

ЕҢБЕК ҚЫЗЫЛ ТУ ОРДЕНДІ  
«Ә. Б. БЕКТҰРОВ АТЫНДАҒЫ  
ХИМИЯ ҒЫЛЫМДАРЫ ИНСТИТУТЫ»  
АКЦИОНЕРЛІК ҚОҒАМЫ

# ҚАЗАҚСТАННЫҢ ХИМИЯ ЖУРНАЛЫ

---

---

## ХИМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА

---

---

## CHEMICAL JOURNAL of KAZAKHSTAN

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
«ИНСТИТУТ ХИМИЧЕСКИХ НАУК  
им. А. Б. БЕКТУРОВА»

**2 (70)**

АПРЕЛЬ – ИЮНЬ 2020 г.  
ИЗДАЕТСЯ С ОКТЯБРЯ 2003 ГОДА  
ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

АЛМАТЫ  
2020

УДК 541.64:678.745(088.8)

*К. А. КАДИРБЕКОВ<sup>1,3</sup>, А. Д. АЛТЫНБЕК<sup>2</sup>, А. К. КАДИРБЕКОВ<sup>3</sup>,  
А. Ж. ПРНАЗАРОВА<sup>3</sup>, А. Ж. АБИЮРОВ<sup>3</sup>, А. А. РЫСПАЕВА<sup>3</sup>,  
К. Т. ТИЛЕУХАНОВА<sup>4</sup>, Р. Н. АЖИГУЛОВА<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова», Алматы, Республика Казахстан

<sup>2</sup>ТОО «Семизбай –У»;

<sup>3</sup>ТОО «Казатомпром-Сорбент»;

<sup>4</sup>Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан

## **ОЧИСТКА КИСЛОТНОГО ОБОРОТНОГО РАСТВОРА УРАНОВОГО РУДНИКА ОТ ОТРАВЛЯЮЩИХ ИОНИТ ПРИМЕСЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЛОКУЛЯНТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИАКРИЛАМИДА**

**Аннотация.** Изучен процесс очистки оборотного раствора от различных типов загрязняющих веществ с применением катионных, анионных и нейтральных полиакриламидных флокулянтов, коллоидно-химические закономерности взаимодействия компонентов дисперсной фазы с растворами флокулянтов. Показано, что флокулянты анионного типа образуют с взвешенными и коллоидными частицами оборотного раствора флокулы со средним размером частиц 200-1800 мкм с максимумом при 600 мкм, вне зависимости от марки флокулянта. Показано, что наибольшее снижение концентрации кремния (35%) и алюминия (34%) наблюдается при добавлении флокулянтов анионного типа.

**Ключевые слова:** оборотный раствор, дисперсные вещества, кремний, флокулянт, полиакрилоамид, очистка.

**Введение.** В процессе переработки продуктивных растворов на уранодобывающем предприятии ежедневно образуются слабокислотные оборотные растворы в больших объемах, которые после отстаивания в емкости-отстойнике и очистки на фильтрах поступают обратно в емкость продуктивных растворов. Однако, несмотря на наличие узла механической очистки, не удается достичь необходимой степени осветления и очистки, которые удовлетворили бы требованиям, предъявляемым к составу оборотных растворов. Как известно, применяемые типичные механические методы очистки позволяют обычно выделять частицы крупнее 200 мкм. В оборотных растворах остаются трудно осаждаемые мелкодисперсные частицы, а также коллоидные частицы, которые накапливаются в ходе многократной циркуляции в технологическом цикле перерабатывающего комплекса предприятия, в том числе в объеме ионообменных смол при извлечении урана [1,2]. В связи с чем, одним из путей борьбы с загрязнителями повторного действия ионообменных смол является очистка оборотных растворов производства с использованием флокулянтов. Следует отметить, что флокулянты являются водорастворимыми высокомолекулярными соединениями, которые при введении в дисперсные системы адсорбируются или химически связываются с поверх-

ностью частиц дисперсной фазы и объединяют частицы в агломераты (флокулы), способствуя их быстрому осаждению [3,4].

Литературные источники показали, что эффективными флокулянтами процесса осветления и очистки промышленных дисперсных систем от мелких, твердых, трудноосаждаемых дисперсных фаз могут быть полиакриламидные флокулянты [3-5]. При этом флокулирующая способность полиакриламидных флокулянтов зависит как от характеристик дисперсной системы (концентрация дисперсной фазы, состав дисперсионной среды, рН и др.), так и от характеристик флокулянта (химический состав, концентрация, молекулярная масса, и др.) [5-7]. Исходя из вышеизложенного, определение флокулирующей активности полиакриламидных флокулянтов в кислых дисперсных системах с непостоянным составом, в качестве которых были использованы слабокислотные оборотные растворы уранового производства, представляет теоретически и практически интерес.

В работе изучена эффективность катионных, анионных и нейтральных полиакриламидных флокулянтов с условными названиями, ФК10с, ФА30п, ФА40м и ФН20к. При этом оценка влияния отдельных характеристик системы флокулянт-дисперсия на флокуляцию проводилась при сохранении неизменными других характеристик. За меру флокулирующего эффекта принимали изменение гранулометрического состава взвешенных частиц и степени удаления отравляющих смолу элементов, которые имеют концентрацию выше 10 мг/л. Исходный оборотный раствор является сернокислотным, имеет значение рН = 1.9.

*Приборы и методы анализа.* Эксперименты по изучению процесса флокуляции оборотного раствора флокулянтам осуществлены статистическим способом, когда фиксированный объем оборотного раствора (250 мл) обрабатывался с рассчитанным под данный его объем количеством заранее приготовленного раствора флокулянта путем перемешивания на магнитной мешалке в течение 2 мин при 1000 об/мин. Растворы флокулянтов готовились на дистиллированной воде, путем растворения в мерной колбе 0,1 г. флокулянта, предварительно взвешенного на аналитических весах.

Эффективность процесса обработки оборотного раствора флокулянтам оценена качественным и количественным составами образующихся в емкости и удерживаемых в фильтре взвешенных веществ путем определения их элементного, минералогического и гранулометрического составов.

Исходные и обработанные флокулянтам пробы оборотных растворов анализированы на содержание в нем механических взвесей на приборе QICPIC Luxell, - анализаторе размеров и формы частиц, который позволяет измерять частицы в диапазоне от 1 мкм до 30 мм с применением метода анализа изображений.

Данные о содержании металлов в пробах оборотного раствора определены с использованием оптико-эмиссионного спектрометра Optima 8000DV с индуктивно-связанной плазмой (PerkinElmer)

Рентгенофазовый анализ производился на аппарате D8 Advance (Bruker),  $\alpha$ -Cu, напряжение на трубке 40/40. Обработка полученных данных дифрактограмм и расчет межплоскостных расстояний проводились с помощью программного обеспечения EVA. Расшифровка проб и поиск фаз проводились по программе Search/matchc использованием Базы данных карточек ASTM. Ошибка полуколичественного анализа составляет  $\pm 20\%$ . Анализ растворов проводился после предварительного выпаривания при 105-110°C.

Исследование оборотных растворов на содержание в нем анионов (сульфатов, нитратов, хлора, фосфатов) проведено на спектрофотометре HACH-DR 3900 (HACH-LANGE) по стандартным методикам в реестре прибора.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оптимальный расход флокулянта на единицу массы взвешенного вещества существенно зависит от его дисперсного состава и концентрации [2-4]. Исходя из этого, проба исходного оборотного раствора была исследована с помощью анализатора размеров и форм частиц путем определения гранулометрического состава механических взвесей.

На рисунке 1 представлен график по результатам гранулометрического анализа взвешенных частиц пробы исходного оборотного раствора.

Из графика следует, что 91,26% взвешенных частиц пробы исходного оборотного раствора имеют размер менее 300  $\mu\text{m}$ . В данной области распределение твердых частиц по размерам проходит через максимум. Это значит, что среди частиц с размером выше 0  $\mu\text{m}$  и ниже 300  $\mu\text{m}$ , максимальное количество частиц имеют размер 60  $\mu\text{m}$ .

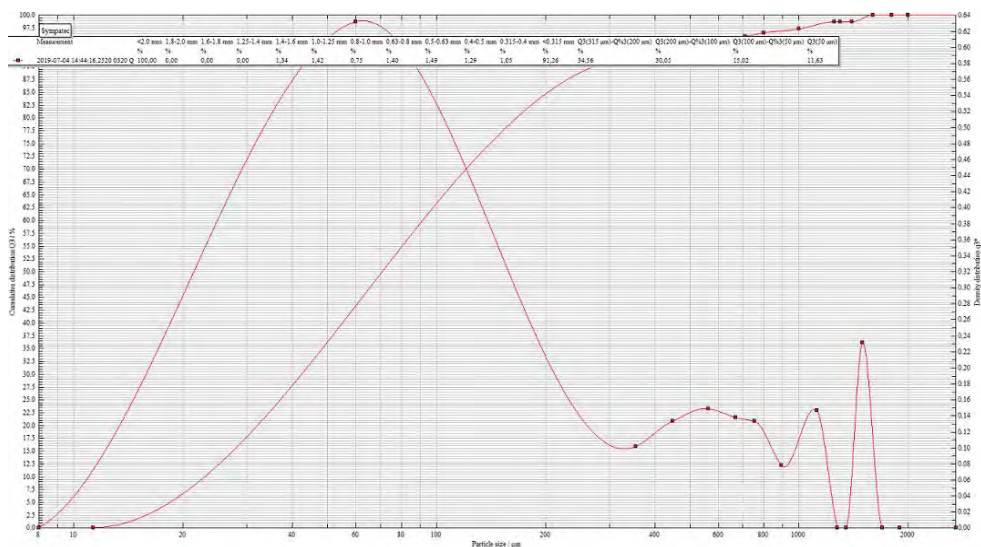


Рисунок 1 – Результаты анализа исходного оборотного раствора на анализаторе частиц QicPic: распределение взвешенных частиц в пробе

Из данных РФА следует, что основными компонентами оборотного раствора являются различные соединения кремния. Основную фазу в большом количестве составляет кварц ( $\text{SiO}_2$ ), его содержание в осадке составляет 75,5% , а также полевой шпат  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$  -11,3% и альбит  $(\text{Na,Ca})(\text{Si,Al})_4\text{O}_8$  - 6.4%. Встречается гидрато-сульфат уранила  $\text{UO}_2\text{SO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  и гидрат оксида урана  $\text{UO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Их наличия в осадке объясняется присутствием в нем осколков ионообменных смол. Эти данные согласуются с данными элементного и рентгенофлуоресцентного анализов данной пробы.

В высушенном до сухого состояния осадке содержания элементов, приоритетных при удалении, не достигают даже величину 5%, например, количество кремния, алюминия и железа в сухом осадке составляет 2,8, 1,9 и 4,9% соответственно. Это значит, что около 65% кремния, более 70% алюминия и 90% железа в составе загрязняющих взвешенных частиц оборотного раствора не удерживаются при его фильтрации на существующем фильтре и удаляются окончательно из технологических растворов предприятий.

На рисунке 2 приведены результаты исследования влияния концентрации анионного флокулянта ФАЗ0п на оборотные растворы. Из рисунка следует, что с увеличением дозы флокулянта снижаются концентрации кремния и других элементов. Лучше всех элементов флокулируется железо, 77,5% при концентрации флокулянта 10 мг/л. Флокуляция кремния, алюминия, кальция, магния и металла (урана) достигают максимального значения при концентрации флокулянта 10 мг/л, степень их удаления (флокуляции) составляет около 40%.

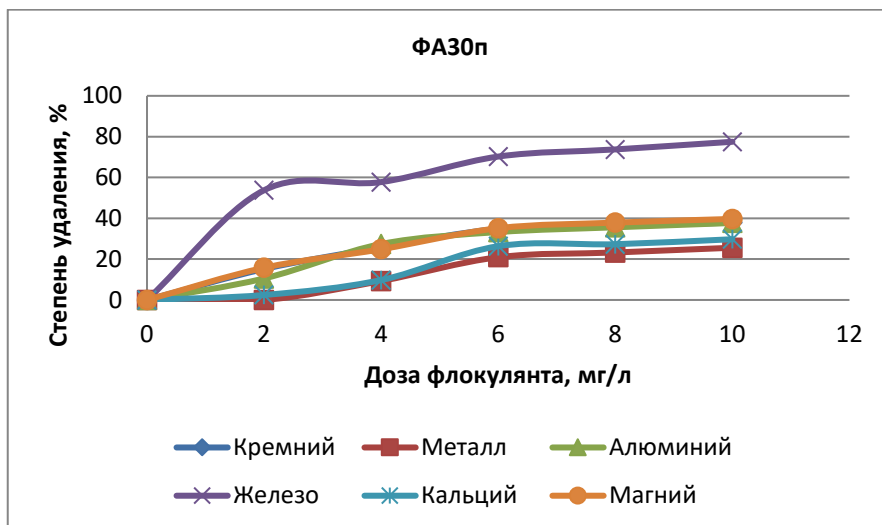


Рисунок 2 – Исследование влияния анионного флокулянта ФАЗ0п на оборотные растворы

В тоже время, оборотный раствор сложная дисперсная система, которая содержатся множества дисперсных фаз. В связи с чем, а также учетом того, что возможную основу взвешенных частиц составляют алюмосиликаты и коллоиды железа, оптимальной дозой принято содержание флокулянта в количестве - 6 мг/л (35% по кремнию, 34% по алюминию и 70% по железу).

Исследование влияния другого анионного флокулянта ФА40м на оборотные растворы представлено на рисунке 3. По результатам исследований ожидаемо с увеличением дозы флокулянта снижаются концентрации кремния и металлов. Лучшее флокулируется железо, 52% при 6 мг/л. Флокуляция кремния, алюминия, кальция и магния достигают максимального значения при добавлении флокулянта в количестве 10 мг/л, при этом степень их удаления (флокуляции) не превышает 30%.

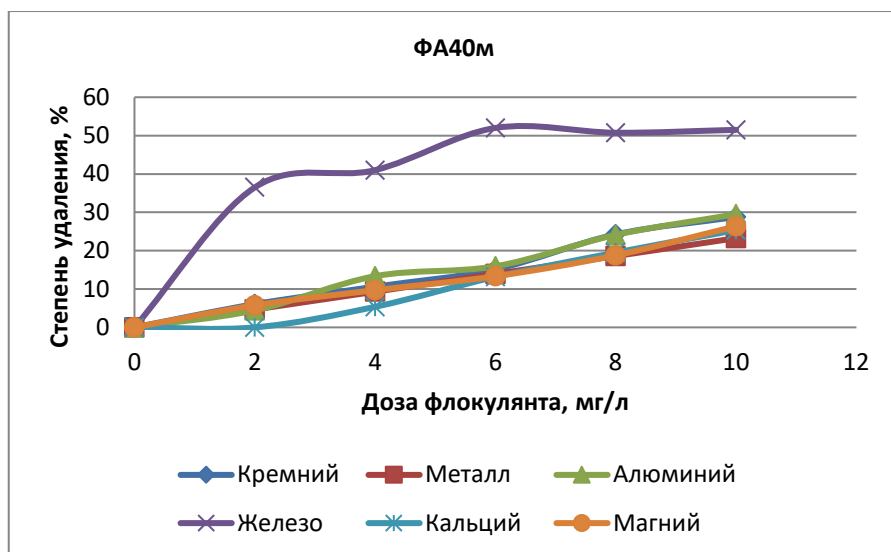


Рисунок 3- Исследование влияния анионного флокулянта ФА40м на оборотные растворы

Результаты исследования влияния концентрации катионного флокулянта ФК10с на оборотные растворы представлены на рисунке 4. По результатам исследований с увеличением дозы флокулянта снижаются концентрации кремния и металлов. Флокуляции всех измеряемых элементов проходят сходственно и достигают максимального значения при 10 мг/л, степень удаления (флокуляции) не превышает 35%. Следует отметить, что исследование катионных флокулянтов не дали результат, так как не было образовано видимых флокул.

Результаты исследования влияния дозы неионогенного флокулянта ФН20к на оборотные растворы представлены на рисунке 5. Анализ результатов исследований показал, что с увеличением дозы флокулянта снижаются

концентрации кремния и металлов. Флокуляция всех измеряемых элементов достигает максимального значения при 10 мг/л, степень удаления (флокуляции) варьируется в зависимости от элемента. Исследование нейтральных флокулянтов дало незначительное образование мелких флокул и незначительное снижение концентраций металлов до 5 % при высокой (8 мг/л) дозе флокулянта.

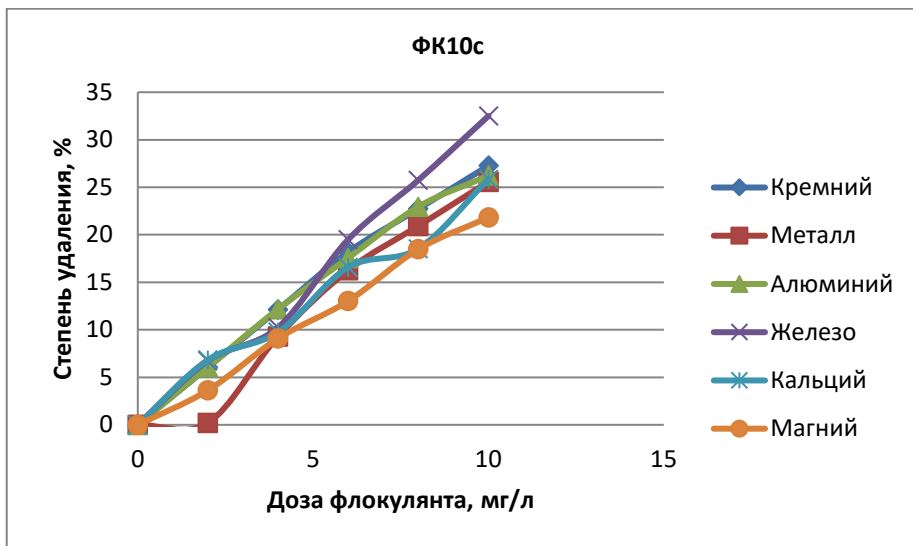


Рисунок 4 – Исследование влияния катионного флокулянта ФК10с на оборотные растворы

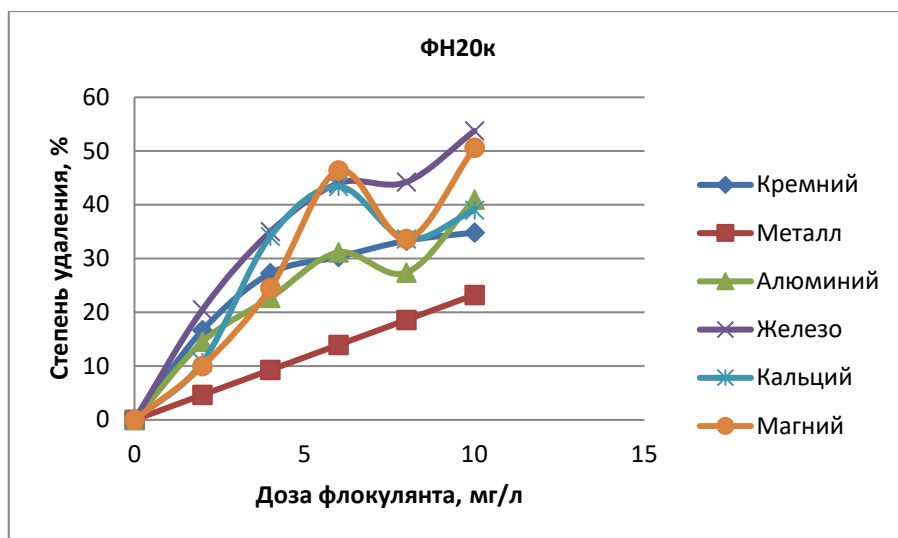


Рисунок 5 – Исследование влияния неионогенного флокулянта ФН10н на оборотные растворы

Оборотные растворы, которые подвергнуты к воздействию флокулянтов различной концентрации, были исследованы для определения гранулометрического состава образованных флокул.

Анализ характера кривых распределения частиц в объеме оборотных растворов из рисунка показывает, что, несмотря на внешнее сходство действия природы и концентрации флокулянта на размеры и количества образующихся частиц, при добавлении анионного флокулянта ФА30п наблюдается ряд изменений.

Во-первых, при добавлении флокулянта ФА30п во всех изученных его количествах, в кривых распределения появляются только один максимум, в них не обнаружены явных площадок, характерных для частиц определенных размеров, преобладающих во всем объеме раствора (за исключением случая с количеством флокулянта 2 мг/л в области размера частиц 600-1800 мкм).

Во-вторых, наблюдается значительное увеличение количества частиц размером 200 мкм при концентрации флокулянта ФА30п 2 мг/л по сравнению с результатами предыдущих экспериментов, которые почти линейно уменьшаются до минимума с увеличением концентрации флокулянта в оборотном растворе.

В-третьих, с увеличением количества флокулянта ФА30п, максимум в кривой при размере частиц 200 мкм, наблюдаемый при добавлении в раствор 2 мг/л флокулянта, сначала заметно уменьшается (при 4 мг/л флокулянта), потом пропорционально к количеству флокулянта (6 и 8 мг/л) смещается в области более крупных флокул, при которых максимальные размеры частиц составляют примерно 500 и 600 мкм соответственно. Дальнейшее увеличение количества добавляемого флокулянта ФА30п до 10 мг/л не приведет к существенному изменению достигнутых результатов. В тоже время, следует отметить, что с увеличением количества флокулянта ФА30п в оборотном растворе отмечен постепенный рост крупных частиц с размером 1300-1800 мкм.

По результатам анализа рисунка 8 видно, что при добавлении в оборотный раствор анионного флокулянта ФА40м наблюдается укрупнение частиц или образование флокул, при этом кривая зависимости их размеров и количества от концентрации флокулянта имеет экстремальный характер.

Так, при концентрации флокулянта ФА40м 2 мг/л в растворе обнаружены как мелкие, так крупные флокулы с размерами от 50 до 1800 мкм. Распределение этих флокул по размерам проходит через максимум при 200 мкм с дальнейшей ступенчатой стабилизацией в пределах от 400 до 800 мкм и в интервале 1300-1800 мкм. Это значит, что среди частиц с размером выше 50 мкм и ниже 400 мкм, максимальное количество частиц имеют размер 200 мкм, а во всем объеме оборотного раствора преимущественно содержатся флокулы с размером 400-800 мкм. Кроме того, в обработанном растворе встречается значительное количество флокул максимального размера (размером более 1300 мкм).

При добавлении флокулянта ФА40м в количестве 4 мг/л в кривой распределения появляются два максимума, при этом картина распределения частиц в объеме раствора меняется в сторону заметного уменьшения количества



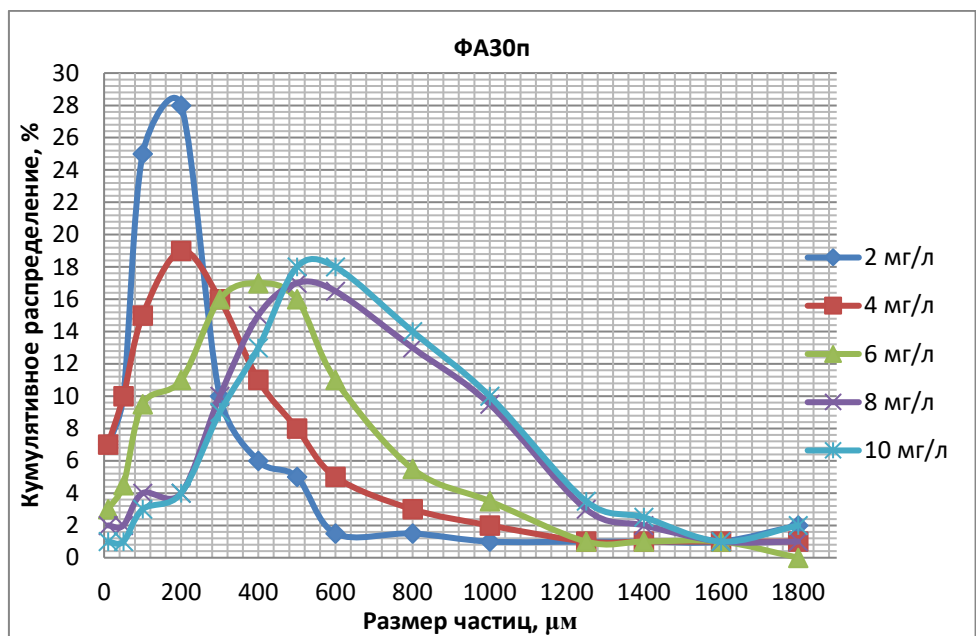


Рисунок 7 – Исследование влияния анионного флокулянта ФАЗ0п на размер образованных флуклов в оборотных растворах

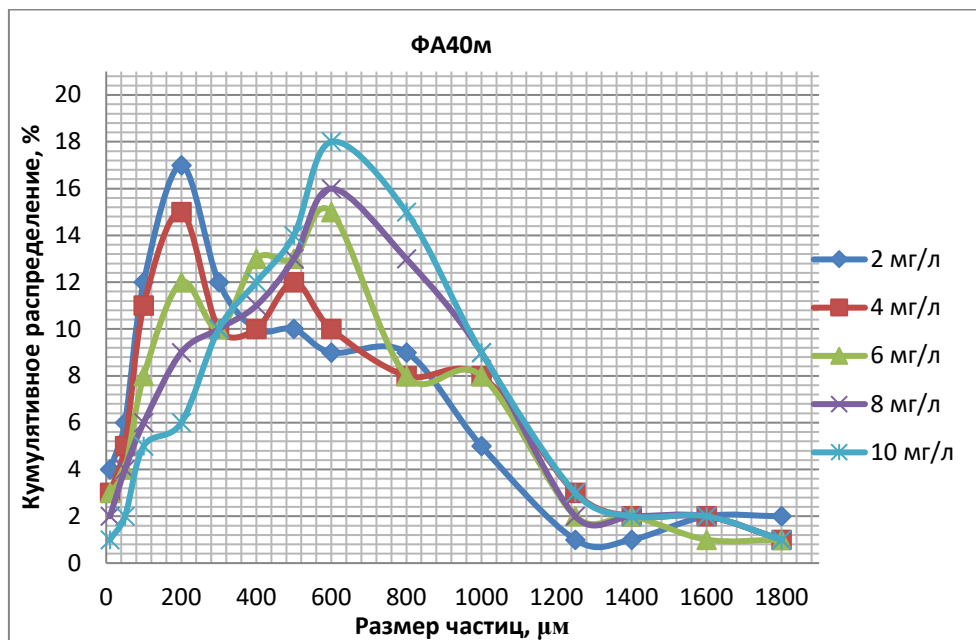


Рисунок 8 – Исследование влияния анионного флокулянта ФА40м на размер образованных флуклов в оборотных растворах

частиц размерами 200  $\mu\text{m}$  и значительного увеличения крупных флокул в интервале 400-800  $\mu\text{m}$  с максимальным количеством частиц 500 микрон. Количество флокул с размером 1300-1800  $\mu\text{m}$  растет незначительно.

При увеличении концентрации флокулянта ФА40м до 6мг/л наблюдается отчетливое качественное изменение действия флокулянта, которое отражается в смещении положения максимально встречающихся размеров флокул с области 200  $\mu\text{m}$  в область 600  $\mu\text{m}$ . Из характера кривой в рисунке следует, что, несмотря на наличие двух максимумов, в обработанном флокулянтом оборотном растворе преобладают частицы с размером 400-1000  $\mu\text{m}$ , при этом форма кривой распределения частиц в области крупных флокул (более 1300  $\mu\text{m}$ ) почти не изменяется.

В случае дальнейшего увеличения концентрации флокулянта ФА40м до 8 мг/л, кривая распределения частиц имеет также экстремальный вид с одним максимумом, но уже окончательным переходом в область преобладающих частиц размером 400-1000  $\mu\text{m}$  с максимумом при 600  $\mu\text{m}$ . Следует отметить, что концентрация крупных флокул с размером более 1300  $\mu\text{m}$  почти остается на уровне, который наблюдался в предыдущих экспериментах.

Описанный выше характер изменения кривой распределения частиц в оборотном растворе аналогично повторяется при повышении количества добавляемого флокулянта ФА40м до 10 мг/л, но с одним значительным отличием: концентрация крупных частиц увеличивается, при этом количество частиц с максимальным размером 600  $\mu\text{m}$  - самый высокий по сравнению с результатами остальных экспериментов.

Исходя из представленных данных, можно заключить, что в случае обработки оборотных растворов анионным флокулянтом ФА40м, во всех его концентрациях взвешенные частицы раствора размером менее 50  $\mu\text{m}$  флокулируются в крупные частицы, где примерно 2/3 часть всех обнаруженных дисперсных частиц имеют размер 400-1000  $\mu\text{m}$ , а примерно 1/4 часть являются более крупными флокулами (1300-1800  $\mu\text{m}$ ), при этом с увеличением концентрации флокулянта наблюдается значительный рост эффективности флокуляции.

Из рисунка 9 видно, что в отличие от действия анионного флокулянта ФА40м, при добавлении в оборотный раствор катионного флокулянта ФК10 с распределение флокул по размерам проходит со смещением областей преимущественно образуемых флокул в сторону более крупных частиц или сужением интервалов их размеров. Так, максимум при 200  $\mu\text{m}$  в области мелких частиц сдвигается в сторону выше 200  $\mu\text{m}$ , область преобладающих частиц с максимумом при 600  $\mu\text{m}$  уменьшается с 400-1000  $\mu\text{m}$  до пределов 600-800  $\mu\text{m}$ . Концентрация крупных флокул, в случае с ФК10с, составляет уже не 1300-1800  $\mu\text{m}$ , а 1400-1800  $\mu\text{m}$ .

Таким образом, в случае обработки оборотных растворов катионным флокулянтом ФК10с, взвешенные частицы раствора размером менее 50  $\mu\text{m}$  также флокулируются в крупные частицы, при этом концентрация крупных частиц и количество частиц с максимальным размером примерно 600  $\mu\text{m}$  почти сопоставимы с результатами эксперимента с флокулянтом ФА40м.

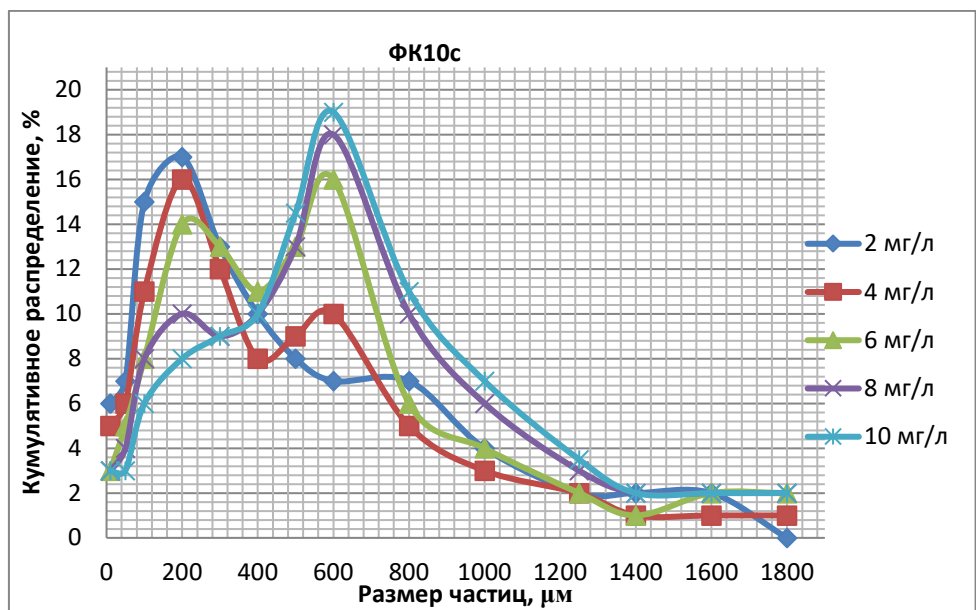


Рисунок 9 – Исследование влияния катионного флокулянта ФК10с на размер образованных флокулов в оборотных растворах

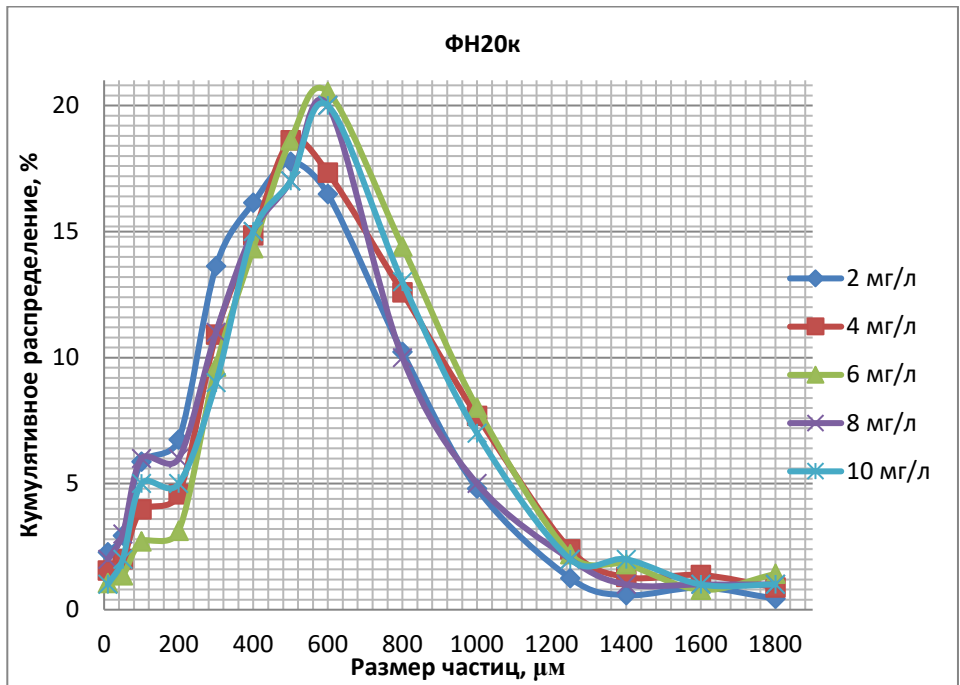


Рисунок 10 – Исследование влияния концентрации флокулянта ФН20к на размер образованных флокулов в оборотных растворах

В рисунке 10 представлены кривые распределения частиц в объеме оборотных растворов при добавлении неионогенного флокулянта ФН20к. Анализ данных рисунка показывает, что кривые распределения частиц отличаются наличием одного максимума при 600 мкм, при этом частицы размером в интервале 50–1800 мкм распределены во всем объеме обработанного флокулянта оборотного раствора почти равномерно. Об этом свидетельствует наблюдаемая зависимость размеров частиц от добавляемой дозы флокулянта.

Установлено, что по сравнению с анионными и катионным флокулянтами, размеры флокул, образуемые неионогенным флокулянтам ФН20к, не имеют сильной зависимости от дозы флокулянта. В связи с чем, преимущество флокулянта ФН20к от остальных будет проявлено при расходовании флокулянта и экономии финансовых средств.

**Заключение.** Изучение эффективности катионных, анионных и нейтральных полиакриламидных флокулянтов при очистке оборотного раствора от различных типов загрязняющих веществ выявили коллоидно-химические закономерности их взаимодействия компонентов дисперсной фазы оборотного раствора. Установлено, что флокулянты анионного типа образуют с взвешенными и коллоидными частицами оборотного раствора флокулы со средним размером частиц 200-1800 мкм с максимумом при 600 мкм, вне зависимости от марки флокулянта. Показано также, что катионные типы рассмотренных флокулянтов не образуют с загрязняющими компонентами видимых флокул, а нейтральные флокулянты образуют мелкие флокулы (100 мкм) и незначительно (примерно на 5 %) снижают концентрацию компонентов твердой фазы (причем, при высокой дозе флокулянта). Установлено, что с повышением дозы флокулянта (2, 4, 6, 8 и 10 мг/л) степень удаления загрязняющих компонентов дисперсной фазы увеличивается поразному в зависимости от вида элемента и природы рассмотренного флокулянта. Показано, что наибольшее снижение концентрации кремния (35%), алюминия (34%) и других металлов наблюдается при добавлении флокулянтов анионного типа, при этом выявлено, что они эффективны при их высоких концентрациях, тогда как флокулянты катионного типа действуют линейно.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кемельбаева А.С., Дуйсебаев Б.О., Сайкиева С.Х., Алыбаев Ж.А. Метод очистки урансодержащих растворов от кремниевой кислоты // Известия НАН РК. Серия Химическая. – 2010. – № 5. – С. 65-68.
- [2] Небера В.П. Флокуляция минеральных суспензий. – М.: Недра, 1983. – 288 с.
- [3] Вейцер Ю.И., Минц Д.М. Высокомолекулярные флокулянты в процессах очистки природных и сточных вод. – М.: Стройиздат, 1984. – 202 с.
- [4] Баран А.А. Полимерсодержащие дисперсные системы. – Киев: Наук. думка, 1986. – 204 с.
- [5] Полиакриламид / Под ред. В.Ф.Куренкова. – М.: Химия, 1997. – 192 с.

[6] Rulyov N.N., Korolyov B.Y., Kovalchuk N.M. Ultra-flocculation of quartz suspension: effects of shear rate, dispersity and solids concentration // Mineral Processing and Extractive Metallurgy. – 2009. – Vol. 118, No. 3. – P. 175-181.

[7] Rulyov N.N., Laskowski J.S., Concha F. The use of ultra-flocculation in optimization of the experimental flocculation procedures Physicochem // Probl. Miner. Proc. – 2011. – Vol. 46. – P. 5-16.

#### REFERENCES

[1] Kemel'bayeva A.S., Duysebayev B.O., Saykiyeva S.KH., Alybayev ZH.A. Metod ochistki uransoderzhashchikh rastvorov ot kremniyevoy kisloty // Izvestiya NAN RK. Seriya Khimicheskaya. 2010. No 5. P. 65-68.

[2] Nebera V.P. Flokulyatsiya mineral'nykh suspenziy. M.: Nedra, 1983. 288 p.

[3] Veytser Yu.I., Mints D.M. Vysokomolekulyarnyye flokulyanty v protsessakh ochistki prirodnykh i stochnykh vod. M.: Stroyizdat, 1984. 202 p.

[4] Baran A.A. Polimersoderzhashchiye dispersnyye sistemy. Kiyev: Nauk. dumka, 1986. 204 p.

[5] Poliakrilamid / Pod red. V.F.Kurenkova. M.: Khimiya, 1997. 192 p.

[6] Rulyov N.N., Korolyov B.Y., Kovalchuk N.M. Ultra-flocculation of quartz suspension: effects of shear rate, dispersity and solids concentration // Mineral Processing and Extractive Metallurgy. 2009. Vol. 118, No. 3. P. 175-181.

[7] Rulyov N.N., Laskowski J.S., Concha F. The use of ultra-flocculation in optimization of the experimental flocculation procedures Physicochem // Probl. Miner. Proc. 2011. Vol. 46. P. 5-16.

#### Түйін

*К. А. Кадирбеков, А. Д. Алтынбек, А. К. Кадирбеков, А. Ж. Прназарова,  
А. Ж. Абыров, А. А. Рыспаева, К. Т. Тилеуханова, Р. Н. Ажигулова*

#### УРАН РУДНИГІНІҢ ҚЫШҚЫЛДЫ ҚАЙТАРМА ЕРІТІНДІЛЕРІН ИОНИТТИ ЛАСТАУШЫ ҚОСПАЛАРДАН АКРИЛОАМИД НЕГІЗІНДЕГІ ФЛОКУЛЯНТТАРДЫ ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП ТАЗАРТУ

Катионды, анионды және бейтарап полиакриламидті флокулянттарды қолдана отырып, айналымды ерітінділерді әртүрлі ластаушы заттардан тазарту процесі, дисперсті фазаның компоненттерінің флокулянтты ерітінділермен әрекеттесуінің коллоидтық химиялық заңдылықтары зерттелді. Аниондық типтегі флокулянттар флокулянттың түріне қарамай бөлшектердің орташа мөлшері 200-1800 мкм, максимум 600 мкм болатын флокулялы ерітіндінің суспензияланған және коллоидты бөлшектерін құрайтындығы көрсетілді. Кремний (35%) және алюминий (34%) концентрациясының едәуір төмендеуі анионды флокулянттар қосылған кезде байқалды.

**Түйін сөздер:** қайтарма ерітінді, дисперстік заттар, кремний, флокулянт, полиакрилоамид, тазалау.

---

---

### Summary

*K. A. Kadirbekov, A. D. Altynbek, A. K. Kadirbekov, A. Zh. Prnazarova,  
A. Zh. Abyurov, A. A. Ryspaeva, K. T. Tileukhanova, R. N. Azhigulova*

#### PURIFICATION OF ACID REVERSE SOLUTION OF URANIUM MINING FROM POISONING IONITE IMPURITIES USING FLOCCULANTS BASED ON POLYACRYLAMIDE

The process of cleaning the circulating solution from various types of pollutants using cationic, anionic and neutral polyacrylamide flocculants, the colloid-chemical laws of the interaction of dispersed phase components with flocculant solutions were studied. It was shown that anionic type flocculants form suspended and colloidal particles of a circulating solution of flocs with an average particle size of 200-1800  $\mu\text{m}$  with a maximum at 600  $\mu\text{m}$ , regardless of the type of flocculant. It was shown that the largest decrease in the concentration of silicon (35%) and aluminum (34%) is observed with the addition of anionic flocculants.

**Keywords:** working solution, dispersed substances, silicon, flocculant, poliacrylamide, cleaning.