

ВЛИЯНИЕ ГАЗСОДЕРЖАНИЯ ПРИ ОЧИСТКЕ ВОДЫ НА СКОРОСТЬ ОКИСЛЕНИЯ РАСТВОРИМЫХ ФОРМ МЕТАЛЛОВ**Аверина Ю.М.***к.т.н., доцент каф. ИМиЗК, председатель ОСМУСС РХТУ им. Д.И. Менделеева.***Зверева О.В.***зав. лабораторией ООО «БИНАКОР-ХТ»***Курбатов А.Ю.***канд. техн. наук, инженер, ген. директор ООО «КОБГАРД»***Калякина Г. Е.***студентка 4 курса факультета инженерной химии РХТУ им. Д.И. Менделеева.***Рыбина Е.О.***студентка 3 курса факультета инженерной химии РХТУ им. Д.И. Менделеева.***THE INFLUENCE OF GAS CONTENT IN WATER TREATMENT ON THE RATE OF OXIDATION OF THE SOLUBLE FORMS OF METALS****Averina Y.M.***Associate Professor IMZK, PhD, chairperson OSMYSS D.I.**Mendeleev University of Chemical Technology of Russia***Zvereva O.V.***head of laboratory Ltc BINACOR-ChT***Kurbatov A.Y.***PhD, chief director Ltc KOBGARD***Kalyakina G.E.***Student of 4rd year the faculty of engineering chemistry D. I. Mendeleev**University of Chemical Technology of Russia***Rybina E.O.***Student of 3rd year the faculty of engineering chemistry D. I. Mendeleev**University of Chemical Technology of Russia***Аннотация**

Приведены исследования, направленные на повышение эффективности обезжелезивания природных вод аэрацией с применением керамических мембран. Эффективность аэрационного метода обезжелезивания связана со скоростью окисления Fe (II) кислородом воздуха, а именно с особенностями этой реакции и факторами, влияющими на возможность ее протекания. Установлен характер зависимости скорости процесса окисления двухвалентного железа от удельной поверхности раздела фаз вода-воздух.

Abstract

The research aimed at improving the efficiency of de-Ironing of natural water by aeration with the use of ceramic membranes is presented. The effectiveness of the aeration method of water purification from iron is associated with the rate of oxidation of Fe (II) with air oxygen, namely with the features of this reaction and the factors affecting the possibility of its occurrence. The nature of the dependence of the rate of oxidation of ferrous iron on the specific surface of the water-air phase is established.

Ключевые слова: Обезжелезивание, очистка природной воды, газосодержание.

Keywords: water purification from iron, natural water treatment, gas content

Введение в проблему и условия экспериментального исследования

Ключевой стадией в процессе очистки любых вод является стадия перевода растворимых форм металлов в нерастворимые. Из множества литературных источников следует, что реакцию окисления растворимых форм металлов ведет кислород, как наиболее перспективный и экологически безопасный способ. Однако ни в указанных работах, ни во всем огромном пласте научных работ, относящихся к реакциям окисления металлов, нет прямых экспериментальных доказательств, что именно растворенный в воде кислород ведет реакцию окисления и приводит к целевому продукту — полному переводу всех растворимых форм металлов в нерас-

творимые. Многие выводы о участии в реакции растворенного кислорода сделаны на основе косвенных фактов, а роль кислорода, находящегося на границе раздела фаз «вода-воздух», изучена не до конца. Кроме того, влияние газосодержания при окислении металлов изучено недостаточно, но имеющиеся малочисленные определения показывают, что эти факторы не оказывают заметного воздействия на скорость окисления растворенных форм металлов при барботаже [1,2].

Одним из важных параметров, характеризующих гидродинамику барботажных аппаратов, является газосодержание, которое определяется в объеме двух- или трехфазной смеси, как доля объема газа.

В двухфазных системах газосодержание в аппарате дает объемную долю фаз и их время пребывания – с одной стороны. С другой стороны, по среднему диаметру пузырьков можно определить межфазную поверхность и, следовательно, обеспечить расчет параметров массопередачи между газовой и жидкостной фазами [3,4,5].

Газосодержание существенно зависит от чувствительности к физическим свойствам жидкости и приведенной скорости газа, и в то же время слабо зависит от геометрических характеристик аппарата. Считается достаточным иметь диаметр колонны больше чем 0,145 м, чтобы получить величины газосодержания, которые являются близкими к величинам, полученным в колоннах большого диаметра. Многочисленными исследованиями были получены величины газосодержания для барботажных колонн разных диаметров - от 0,075 до 5,5 м [6].

Для оптимального протекания технологических процессов очистки воды от железа методом аэрации, необходимо поддерживать определённые параметры, т.к. согласно результатам экспериментальных исследований, представленных в работах [4,5,6,7] можно сделать вывод, что при повышении газосодержания, происходит увеличение размера пузырьков, что в ряде случаев имеет негативные последствия для реализуемых процессов. Так, крупные пузырьки, обладают высокими скоростями всплытия, в связи, с чем не происходит их равномерного распределения по всему объёму аэрируемой жидкости [5].

Пытаясь разобраться в поставленном вопросе в отношении участия в реакции растворенного в окисляемых продуктах кислорода, проведен специально спланированный цикл экспериментов:

- а) получения зависимости газосодержания от диаметра пузырька;
- б) исследование зависимости удельной площади контакта фаз и газосодержания от расхода воды;
- в) получения зависимости скорости окисления ионов металла от газосодержания и диаметра пузырька.

Для экспериментов использовали растворы сульфата железа (II) марки “Ч”, приготовленные на дистиллированной воде и различные керамические мелкопористые трубчатые мембраны с размером пор 0.07-0.2 мкм, через которые подавали воздух. За счет варьирования пористости мембраны и давления воздуха меняли размер пузырьков и степень газонаполнения воды, содержащей ионы Fe^{2+} .

Съемка образующихся в результате барботирования через керамическую мембрану пузырьков сжатого воздуха производилось на цифровую фото-видеокамеру DSC-T20 SONY CORP. DIGITAL SYILL CAMERA.

Для каждой заданных условий эксперимента был измерен диаметр тридцати пузырьков в сравнении, а также определена скорость всплытия. Осреднение позволяет найти средний арифметический диаметр пузырька.



Рисунок 1– Фотография пузырька

Фотографирование пузырьков производилось в момент образования непосредственно у керамической мембраны и не далее 5 мм от неё.

Результаты экспериментов

Исследование влияния диаметра пузырька (d_n) на газосодержание приведены на рис.2.

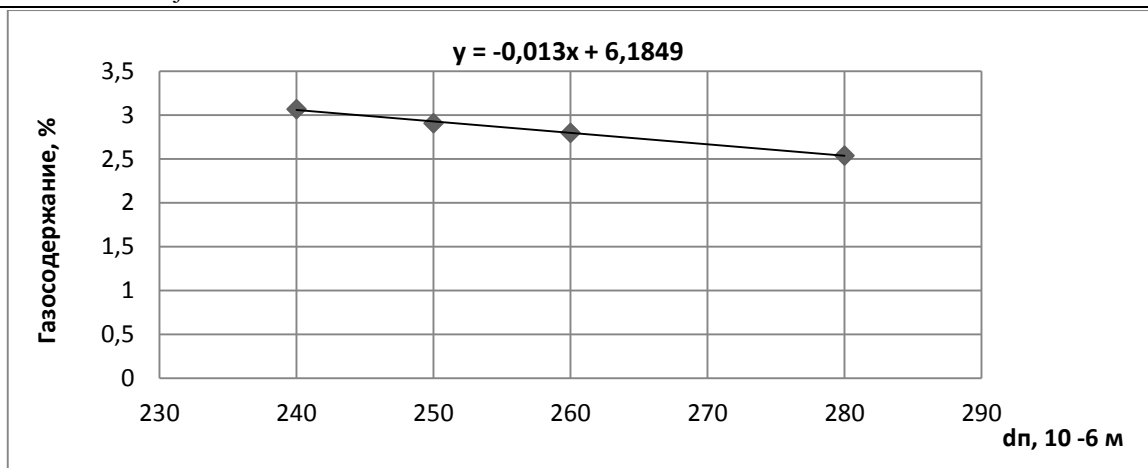


Рисунок 2 – График зависимости газосодержания от диаметра пузырька.

Полученная зависимость имеет линейный характер с минимальным газосодержанием при диаметре пузырька $280 \cdot 10^{-6}$ м.

Газосодержание зависит как от свойств жидкости и газа, так и от скоростей их движения. Следу-

ющее исследование зависимости удельной площади контакта фаз (рис. 3) и газосодержания (рис. 4.) от расхода воды, проводилось при постоянном расходе воздуха равном $0,5 \cdot 10^{-6}$ м³/сек, и для пузырьков диаметром $280 \cdot 10^{-6}$ м.

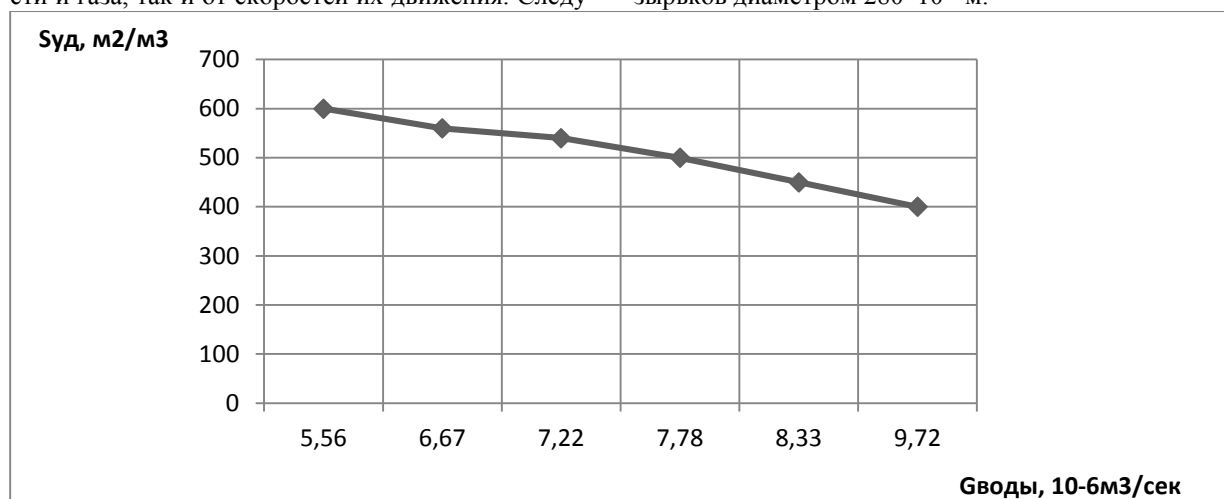


Рисунок 3 – График зависимости удельной площади контакта фаз «вода-воздух» от расхода воды.

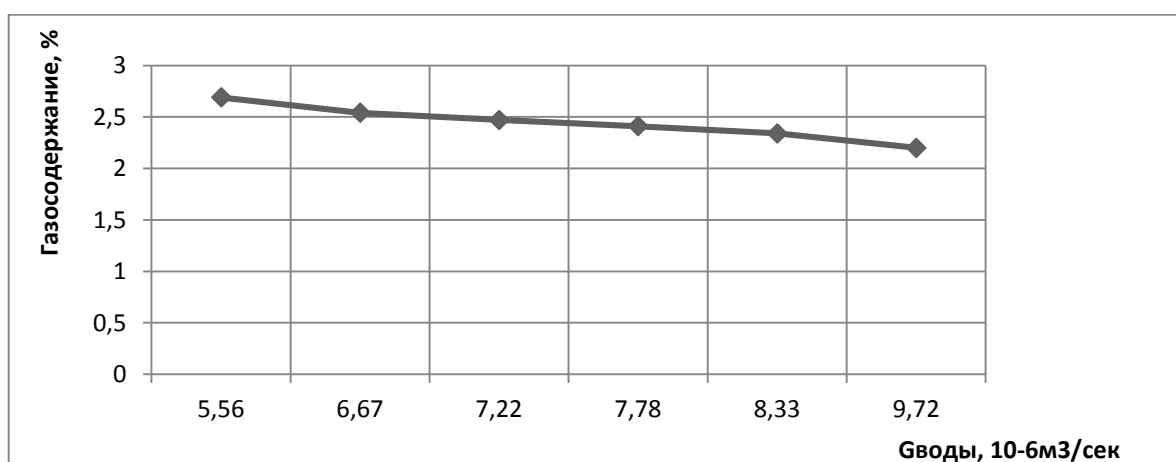


Рисунок 4 – График зависимости газосодержания от расхода воды.

Из графиков видно, что увеличение расхода воды приводит к уменьшению удельной площади контакта фаз «вода-воздух» и снижению газосодер-

жания. На рисунке 5 показана зависимость удельной площади контакта фаз «вода-воздух» от газосодержания.

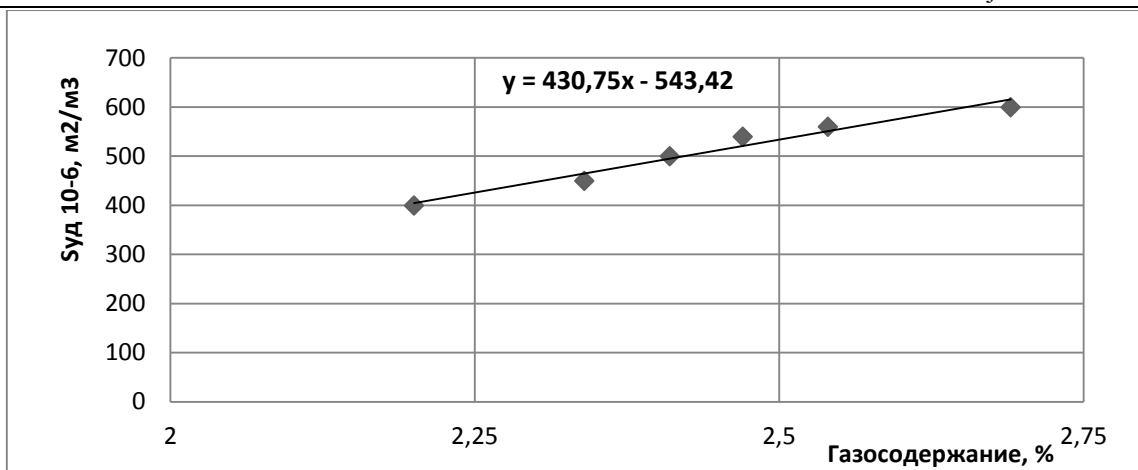


Рисунок 5- График зависимости удельной площади контакта фаз «вода-воздух» от газосодержания.

Таким образом, из представленных выше графиков (3-5) видно, что увеличение расхода воды почти в 2 раза приводит к незначительному уменьшению газосодержания, что продемонстрировало одно из основных преимуществ керамических мембранных аэраторов, а именно то, что при увеличении расхода газа размер пузырьков на выходе из диспергатора не изменяется, в отличие от полимерных аэраторов. Поток турбулизируется за счёт быстрого истечения газа, при этом межфазная поверхность остаётся высокой. Однако при большем

расходе воздуха начинает работать большее количество пор, так как включаются в работу поры меньшего размера

Оптимальным расходом воды для дальнейших экспериментов был принят расход $6,67 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{сек}$ или 24 л/ч. Соотношение расходов $G_{\text{возд}}/G_{\text{воды}} = 0,07496$

Далее, были исследованы закономерности изменения скорости окисления железа (рис. 6,7) для исходной концентрации 10 мг/л железа.

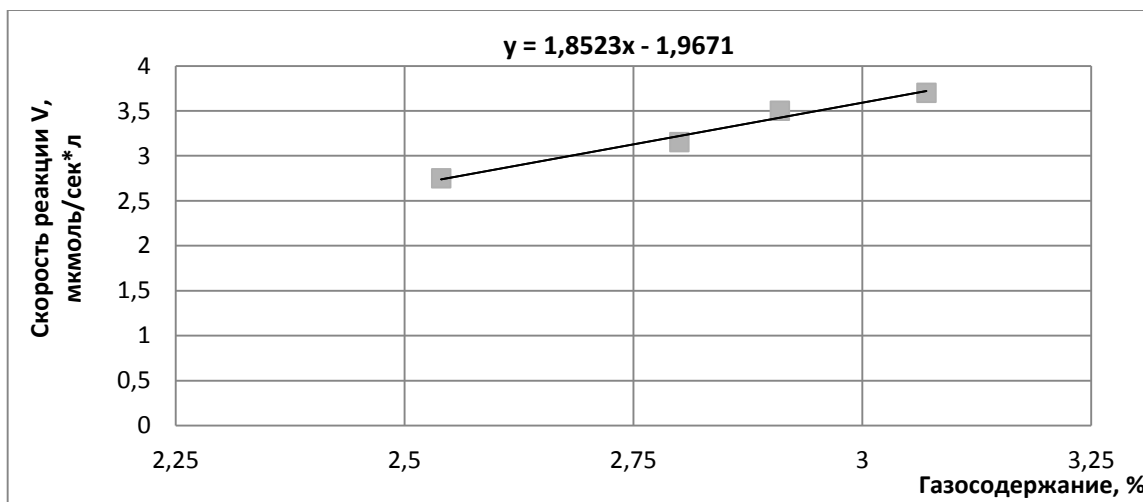


Рисунок 6 – График зависимости скорости окисления ионов Fe^{2+} от газосодержания

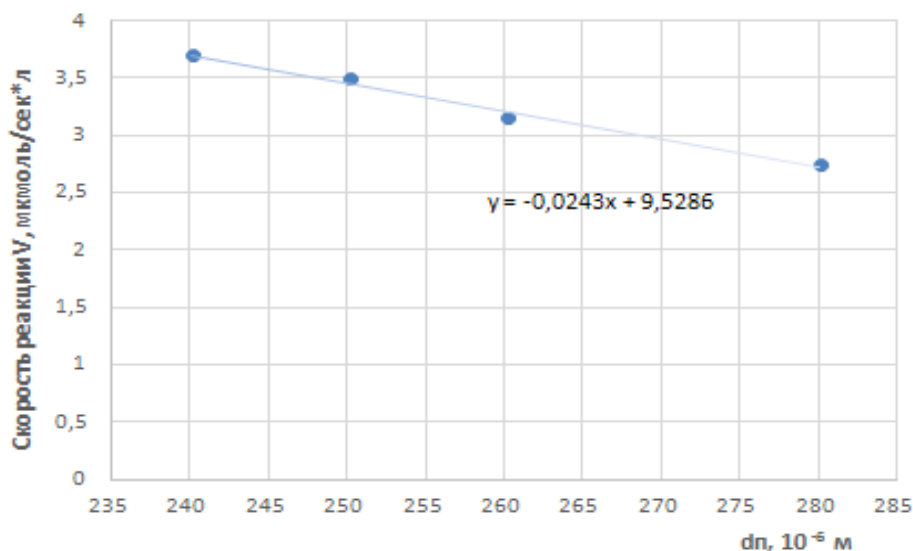


Рисунок 7—График зависимости скорости окисления ионов Fe^{2+} от диаметра пузырька

Приведенные зависимости показывают, что увеличение газосодержания увеличивает и скорость реакции окисления, а увеличение диаметра пузырька приводит к снижению скорости реакции.

Таким образом, в ходе экспериментов были установлены следующие факты:

1. Окисление металла протекает по двум направлениям: за счет кислорода газовой фазы, находящегося на границе раздела газ—жидкость, и за счет растворенного в реакционной среде кислорода.

2. При условии поддержания в реакционной среде определенного соотношения расхода воды и воздуха увеличение газосодержания не влияет заметным образом на скорость образования окисления металла в силу очень низкой доли образуемых в жидкой фазе окисленных форм металла. Увеличение расхода воды приводит к уменьшению удельной площади контакта фаз «вода-воздух» и снижению газосодержания.

3. Увеличение давления, приводящее к заметному изменению размера, скорости подъема и общей поверхности пузырьков, за счет указанных факторов массопередачи приводит к увеличению газосодержания, а минимальное газосодержание наблюдается при диаметре пузырька $280 \cdot 10^{-6} \text{ м}$;

4. Растворенный в реакционной среде кислород является ключевым фактором, приводящим к образованию побочных продуктов окисления и снижающим селективность процесса. Кроме того, продолжительность процесса окисления Fe^{2+} , определенная на модельных растворах в лабораторных условиях, на практике значительно снижается, в результате каталитического действия некоторых осадков, некоторых присутствующих в воде анионов (особенно сульфатов и фосфатов) и следов металлов, таких как медь, которые могут сильно влиять на процесс окисления железа кислородом.

Работа выполнена при финансовой поддержке РХТУ им. Д.И. Менделеева. Номер проекта X032-2018.

Список использованной литературы

1. Зайцев В. А. Промышленная экология / В. А. Зайцев. – М.: Изд-во "ДеЛи", 1999. – 140 с.
2. Лазаренко Н. Е. Региональные проблемы питьевого водоснабжения / Н. Е. Лазаренко // Докл. научн.-техн. семинара "Проблемы питьевого водоснабжения и пути их решения"/ ВНИИМИ. – М., 1997. – С. 126–130.
3. Михеев Н. Н. Водные ресурсы как база питьевого водоснабжения / Н. Н. Михеев // Водотехника и сантехника. – 1998. – № 4. – С. 10–11.
4. Систер В.Г., Родионов А.И., Клушин В.Н. Технологические процессы экологической безопасности (основы энвайронменталистики) (учебник). Калуга: Изд. Бочкаревой, 1999, С.800.
5. Аверина Ю.М. Интенсификация процесса аэрации при удалении ионов железа из воды//Кандидатская диссертация по специальности 05.17.01 - Технология неорганических веществ (техн. науки) ФГБОУ ВО РХТУ им. Д.И. Менделеева
6. Аверина Ю.М., Аснис Н.А., Ваграмян Т.А., Меньшиков В.В. Исследование скорости окисления ионов Fe^{2+} в воде при барботировании воздуха // Теоретические основы химической технологии, издательство Наука (М.), том 52, № 1, с. 79-82
7. Алферова Н.А., Минакова А.М., Аверина Ю.М., Меньшиков В.В. Зеленая химия и тенденция ее развития // Успехи в химии и химической технологии// издательство Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева" (Москва), том 31, № 15, с. 84-85