

части молекулы присутствуют аминокислоты, аминсахара и углеводы. При ароматических ядрах и в боковых цепях располагаются гидроксильные и карбоксильные группы, определяющие кислотные свойства этих веществ.

Основное количество кислорода гуминовых и фульвовых кислот входит в состав карбоксильных, карбонильных, гидроксильных (фенольных, спиртовых) и метоксильных группировок. Как правило, содержание кислорода (карбоксильной группы) выше в фульвовых кислотах, благодаря чему они обладают более высокой реакционной способностью и подвижностью в водной среде. Фракции фульвокислот растворяются не только в щелочах, но также в воде и в кислотах. В то время как для гуминовых кислот, вследствие их более низкой основности, характерны меньшая растворимость в воде и нерастворимость в кислотах. В гумусовых кислотах природных вод обнаружен алифатический и ароматический углерод, причем в гуминовых соотношение ароматического углерода и алифатического гораздо выше, чем в фульвовых, то есть при переходе от фульвовых к гуминовым кислотам происходит последовательное увеличение содержания конденсированных ароматических фрагментов. Постепенное изменение степени гумификации образцов и наличие корреляции с функциональным составом, по мнению некоторых авторов [6], позволяет считать фульвокислоты промежуточным звеном в сложном и многообразном процессе биохимической трансформации органического вещества. Повышение ароматичности при переходе от фульвовых к гуминовым кислотам сопровождается углублением окраски препаратов и в значительной мере сказывается на изменении цветности вод, обогащенных ГВ. Цветность поверхностных вод на 75–85 % обусловлена присутствием гуминовых и всего на 25–15 % — фульвовых кислот, несмотря на преобладание последних.

Гумусовые кислоты являются полиэлектролитами со слабодиссоциирующими в кислых и нейтральных средах ионогенными группами. Полная обменная емкость по карбоксильным и фенольным группам оценивается величинами от 3 до 11 мг-экв/г. Это указывает на высокую плотность ионогенных групп в молекулах гумусовых соединений и необходимость их рассматривания как полиэлектролитов. Константы диссоциации растворенных в природных водах гумусовых соединений оцениваются величинами  $pK_a$  для карбоксильных групп — от 1,5 до 6 и для фенольных групп от 8 до 12. Термин “карбоксильные группы” обычно употребляется в смысле обозначения тех ионогенных групп гумусовых соединений, которые при реальных рН природных вод (7–8) в значительной мере диссоциированы. В противоположность “фенольные группы”

в таком интервале рН практически не диссоциированы. Размер и форма частиц фульво- и гуминовых кислот зависят от степени диссоциации ионогенных групп, определяемой при отсутствии комплексообразования главным образом величиной рН. Свойства гумусовых веществ во многом зависят от присутствия в их молекулярной структуре карбоксильных и фенольных групп. Например, именно кислотными свойствами предопределяется та особая роль, которую гумусовые кислоты играют в процессах миграции химических элементов в биосфере [4].

Таким образом, гуминовые и фульвокислоты выполняют важные функции в гидроземосистеме: влияют на процессы самоочищения водоемов и обуславливают качество воды. Они являются своего рода носителями загрязняющих веществ в воде, активно участвуя в процессах трансформации, переноса и накопления органических веществ и металлов в водных экосистемах.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Комплексообразующая способность растворенного органического вещества природных вод / И. А. Едигарова, В. Н. Красюков, И. А. Лапин, АМ Никаноров // Водные ресурсы. - 1989. - № 4. - С. 122-129.
2. Изучение органических веществ поверхностных вод и их взаимодействия с ионами металлов / Г. И. Варшал, И. Я. Кошечева, И. С. Сироткина и др. // Геохимия. - 1979. - № 4. - С. 508-607.
3. Conformational transformation of humic substances in water / Golovach A.P., Lishtvan I.I., Nemkovich N.A., Rubinov A.N. // Proceed. of SPIE. - 1994. - Vol. 2370.
4. Растворенные органические вещества торфяно-болотных вод / Головач А.П., Лиштван И.И., Крайко В.М. // Физико-химия торфа и сапропеля, проблемы их переработки и комплексного использования. Материалы VII Междунар. н.-т. конф. - Тверь, 1994.
5. Hatcher P.G., Spiker E.S. Selective degradation of plant biomolecules // Hum. Subst. and Role Environ. - Berlin, 1987. - P. 59-74.
6. Ziechman W. Evolution of structural models from consideration of physical and chemical properties // Hum. Subst. and Role Environ. - Berlin, 1988. - P. 113-132.
7. Humic substances in ground waters / N. Paxeus, B. Allarg, U. Olofsson, M. Bengtsson // Sci. Basis Nucl. Waste Manag. - Pittsburgh, 1986. - P. 525-532.

УДК 628.162

**Житенев Б.Н., Шеина Л.Е.**

### ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ОЧИСТКИ ПРОМЫВНЫХ ВОД СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ РЕАГЕНТНЫМ ОСАЖДЕНИЕМ

Подземные воды Республики Беларусь характеризуются повышенным содержанием железа от 1...5 до 12 мг/л [1]. Обезжелезивание подземных вод преимущественно осуществляется азириванием с последующим фильтрованием. При фильтровании через зернистый слой вода, содержащая двухвалентное железо и растворенный кислород, выделяет железо на поверхности зерен загрузки, образуя каталитическую пленку из ионов и окислов двух- и трехвалентного железа. Одновременно с образованием пленки на поверхности зерен фильтрующей загрузки, в межпоровом пространстве

происходит накопление рыхлого осадка гидроксида железа, который необходимо периодически удалять из фильтрующего слоя. Регенерация фильтра загрузки заключается в обычной промывке восходящим водяным или водовоздушным потоком. Доля воды, расходуемой для промывки, велика и, в зависимости от качества исходной воды и типа фильтра, может достигать до 10% от общего расхода очищаемой воды [1, 2].

В таблице 1 приведены усредненные показатели качества промывных вод водозаборов г. Бреста.

**Шеина Людмила Евгеньевна.** Аспирант каф. водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, экология

Таблица 1

Железо общее (преимущественно трехвалентное), мг/л	100...200
Окисляемость перманганатная, мг/л·O <sub>2</sub>	6,8...7,7
Содержание взвешенных веществ, мг/л	850...1200
Жесткость карбонатная, мг-экв/л	5,6...6,2
Щелочность общая, мг-экв/л	5,3...6,2
pH	7...8
Eh, В	0,180...0,250

Вода преимущественно имеет повышенное содержание взвешенных веществ и соединений железа. Из анализа кривой распределения (рис.1) следует, что максимальная частота появления измеряемой величины наблюдается в интервале 100...200 мг/л.

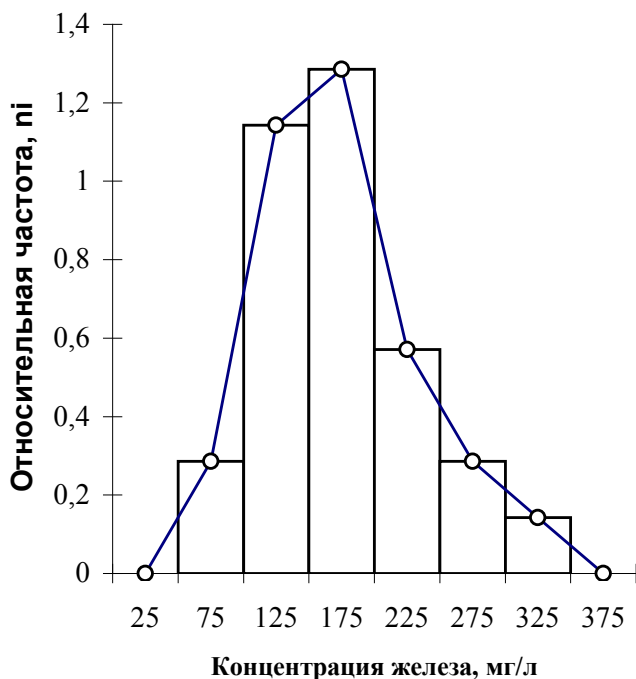


Рис. 1. Дифференциальная кривая распределения концентрации железа в промывной воде водозаборов г. Бреста.

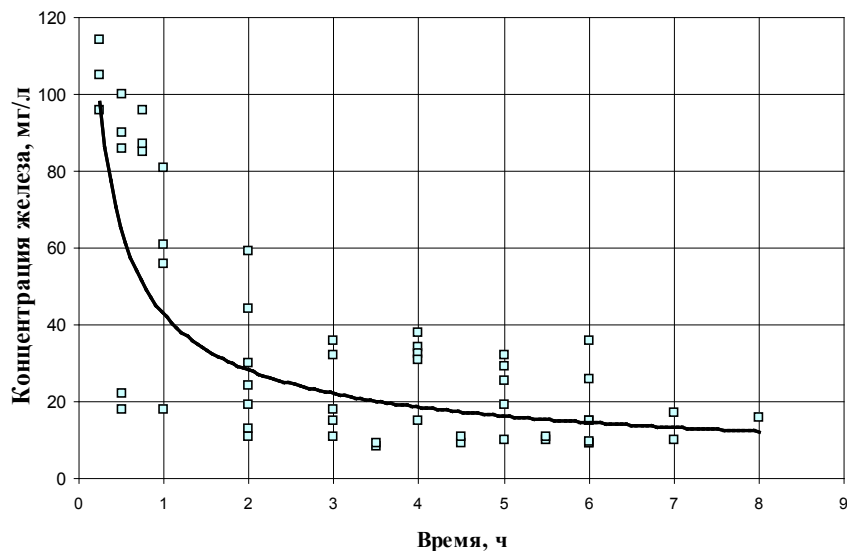


Рис. 2. Зависимость остаточной концентрации железа в промывной воде от времени отстаивания.

СНиП 2.02.04 – 84 “Водоснабжение. Наружные сети и сооружения” предусматривают оборот промывных вод после их отстаивания, т.е. возврат в “голову” сооружений для последующей обработки вместе с исходной водой, поступающей на фильтры обезжелезивания. В настоящее время на большинстве действующих станций из-за неудовлетворительной работы сооружений по обработке промывных вод, эти воды сбрасываются в поверхностные водоемы или в канализационную сеть, что ухудшает экологическую обстановку и увеличивает расход воды на собственные нужды.

Проводились исследования по влиянию различных факторов на интенсификацию процесса осаждения железа в промывных водах. Для сравнения осуществлялось обезжелезивание промывной воды известкованием, коагулированием сернокислым алюминием, тринатрийфосфатом, и изучалось совместное влияние Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> и Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Исследовалась промывная вода водозаборов “Западный”, “Южный” г. Бреста. Отстаивание производилось в течение 6-8 ч, вода анализировалась на содержание железа с интервалом в 1ч.

На рис. 2 представлена зависимость остаточной концентрации железа от времени отстаивания без введения реагентов. Гравитационное осаждение взвешенных частиц в основном завершается в течение 1,5-2 ч. Большая часть взвеси выпадает в осадок за 15-40 мин отстаивания. Дальнейшее снижение концентрации железа резко замедляется. За 4 часа отстаивания содержание железа составляет 20-30 мг/л. Частицы, находящиеся в промывной воде, отличаются малыми размерами, вследствие чего их осаждение происходит крайне медленно, так как силы диффузии преобладают над силами тяжести. Вероятно, часть железа присутствует в промывной воде в коллоидном состоянии, что еще более усложняет процесс седиментации.

Диспергированные, коллоидные и взвешенные примеси в большинстве случаев имеют одинаковые заряды, что обуславливает возникновение межмолекулярных сил отталкивания и агрегативную устойчивость. Для ускорения процесса осаждения и интенсификации процесса обезжелезивания промывных вод, следует снизить заряд примесей до нуля или очень малых значений соответствующей обработкой.

Применение извести не дало высокого эффекта обезжелезивания. На рис. 3 представлена зависимость остаточной концентрации железа от времени отстаивания при обработке воды известью дозами 50, 100, 200 мг/л.

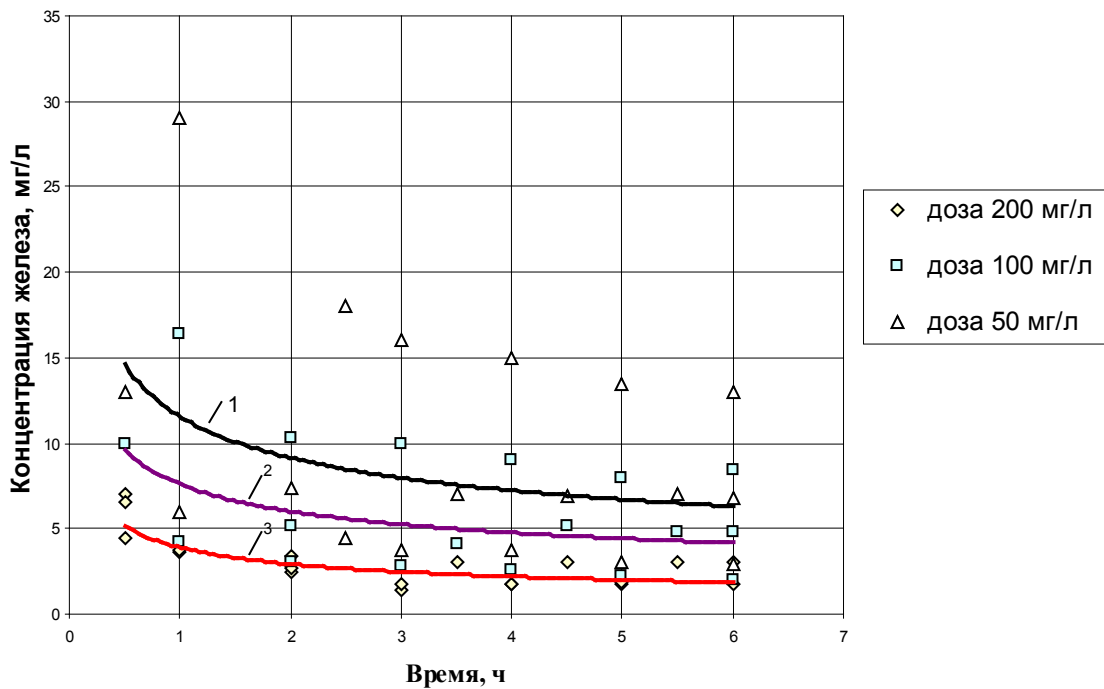


Рис. 3. Зависимость остаточной концентрации железа от времени отстаивания при обработке воды известью доза извести, мг/л: 1 – 50; 2 – 100; 3 – 200.

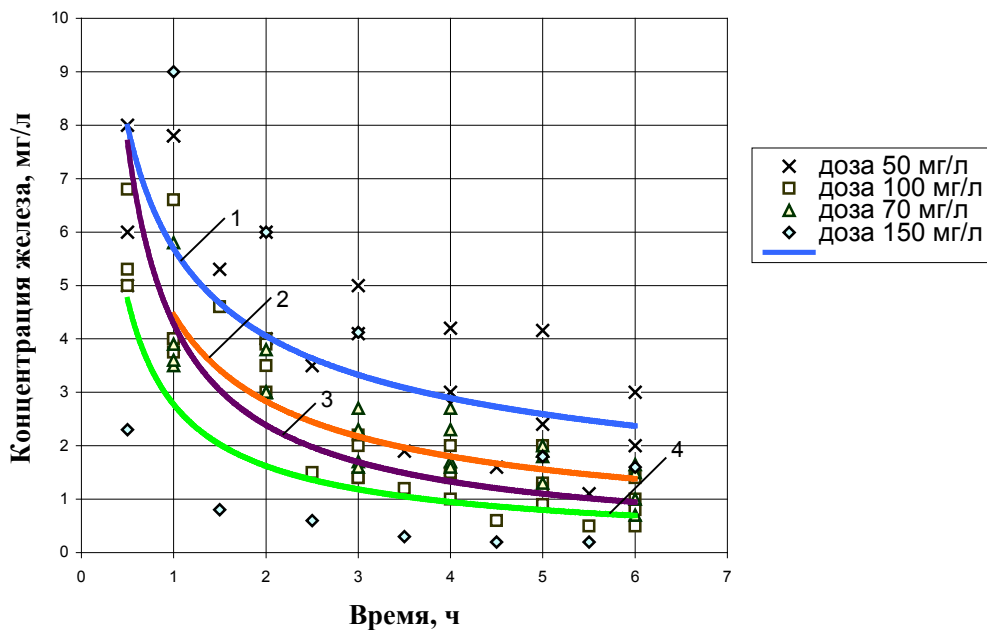


Рис. 4. Зависимость остаточной концентрации железа в промывной воде от времени отстаивания при обработке воды сернокислым алюминием доза  $Al_2(SO_4)_3$ , мг/л: 1 – 50; 2 – 70; 3 – 100; 4 – 150.

При добавлении в воду извести происходит связывание угольной кислоты, повышающей pH воды, ускоряются процессы гидролиза и окисления железа. Анализируя графики, видно, что при больших дозах извести происходит заметное снижение остаточной концентрации железа преимущественно за время 1,5...2 ч., дальнейшее отстаивание не дает результата: остаточное содержание железа составляет 8...12; 5,2...10,3; 2,5...3,5 мг/л при дозах 50, 100, 200 мг/л соответственно. Обработка воды высокими дозами извести приводит

к повышению pH воды до 10-12, что может вызвать дополнительные затраты при последующей обработке воды.

На рис. 4 представлены результаты исследования по влиянию на процесс обезжелезивания промывных вод различных доз сернокислого алюминия. Эксперименты показали, что в обработанной воде происходило образование хлопьев и укрупнение прокоагулированных частиц взвеси. При увеличении дозы сернокислого алюминия увеличивался эффект очистки.

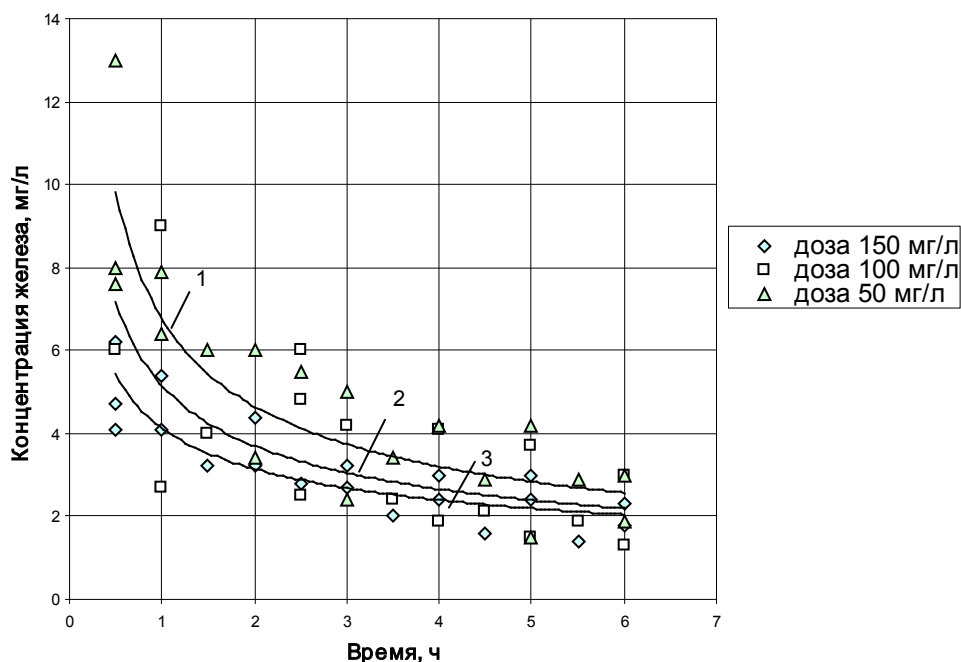


Рис. 5. Зависимость остаточной концентрации железа от времени отстаивания в условиях обработки воды тринатрийфосфатом  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  при дозах  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ , мг/л: 1 – 50; 2 – 100; 3 – 150.

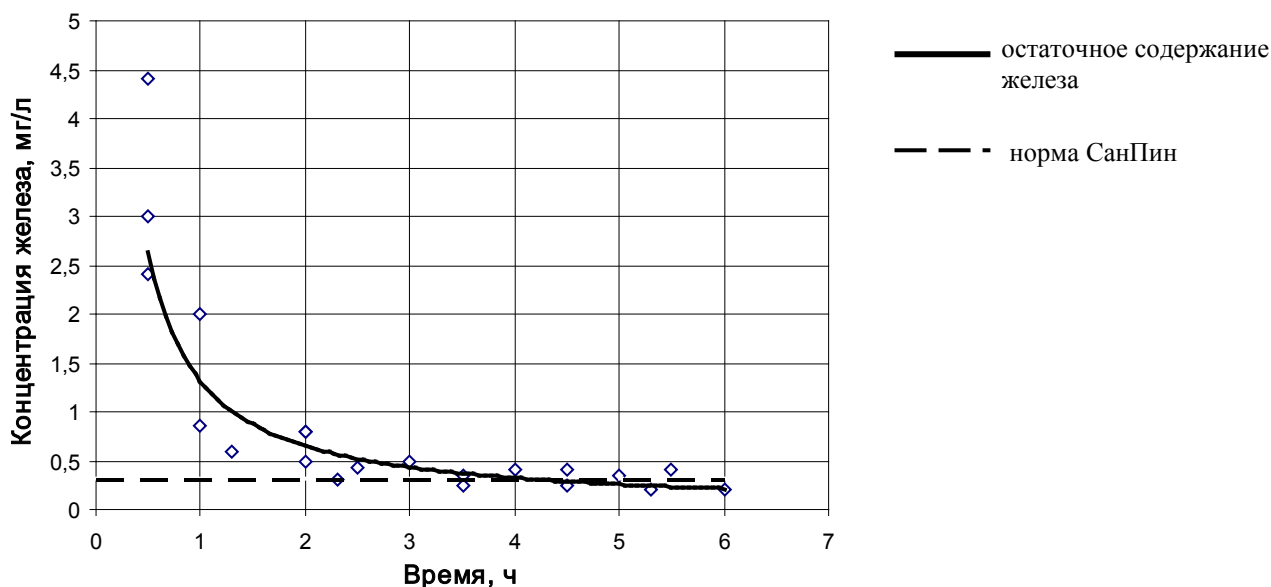
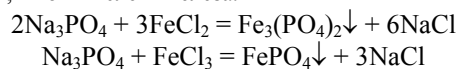


Рис. 6. Зависимость остаточной концентрации железа в промывной воде от времени отстаивания в условиях обработки воды  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  и  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ .

За два часа отстаивания остаточная концентрация железа при дозе  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  150 мг/л колебалась в пределах 1...3 мг/л. При обработке дозами 50, 100 мг/л – 4...6; 3...4 мг/л соответственно за тоже время отстаивания. При дальнейшем времени отстаивания содержание железа снижалось, но, несмотря на это, в объеме промывной воды оставались мелкие плохо оседающие частицы.

На рис. 5 представлена зависимость остаточной концентрации железа в промывной воде от времени отстаивания при различных дозах ортофосфата натрия. Обработка ортофосфа-

том натрия позволяет осадить в виде осадка ионы многих металлов, в том числе и железа.



Фосфаты имеют очень малую растворимость в воде, например,  $\text{pIP}(\text{FePO}_4) = 21.89$ , нерастворимы в кислотах и щелочах, и поэтому могут быть легко удалены в виде осадка [5, 6].

В результате исследований обнаружено, что при введении в промывную воду тринатрийфосфата  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  происходила

агломерация мельчайших коллоидных и диспергированных частиц. В данном случае наблюдалось лишь частичное удаление примесей. С увеличением дозы  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  ускорялся процесс хлопьеобразования, и соответственно увеличивался эффект очистки. Осаждение прокоагулированных примесей заканчивалось после двух, трех часов отстаивания.

Максимальное осаждение железа достигалось при обработке промывной воды совместно  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  и  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . Эксперименты показали, что при дозах 50 мг/л  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  и 50 мг/л  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  наблюдался интенсивный процесс коагуляции и высокая скорость осаждения примесей воды. Как следует из приведенных зависимостей (рис. 5), уже за два часа отстаивания концентрация железа в воде достигает 0,5...0,6 мг/л, за 4 часа – 0,3 мг/л.

Результаты экспериментальных исследований по интенсификации процесса обезжелезивания промывных вод показали преимущество совместного использования  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  и  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . После четырехчасового отстаивания концентрация железа снижается до 0,3 мг/л, что позволяет использовать ее повторно. Применение этого способа очистки промывных вод фильтров обезжелезивания позволяет одновременно решить две задачи: предотвращение загрязнения окружающей среды и экономии воды.

### ВЫВОДЫ

1. Проведены исследования по интенсификации очистки промывных вод станций обезжелезивания воды реагентным осаждением.

УДК 628.5

**Яловая Н.П., Строкач П.П., Новиков В.М.**

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДИФФУЗИИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ЧЕРЕЗ КУПОЛООБРАЗНУЮ ЖИДКОСТНУЮ ЗАВЕСУ

В последние годы разработан ряд струйных комплексов для создания жидкостных экранов, локализирующих очаги загрязнения окружающей среды. Они позволяют также локализовать зоны обитания человека от вредного воздействия многих антропогенных факторов [1-7].

В решении проблемы защиты человека от газовых вредных выбросов необходимо учитывать влияние фоновых концентраций загрязняющих веществ данного района местности. Выделяемые в окружающую среду газообразные вещества с концентрациями, превышающими их фоновые значения, являются загрязнениями атмосферного воздуха. Такие загрязнения возникают в результате химических или биологических процессов, используемых человеком. Наиболее значительную роль среди них представляют процессы сжигания топлива, применяемые в промышленности и для производства электроэнергии.

Ниже приводится оценка участия отраслей производства народного хозяйства в образовании опасных газовых выбросов (табл. 1).

*Яловая Наталья Петровна. Доцент каф. инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета.*

*Строкач Петр Павлович. К.х.н., профессор, зав. каф. инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета.*

*Новиков Владимир Макарович. К.т.н., доцент каф. водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета.*

*Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.*

*Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, экология*

2. В качестве реагентов-осадителей использовались известь, сернокислый алюминий, тринатрийфосфат, совместно сернокислый алюминий и тринатрийфосфат.
3. Наиболее эффективно процесс осаждения протекал при введении тринатрийфосфата и коагулянта. Дозами 50 мг/л  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  и 50 мг/л  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  за два часа отстаивания остаточная концентрация железа снижалась до 0,5...0,6 мг/л, а за 4 часа – до 0,3 мг/л.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Б.Н.Житенев, Л.Е.Шейна. Проблемы повторного использования промывных вод станций обезжелезивания // Вестник Брестского государственного технического университета – Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, экология. №2(14), 2002
2. Любарский В.М. Осадки природных вод и методы их обработки. – М.: Стройиздат, 1980.– 128 с.
3. СНиП 2.04.02 – 84 “Водоснабжение. Наружные сети и сооружения”
4. СанПин 10-124 – РБ – 99 “Вода питьевая”
5. Рабинович В.А., Хавин З.Я., Краткий химический справочник, Л.: Химия, 1978, 392с.
6. Алексеев В.Н., Курс качественного химического полумикроанализа, М.: Химия, 1973, 584с.
7. Николадзе Г.И. Обезжелезивание природных и оборотных вод. – М.: Стройиздат, 1978.– 160 с.
8. Ю.А. Феофанов, Л.Ф. Смирнова. Новые виды флокулянтов. // Водоснабжение и санитарная техника. – 1995, №1, с. 5-6.

**Таблица 1.** Оценка участия отраслей производства и транспорта в загрязнении атмосферы земли

№ п/п	Отрасли производства	Доля загрязнения, %
1	Металлургия чёрная и цветная	35
2	Теплоэнергетика. Котельные установки.	27
3	Нефтедобывающая и химическая промышленность	17
4	Автомобильный транспорт	13
5	Остальные отрасли	8

Важной характеристикой загрязняющего вещества является количество его поступлений в окружающую среду в единицу времени. Сопоставление масс антропогенного и естественного происхождения позволяет оценить возможное нанесение ущерба окружающей природной среде.

Основные характеристики газов, загрязняющих атмосферный воздух, приведены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что массы приведенных загрязняющих веществ антропогенного и естественного происхождения сопоставимы.