

*Оторбаев Т.А., Ногаева К.А.*

**«ДЖЕРУЙ» КЕН ЖАТАК ЖЕРИНИН КЕНИН ИШТЕТҮҮ  
ҮЧҮН ОПТИМАЛДЫК ФЛОКУЛЯНТТЫ ТАНДОО**

*Оторбаев Т.А., Ногаева К.А.*

**ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ФЛОКУЛЯНТА ДЛЯ  
ПЕРЕРАБОТКИ РУДЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ДЖЕРУЙ»**

*T. Otorbaev, K. Nogaeva*

**SELECTION OF OPTIMAL FLOCCULANT FOR PROCESSING  
ORE OF THE JERUI DEPOSIT**

УДК: 541.18.041.2

Изилдөө үчүн Джеруй кен жатак жеринин кенин эки үлгүсү (катардагы жана чополуу) изилденген. Флокулянттардын бир нече түрлөрү боюнча (Nalco (Россияда жасалган) -835 IQ; 837 IQ; 9601 PULV; 9901 жана Superfloc-A150 (Финляндияда жасалган)) стандарттык ыкмаларды колдонуп, тесттерди жүргүзүү жолу менен коагулянттуунун лабораториялык изилдөөлөрү изилденген. Изилдөөлөр эки этапта: катардагы жана чополуу кендин пульпасын тестирилөө, бирдей технологиялык шарттарда (тыгыздык режими, флокулянттын чыгымы, флокулянт эритменин концентрациясы, флокулянттын чыгымы, үлгүнүн салмагы, флокулянттын көлөмү) өткөрүлдү. Катардагы жана чополуу кендин минералогиялык курамынын натыйжалары боюнча, катардагы кенде чополуу минералдарынын анча көп эмес курамы, кварцтын жогору санда камтылышы жана чополуу кенде чополуу минералдардын (талаа шпаты, гидрослюдадар, каолинит) олуттуу камтылганы белгиленген. Тестирилөөнүн жыйынтыгы боюнча эң мыкты флокулянттар аныкталды: Superfloc A-150, Nalco 9901, 835IQ жана 837IQ. Изилденип жаткан флокулянттардын оптималдуу эффективдүүлүгү аныкталды, эң жаакшы натыйжалар Nalco 835IQ жана 837IQ флокулянттары колдонууда алынды, алардын эффективдүүлүгү башка реагенттерге салыштырмалуу 100% деп бааланды. Бул флокулянттар менен чөктүрүү процессинде ылай бөлүкчөлөрүнүн курамы жок тазараак (тунук) дренаж түзүлө тургандыгы аныкталган, ошондуктан аны фабриканын керектөөлөрү үчүн кайра колдонуу сунушталат.

**Негизги сөздөр:** кен, пульпа, коагултуу, флокулянт, чөктүрүү, тесттер.

Для изучения рассмотрены две пробы руды месторождения Джеруй (рядовая и глинистая). Лабораторные исследования сгущаемости изучены, проведением тестов по стандартным методикам на нескольких видах флокулянтов, Nalco (производство Россия) - 835 IQ; 837 IQ; 9601 PULV; 9901 и Superfloc-A150 (производство Финляндия). Эксперименты проведены в два этапа: тестированием пульпы рядовой руды и тестированием глинистой руды, при одинаковых технологических условиях (плотностной режим, расход флокулянта, концентрация раствора флокулянта, расход флокулянта, масса навески, количество флокулянта). По результатам минералогического состава рядовой и глинистой руд, установлено незначительное содержание глинистых минералов и высокое содержание кварца в пробе рядовой руды и значительное содержание глинистых минералов (полевые шпаты, гидрослюда, каолинит) в глинистой руде. По результатам тестов определены лучшие флокулянты: Superfloc A-150, Nalco 9901, 835IQ и 837IQ. Установлены оптимальные эффективности исследуемых флокулянтов, самые лучшие результаты получены при применении флокулянтов Nalco 835IQ и 837IQ, их эф-

фективность оценено как 100% по сравнению с остальными реагентами. Определено, что в процессе осаждения данными флокулянтами образуется более чистый (прозрачный) слив без содержания взвешенных шламистых частиц, поэтому рекомендовано его повторное использование для нужд фабрики.

**Ключевые слова:** руда, пульпа, сгущаемость, флокулянт, осаждение, тесты.

Two samples of ore from the Jeruoy deposit (ordinary and clayey) were examined for study. Laboratory studies of thickening were studied by conducting tests using standard methods on several types of flocculants, Nalco (made in Russia) -835 IQ; 837 IQ; 9601 PULV; 9901 and Superfloc-A150 (made in Finland). The experiments were carried out in two stages: testing raw ore pulp and testing clay ore, under the same technological conditions (density regime, flocculant consumption, concentration of flocculant solution, flocculant consumption, sample weight, amount of flocculant). Based on the results of the mineralogical composition of run-of-mine and clay ores, an insignificant content of clay minerals and a high content of quartz in the run-of-the-mill ore sample and a significant content of clay minerals (feldspars, hydromicas, kaolinite) in the clay ore were established. Based on the test results, the best flocculants were determined: Superfloc A-150, Nalco 9901, 835IQ and 837IQ. The optimal efficiencies of the flocculants under study were established; the best results were obtained when using Nalco 835IQ and 837IQ flocculants, their efficiency was assessed as 100% compared to other reagents. It has been determined that in the process of sedimentation with these flocculants a cleaner (transparent) drain is formed without the content of suspended sludge particles, therefore its reuse for the needs of the factory is recommended.

**Key words:** ore, pulp, thickening ability, flocculants, sedimentation, tests.

**Введение.** При переработке различного типа сырья возникают проблемы с процессами обезвоживания – сгущения и фильтрации продуктов обогащения. Указанные процессы являются лимитирующими для всей технологии обогащения, т.к. снижение показателей разделения фаз приводит к ограничению тоннажа переработки [1-2].

При введении ультратонкого измельчения руды и внедрении в переработку месторождений с высоким содержанием глинистых вмещающих пород возникают большие проблемы разделения фаз в процессе сгущения. Увеличение шламового содержания получаемых продуктов обогащения приводит к значительным потерям товарных продуктов со сливами стустителей и ухудшениям показателей процессов фильтрации-повышение влажности кеков и сниже-

нии производительности фильтров [3].

На процесс сгущения, протекающим под действием силы тяжести, влияют минералогический и гранулометрический состав материала, форма частиц, содержание твердого в исходной пульпе, плотность твердой и жидкой фаз, вязкость жидкости, температура пульпы, рН среды, наличие в пульпе реагентов и специально вводимых в нее добавок. Влияние крупности частиц, плотности твердой и жидкой фаз, вязкости жидкости можно проследить по закономерностям и по уравнениям скорости оседания частиц.

В связи с вышеизложенным, возникает необходимость проведения исследований в лабораторных условиях, тестированием новых марок флокулянтов для оптимизации параметров процесса разделения. Изучение специфических свойств полимерных реагентов класса флокулянты, позволяет более тщательно провести исследование по подбору эффективных марок флокулянтов [4-6].

**Цель исследований:** Определение наиболее эффективного флокулянта для руды месторождения Джеруй.

**Методика проведения исследований.** Объектом исследования являются две пробы руды месторождения Джеруй (рядовая и глинистая).

Изучение минерального состава руды выполнены с использованием оптического микроскопа Axio Imager A1m, укомплектованного автоматизирован-

ным анализатором «Минерал С7» и электронного сканирующего микроскопа EVO-MA 15. Рентгенофазовый анализ руды проведен на волновом рентгенофлуоресцентном спектрометре ARL PERFORM<sup>®</sup>X.

Приготовление пульпы, раствора флокулянтов проводили в соответствии со стандартными методиками [7-8]. Рабочая концентрация флокулянтов составляла 0,5 %, Сгущение исследуемой пульпы проводили в соответствии со стандартными методиками и процедурами [9-11].

Для лабораторных исследований сгущаемости были предоставлены несколько видов флокулянтов, разных производителей: 4 вида флокулянтов Nalco (производство Россия): 835 IQ; 837 IQ; 9601 PULV; 9901 и один вид Superfloc A-150 (производство Финляндия).

Исследования проводились в 2 этапа: на рядовой руде (5 тестов) и на глинистой (5 тестов). Для всех экспериментов создавались одинаковые условия при процессах сгущения пульпы (плотностной режим; расход флокулянта; концентрация раствора флокулянта, масса навески руды, количество флокулянта).

**Обсуждение результатов исследований.** С целью определения эффективности флокулянта для осаждения пульпы были исследованы 2 пробы (проба 1 – рядовая руда и проба 2 – глинистая руда) Минералогический состав представлен в таблице 1.

Таблица 1

Минералогический состав технологических проб руды месторождения «Джеруй»

Минералы	Содержание, %	
	Проба-1	Проба-2
Кварц	72,5	32,5
Полевой шпат	12	29,2
Карбонат	6,8	9
Биотит	4	3
Амфибол	1	1,4
Гидрослюды, каолинит	2	11,8
Пирит	0,15	0,2
Висмутин, тетрадимит,	0,03	0,02
Гидроокислы железа	1,2	2
Апатит	0,1	0,1
Сфен, рутил, ильменит	0,2	0,1
Халькопирит	ед	0,1
Арсенопирит	ед	ед
Блеклая руда	ед	
Малахит, азурит	ед	ед
Циркон, эпидот	ед	ед
Золото, г/т	12,4	3,4

Пробы (1) – это рядовые руды с высоким содержанием кварца и незначительным содержанием глинистых минералов. В пробах (2), содержатся минералы: полевые шпаты (29,2%), гидрослюды, каолинит (11,8%).

Данные одинаковых технологических условий проводимых тестов представлены в таблице 2.

Таблица 2

## Технологические условия проведения лабораторных тестов по сгущаемости

Наименование	ед. изм.	Поли акриламид	Superfloc A-150	Nalco
Плотность пульпы	%	15	15	15
Масса навески	гр	82,8	82,8	82,8
Концентрация флокулянта	%	0,5	0,5	0,5
Расход флокулянта	г/т	20	20	20
Количество флокулянта	мл	0,33	0,33	0,33

**Первый этап: тесты с рядовой рудой.** На первом этапе были проведены 5 тестов с рядовой рудой целью определения эффективного флокулянта при плотности пульпы 15% твердого.

Результаты тестов по сгущению пульпы рядовой руды представлены в таблице 3 и на рисунке 1.

Таблица 3

## Результаты осаждения пульпы рядовой руды

Осветленный слой	Время осаждения, сек					
	Поли акриламид	Superfloc	Nalco			
		A-150	9601 PULV	9901	835 IQ	837 IQ
450	80	6	8	5	4	4
400	115	8	16	7	10	7
350	196	10	25	10	12	10
300	255	13	37	13	16	13
250	300	21	55	20	23	18
200	445	84	144	75	50	40
150	960	663	600	570	241	195

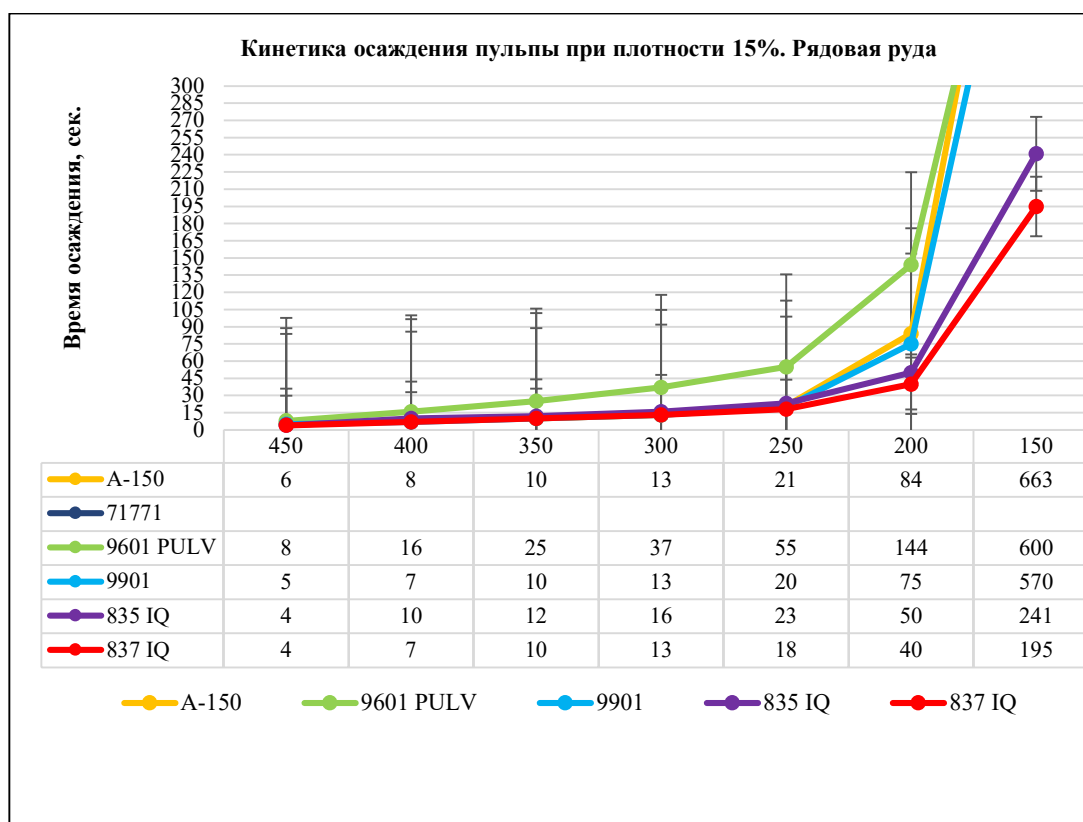


Рис. 1. Кинетика осаждения пульпы рядовой руды.

Как видно (рис. 1) при сгущении рядовой руды самые хорошие результаты были получены при осаждении следующими флокулянтами: Superfloc A-150, Nalco 9901, 835IQ и 837IQ, также для более представительности изучения и для сравнения, включили результаты применяемого на фабрике флокулянта Nalco 9601 PULV.

Superfloc A-150 – из 100% оптимальная эффективность составило 71%. Однако, в конце опыта у данного флокулянта скорость осаждения замедляется. До определенного уровня (до 250 мл от 0) осаждение протекает очень эффективно в течение 21 сек. Nalco 9901 – эффективность данного флокулянта выше – 85,2%. Nalco 835IQ и 837IQ – самые лучшие результаты получены при применении данных флокулянтов. Эффективность оценили 100% по сравнению с остальными реагентами. Nalco 9601 PULV – результаты опытов данного флокулянта (используемого) показывают, что процесс осаждения протекает медленнее по сравнению с вышеуказанными флокулянтами и эффективность составило 60%.

В процессе осаждения данными флокулянтами

во всех испытаниях образуется относительно чистый (прозрачный) слив без содержания взвешенных шламистых частиц, однако наблюдается разница во времени осаждения.

При применении указанных новых флокулянтов, осаждение происходит до максимальной плотности при наименьшем времени осаждения по сравнению с результатами опытов используемого на фабрике флокулянта (Nalco 9601 PULV).

В связи с вышеизложенным для подтверждения полученных результатов исследований необходимо провести промышленные испытания с флокулянтами Nalco 835 и 837 IQ (результаты в обоих проведенных тестах практически идентичны).

#### **Второй этап: тесты с глинистой рудой**

На втором этапе исследования также были проведены 5 тестов.

При проведении испытаний с глинистой рудой все технологические условия (табл. 2) соблюдались кроме плотности пульпы. В этом эксперименте плотность пульпы составило 10%. Результаты опытов представлены в таблице 4 и на рисинке 2.

Таблица 4

Результаты осаждения пульпы глинистой руд

Осветленный слой	Время осаждения, сек					
	Поли акриламид	Nalco				
		Superfloc A-150	9601 PULV	9901	835 IQ	837 IQ
450	68	8	23	7	9	5
400	121	11	55	14	20	7
350	181	18	87	20	33	9
300	262	23	125	26	46	12
250	363	55	180	45	61	17
200	485	223	360	121	147	43
150	1241	1200	961	545	480	266

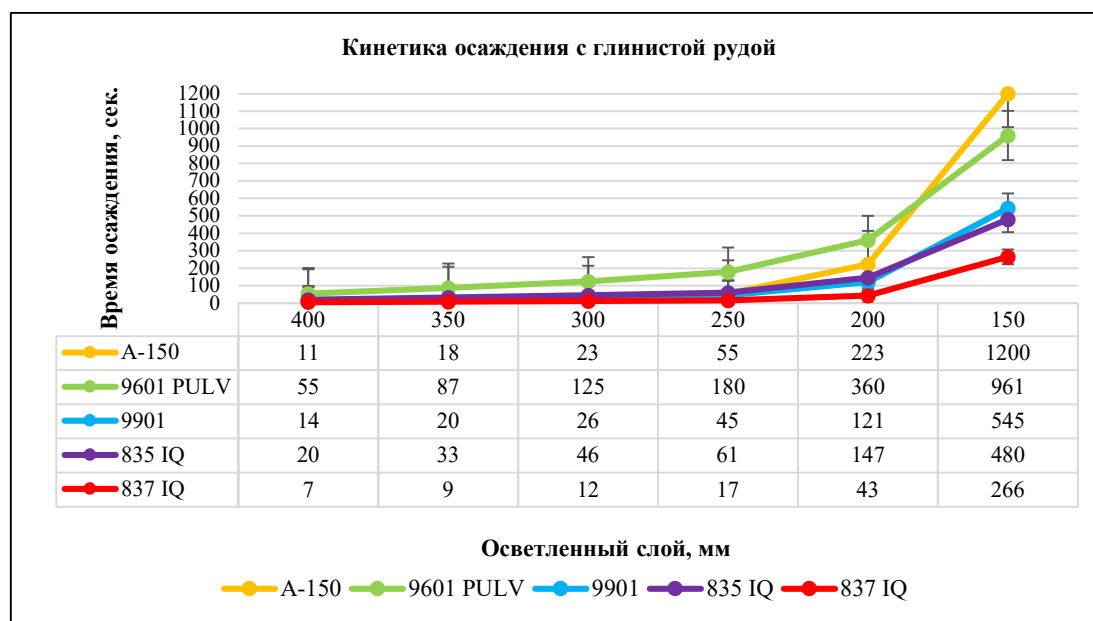


Рис. 2. Кинетика осаждения пульпы глинистой руды.

На данном графике наглядно представлена разница эффективности осаждения при одинаковых равных условиях. Осаждение при сниженной плотности положительно влияет на эффективность процесса сгущения.

Результаты второго этапа исследований (глинистой рудой) аналогичны результатам первого этапа. При добавлении флокулянта согласно проектной удельной норме (20 г/т) и при концентрации 0,5%, хорошие результаты были получены с теми же флокулянтами, что и на первом этапе.

Высокая эффективность осаждения твердых частиц происходит при применении флокулянта Nalco 837 IQ. В данном тесте, осаждение тонко-шламистых взвешенных частиц происходит быстрее за счет чего получается более светлый (чистый) слив. Скорость осаждения высокая и в отличие от остальных флокулянтов, процесс протекает стабильно.

**Выводы.** Хорошие результаты были получены при осаждении следующими флокулянтами: Superfloc A-150, Nalco 9901, 835IQ и 837IQ.

Оптимальная эффективность Superfloc A-150 составил 71%; Nalco 9901 – эффективность данного флокулянта выше - 85,2%. Nalco 835IQ и 837IQ – самые лучшие результаты получены при применении данных флокулянтов. Эффективность оценили 100% по сравнению с остальными реагентами. Эффективность используемого Nalco-9601PULV составил 60%.

В процессе осаждения с данными флокулянтами образуется более чистый (прозрачный) слив без содержания взвешенных шламистых частиц, однако наблюдается разница во времени осаждения.

Поэтому увеличением pH до 10,5-11 можно достичь максимального осветления слива сгустителя, следовательно возможно повторное использование воды в технологических процессах фабрики без рисков загрязнения емкости оборотной воды и негативного воздействия на технологический процесс.

Для подтверждения результатов лабораторных исследований, необходимо провести промышленные испытания с флокулянтами Nalco 835 и 837 IQ. При применении данных флокулянтов, осаждение проходит до максимальной плотности при наименьшем времени осаждения.

#### Литература:

1. Еремеев Д.Н. Обезвоживание сгущённых тонкодисперсных угольных шламов с применением органических полимеров Вода: химия и экология. 2012. № 7. С. 23-29.
2. Смолькова А.И., Телков Ш.А., Мотовилов И.Ю., Василевская О.Ф., Ли Э.М. Оптимизация процессов сгущения продуктов обогащения при переработке руды месторождения «Узынжал» Промышленность Казахстана. – 2020. – 4(112). – С.14-16.
3. Шмигидин Ю.И. Разделение суспензий в глиноземном производстве. -Санкт-Петербург.: ВАМИ, 2002.- 311 с.
4. Смолькова А.И., Телков Ш.А., Мотовилов И.Ю., Василевская О.Ф., Ли Э.М. Влияние новых реагентов-флокулянтов на показатели сгущения в условиях обогащения техногенных отходов металлургического производства. Промышленность Казахстана. – 2020. – 4(112). – С. 20-22
5. Василевская О.Ф. Интенсификация процессов обезвоживания с применением высокоэффективных синтетических флокулянтов. / Комплексное использование минерального сырья. - 1996. - №4. - С. 10-12.
6. Отчет «Исследования процесса сгущения пульпы хвостов сорбиционного выщелачивания руды месторождения «Джеруй» до содержания твердого 60-65%». Договор №75/15-16 от 16.03.2016. - Иркутск, ОАО «Иргиредмет», 2016.
7. Процедура приготовления реагентов для лабораторного тестирования. 1.Коагулянты жидкие. - ASCOR, 2014. - 1 с. IB-1-021-RU.
8. Процедура приготовления реагентов для лабораторного тестирования. 4.Флокулянты порошкообразные. – ASCOR, 2014. – 2 с. IB-1-024-R.
9. ASTM D2035-80. Standard Practice for Coagulation-Flocculation Jar Test of Water. Editorial correction, March 1989.
10. Практикум по обогащению полезных ископаемых: учеб. пос. / Под ред. Н.Г. Бедраня. – М.: Недра, 1991. – 526 с.
11. Laboratory Tests with Praestol Flocculants. – Ashland Deutschland GmbH, 2006. – 24 p.