

ФЛОКУЛЯЦИЯ ВЗВЕСЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ВОДЫ РОССЫПНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА

М. А. Гурман

Институт горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук,
Хабаровск, Россия

Аннотация: Приведены результаты испытаний по осаждению тонкодисперсных глинистых частиц флокулянтами Praestol 2515TR и Sanfloc в технологической воде. Исследуемая вода отобрана из эфельного отстойника на полигоне одного из россыпных месторождений золота в Хабаровском крае. Пески россыпи характеризуются высоким содержанием глины и относятся к категории труднопромывистых. Установлено, что содержание твердого в исследуемой пробе воды составляет 40 г/л. Твердая фаза суспензии представлена в основном илесто-глинистым материалом крупностью менее 50 мкм. Основным минералом твердой фазы является каолин, кварц составляет не более 30%. Эффективность действия реагентов на агрегацию тонкодисперсных илесто-глинистых частиц оценивали по скорости осаждения твердой фазы, остаточному содержанию взвешенных частиц в осветленной части суспензии, плотности образующегося осадка. Приведены зависимости степени осветления технологической воды от расхода флокулянтов и кинетические кривые седиментации. Установлено, что флокулирующие свойства реагента Praestol 2515TR сопоставимы со свойствами образца Sanfloc. При концентрации 1,2 мг/л Praestol 2515TR обеспечивает осветление технологической воды и снижение содержания твердого от 40 г/л до 0,041 г/л.

Ключевые слова: россыпное месторождение золота, технологическая вода, тонкодисперсные взвешенные частицы, полиакриламидные флокулянты, макромолекулы, агрегация, седиментация, степень осветления.

Для цитирования: Гурман М. А. Флокуляция взвесей технологической воды россыпного месторождения золота // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 12-1. – С. 76–84. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_121_0_76.

Flocculation of suspended solid in gold placer process water

M. A. Gurman

Mining Institute, Far East Branch, Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia

Abstract: The article describes tests on sedimentation of fine and dispersed clay particles in process water using flocculating agents Praestol 2515TR and Sanfloc. The test water is sampled from a sluice tailing dump at a gold placer in the Khabarovsk Krai. This placer features high clay content and is assumed as hard-to-sluice gold. The solid content of the process water sample is 40 g/l. The solid represents mainly silt-and-clay particles less than 50 μm in size. The main mineral in the solid is kaolin clay, and quartz makes not more than 30 %. The efficiency

of the test agents in aggregation of fine-dispersed silt and clay particles was estimated by the solid sedimentation rate, solid content of clarified suspension and by the density of the solid sediment. The curves of the process water clarification as function of flocculating agent consumption and the kinetic curves of sedimentation are presented. The flocculation properties of agents Praestol 2515TR and Sanfloc are comparable. At the concentration of 1.2 mg/l Praestol 2515TR ensures clarification of process water and reduces the solid content from 40 g/l down to 0.041 g/l.

Key words: gold placer, process water, fine-dispersed suspended particles, polyacrylamide flocculants, macromolecules, aggregation, sedimentation, clarification rate.

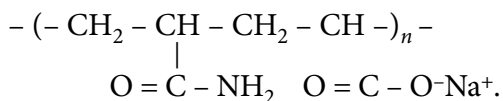
For citation: Gurman M. A. Flocculation of suspended solid in gold placer process water. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(12-1):76–84. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_121_0_76.

Введение

Рост золотодобычи сопровождается ухудшением качества сырья и необходимостью переработки больших объемов минеральной массы. Известно, что при разработке россыпных месторождений золота обязательной частью технологии является возведение дамб и сооружение отстойников для организации оборотного водоснабжения в процессе извлечения золота и предотвращения загрязнения окружающей среды технологическими водами. В настоящее время в промышленную эксплуатацию вовлекаются труднообогатимые глинистые россыпи, эллювиальные россыпи месторождений коры выветривания, техногенные образования [1, 2]. При переработке минерального сырья с высокой глинистой составляющей в технологической воде накапливаются тонкодисперсные взвешенные частицы, плотность и вязкость воды возрастает, что отрицательно влияет на показатели обогащения — возникают потери золота [3, 4]. Зачастую сооружение каскадов отстойников не обеспечивает естественного осветления пульпы вследствие высокой концентрации взвешенных частиц. Тонкодисперсные суспензии (взвеси) обладают агрегативной и седиментационной устойчивостью. Агрегация и осаждение взвешенных частиц может

достигаться флокуляцией. Макромолекулы флокулянтов связывают мелкие частицы в крупные агрегаты (флокулы), седиментация которых протекает значительно быстрее [5–9]. Метод флокуляции нашел широкое применение в технологиях переработки полезных ископаемых на стадиях сгущения, обезвоживания, во флотационных процессах [10–14]. В качестве флокулянтов чаще всего применяются синтетические водорастворимые полимеры, обладающие большой молекулярной массой (5–20 млн), среди которых наибольшее распространение получили полиакриламидные флокулянты. Введением в них различных заместителей, функциональных групп и сополимеров варьируется их химический состав, пространственная структура и заряд, а следовательно, и флокулирующая способность [5, 15]. Макромолекулы фибриллярной (линейной) формы обладают большей гибкостью и подвижностью, чем глобулярные (сферические), и считаются лучшими флокулянтами.

Исследуемые нами для сравнения реагенты — это анионный флокулянт полиакриламидного типа Praestol и анионный флокулянт Sanfloc. Анионная форма полиакриламида представляет собой сополимер акриламида с акрилатом натрия:



В некоторых звеньях карбоксильные группы замещены и гидролизуются каустической содой, в результате диссоциации иона Na в цепи появляются участки с отрицательными зарядами. Взаимное отталкивание зарядов заставляет беспорядочно свернутые цепи вытягиваться, макромолекула приобретает линейную конформацию, что дает ей возможность закрепляться на нескольких частицах [16]. Флокулянты Praestol 2515 TR – сополимеры акриламида с содержанием звеньев акрилата натрия 11–17% [15, 17], которые обуславливают отрицательный заряд полимеров и, таким образом, могут адсорбироваться на положительно заряженных участках ребер глинистых частиц [16]

Флокуляция может происходить по различным механизмам как вследствие образования мостичных связей, так и в результате снижения поверхностного заряда и потенциала частиц [5–7, 13, 18, 19]. По механизму «мостикообразования»: подвижные макромолекулы флокулянта, одновременно адсорбируясь на нескольких дисперсных частицах, связывают их в агрегаты полимерными мостиками

[20, 21] и снижают устойчивость дисперсной системы. По другому возможному механизму: флокуляция наступает в результате нейтрализации части поверхностного заряда частиц при адсорбции противоположно заряженных звеньев полиэлектролитов [5]. Целью работы было изучение возможности осаждения тонкодисперсных глинистых частиц технологической воды флокулянтами Praestol 2515TR и Sanfloc.

Методы исследования

Для проведения испытаний представлена проба технологической воды, отобранная из эфельного отстойника на полигоне одного из россыпных месторождений, расположенного в Хабаровском крае. Пески этой россыпи характеризуются высоким содержанием глины и относятся к категории труднопромывистых. Исследуемая технологическая вода тщательно перемешивалась, и из нее отбирались аликвоты для определения концентрации твердого, проведения экспериментов по флокуляции, гранулометрического и минералогического анализов твердой фазы (с использованием виброгрохота ANALYSETTE-3 PRO, стереомикроскопов Stemi 2000C, Stemi DV4). В качестве реагентов исследо-

Таблица 1
Характеристика флокулянтов [23, 24]
Characteristics of flocculants [23, 24]

Марка флокулянта	Praestol 2515TR	Sanfloc
Тип флокулянта	анионный	анионный
Насыпная плотность, кг/м ³	650	—
Вязкость 0,1 %-ного раствора, Мпа/с	400	70—220
Значение pH 0,1%-ного раствора	7—8	7
Граница применяемых значений pH	1—10	5-12
Молекулярная масса (M _r)	~14 · 10 ⁶	от нескольких до 20 млн

ваны флокулянты полиакриламидного типа: Praestol 2515TR, производимый ЗАО «Москва-Штокхаузен-Пермь» и Sanfloc — «Sanyo Chem. Industries Ltd», Япония. Реагенты Praestol марки TR в настоящее время все более широко применяются для подготовки питьевой воды; они характеризуются низким остаточным содержанием мономера акриламида [22]. Краткая характеристика использованных флокулянтов приведена в табл. 1.

Оба флокулянта представляют собой гранулы белого цвета, хорошо растворимые в воде. Из исходных растворов 0,5%-й концентрации, полученных при перемешивании на магнитной мешалке в течение 60 мин, готовились 0,1%-е рабочие растворы. Эффективность действия реагентов на агрегацию тонкодисперсных илесто-глинистых частиц оценивали по их остаточному содержанию в осветленной части суспензии, скорости осаждения образующихся хлопьев (флокул), плотности осадка. Исследуемая суспензия помещалась в мерный цилиндр на 250 мл (с предварительно нанесенной шкалой с ценой деления 1 мм), суспензия перемешивалась шестикратным переворачиванием цилиндра, затем добавлялось определенное количество раствора флокулянта; перемешивание повторялось; фиксировалось время перемещения нижней границы осветленного раствора до прекращения осаждения твердой фазы в цилиндре [25, 26]. Определение остаточного содержания взвешенных частиц в осветленном слое осуществлялось фотометрическим методом с помощью фотометра КФК-3—01 по стандартным методикам с построением градуировочных кривых. Измерение высоты осадка проводилось через 10 мин с момента начала эксперимента.

Полученные результаты

В исследуемой технологической воде содержание твердого составляет 40 г/л. В результате проведенного минералогического анализа установлено, что твердая фаза суспензии представлена илесто-глинистым материалом светло-серого цвета с буроватым оттенком. В его составе основным минералом является каолин; кварц составляет ~30%; присутствуют слюды. Согласно данным гранулометрического анализа, 90% материала твердой фазы составляют частицы крупностью менее 50 мкм, в т.ч. 37,8% — это частицы менее 5 мкм.

Наблюдения показали, что введение в суспензию небольших добавок флокулянта Praestol 2515TR в количестве 0,2 мг/л уже приводит к агрегации частиц и существенному ускорению процесса осаждения (снижению устойчивости дисперсной системы) (рис. 1).

При концентрации Praestol 2515TR — 1—1,4 мг/л степень осветления составляет 80%. Дальнейшее увеличение расхода флокулянта до 3 мг/л ведет к ухудшению процесса, это обусловлено, по-видимому, стабилизацией частиц дисперсной фазы вследствие адсорбции на их поверхности значительного количества высокомолекулярного флокулянта. В результате флокуляции реагентом Praestol 2515TR образуются компактные и прочные флокулы, они осаждаются, формируется плотный осадок, высота которого составляет 1,8—2 см в цилиндре на 25 см³. Реагент Sanfloc также обладает хорошей флокулирующей способностью. При этом максимум осветления достигается при более низком расходе реагента — 0,8—1,2 мг/л. Однако образующийся осадок отличается меньшей компактностью, высота осадка составляет 2,5—2,8 см.

На рис. 2 приведены кинетические кривые седиментации в присутствии

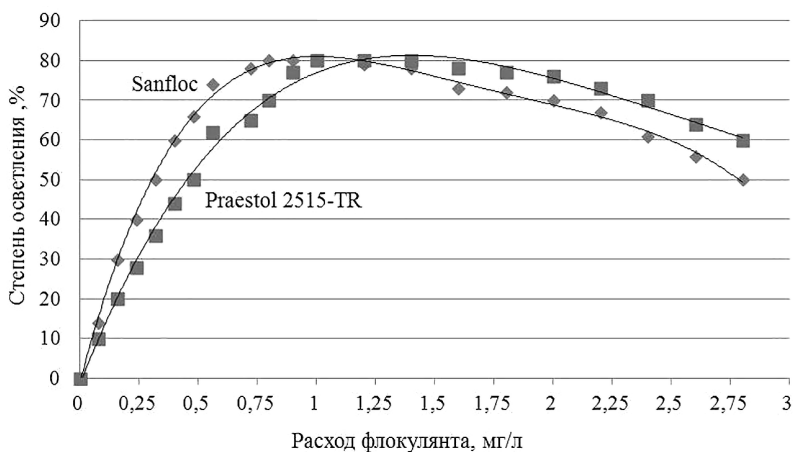


Рис. 1. Зависимость степени осветления технологической воды от расхода флокулянтов
 Fig. 1. Dependence of the degree of clarification of process water on the consumption of flocculants

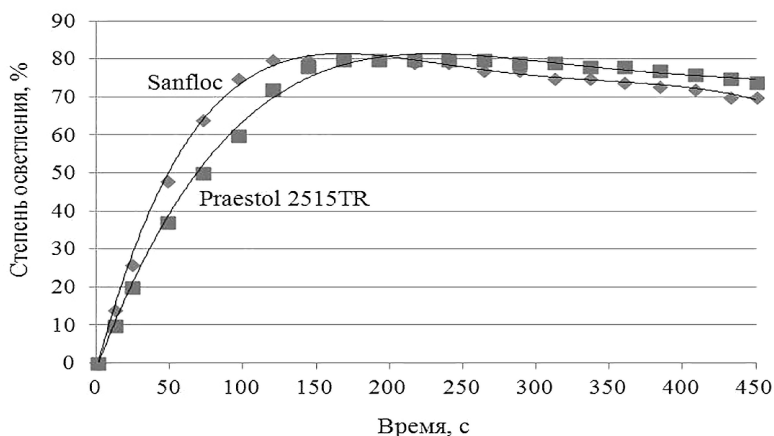


Рис. 2. Кинетические кривые седиментации в присутствии флокулянтов: Sanfloc – 0,9 мг/л; Praestol 2515TR – 1,2 мг/л
 Fig. 2. Kinetic curves of sedimentation in the presence of flocculants: Sanfloc – 0.9 mg/l; Praestol 2515TR – 1.2 mg/l

Таблица 2

Остаточное содержание твердой фазы в осветленном слое
 Residual content of the solid phase in the clarified layer

Наименование показателей	Содержание твердой фазы, г/л		
	Исходная вода Без реагентов	Осветленный слой	
		Praestol 2515TR – 1,2 мг/л	Sanfloc – 0,9 мг/л
Время осаждения 10 мин	40	0,041	0,035

флокулянтов при оптимальной концентрации Praestol 2515TR – 1,2 мг/л и Sanfloc – 0,9 мг/л. Согласно получен-

ным данным, в течение первых 30 с флокуляции степень осветления суспензии составляет 30–40%. За сравнительно

короткий промежуток времени: 120 с – при использовании Sanfloc и 144 с – при добавлении Praestol 2515TR достигается максимальная степень осветления (80%). Эффективность действия флокулянтов сопоставима.

Остаточное содержание твердой фазы взвеси в осветленном флокулянтами слое приведено в табл. 2. Концентрация твердого в исходной воде через 10 минут после начала опыта без применения реагентов не изменилась и составляла 40 г/л. После флокуляции реагентом Praestol-2515TR (в оптимальном режиме) содержание твердой фазы в осветленном слое снижается до 0,041 г/л, реагентом Sanfloc – до 0,035 г/л.

Выводы

1. Полученные результаты свидетельствуют об эффективности исполь-

зования флокулянтов для интенсификации процесса осаждения илисто-глинистой твердой фазы в технологической воде эфельного отстойника.

2. В ходе экспериментов установлено, что флокулирующие свойства реагента Praestol 2515TR сопоставимы со свойствами образца Sanfloc. При концентрации 1,2 мг/л флокулянт Praestol 2515TR обеспечивает осветление технологической воды и снижение содержания твердого с 40 г/л до 0,041 г/л, обеспечивается стабильность хлопьев и плотность осадка.

3. Результаты исследования могут быть востребованы при организации оборотного водоснабжения для извлечения россыпного золота и предотвращения загрязнения окружающей среды технологическими водами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Рассказов И. Ю., Литвинцев В. С., Мирзеханов Г. С., Банщикова Т. С.* Приоритетные направления освоения техногенных комплексов рудно-россыпных месторождений // Недропользование XXI век.– 2016. – № 1. – С. 48–57.
2. *Литвинцев В. С., Алексеев В. С., Васянович Ю. А., Краденых И. А.* Значение комплексного потенциала техногенных россыпных месторождений регионов Дальнего Востока России и новый стратегический подход к их освоению // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 8 (30). – С. 78–86.
3. *Серый Р. С.* Обзор отрасли. Анализ работы шлюзовых промывочных приборов при отработке россыпных месторождений золота Хабаровского края. 19.01. 2018. URL: <https://nedradv.ru>
4. *Gurman M. A., Shcherbak L. I., Bogomyakov R. V., Vylegzhanina E. V.* Mineralogical test and production research of gold mine waste. Journ. of Mining Science, 2016, 52(5), pp. 974–981.
5. *Баран А. А.* Полимерсодержащие дисперсные системы. – Киев: Наукова думка, 1986. – 204с.
6. *Запольский А. К., Баран А. А.* Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды: Свойства. Получение. Применение. – Л.: Химия, 1987. –208с.
7. *Кульский Л. А.* Основы химии и технологии воды. – Киев: Наукова думка, 1991. – 566с.
8. *Ковалев А. А., Лебухов В. И., Денисова М. А. (Гурман М. А.)* Высокомолекулярные флокулянты для кондиционирования оборотных и сточных вод при обогащении россыпных месторождений. Химия и технология воды.– 1989. – № 5. – С. 445–448.
9. Авт. свидетельство на изобретение СССР 1639708, C02F, 17.04.89 Ковалев А. А., Лебухов В. И., Денисова М. А. (Гурман М. А.) Способ осветления глинистых суспензий. 1988. Бюл. № 13.

10. *Chee Yang Teh, Pretty Mori Budiman, Katrina Pui Yee Shak, Ta Yeong Wu.* Recent Advancement of Coagulation–Flocculation and Its Application in Wastewater Treatment. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2016, 55, 16, pp. 4363–4389 (CrossRev)
11. *Shulei Li; Lihui Gao; Yijun Cao; Xiahui Gui; Zhen Li.* Effect of pH on the flocculation behaviors of kaolin using a pH-sensitive copolymer. *Water Scitnce & Technology*, 2016, 74 (3), pp. 729–737. URL: <https://iwaponline.com>
12. *Верхозин С. С.* Сгущение: процесс и оборудование. Обзор // *Золотодобыча*. – 2018. – №232. – 8 с. URL: <https://zolotodb.ru>
13. *Onen V., Gocer M.* The effect of single and combined coagulation/flocculation methods on the sedimentation behavior and conductivity of bentonite suspensions with different swelling potentials. *Particulate Science And Technology*. 2019, vol. 37, no. 7, pp. 823–830.
14. *Гурман М. А., Шенета Е. Д., Полтарецкая А. Е., Васянович Ю. А.* Результаты флотации золотосодержащей медно-порфировой руды// *Горный информационно-аналитический бюллетень*.– 2019.– №8 (30). – С. 42–49.
15. *Куренков В. Ф., Хартан Х.-Г., Лобанов Ф. И.* Интенсификация водоочистки полиакриламидными флокулянтами // *Вестник Казанского технологического университета*. –2008.– № 5.– С. 28–49. URL: <https://cyberleninka.ru/>
16. *Справочник химика 21.* Химия и химическая технология [электронный ресурс] – режим доступа: <https://chem21.info> (обращение 03.02.21)
17. *Флокулянты Праестол (Praestol)* [электронный ресурс] – режим доступа: <https://swatstroj.ru> (обращение 16.02.21)
18. *Ahmad Shakeel, Zeinab Safar, Maria Ibanez, Leon van Paassen, Claire Chassagne* Flocculation of Clay Suspensions by Anionic and Cationic Polyelectrolytes: A Systematic Analysis. *Minerals*, 2020, vol.10, iss.11, pp. 1–24.
19. *Jose Moreno-Chavez.* Effect of Electrolyte Concentration in Process Water on Flocculation. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 2020, 64(1), pp.14–29.
20. *Зимон А. Д.* Коллоидная химия. – М.: Красанд, 2015. – 342 с.
21. *Кругляков П. М., Хаскова Т. Н.* Физическая и коллоидная химия. – М.: Высшая школа, 2010. – 320 с.
22. *Журба М. Г., Соколов Л. И., Говорова Ж. И.* Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. Очистка и кондиционирование природных вод.– М.: Ассоциации строительных вузов, т. 2, 2004. – 495 с. URL: <http://hydrotera.ru/>
23. *Праестол марки TR (для обработки питьевой воды)* [электронный ресурс] – режим доступа: <https://waterhim.ru> (обращение 24.06.21)
24. *Performance chemicals for wastewater treatment* [электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.sanyo-chemical.co.jp> (обращение 19.08.21)
25. *Бедрань Н. Г. Денисенко А. И., Серго Е. Е.* Практикум по обогащению полезных ископаемых. – М.: Недра, 1991. – 526 с.
26. *Ковалев А. А., Лебухов В. И., Денисова М. А. (Гурман М. А.)* Применение полиакриламидных флокулянтов для кондиционирования оборотных и сточных вод предприятий россыпной металлодобычи. Методич. рекомендации. – Владивосток: ИГД ДВО АН СССР, 1989. – 32 с. **ИДБ**

REFERENCES

1. *Rasskazov I.Yu., Litvintsev V. S., Mirzehanov G. S., Banshchikova T. S.* Priority directions of the development of technogenic complexes of ore-alluvial deposits *Nedropol'zovanie XXI vek*, 2016, no. 1, pp. 48–57. [In Russ]
2. *Litvincev V. S., Alekseev V. S., Vasyanovich YU. A., Kradenyh I. A.* The value of the integrated potential of technogenic placer deposits in the regions of the Russian Far East and

a new strategic approach to their development. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019, no. 8 (30), pp. 78–86. [In Russ]

3. Seriy R. S. *Obzor otrasli. Analiz raboty shlyuzovykh promyvochnykh priborov pri otrabotke rossypanykh mestorozhdenij zolota Habarovskogo kraja* [Industry Overview. Analysis of the work sluice washing equipment in mining of placer deposits of gold Khabarovsk Krai]. 19.01. 2018. available at: <https://nedradv.ru> [In Russ]

4. Gurman M. A., Shcherbak L. I., Bogomyakov R. V., Vylegzhanina E. V. Mineralogical test and production research of gold mine waste. *Journ. of Mining Science*, 2016, 52(5), pp. 974–981.

5. Baran A. A. *Polimersoderzhashchie dispersnye sistemy* [Polymer-dispersed systems]. Kiev, Naukova Dumka, 1986, 204 p. [In Russ]

6. Zapol'skij A. K., Baran A. A. *Koagulyanty i flokulyanty v processah ochistki vody: Svoystva. Poluchenie. Primenenie* [Coagulants and flocculants in water purification processes: Properties. Receiving. Application], Leningrad, Himiya, 1987, 208 p. [In Russ]

7. Kul'skiy L. A. *Osnovy himii i tekhnologii vody* [Fundamentals of water chemistry and technology] Kiev, Naukova Dumka, 1991, 566p. [In Russ]

8. Kovalev A. A., Lebukhov V. I., Denisova M. A. (Gurman M. A.) High-molecular flocculants for the conditioning of circulating and waste waters at processing of placer deposits. *Himiya i tekhnologiya vody*, 1989, no. 5, pp. 445–448. [In Russ]

9. Kovalev A. A., Lebukhov V. I., Denisova M. A. (Gurman M. A.) Auth. certificate for the invention of the USSR 1639708, C02F, 17.04.89. [In Russ]

10. Chee Yang Teh, Pretty Mori Budiman, Katrina Pui Yee Shak, Ta Yeong Wu. Recent Advancement of Coagulation–Flocculation and Its Application in Wastewater Treatment. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2016, 55, 16, pp. 4363–4389 (CrossRef)

11. Shulei Li; Lihui Gao; Yijun Cao; Xiahui Gui; Zhen Li. Effect of pH on the flocculation behaviors of kaolin using a pH-sensitive copolymer. *Water Science & Technology*, 2016, 74 (3), pp. 729–737. available at: <https://iwaponline.com>

12. Verhozin S. S. Thickening: process and equipment. Overview. *Zolotodobycha*, 2018, no. 232, 8 p. available at: <https://zolotodb.ru> [In Russ]

13. Onen V., Gocer M. The effect of single and combined coagulation/flocculation methods on the sedimentation behavior and conductivity of bentonite suspensions with different swelling potentials. *Particulate Science And Technology*. 2019, vol.37, no.7, pp. 823–830.

14. Gurman M. A., Shepeta E. D., Poltareckaya A. E., Vasyanovich Yu. A. Flotation results of gold-copper porphyry ore. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019, no. 8 (30), pp. 42–49. [In Russ]

15. Kurenkov V. F., H.-G. Hartan, Lobanov F. I. Intensification of water treatment by polyacrylamide flocculants. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2008, no. 5, pp. 28–49. available at: <https://cyberleninka.ru> [In Russ]

16. *Spravochnik himika 21. Himiya i himicheskaya tekhnologiya* [Chemist's Handbook 21. Chemistry and Chemical Technology], available at: <https://chem21.info> (accessed 03.02.21)

17. *Flokulyanty Praestol* [Flocculants Praestol], available at: <https://swatstroi.ru> (accessed 16.02.21)

18. Ahmad Shakeel, Zeinab Safar, Maria Ibanez, Leon van Paassen, Claire Chassagne Flocculation of Clay Suspensions by Anionic and Cationic Polyelectrolytes: A Systematic Analysis. *Minerals*, 2020, vol.10, iss.11, pp. 1–24.

19. Jose Moreno-Chavez. Effect of Electrolyte Concentration in Process Water on Flocculation. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 2020, 64(1), pp.14–29.

20. Zimon A. D. *Kolloidnaya himiya* [Colloid Chemistry], Moscow, Krasand, 2015, 342 p. [In Russ]
21. Kruglyakov P. M., Haskova T. N. *Fizicheskaya i kolloidnaya himiya* [Physical and Colloid Chemistry], Moscow, Vysshaya shkola, 2010, 320 p. [In Russ]
22. ZHurba M. G., Sokolov L. I., Govorova ZH. I. *Vodosnabzhenie. Proektirovanie sistem i sooruzhenij. Ochistka i kondicionirovanie prirodnyh vod* [Design of systems and structures. Purification and conditioning of native waters], Moscow, Associacii stroitel'nyh vuzov, vol 2, 2004, 495 p. [In Russ]
23. *Praestol marki TR (dlya obrabotki pit'evoy vody)* [Praestol brand TR (for drinking water treatment)], available at: <https://waterhim.ru> (accessed 24.06.21)
24. Performance chemicals for wastewater treatment. available at: <http://www.sanyo-chemical.co.jp> (accessed 19.08.21)
25. Bedran' N. G. Denisenko A. I., Sergo E. E. *Praktikum po obogashcheniyu poleznyh iskopaemyh* [Mineral processing practical work], Moscow, Nedra, 1991, 526 p. [In Russ]
26. Kovalev A. A., Lebuhev V. I., Denisova M. A. (Gurman M. A.) *Primenenie poliakrilamidnyh flokulyantov dlya kondicionirovaniya oborotnyh i stochnyh vod predpriyatij rossysnoy metallodobychi. Metodich. rekomendacii* [The use of polyacrylamide flocculants for the conditioning of circulating and waste waters of enterprises of placer mining. Methodical. recommendations], Vladivostok, IGD DVO AN SSSR, 1989, 32 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Гурман Маргарита Анатольевна — канд. техн. наук, вед. науч. сотр. mgurman@yandex.ru, Институт горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИГД ДВО РАН), 680000, г. Хабаровск, ул. Тургенева, 51, Россия.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Gurman M. A., Cand. Sci. (Eng), leading researcher, mgurman@yandex.ru, Mining Institute, Far East Branch, Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia, 680000, 51 Turgenev street.

Получена редакцией 18.07.2021; получена после рецензии 29.10.2021; принята к печати 10.11.2021.
Received by the editors 18.07.2021; received after the review 29.10.2021; accepted for printing 10.11.2021.

