на лабораторную установку скорого фильтра.

При исследовании влияния кислотности на эффективность очистки регулирование pH воды проводили до прибавления реагентов. Анализ воды на содержание контролируемых примесей проводили на всех этапах, в том числе и до начала очистки.

В качестве коагулянтов в работе изучали следующие реагенты:

- 1) глинозем, используемый в настоящее время на Кормиловской станции водоподготовки;
- 2) хлорид железа (III), рекомендуемый СНиП [5];
- 3) феррат (VI) натрия (в последние десять лет он изучается с целью использования его в качестве коагулянта).

Ферраты (VI) щелочных металлов хорошо растворимы в воде и являются одними из сильнейших окислителей (уступают только озону). При восстановлении ферратов (VI) образуется гидроксид железа (III). Таким образом, ферраты (VI) щелочных металлов – это окислители, способные разрушать примеси органических веществ и окислять железо до степени окисления +3. Образующийся при этом гидроксид железа (III) может работать как коагулянт. Токсичные продукты в ходе распада реагента не образуются.

К сожалению, в России отсутствует промышленное производство данного реагента. В последние два года НПФ “Экрос” (С.-Петербург) периодически выпускает опытные партии феррата (VI) натрия под фирменным названием “Ферроксин”. В данной работе ферраты (VI) натрия получали путем окисления ферритов натрия раствором гипохлорита натрия [10].

Соотношение реагентов выбирали таким, чтобы полного окисления железа (III) до железа (VI) не происходило. Такой смешанный реагент, содержащий железо в степени окисления +6 в количестве около 10 мас. %, мы назвали феррат (VI)-содержащим реагентом

(ФСР) и ожидали, что он будет обеспечивать повышенную эффективность очистки воды как смешанный коагулянт [11, 12].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты анализов показали, что за первые два часа отстаивания после добавления в качестве коагулянта сульфата алюминия качество воды ухудшается. К улучшению показателей качества приводит отстаивание воды в течение суток: показатели мутности, окисляемости и pH выходят на уровень ПДК, – однако по цветности и содержанию железа вода не удовлетворяет требованиям ПДК. При этом использование сульфата алюминия приводит к дополнительному загрязнению воды алюминием.

Используя хлорид железа (III), можно достигнуть хорошего уровня очистки воды, однако эффективность использования этого коагулянта оставляет желать лучшего. Зави-

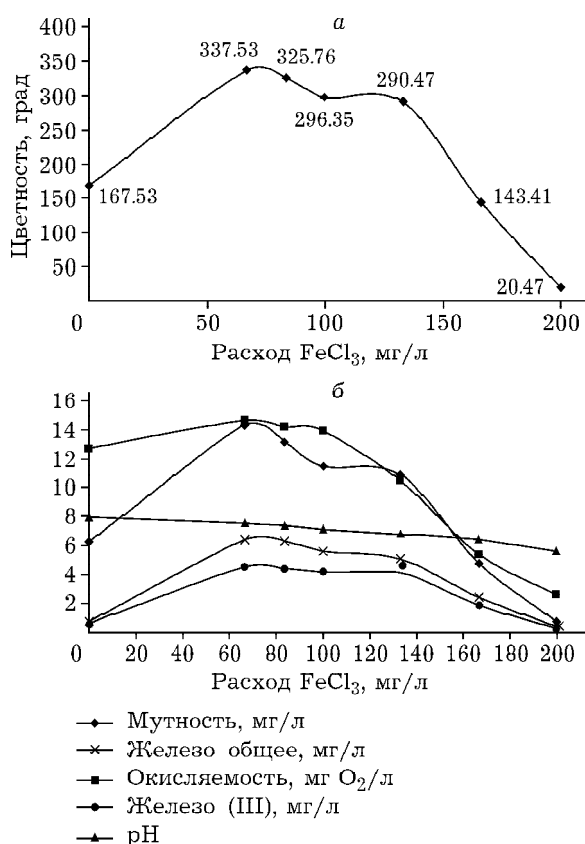


Рис. 1. Изменение контролируемых параметров в зависимости от расхода хлорида железа (III): а – изменение цветности, б – изменение мутности, окисляемости, pH, железа общего и железа (III).

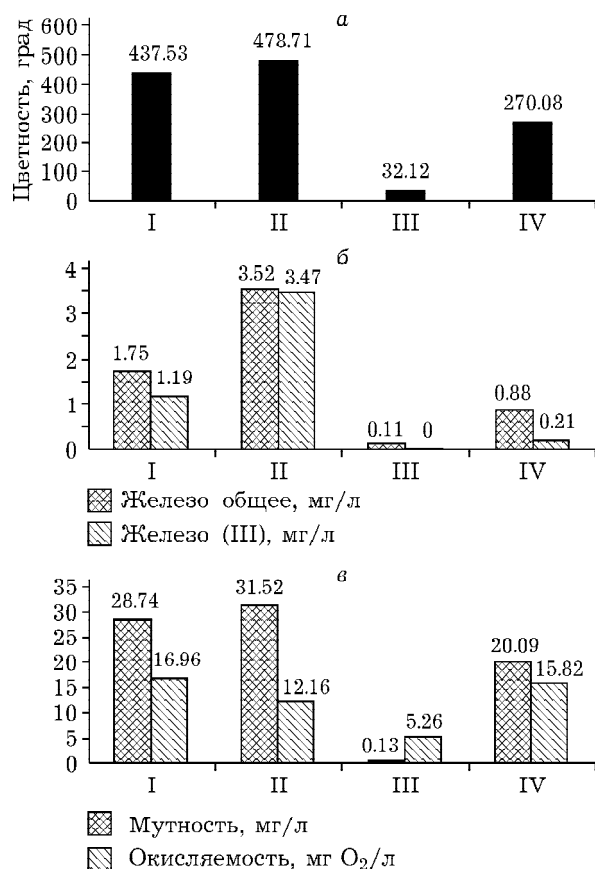


Рис. 2. Изменение контролируемых параметров по ступеням очистки (концентрация ФСР составляет 1.18 мг/л, ВПК-402 – 0.5 мг/л): а – изменение цветности, б – изменение концентрации общего железа и железа (III), в – изменение мутности и окисляемости; I – исходная вода, II – вода после отстаивания с добавлением реагентов, III – то же после фильтрования, IV – то же без добавления реагентов.

симось контролируемых параметров качества воды от расхода хлорида железа (III) приведено на рис. 1. Как видно, требуемое качество воды достигается только при большом расходе реагента (до 200 мг/л). Большой расход коагулянта не выгоден как с экономической точки зрения, так и из-за короткого фильтроцикла фильтровальных установок.

Результаты оценки эффективности очистки воды из р. Оми с применением феррат (VI)-содержащего реагента представлены на рис. 2.

Для очистки одного и того же объема воды феррат (VI)-содержащего реагента требуется в 2–3 раза меньше, чем хлорида железа (III). Однако время обработки воды довольно большое – 1 сут. Для интенсификации процесса очистки воды был применен флокулянт

марки ВПК-402, который используется на станции водоподготовки. Применение данного флокулянта позволяет сократить время обработки воды с 24 до 1.5–2 ч. Через 1.5–2 ч вода становится прозрачной, крупные хлопья гидроксида железа (III) оседают на дно отстойника, а большое количество мелких хлопьев из-за высокой щелочности находится во взвешенном состоянии и не оседает даже через сутки. В результате чего наблюдаются высокая мутность и цветность раствора.

Удаление из воды мелкой взвеси производили фильтрованием через слой кварцевого песка фракцией 0.7–1.1 мм. После фильтрации очищенная вода удовлетворяет всем требованиям СанПиН [4], кроме небольшого превышения ПДК по цветности, связанного с высокой цветностью исходной воды.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При сравнительном анализе эффективности очистки речной воды с использованием различных коагулянтов показано, что сульфат алюминия не обеспечивает требуемого уровня очистки воды р. Оми, тогда как хлорид железа, хотя и обеспечивает хороший уровень очистки, его использование нецелесообразно из-за большого расхода этого коагулянта. Для очистки р. Оми целесообразнее использовать феррат (VI)-содержащий реагент, который обеспечивает более глубокую очистку воды, экономичен и экологически безопасен. Кроме того, этот коагулянт обладает хорошим обеззараживающим действием, что позволит сократить объем гипохлорита натрия, используемого в технологической схеме очистки в качестве антисептика.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Линевиц С. Н. Коагуляционный метод водообработки: теоретические основы и практическое использование. М.: Наука, 2007.
- 2 Абрамов Н. Н. Водоснабжение: учеб. для вузов. М.: Стройиздат, 1982.
- 3 Журба М. Г., Соколов Л. И., Говорова Ж. М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. М.: АСВ, 2004.
- 4 СанПиН 2.1.4.1074–01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.

- 5 Строительные нормы и правила. М.: Стройиздат. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения: СНиП 2.04.02–84\*. Утв. Госстроем СССР. 1985.
- 6 ГОСТ 3351–74. Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности.
- 7 ГОСТ 4011–72. Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа.
- 8 ГОСТ 5382–91. Вода питьевая. Методы определения оксидов железа (III), (II).
- 9 Руководство по химическому и технологическому анализу воды / под ред. Е. А. Мельникова. М.: Стройиздат, 1973.
- 10 Некрасов Б. В. Основы общей химии. М.: Химия, 1973.
- 11 Перфильев Ю. Д., Дедушенко С. К., Корнилова А. А., Новая ферратная технология очистки воды. В кн.: Выставка инновационных проектов: Сб. тез. (Москва, 20 ноября 2008 г.). М.: Изд-во МГУ, 2008. С. 22–24.
- 12 Мамай А. В. В кн.: IV Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых “Развитие дорожно-транспортного комплекса и строительной инфраструктуры на основе рационального природопользования” (Омск, май 2009 г.): Тез. докл. Омск, 2009, Кн. 1, С. 361.