

## СОЕДИНЕНИЯ ЖЕЛЕЗА, МАРГАНЦА И КРЕМНИЯ В ШЛАМАХ ВОДОПОДГОТОВКИ

К.х.н. А.В.ХОРОШИЛОВ; академик АПЭ, д.т.н., профессор И.В.СЕМЕНОВА  
( ИОНХ РАН – Московский государственный открытый университет )

В предыдущих работах [1,2] был изложен реагентный метод безокислительного выделения железа из воды. В настоящей статье представлены результаты исследования содержания железа в шламах, которые получаются при щелочной обработке воды. Одновременно были получены сведения о содержании марганца – элемента, который часто сопутствует железу в природных водах и также трудно поддается выделению [3]. Отдельный интерес представляет возможность перевода в осадок кремния. Этот элемент может образовывать различные соединения в зависимости от pH обработки воды [4-5]. Осадки кремния со временем теряют воду, затвердевают и забивают теплопередающую аппаратуру.

За основу исследования был принят метод рентгенофлуоресцентной спектроскопии, теоретические основы которого и способ применения к изучаемому процессу, были изложены ранее в [6-7]. Использовали спектрометр SPECTROSCAN фирмы «Spectron». Для обработки результатов применяли программу нестандартных параметров SLEP, поставляемую разработчиками вместе со спектрометром [6]. Согласно протоколу для оксидных систем этой программы, выбранному нами для исследования, спектры не фиксировали наличие кислорода и углерода в осадке. Сумма всех определенных элементов приравнивалась к 100%. В связи с этим разработчики программы подчеркивают, что метод анализа является полуколичественным. Кроме того, на оценку истинного значения концентрации влияют физические факторы, связанные с конструкцией прибора и подготовкой образца. Результатом полуколичественного анализа является ориентировочные значения концентраций всех элементов, дающих пики характеристической флуоресценции. С целью расширения информативности нами был применен метод корректирующих добавок, подробно изложенный в [6-7]. В приведенном ниже материале приводятся данные, полученные непосредственно при обработке спектров с помощью компьютерной программы. Метод корректирующих добавок мы применяли только для оценки степени извлечения элемента из раствора.

В качестве объекта для исследования использовали артезианскую воду, полученную на месте водозабора г.Электросталь и водопроводную воду.

Артезианская вода, применяемая для исследования, имела жесткость 4,4-4,9 мг-экв/л. Содержание железа колебалось от 0,93 до 1,82 мг/л. В большинстве опытов оно выдерживалось на уровне 0,9-1,3 мг/л. Концентрация марганца была в пределах 0,06-0,10 мг/л. Содержание кремния варьировалось от 5,8 до 7,6 мг/л [8].

ПДК для этих элементов имеют следующие значения: для Fe – 0,1 мг/л; для Mn – 0,01 мг/л; для Si – 1,0 мг/л.

Таким образом, исследуемую воду можно характеризовать как кремнисто-железистую. Содержание кремния превышало ПДК в 6 – 7 раз, концентрация железа соответственно в 9-19 раз, содержание марганца в 6-10 раз.

Водопроводная вода имела высокое содержание железа. Оно присутствовало в ней в виде ржавой взвеси. Анализ показал, что содержание железа составляло 12-14 мг/л.

Воду нагревали до заданной температуры, обрабатывали щелочью или препаратом Гидро-Икс (Hydro-X).

Полученный осадок отфильтровывали и далее подготавливали для анализа по технологии, изложенной в [6-7].

На рис.1 представлены результаты по содержанию железа в осадках, полученных при обработке воды NaOH и Гидро-Икс в зависимости от pH раствора. Наиболее важным результатом эксперимента является подтверждение того факта, что железо переходит в осадок при воздействии щелочного реагента без предварительного окисления. В осадке, полученном при обработке водопроводной воды, содержание железа оказалось в 4-5 раз выше, чем при подщелачивании исходной артезианской воды. Таким образом, в осадок перешло как растворённое железо, так и железо, содержащееся в виде взвеси. На микрофотографиях осадков явно видны рыжие пятна включения оксидов железа. Если учесть полуколичественный результат представленных данных, то можно констатировать, что содержание железа в осадках мало зависит от концентрации гидроксид-ионов, т.е. от pH раствора. Этот результат согласуется с данными, полученными при проведении процесса окисления [2]. Влияние температуры слабо сказывается на выход элемента в осадок (рис.2).

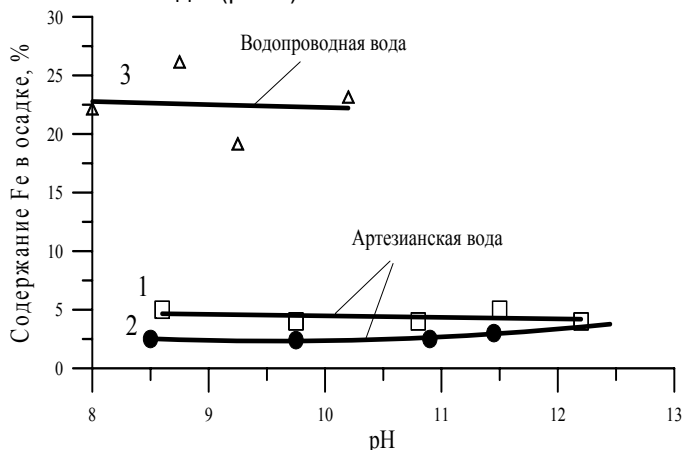


Рис.1. Содержание железа (масс.%) в шламах, полученных при щелочной обработке воды в зависимости от pH. Температура 100 °С. Осадитель: 1 – Гидро-Икс; 2, 3 – NaOH.

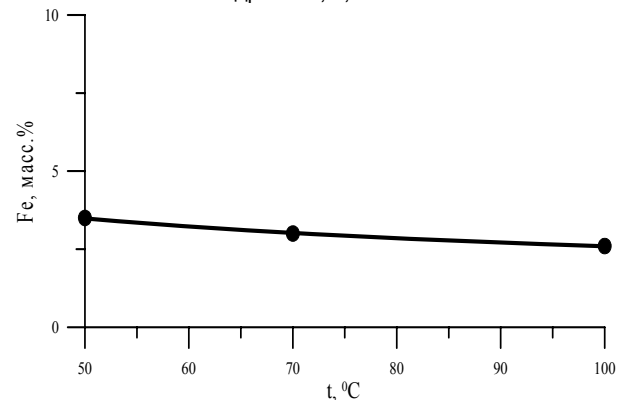


Рис.2. Зависимость содержания железа в осадке от температуры. Осадитель NaOH, pH = 10,7.

Марганец является элементом, который часто сопутствует железу в природных водах, и также трудно поддается выделению [3]. Спектры показали присут-

стии марганца в осадках. Это означает, что при химическом подщелачивании раствора марганец выпадает в осадок вместе с железом. По сравнению с железом его содержание в осадке в 8-10 раз меньше, что согласуется с его концентрацией в воде [8]. Он обнаруживает такую же слабую зависимость от величины pH и температуры, как и содержание железа в осадке (рис.3 и 4). Таким образом, щелочная обработка воды обеспечивает её комплексную очистку как от соединений железа, так и от соединений марганца. Степень извлечения железа и марганца из воды оценивается величиной, равной 85-90%.

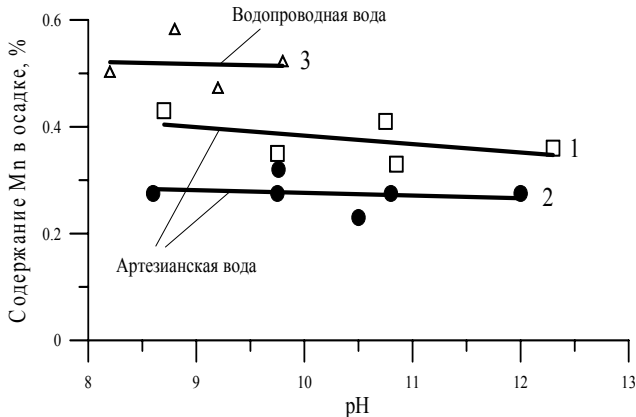


Рис.3. Содержание марганца (масс.%) в шламах, полученных при щелочной обработке воды в зависимости от pH. Температура 100 °С. Осадитель: 1 – Гидро-Икс; 2, 3 – NaOH.

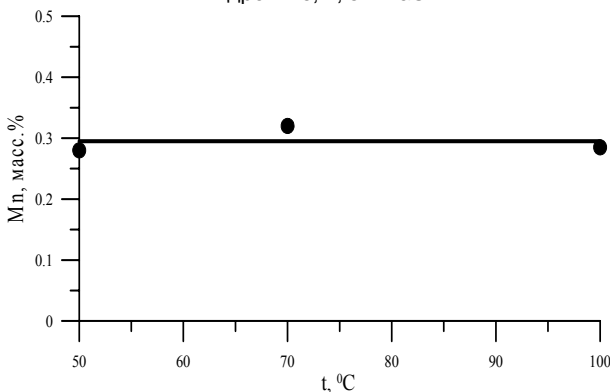


Рис.4. Зависимость содержания марганца в осадке от температуры. Осадитель NaOH, pH = 10,7.

Кремний является элементом, который трудно извлекается из воды. Вместе с тем, его присутствие крайне нежелательно в связи с тем, что при определенных условиях он образует компактные, плохо удаляемые осадки. Современные реагентные методы очистки воды от соединений кремния не получили распространение. В серии работ, выполненных на модельных растворах, мы показали, что в зависимости от pH раствора характер соединений кремния меняется [4-5].

Многообразные соединения кремния обнаруживают неадекватную способность к образованию коллоидных растворов и выпадению в осадок. Существует узкая область pH, при которых вероятность выпадения кремния в осадок резко возрастает. В настоящей работе это положение было апробировано на природной воде. На рис.5 представлено изменение содержания кремния в осадке в зависимости от pH, а на рис.6 – степень извлечения кремния из раствора от температуры. В этом случае степень очистки воды от кремния оценивается величиной 65-70%.

Таким образом, исследование состава шламов, полученных при щелочной обработке природной воды, подтвердили результаты, найденные ранее при

изучении способа химического извлечения железа из воды без применения окислителей. Также у производителей нашёл подтверждение факт существования узкой области pH, в пределах которой находится место процесс повышенного выделения кремния из воды. Это открывает перспективы для более широкого использования полифункциональных, многокомпонентных щелочных препаратов и внедрения в практику химических методов обессоливания воды.

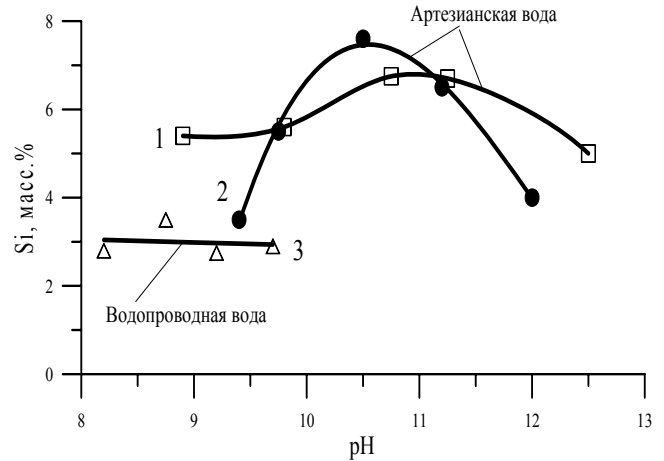


Рис.5. Зависимость содержания кремния (масс.%) в осадке от pH. Температура 100 °С. Осадитель: 1 – Гидро-Икс; 2, 3 – NaOH.

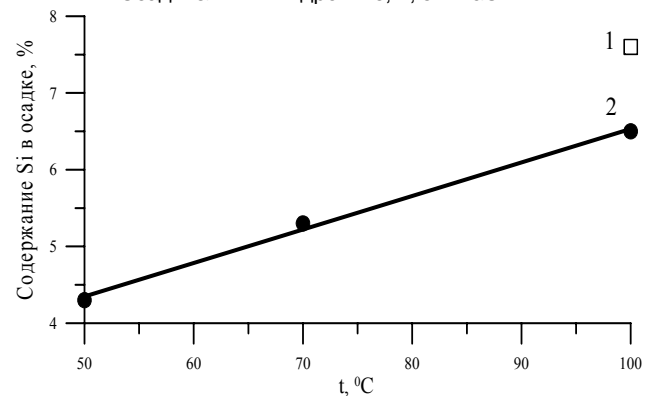


Рис.6. Содержание кремния (масс.%) в шламе водоподготовки от температуры. Осадитель: 1 – Гидро-Икс; 2 – NaOH.

#### ЛИТЕРАТУРА.

- И.В.Семёнова, А.В.Хорошилов. Химико-термодинамическое обоснование режимов обезжелезивания воды.- Энергосбережение и водоподготовка, 2006.
- И.В.Семёнова, А.В.Хорошилов. Условия осаждения железа.- Энергосбережение и водоподготовка, 2006.
- Б.Е.Рябчиков. Современные методы обезжелезивания и деманганации природной воды.- Энергосбережение и водоподготовка, 2005, №6.- с.5-10.
- А.В.Хорошилов, И.В.Семёнова. Термодинамический расчёт процесса диссоциации ортокремневой кислоты в природных водах.- Энергосбережение и водоподготовка, 2004, №1.- с.91-93.
- А.В.Хорошилов. Формы существования соединений кремния.- Энергосбережение и водоподготовка, 2004, №4.- с.25-28.
- А.В.Хорошилов, И.В.Семёнова, М.В.Тимофеев. Рентгенофлуоресцентная спектроскопия как метод исследования осадков, образующихся в процессе водоподготовки.- Известия Академии пром. экологии, 2003, №4.- с.61-67.
- И.В.Семёнова, М.В.Тимофеев, А.В.Хорошилов. Исследование состава и структуры осадков, образующихся при обработке воды щелочью и щелочным реагентом ГИДРО-ИКС.- Энергосбережение и водоподготовка, 2003, №4.- с.25-28.
- И.В.Семёнова, А.В.Хорошилов, С.В.Симонова. Макро- и микрокомпонентный состав глубоводных вод Подмосквы. Энергосбережение и водоподготовка, 2003, №3.- с.35-36.