

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРКАРБОНАТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В СОСТАВЕ ЦИАНИДНЫХ РЕАГЕНТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ СЛОЖНОИЗВЛЕКАЕМЫХ ФОРМ ЗОЛОТА ИЗ ПЕСКОВ РОССЫПЕЙ

А.Г. Секисов^{1,2}, Т.Г. Конарева¹, А.Ю. Лавров^{2,3}

¹ Институт горного дела ДВО РАН, Хабаровск, Россия, e-mail: sekisovag@mail.ru

² Забайкальский государственный университет, Чита, Россия

³ Читинский филиал Института горного дела СО РАН, Чита, Россия

Аннотация: Приведены данные теоретических и экспериментальных исследований процессов активационного выщелачивания золота с использованием в составе реагентных комплексов реакционно-активных пероксидных карбонатных соединений, полученных путем электрофотохимической обработки растворов исходных реагентов соответствующего состава. Приведенные результаты экспериментов по взаимодействию различных карбонатных и перкарбонатных соединений с цианидом натрия при различном порядке смешивания соответственно активированных и неактивированных растворов с водными цианидными растворами определенно доказывают факт образования в них метастабильных перкарбонатно-цианидных соединений. Установлено, что активированные растворы благодаря наличию в них таких метастабильных соединений обеспечивают большую степень извлечения золота из упорных руд, чем выщелачивание стандартными водными цианидными растворами той же исходной концентрации. Хлоридно-гипохлоритные растворы при смешивании с перкарбонатными растворами, полученными путем электрофотохимической обработки раствора гидрокарбоната натрия, также существенно повышают извлечение золота в сравнении со стандартными водными цианидными растворами, а в ряде случаев и в сравнении с активированными перкарбонатно-цианидными. По результатам технологического тестирования золотосодержащих песков россыпи Алия и шлихов россыпи Кия с использованием перкарбонатно-цианидных комплексов в лабораторных условиях получено соответственно извлечение инкапсулированного и химически связанного золота на уровне 90% и выше.

Ключевые слова: пески россыпей, инкапсулированное золото, дисперсное золото, активационное выщелачивание, растворы гидрокарбоната натрия, перкарбонатные растворы, пероксидные комплексы, стадийное выщелачивание, электрофотохимическая обработка, окислительная подготовка, перкарбонатно-цианидные растворы, гипохлоритно-хлоридное выщелачивание.

Для цитирования: Секисов А. Г., Конарева Т. Г., Лавров А. Ю. Использование перкарбонатных соединений в составе цианидных реагентных комплексов при выщелачивании сложноизвлекаемых форм золота из песков россыпей // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 12. – С. 159–168. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_12_0_159.

The use of percarbonate compounds in the systems of cyanide reagents in difficult gold leaching from placers

A.G. Sekisov^{1,2}, T.G. Konareva¹, A.Yu. Lavrov^{2,3}

¹ Mining Institute, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia, e-mail: sekisovag@mail.ru

² Transbaikal State University, Chita, Russia

³ Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Chita branch, Chita, Russia

Abstract: The article describes the theoretical and experimental research data on activation leaching of gold using reagents containing reaction peroxide carbonate compounds obtained from electro-photo-chemical treatment of original reagents. The experimental results of interaction between carbonate / percarbonate compounds and sodium cyanide in different order of mixing of activated and nonactivated solutions with aqueous cyanide solutions positively prove generation of metastable percarbonate–cyanide compounds. The activated solutions containing such metastable compounds ensure higher recovery of gold from rebellious ore as compared with leaching using standard aqueous cyanide solutions of the same initial concentration. Chloride–hypochlorite solutions mixed with the percarbonate solutions produced by electro-photo-chemical treatment of the sodium hydrocarbonate solution essentially increase gold recovery as against the standard aqueous cyanide solutions, too, and sometimes as compared with the activated percarbonate–cyanide solutions. The lab-scale test gold recovery from Alia sands and from Kia sand pre-concentrate using the percarbonate–cyanide systems produced encapsulated and chemically bound gold at a level of 90% and higher.

Key words: placer sands, encapsulated gold, disperse gold, activation leaching, sodium hydrocarbonate solutions, percarbonate solutions, peroxide systems, stage-by-stage leaching, electro-photo-chemical treatment, oxidation pretreatment, percarbonate–cyanide solutions, chloride–hypochlorite leaching.

For citation: Sekisov A. G., Konareva T. G., Lavrov A. Yu. The use of percarbonate compounds in the systems of cyanide reagents in difficult gold leaching from placers. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(12):159-168. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_12_0_159.

Введение

В России россыпные месторождения золота, несмотря на существенное истощения их запасов за более чем столетний период интенсивной эксплуатации, по-прежнему остаются важным источником получения этого драгоценного металла. Естественно, что разрабатываемые в настоящее время россыпные месторождения, по сравнению с ранее отработанными, характеризуются существенно более сложными условиями залегания продуктивных пластов, более

низким содержанием золота и, главное, усложнением форм его нахождения в песках. Кроме того, объективно возрастает промышленная роль содержащих золото техногенных источников (галеэфельных отвалов и хвостов шлихообогатительных установок (ШОУ)) и целиковых участков, сформированных за предшествующие годы эксплуатации россыпных месторождений.

На таких потенциальных объектах разработки золото находится преимущественно в сложноизвлекаемых для

традиционных технологий обогащения формах: свободные частицы «тонкого», чешуйчатого (пылевидного) золота и «связанные», внутрикристаллические (инкапсулированные и дисперсные) включения в кристаллические решетки минералов-концентраторов или в оксидно-гидроксидные пленочные образования на их поверхности [1–3]. Такие формы нахождения золота очевидно целесообразно извлекать с использованием методов выщелачивания, в том числе в комбинации с традиционными процессами извлечения гравииобогатимого и/или флотообогатимого золота [4]. Вместе с тем во многих случаях стандартные методы выщелачивания не позволяют достаточно полно извлекать внутрикристаллическое (инкапсулированное и дисперсное) а также сорбированное (переосажденное) золото [4]. Причем при низкой пробности «тонкого» и чешуйчатого (пылевидного) золота могут возникать проблемы с его растворимостью, а при значительном количестве глинисто-слюдистых минералов необходимо решать и проблему переосаждения на них растворенного золота.

В связи с этим возникает необходимость разработки новых технологических схем выщелачивания золота из песков россыпей и обоснования состава реагентных комплексов, обеспечивающих повышение эффективности его извлечения.

Теоретические основы процессов, протекающих при окислении продуктивных минеральных матриц песков россыпей и селективном растворении золота

Для извлечения из песков россыпей низкопробного золота, золота в «рубашке», и, главное, инкапсулированного и дисперсного золота, локализованного внутри кристаллических решеток шлиховых минералов-концентраторов и/или

кварца, в том числе в покрывающих его частицы пленках оксидов и гидроксидов железа, очевидно требуется использование системы реагентов, осуществляющих хемогенную трансформацию продуктивных минеральных матриц. В результате такой трансформации изменяется характер и энергетика химических связей между золотом и атомами минералообразующих элементов, формируются микротрещины в кристаллах минералов-носителей золота, что в целом обеспечивает возможность непосредственного контакта с ним окисляющих и комплексобразующих компонентов технологического раствора. Хемогенная трансформация кристаллических решеток минералов-концентраторов золота может осуществляться как с параллельным, так и с последовательным формированием растворимого золотосодержащего комплекса.

В результате многолетних исследований, проведенных в МГРИ, ИГД ДВО РАН, ИГД СО РАН и ЗабГУ, разработаны новые методы интенсивной хемогенной трансформации активированными растворами продуктивных минеральных матриц рудного, россыпного и техногенно-трансформированного сырья и извлечения из них внутрикристаллического (инкапсулированного и химически связанного, дисперсного) золота. В основу этих методов положено использование комбинированной электрохимической и фотохимической обработки растворов исходных кислород- и/или хлорсодержащих реагентов.

В результате такой комбинированной активации, в растворах с высоким выходом формируются гидратированные пероксидные ион-радикальные соединения. При диффузионном проникновении в пленочные, в том числе внутрипоровые воды минеральных частиц, такие соединения на контактной поверхности продуцируют ионы водорода и гид-

роксил-радикалы. Эти высокоактивные вторичные частицы проникают вглубь кристаллической решетки минералов и, перемещаясь между их узлами, производят в ней ряд вещественно-структурных трансформаций. При этом наиболее вероятно, при взаимодействии с атомами серы в составе шлиховых минералов, в первую очередь магнетита и пирита, гидроксил-радикалы образуют последовательно ряд окислов: соответственно гематит-гетит-гидрогетит, тиосульфаты-сульфиты-сульфаты. Высокоактивные протоны, образующиеся при диссоциации гидроксил-радикалов, диффундируя внутрь кристаллических решеток минералов, разрывают связи между атомами, находящимися в узлах, формируют в них дополнительные линейные дефекты, развивающиеся далее в микротрещины.

Идея использования таких высокоактивных окислителей, как озон, была обоснована еще в работах 30–40-х годов XX в. выдающимся российским ученым-металлургом чл.-корр. АН СССР И.Н. Плаксиным [5]. Несмотря на многочисленные преимущества, высокие энергозатраты на производство озона и сопутствующих ему активных форм кислорода пока не позволяют найти этому способу окисления руд широкое применение в гидрометаллургии. Вместе с тем, если осуществлять подготовку технологических растворов не путем барботажной озонсодержащей газовой смеси, а синтезировать непосредственно в них высокоактивные гидратированные перекисные соединения кислорода с водородом, включая в первую очередь гидратированный гидроксил-радикал и перекись водорода, то соответствующие затраты могут быть существенно снижены.

При облучении УФ-светом в диапазоне длин волн 180–250 нм водно-газовой эмульсии, формируемой при

электролизе, в объеме выделяющихся при этом газовых пузырьков формируются высокоактивные окислители, такие как атомарный кислород, супероксид-ион-радикал, озон, гидроксил-радикал, создающие при взаимодействии с пленочной водой, окружающей газопузырьки, ион-радикальные и радикалсодержащие гидратные кластеры. Гидратные кластеры включают в себя центры ионизации — «затравочные» ионы, радикалы и ион-радикалы водорода, кислорода и их соединения и формируемые вокруг них гидратные оболочки [6–9]. Кроме того, в водной фазе синтезируются и такие устойчивые окислители, как надпероксиды щелочных металлов.

Наиболее активной кластерообразующей частицей является гидроксил-радикал, окислительно-восстановительный потенциал которого достигает значения 2,8 В, в то время как таковой для атомарного кислорода составляет 2,42 В, а для озона — 2,07 В. Из этого факта следует, что не только неспаренный электрон атома кислорода, но и в большей степени активный атом водорода или его ионная форма — протон в составе гидроксил-радикала изменяют структурно-энергетические параметры электронных оболочек контактирующих с ним молекул (атомов).

Поскольку система, состоящая из возбужденных атомов кислорода и водорода, является метастабильной, то можно предположить, что электрон атома водорода периодически переходит на свободную орбиту электронной оболочки атома кислорода. При этом в таком радикале периодически осуществляется «внутренняя» диссоциация. Атом водорода в составе гидроксил-радикала, периодически смещаясь к условной границе электронной оболочки, становится свободной частицей — протоном с достаточно высокой энергией. Для россып-

ных месторождений золота и производных от них техногенных образований характерно присутствие его дисперсных форм в «тонких» частицах кварца и халцедона.

Поэтому в активных подготавливающих и выщелачивающих рабочих растворах должны присутствовать компоненты, трансформирующие кристаллическую решетку этих минералов при взаимодействии с кремнием.

Наиболее приемлемыми в этом случае являются карбонатные и щелочные растворы, содержащие кислород и комплексообразователи для золота, взаимодействующие с ним в щелочной среде.

В процессе обработки водного раствора гидрокарбоната натрия в электрохимических и фотохимических реакторах могут быть синтезированы надперекисные карбоксильные соединения (мононадугольная и надугольная кислоты). Такие надперекисные соединения являются метастабильными, поэтому внутри кластерных структур они диссоциируют, продуцируя высокоактивные гидроксил-радикалы (через промежуточную стадию выделения перекиси водорода) Наиболее вероятно, при взаимодействии перкарбонатов с цианидами происходит формирование реакционно-активного супрамолекулярного метастабильного комплекса, взаимодействующего с кластерами золота.

Экспериментальным подтверждением формирования надмолекулярных карбонатно-цианидных структур, очевидно, будет являться временное падение содержания цианида в активированном комбинированном растворе с последующим его возвращением к исходному значению, а также разница в кинетике и динамике выщелачивания золота из параллельных навесок со схемой стандартного выщелачивания водным раствором цианида той же концентрации.

Объекты исследования

Объектами исследований являлись процессы, протекающие в комбинированных карбонатно-цианидных и перкарбонатно-цианидных растворах, а также процессы активационного выщелачивания сложноизвлекаемых форм золота из песков россыпей и их шлиховой фракции.

Экспериментальные исследования

Для подтверждения рабочей гипотезы о формировании супрамолекулярного метастабильного комплекса при взаимодействии перкарбонатов с цианидами были проведены эксперименты с различными растворами смешанного состава. Изменения содержания цианида натрия в смешанных растворах с различной карбонатной основой проводились по следующим возможным вариантам их состава и порядка приготовления.

1. Контрольный (нулевой) опыт. В колбу на 100 мл воды помещали навеску 0,5051 г цианида натрия, после чего в нее добавляли 100 мл воды и перемешивали.

2. В колбу на 100 мл помещали навеску 0,5053 г цианида натрия, после чего добавляли 100 мл активированного раствора гидрокарбоната натрия (10 г/л).

3. В колбу на 100 мл помещали навеску 0,5226 г цианида натрия, после чего добавляли 100 мл водного раствора гидрокарбоната натрия (10 г/л).

4. В колбу на 100 мл помещали навеску 0,5027 г цианида натрия, после чего добавляли 100 мл водного раствора карбоната натрия (10 г/л).

5. В колбу на 100 мл помещали 0,5052 г цианида натрия, в 50 мл воды растворяли навеску и вводили в полученную смесь 50 мл активированного раствора гидрокарбоната натрия (10 г/л).

6. В колбу на 100 мл помещали 0,5109 г цианида натрия, добавляли 50 мл воды и вводили в полученную смесь еще 50 мл водного раствора гидрокарбоната натрия (1 г).

7. В колбу на 100 мл помещали 0,5125 г цианида натрия, добавляли 50 мл воды, растворяли навеску и вводили в смесь 50 мл водного раствора карбоната натрия (1 г).

Далее все колбы с полученными растворами оставили в слабоосвещенном месте и с различным интервалом времени отбирали аликвоты с титрованием азотнокислым серебром.

Концентрация цианида в контрольной колбе практически оставалась неизменной на протяжении двух месяцев (единственное незначительное отклонение было зафиксировано в 4-ом замере, что можно объяснить локальным временным понижением температуры воздуха и допустимой погрешностью измерения).

При этом в течение последующих 4-х суток содержание цианида натрия вернулось к прежнему значению. Также практически не изменилось и содержание цианида в растворе карбоната натрия (снижение с 2,36 г/л до 1,93 г/л), в то время как содержание цианида в не активированном растворе гидрокарбоната натрия резко снизилось (с 2,27 г/л до 0,91 г/л). Это может быть объяснено тем, что в карбонатных растворах, в отличие от гидрокарбонатных, за счет большей концентрации ионов натрия, ступенчатой диссоциации и гидратации карбоната натрия не происходит такого интенсивного образования угольной кислоты, формирующей при взаимодействии с цианидом натрия летучую синильную кислоту. В активированных гидрокарбонатных растворах в течение двух суток содержание цианида оставалось неизменным, а на четвертые сутки стал появляться осадок. При этом в

чистой фракции аликвоты содержание цианида относительно начального значения несколько снизилось, но с учетом твердой фракции (осадка) незначительно возросло (в пределах погрешности измерений).

Следовательно, можно предположить, что при взаимодействии синтезированного при активации исходного раствора перкарбоната натрия с цианидом натрия образовался метастабильный гидрокарбонатно-цианидный комплекс, проявляющий слабую склонность к коагуляции и осадкообразованию. При этом осадок сравнительно быстро перерастворяется. Далее в аликвотах этих растворов осадка не наблюдалось, причем содержание цианида вернулось к исходному значению. В течение двух недель существенное падение содержания цианида в аликвотах наблюдалось только для гидрокарбонатно-цианидного раствора, что может быть объяснено его потерями с испаряющейся синильной кислотой. По остальным пробам заметное снижение содержания цианида наблюдалось только через 2 месяца, причем для активных гидрокарбонатно-цианидных растворов оно минимально (снизилось с 2,27 г/л до 2,07 г/л). Таким образом, можно считать, что в целом электрофотохимическая активация гидрокарбонатных растворов перед вводом в них цианида натрия существенно изменяет их физико-химические свойства.

Для оценки реакционной активности гидрокарбонатно-цианидных растворов, полученных путем электрофотохимической обработки при выщелачивании дисперсного золота, были проведены эксперименты совместно с профессором ЗабГУ Ю.И. Рубцовым. Эксперименты проводились на тонкой фракции слива сгустителя, работающего на прииске «Алия» (Забайкальский край) с использованием прямого орошения растворами минеральной массы и при ее

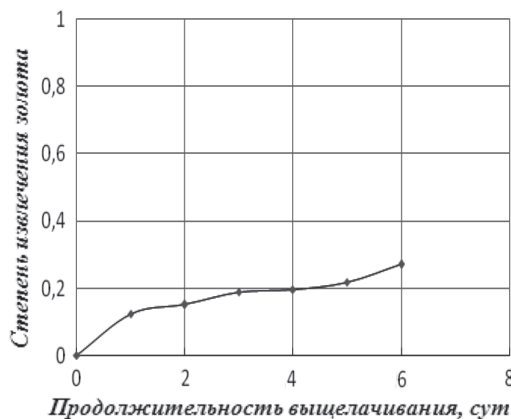


Рис. 1. Результаты исследования классического капельного режима цианидного орошения
 Fig. 1. Test data of classical drop cyanide irrigation

стадийной обработке: пропитке активным гидрокарбонатным раствором с выдерживанием паузы и последующим цианированием.

Как показали предварительные исследования тонкой фракции твердой фазы слива сгустителя, в ней присутствует дисперсное золото в оксидно-гидроксидных железистых включениях и пленках, покрывающих поверхности мелких зерен кварца-халцедона. Перед выщелачиванием навески пробы окомковывали, причем контрольная навеска окомковывалась с использованием воды с расходом цемента 45 кг/т. Материал экспериментальной навески окомковывали с тем же расходом цемента, но для пере-

мешивания использовался специально подготовленный активированный гидрокарбонатный раствор, в который затем добавлялся цианид натрия до концентрации 2,5 г/л. Навески пробы после окомкования орошали обычным и экспериментальными растворами при температуре в диапазоне 21–23 °С.

Классическое перколяционное выщелачивание золота из навески пробы твердой фазы слива сгустителя проводили непрерывно путем скапывания 0,4–0,5 л раствора цианида с концентрацией 1 г/л в течение 18–20 ч из капельницы и просачивания раствора в материале, расположенном в трубе высотой в 1,5 м. Скоростное активацион-

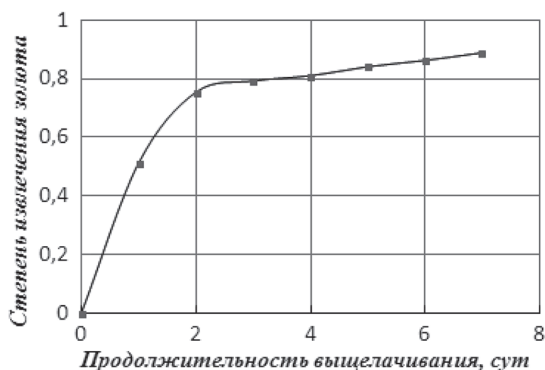


Рис. 2. Извлечение золота из твердой фазы слива сгустителя по экспериментальной схеме
 Fig. 2. Gold recovery from solid discharge of thickener using experimental circuit

ное выщелачивание золота с нахлороживанием орошающих растворов проводили на дублирующей навеске той же пробы. Расход раствора на окомкование составил 0,2 м³/т при расходе цианида 0,5 кг/т. Окомкование материала с образованием 50% окатышей размеров 2–10 мм наблюдалось через 1,5–2 мин. Результаты исследований приведены в форме графиков динамики выщелачивания. Как видно из приведенных на рис. 1 и 2 сравнительных кумулятивных графиков динамики извлечения золота при перколяционном выщелачивании из окомкованной минеральной массы, выделенной из слива сгустителя, активированными растворами обеспечивается 90%-ное извлечение золота, в то время как стандартные методы при той же концентрации цианидов и том же режиме орошения дают извлечение менее 30%. Суточный объем производственного раствора составлял 0,35–0,45 л. Величина pH изменялась в пределах 9,5–10,5. Часть раствора отбиралась для анализа на содержание золота. Исследования продолжались в течение 7 суток.

Как видно из графиков (рис. 1, 2), достигнуто значительное повышение извлечения дисперсного золота из тонкой фракции слива сгустителя при использовании активированных растворов. Анализ твердой фазы после выщелачивания подтвердил высокий уровень извлечения золота. При наличии в песках россыпи или в руде значительного количества минералов железа использо-

вание активированных растворов с цианидной основой приводит к большому расходу реагентов вследствие их непродуктивного расхода. Поэтому для таких объектов целесообразно использовать предобработку минеральной массы раствором [10–14], активным гидрокарбонатным или пероксидно-сульфатным раствором, пассивирующим железо, а выщелачивание после паузы осуществлять карбонатно-хлоридным или карбонатно-цианидным раствором, предпочтительно по скоростному варианту – варианту интенсивного орошения (по проф. Ю.И. Рубцову).

Выводы

Электрофотохимическая активация гидрокарбонатных растворов существенно изменяет их физико-химические свойства, что при подготовке на их основе выщелачивающих растворов проявляется во взаимодействии синтезированного при активации исходного раствора перкарбоната натрия с цианидом натрия с образованием метастабильного гидрокарбонатно-цианидного комплекса, проявляющего слабую склонность к коагуляции и осадкообразованию.

Выщелачивание сложно извлекаемых форм нахождения в песках россыпей золота с использованием пероксидных карбонатных соединений в составе реагентных комплексов позволяет обеспечить предпочтительную кинетику и динамику процесса в сравнении с обычными водными растворами тех же концентрационных параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Rasskazova A. V.* Leaching of base gold-bearing ore with chloride-hypochlorite solutions / IMPC 2018. 29th International Mineral Processing Congress. Moscow, 2018. pp. 4093–4098.
2. *Литвинцев В. С., Банщикова Т. С., Леоненко Н. А., Алексеев В. С.* Рациональные методы извлечения золота из техногенного минерального сырья россыпных месторождений // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2012. – № 1. – С. 190–194.
3. *Секисов А. Г., Лавров А. Ю., Шевченко Ю. С., Манзырев Д. В., Петухов А. А., Конарева Т. Г.* Геотехнологии извлечения дисперсного и «тонкого» золота из техногенных ми-

неральных образований Забайкальского края // Вестник Забайкальского государственного университета. — 2012. — № 1(80). — С. 34–42.

4. Yin S., Wang L., Wu A., Free M. L., Kabwe E. Enhancement of copper recovery by acid leaching of high-mud copper oxides. A case study at Yangla Copper Mine, China // *Journal of Cleaner Production*. 2018, vol. 202, pp. 321–331.

5. Плаксин И. Н. *Металлургия благородных металлов*. — М.: Metallurgizdat, 1958. — 367 с.

6. Богомяков Р. В., Литвинова Н. М., Рассказова А. В., Хрунина Н. П. Патент RU 2646269 С1 Способ обогащения техногенных золотосодержащих образований, 02.03.2018. Заявка № 2017112662 от 12.04.2017.

7. Рубцов Ю. И. Роль ионов водорода в схемах стандартного и активационного кучного выщелачивания золота // *Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук*. — 2016. — Т. 3. — № 2. — С. 256–260.

8. Воейков В. Л. Ключевая роль устойчиво-неравновесного состояния водных систем в биоэнергетике // *Российский химический журнал (Журнал РХО им. Д.И. Менделеева)* — 2009. — Т. LIII. — № 6. — С. 41–49.

9. Рубцов Ю. И., Авдеев П. Б., Черкасов В. Г., Лавров А. Ю. Основные принципы скоростного активированного кучного выщелачивания золота // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. — 2021. — № 3-1. — С. 88–98. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_31_0_88.

10. Holley E. A., Yu Y. T., Navarre-Sitchler A. Quantitative mineralogy and geochemistry of pelletized sulfide-bearing gold concentrates in an alkaline heap leach // *Hydrometallurgy*. 2018, vol. 181, pp. 130–142.

11. Van Staden P. J., Petersen J. The effects of simulated stacking phenomena on the percolation leaching of crushed ore, Part 1: Segregation // *Minerals Engineering*. 2018, vol. 128, pp. 202–214.

12. Velasquez-Yevenes L., Torres D., Toro N. Leaching of chalcopyrite ore agglomerated with high chloride concentration and high curing periods // *Hydrometallurgy*. 2018, vol. 181, pp. 215–220.

13. Секисов А. Г., Рассказова А. В. Патент РФ № 2647961, 2017120462, 09.06.2017. Способ выщелачивания золота из упорных руд. 2018. Бюл. № 9.

14. Хрунина Н. П., Липина Л. Н. Развитие подходов к освоению техногенных объектов россыпных месторождений в Дальневосточном регионе // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. — 2021. — № 4. — С. 134–141. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_4_0_166. **PLAB**

REFERENCES

1. Rasskazova A. V. Leaching of base gold-bearing ore with chloride-hypochlorite solutions. *IMPC 2018. 29th International Mineral Processing Congress*. Moscow, 2018, pp. 4093–4098.

2. Litvintsev V. S., Banshchikova T. S., Leonenko N. A., Alekseev V. S. Rational methods of extracting gold from technogenic mineral raw materials of alluvial deposit. *Fiziko-tekhnicheskoye problemy razrabotki poleznykh iskopayemykh*. 2012, no. 1, pp. 190–194. [In Russ].

3. Sekisov A. G., Lavrov A. Yu., Shevchenko Yu. S., Manzyrev D. V., Petukhov A. A., Konareva T. G. Geotechnologies of extraction of dispersed and «thin» gold from technogenic mineral formations of the Trans-Baikal Territory. *Transbaikal state university journal*. 2012, no. 1(80), pp. 34–42. [In Russ].

4. Yin S., Wang L., Wu A., Free M. L., Kabwe E. Enhancement of copper recovery by acid leaching of high-mud copper oxides. A case study at Yangla Copper Mine, China. *Journal of Cleaner Production*. 2018, vol. 202, pp. 321–331.

5. Plaksin I. N. *Metallurgiya blagorodnykh metallov* [Metallurgy of precious metals], Moscow, Metallurgizdat, 1958, 367 p.

6. Bogomyakov R. V., Litvinova N. M., Rasskazova A. V., Khrunina N. P. *Patent RU 2646269 S1*. 02.03.2018. [In Russ].

7. Rubtsov Yu. I. The role of hydrogen ions in the schemes of standard and activation heap leaching of gold. *Mining sciences: fundamental and applied issues*. 2016, vol. 3, no. 2, pp. 256–260. [In Russ].

8. Voeykov V. L. The key role of the stable-nonequilibrium state of water systems in bioenergetics. *Rossiyskiy khimicheskiy zhurnal (Zhurnal RKhO im. D.I. Mendeleeva)*. 2009, vol. LIII, no. 6, pp. 41–49. [In Russ].

9. Rubtsov Yu. I., Avdeev P. A., Cherkasov V. G., Lavrov A. Yu. basic principles of high-speed activated heap gold leaching. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021, no. 3-1, pp. 88–98. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_31_0_88.

10. Holley E. A., Yu Y. T., Navarre-Sitchler A. Quantitative mineralogy and geochemistry of pelletized sulfide-bearing gold concentrates in an alkaline heap leach. *Hydrometallurgy*. 2018, vol. 181, pp. 130–142.

11. Van Staden P. J., Petersen J. The effects of simulated stacking phenomena on the percolation leaching of crushed ore, Part 1: Segregation. *Minerals Engineering*. 2018, vol. 128, pp. 202–214.

12. Velasquez-Yevenes L., Torres D., Toro N. Leaching of chalcopyrite ore agglomerated with high chloride concentration and high curing periods. *Hydrometallurgy*. 2018, vol. 181, pp. 215–220.

13. Sekisov A. G., Rasskazova A. V. Patent RU 2647961, 2017120462, 09.06.2017. [In Russ].

14. Khrunina N. P., Lipina L. N. Development of approaches to placer mine waste management in Russia's Far East. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021, no. 4, pp. 134–141. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_4_0_167.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Секисов Артур Геннадиевич^{1,2} — д-р техн. наук,
главный научный сотрудник,
почетный профессор ЗабГУ, e-mail: sekisovag@mail.ru,
Конарева Татьяна Геннадьевна¹ — научный сотрудник,
Лавров Александр Юрьевич² — декан ЗабГУ;

канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник,
Читинский филиал Института горного дела СО РАН,

¹ Институт горного дела ДВО РАН,

² Забайкальский государственный университет.

Для контактов: Секисов А.Г., e-mail: sekisovag@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

A.G. Sekisov^{1,2}, Dr. Sci. (Eng.), Chief Researcher,
Honorary Professor of ZabGU, e-mail: sekisovag@mail.ru,
T.G. Konareva¹, Researcher,

A.Yu. Lavrov^{2,3}, Dean of ZabGU,

Cand. Sci. (Eng.), Leading Researcher,
Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch
of Russian Academy of Sciences, Chita branch,
620039, Chita, Russia,

¹ Mining Institute, Far Eastern Branch
of Russian Academy of Sciences, 680000, Khabarovsk, Russia,

² Transbaikal State University, 672039, Chita, Russia.

Corresponding author: A.G. Sekisov, e-mail: sekisovag@mail.ru.

Получена редакцией 18.06.2021; получена после рецензии 05.10.2021; принята к печати 10.11.2021.

Received by the editors 18.06.2021; received after the review 05.10.2021; accepted for printing 10.11.2021.