

# СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ алюмосодержащих коагулянтов для ОЧИСТКИ ВОДЫ от взвешенных и растворенных загрязнений

Часть 2

## УДАЛЕНИЕ ИЗ ВОДЫ АНИОННЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

(Продолжение. Начало в № 1/2011)

**Изучена эффективность применения алюмосодержащих коагулянтов разных марок для очистки воды от гумата натрия и кислотного зеленого красителя. Показано отсутствие взаимосвязи между основностью оксихлоридов алюминия, его дозой и эффективностью очистки воды.**

### Введение

Органические загрязнения анионного типа являются широко распространенными загрязнениями природных и сточных вод, которые могут удаляться в процессе коагуляционной очистки воды. К ним относятся красители, гумусовые кислоты, анионные поверхностно-активные вещества. Выбор коагулянта и его эффективность в значительной степени определяется химическими характеристиками органических загрязнений и применяемых коагулянтов. С целью выявления общих закономерностей очистки воды в зависимости от вида органических загрязнений и характеристик коагулянтов в данной статье представлены результаты исследований по извлечению из воды гумата натрия и кислотного зеленого красителя, которые могут присутствовать, соответственно, в природных цветных водах и сточных водах красильных производств.

### Материалы и методы исследования

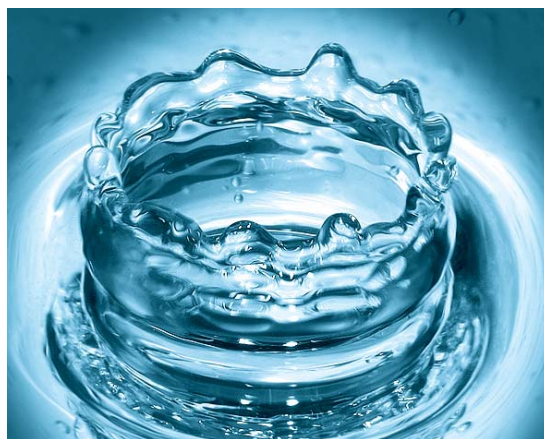
Для исследований были использованы те же коагулянты и методики исследований, что и в экспериментах при очистке почвосодержащих вод [1]. Все коагулянты

**Л.В. Гандурина\***,

доктор  
технических наук,  
старший научный  
сотрудник,  
ОАО «НИИ  
ВОДГЕО»

**Т.А. Будыкина,**

доктор  
технических наук,  
доцент, профессор  
кафедры  
«Охрана труда и  
окружающей среды»,  
Юго-западный  
государственный  
университет (г. Курск)



использовались в виде 1 % водных растворов по оксиду алюминия, за исключением титанового коагулянта, который применяли в виде 1% суспензии по товарному продукту. Эксперименты по коагуляции проводили по стандартной методике на установке пробного коагулирования «Капля» с механическим перемешиванием. После дозирования требуемого количества раствора каждого реагента 0,5 л очищаемой воды перемешивали с интенсивностью 150 об/мин. в течение 1 мин, затем в течение 5-10 мин с интенсивностью 50 об/мин. для формирования флокул, после чего отстаивали в течение 5-10 мин. Коагулирующую способность различных реагентов оценивали по величине оптимальной дозы и снижению мутности, цветности, содержанию красителя, изменению величи-

\* Адрес для корреспонденции: [gand2@yandex.ru](mailto:gand2@yandex.ru)

ны рН очищенной воды. Оптимальные дозы (расходы реагента) определяли по оксиду алюминия для оксихлоридов алюминия и по товарному продукту для титанового коагулянта. Содержание красителя определяли по оптической плотности его раствора при длине волны 400 мкм.

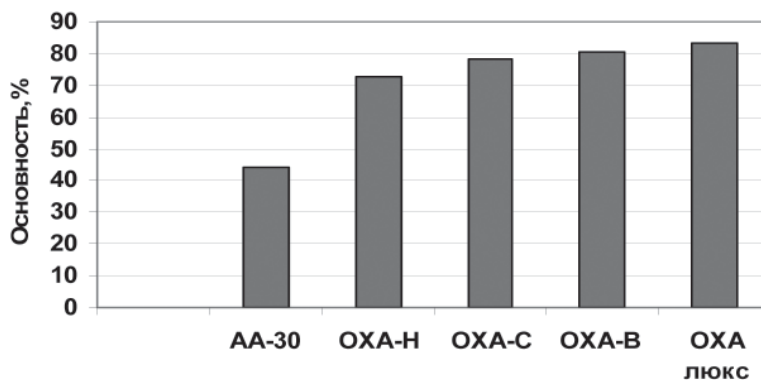
Зависимость основности испытанных оксихлоридов алюминия от их марки, рассчитанная по содержанию оксида алюминия и хлор-ионов в товарных продуктах, показана на *рис. 1*.

Как следует из рисунка, оксихлориды алюминия фирмы «Сибресурс» с маркировкой низко- (ОХА-Н), средне- (ОХА-С) и высокоосновные (ОХА-В) имеют основность от 72,4 до 83,3 %, т.е. относятся к высокоосновным оксихлоридам, в отличие от среднеосновного полиоксихлорида алюминия марки Аква-Аурат 30 (АА 30) с основностью 44 % [2].

Для приготовления модельных растворов была использована водопроводная вода, имеющая щелочность 2,9-3,1 мг-экв/л, или дистиллированная вода с различным содержанием примесей: гумата натрия (10-20 мг/л), рекомендуемого ГОСТ [3], красителя кислотного зеленого (50-500 мг/л) и бикарбоната натрия для создания щелочности до 4 мг-экв./л.

Гумат натрия представляет собой амфотерный полиэлектролит с преобладанием анионных карбоксильных групп в натриевой форме ( $-\text{COONa}$ ) и молекулярной массой до 7000, хорошо растворимый в воде с образованием окрашенных светло-коричневых растворов. Раствор, содержащий 10 мг/л гумата натрия, имел цветность, равную 123 град БКШ.

Кислотный зеленый краситель содержит анионные сульфогруппы в натриевой форме



*Рис. 1.* Основность испытанных коагулянтов.

**Ключевые слова:**

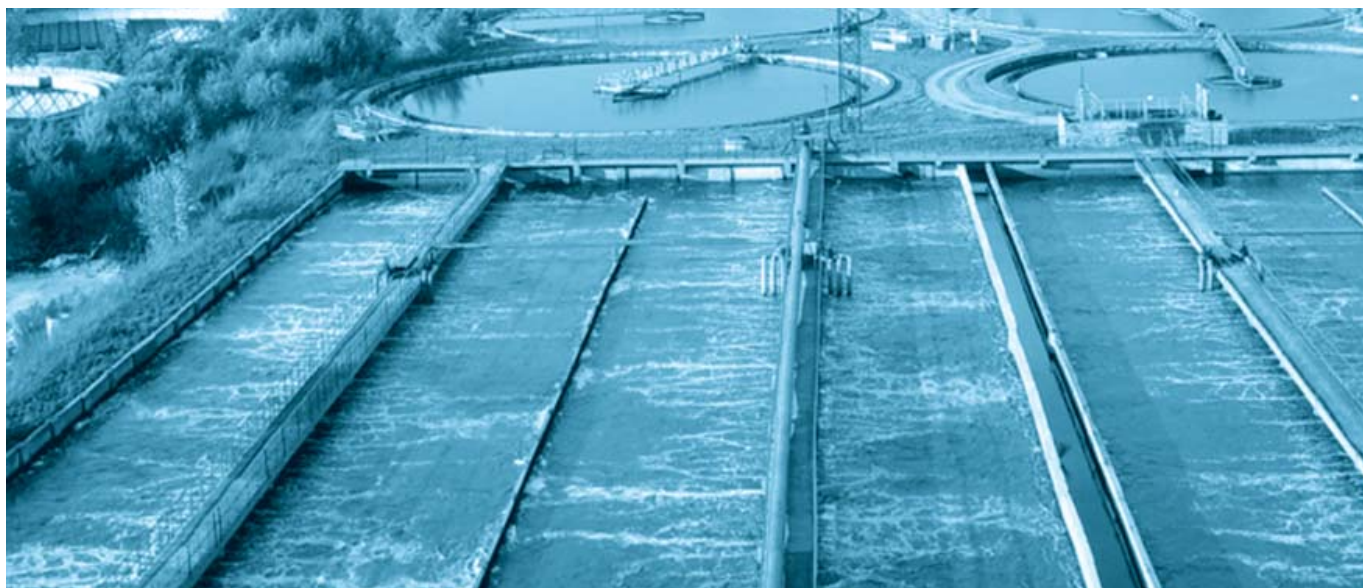
очистка воды,  
коагулянты,  
гумат натрия,  
кислотный краситель

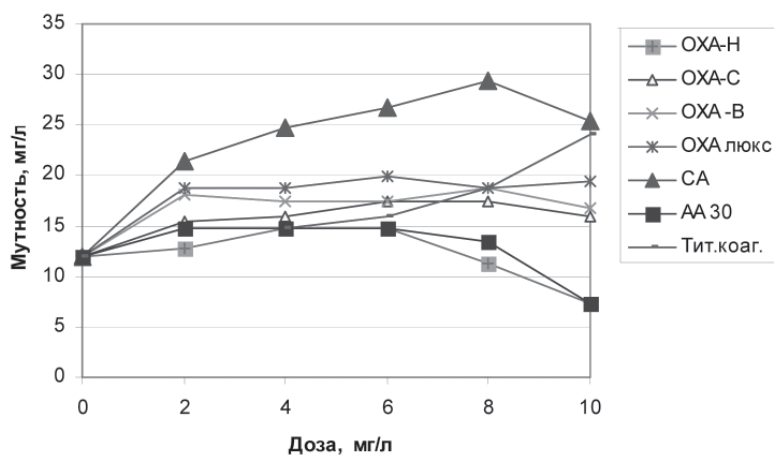
( $-\text{SO}_3\text{Na}$ ) и способен вступать в химические взаимодействия с веществами, содержащими катионные группы или ионы многовалентных металлов.

**Результаты и их обсуждение**

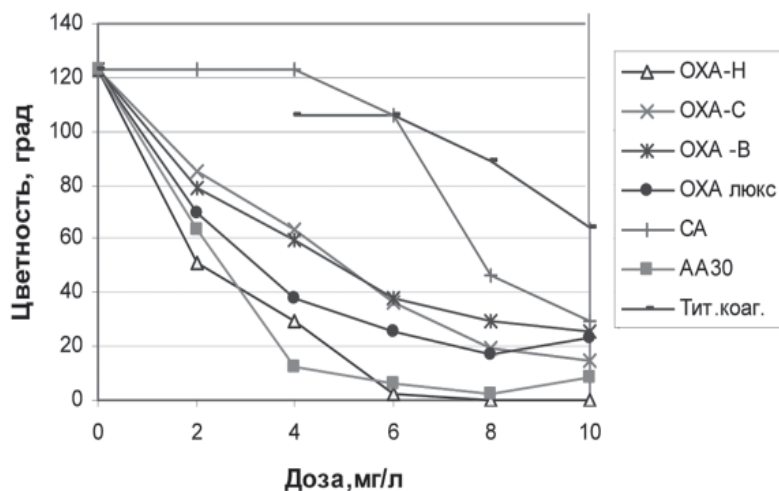
Экспериментальные данные по коагуляционной очистке модельной водопроводной воды, содержащей 10 мг/л гумата натрия и имеющей цветность 123 град, мутность 12 мг/л и щелочность 3,1 мг-экв/л, представлены на *рис. 2-5*.

Как следует из *рис. 2*, все кривые мутности проходят через максимум. Сначала мутность очищаемой воды растет с увеличением дозы, а потом начинает уменьшаться при дозе больше 8 мг/л, но в интервале доз от 0 до 10 мг/л для всех коагулянтов кроме ОХА-Н и АА 30 мутность остается выше исходной величины. Самое низкое содержание взвеси в коагулированной и отстаиванной воде (7,3 мг/л) наблюдается при использовании ОХА-Н

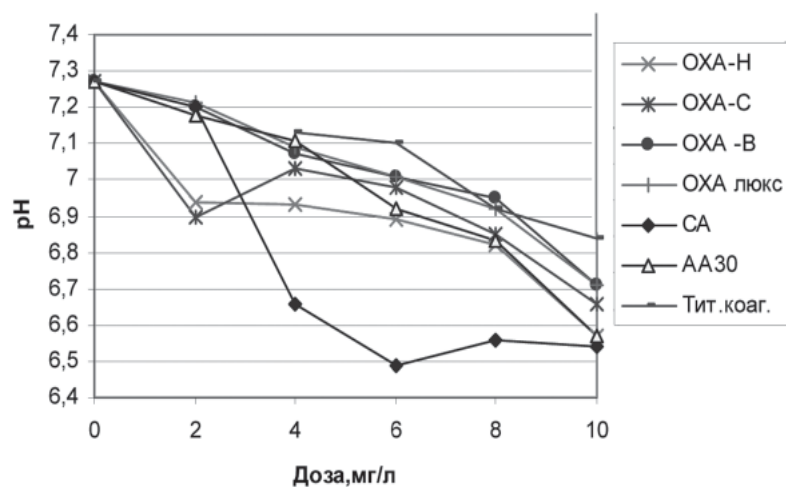




**Рис. 2.** Зависимость мутности отстоянной модельной воды с гуматом натрия от дозы коагулянта. Мисх=12 мг/л, Ц= 123 град. Тотст. = 5 мин.



**Рис. 3.** Зависимость цветности отстоянной модельной воды с гуматом натрия от дозы коагулянта. Мисх = 12 мг/л, Ц= 123град.Т отст. = 5 мин.



**Рис. 4.** Зависимость величины рН отстоянной модельной воды с гуматом натрия от дозы коагулянта. Мисх = 12 мг/л, Ц= 123 град.Т отст. = 5 мин.

и АА 30 и дозе 10 мг/л. Сернокислый алюминий (СА) образует мелкие, плохо отделяемые отстаиванием хлопья.

Цветность фильтрованной после коагуляции гуматсодержащей воды уменьшается с увеличением дозы и достигает минимума (2 град) при дозе 6-8 мг/л по оксиду алюминия или 27-30 мг/л по товарным продуктам при использовании коагулянтов ОХА-Н и АА 30. Удельный расход коагулянта по оксиду алюминия составляет 0,6-0,8 мг/мг гумата натрия, а эффект снижения цветности гуматсодержащей модельной воды достигает 98 %. Остальные испытанные оксихлориды алюминия менее эффективны при тех же дозах (рис. 3 и 5). Оптимальная доза титанового коагулянта для максимального снижения мутности и цветности составляет 100 мг/л по товарному продукту, что больше товарных доз оксихлоридов алюминия более чем в 3 раза.

Величина рН очищаемой воды уменьшается с увеличением дозы коагулянта и минимальна для СА в интервале доз 4-8 мг/л (рис. 4). Дозам, при которых происходит максимальное снижение цветности и мутности с применением АА 30 и ОХА-Н, соответствуют величины рН, равные 6,8-6,9.

С увеличением основности оксихлоридов алюминия, как следует из рис. 5, монотонно возрастает только мутность очищенной воды (рис. 5в). Взаимосвязи между основностью оксихлоридов алюминия, его дозой и параметрами очищенной гуматсодержащей воды, такими как цветность и рН при исходной щелочности 3 мг-экв/л, не прослеживается. Гумат натрия эффективнее извлекается из воды при использовании ОХА-Н производства «Сибресурс» с основностью 72,4 % и Аква-Аурат 30 производства ОАО «АУРАТ» с основностью 44 %. Очевидно, что на коагулирующие свойства оксихлоридов алюминия оказывают влияние и другие неидентифицированные показатели товарных продуктов, в частности, фракционный и химический состав оксихлоридов алюминия. Уменьшение исходной бикарбонатной щелочности модельной воды до 0,5-1,0 мг-экв/л способствует удалению цветности как с применением СА, так и оксихлоридов алюминия разной основности (рис. 6), что, вероятно, связано с преобладанием коагуляционного механизма связывания гуматов вследствие увеличения количества менее растворимых и менее ионизированных молекул гуминовых кислот.

Результаты сравнения эффективности применения разных коагулянтов для очистки модельной воды от кислотного зеленого красителя с его исходной концентрацией 100 мг/л представлены на рис. 7-10.



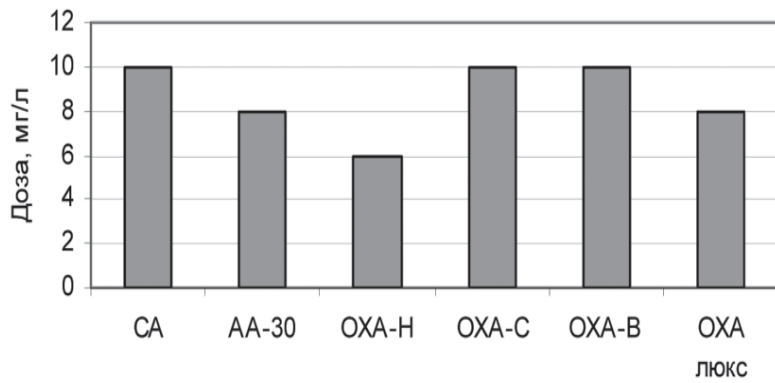


Рис. 5а. Оптимальные дозы для снятия цветности.

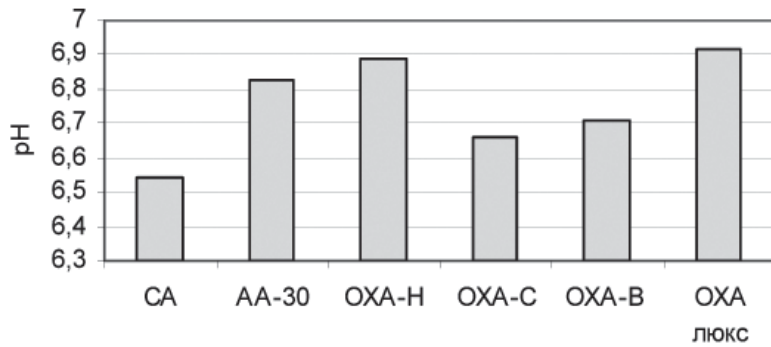


Рис. 5б. рН при оптимальных дозах для снятия цветности.

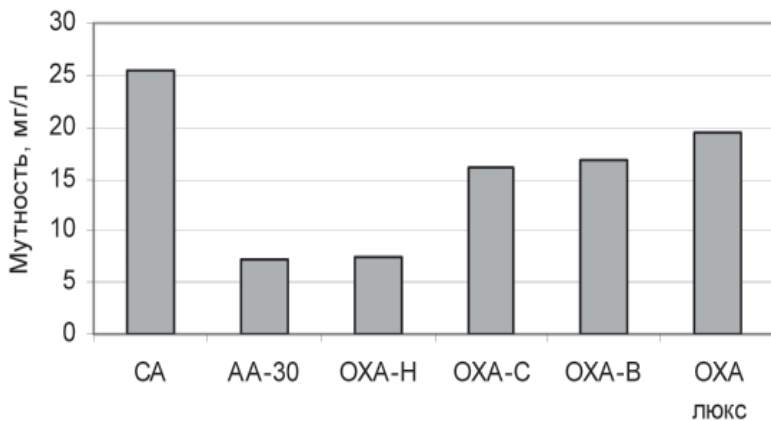


Рис. 5в. Мутность при дозе 10 мг/л.

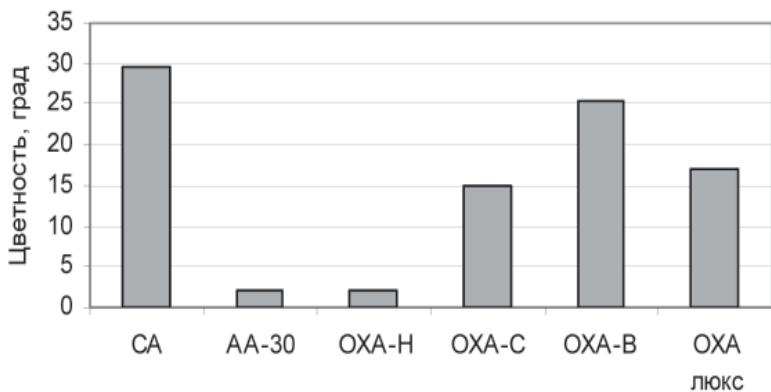
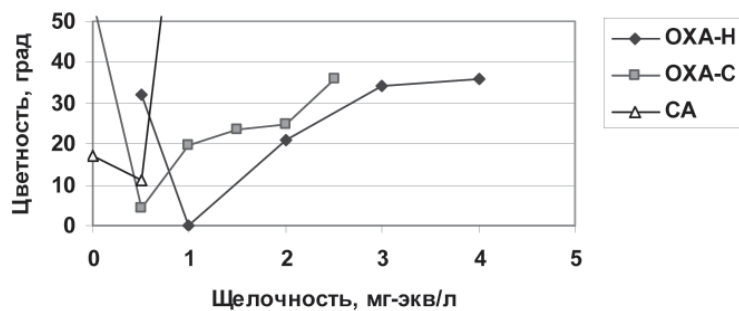
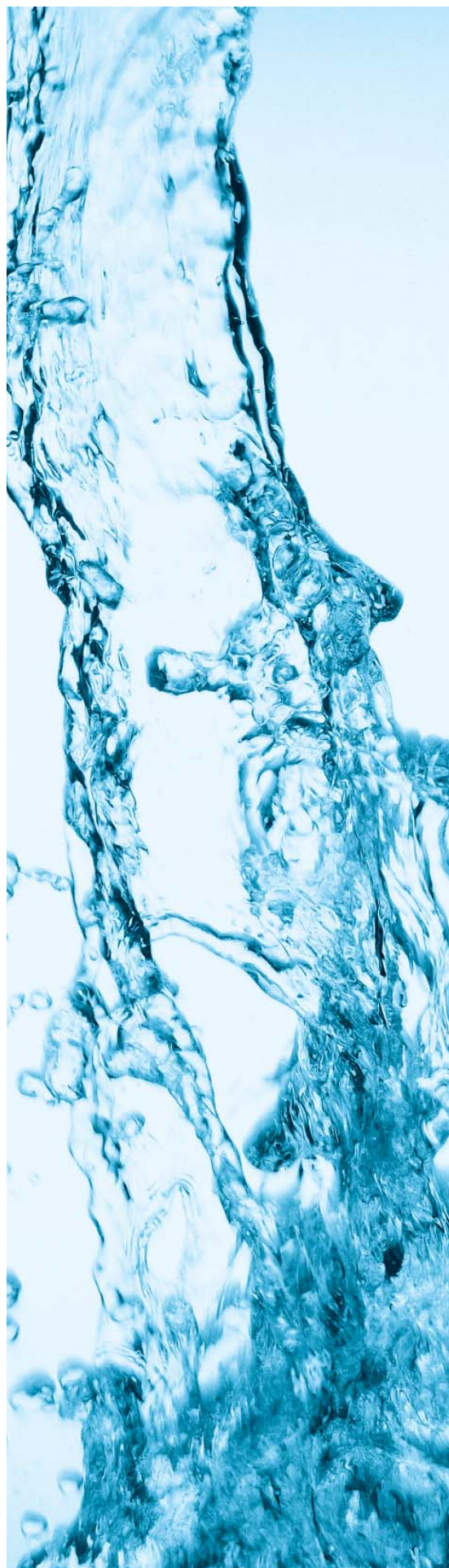
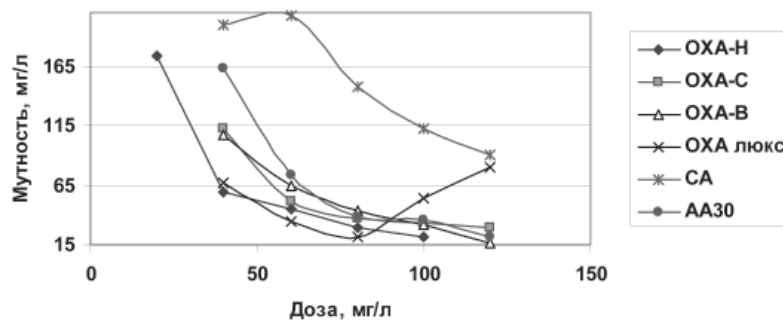


Рис. 5г. Зависимость дозы и качества отстоянной модельной воды с гуматом натрия от вида коагулянта.  $\Pi_{исх} = 123$  град.

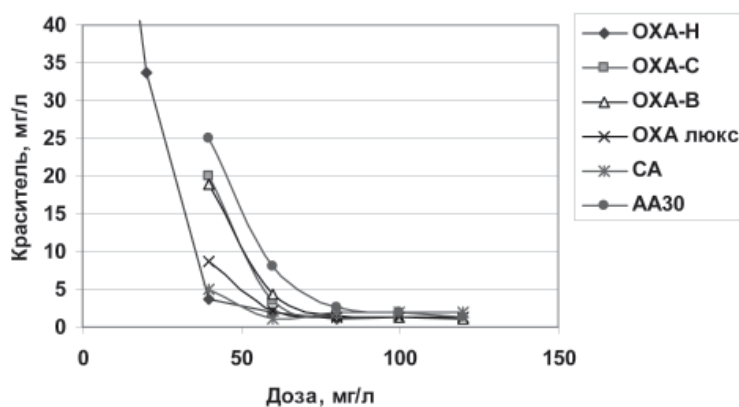




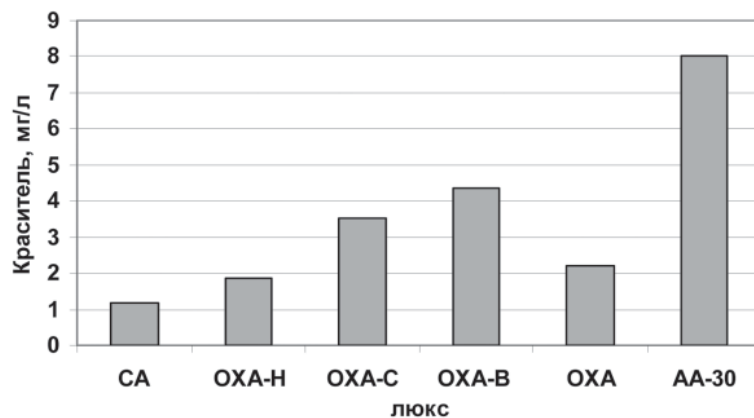
**Рис. 6.** Зависимость цветности скоагулированной и отстаиванной модельной воды с гуматом натрия от ее исходной щелочности. Ц = 150 град, М = 14,7мг/л. Доза реагента=10 мг/л.



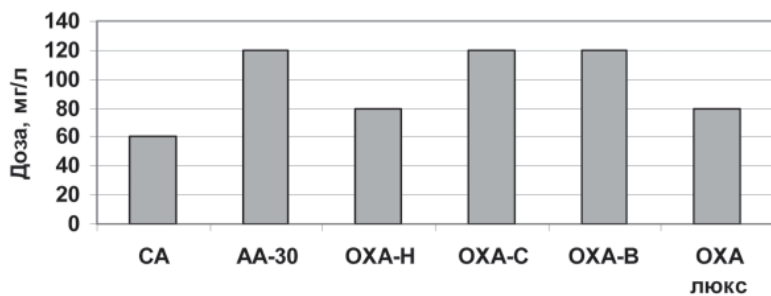
**Рис. 7.** Зависимость мутности отстаиванной модельной красильной воды от дозы коагулянта.  $C_{исх} = 100\text{мг/л}$ .  $T_{отст} = 10$  мин.



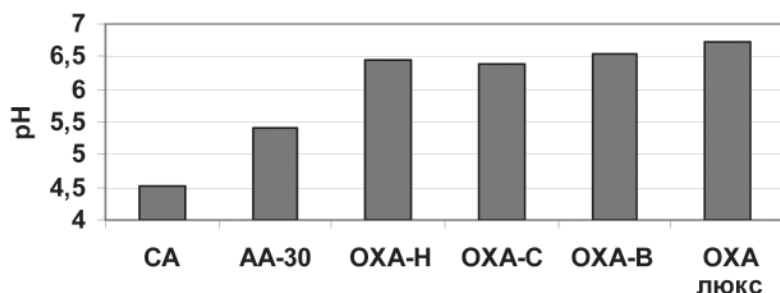
**Рис. 8.** Зависимость содержания красителя кислотного зеленого от дозы коагулянта в отстаиванной и фильтрованной воде.  $C_{исх} = 100\text{мг/л}$ .  $T_{отст} = 10$  мин.



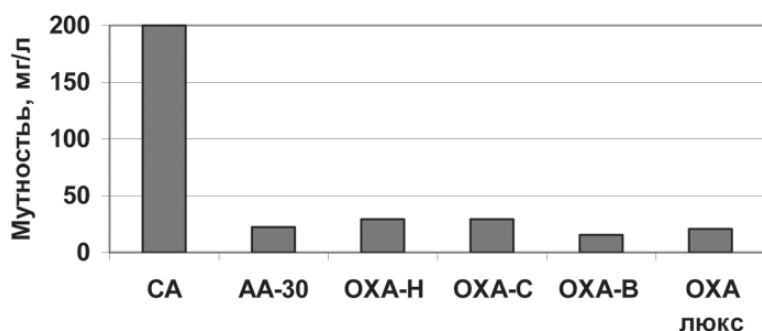
**Рис. 9.** Содержание красителя в отстаиванной и фильтрованной воде при дозе коагулянта 60 мг/л.



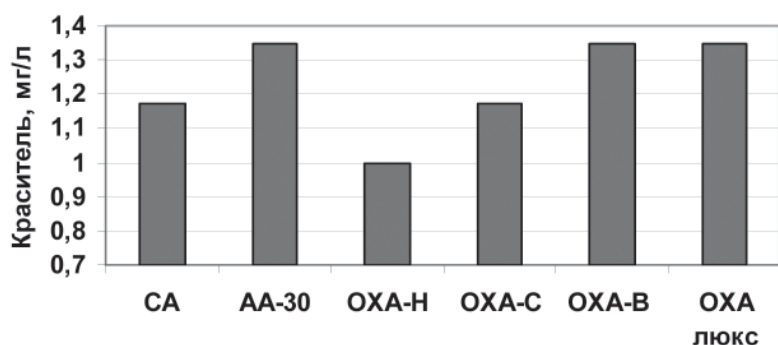
**Рис. 10а.** Зависимость оптимальной дозы при очистке красильного стока ( $C_{исх} = 100$  мг/л) от вида коагулянта.



**Рис. 10б.** Величина рН очищенной воды при оптимальной дозе коагулянтов.



**Рис. 10в.** Мутность очищенной воды при оптимальной дозе коагулянтов.



**Рис. 10г.** Содержание красителя в очищенной фильтрованной воде при оптимальной дозе коагулянтов.

Как следует из полученных данных, снижение содержания красителя в воде со 100 до 1,2-1,5 мг/л наблюдается при дозах коагулянтов в пределах 60-120 мг/л. Самые низкие дозы реагента (60-80 мг/л) требуются при использовании ОХА-Н, СА и ОХА «Люкс». Удельный расход коагулянтов составляет 0,6-0,8 мг/мг красителя, что соизмеримо с расходами для удаления гумата натрия. При этом не прослеживается зависимость дозы коагулянта, содержания красителя и мутности очищенной воды от основности коагулянта. Только величина рН очищенной воды растет с увеличением основности коагулянтов. Максимальное удаление красителя из воды достигается при использовании ОХА-Н, мутности – при применении ОХА-В.

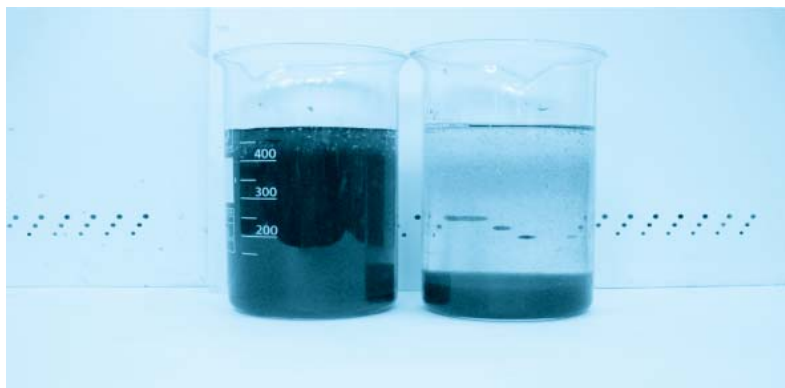
Близкая эффективность исследованных коагулянтов (98,6-99 %) для извлечения красителя из модельной воды (рис. 10 г) может быть результатом его химического взаимодействия с ионами алюминия, на которое мало влияет основность и анионный состав коагулянта. Однако размер образующихся хлопьев зависит от анионного состава коагулянта, что отражается на эффективности снижения мутности в процессе отстаивания скоагулированной воды. При использовании СА удаление скоагулированного красителя отстаиванием мало эффективно, т.к. образуются очень мелкие хлопья (рис. 10 в). Большой эффективностью обладают оксихлориды алюминия, способные в процессе гидролиза образовывать полимерные гидроксокомплексы и, следовательно, более крупные хлопья, хорошо удаляемые отстаиванием.

Титановый коагулянт требуется в значительно более высоких дозах, чем алюминий содержащие коагулянты, для удаления красителя из воды, также как и при очистке воды от гумата натрия. Оптимальная доза титанового коагулянта составляет 300 мг/л, при которой концентрация красителя в очищаемой воде снижается со 100 до 2 мг/л. Увеличение концентрации красителя в исходной воде в 5,7 раза сопровождается пропорциональным увеличением дозы коагулянта (рис. 11).

## Заключение

При очистке воды от анионных органических веществ дозы коагулянтов зависят от их концентрации в большей степени, чем от природы загрязнений. Мутность отстаиванной очищенной воды меньше при использовании оксихлоридов,





**Рис. 11.** Внешний вид воды, содержащий зеленый краситель (570 мг/л), до и после коагуляции ОХА-Н при pH 5,4. Доза 400 мг/л.

чем сульфата алюминия. С увеличением основности оксихлоридов алюминия не происходит пропорционального изменения цветности гуматсодержащей воды или содержания кислотного красителя в очищенной воде. Наибольшей эффективностью для удаления гумата натрия из воды обладают среднеосновный Аква-Аурат 30 и высокоосновный ОХА-Н, а для удаления красителя – ОХА-Н. Титановый коагулянт требуется в более высоких дозах, чем алюминий содер-

жащие коагулянты при очистке цветных вод, содержащих гумат натрия или кислотный зеленый краситель.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ для молодых ученых – докторов наук (МД-563.2010.8).*

#### **Литература**

1. Гандурина Л.В. Сравнение эффективности алюмосодержащих коагулянтов для очистки воды от взвешенных и растворенных загрязнений. Ч.1. Коагуляционная очистка мутных малоцветных вод / Л.В. Гандурина, Т.А. Бudyкина // Вода: химия и экология. 2011. № 1. С. 39-43.
2. Гетманцев С.В. Очистка производственных сточных вод коагулянтами и флокулянтами / С.В. Гетманцев, И.А. Нечаев, Л.В. Гандурина. М.: АСВ, 2008. 272 с.
3. ГОСТ Р 51642-2000. Коагулянты для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Общие требования и метод определения эффективности. М.; Госстандарт России, 2000. 11 с.



L.V.Gandurina, T.A. Budykina, V.V. Frantova

## ALUMINUM-CONTAINING COAGULANTS FOR SUSPENDED AND DISSOLVED CONTAMINANT REMOVING FROM WATER. Part 2. REMOVING OF ANIONIC ORGANIC IMPURITIES.

Application of aluminum-containing coagulants for sodium humate and acid green dye removing from water has been investigated.

There is no correlation between aluminum oxychloride basicity its dose and the efficiency of water purification.

**Key words:** water treatment, coagulants, sodium humate, acid dye