

ГЕОТЕХНОЛОГИИ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ПРИРОДНО- ТЕХНОГЕННОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

А. Г. Секисов^{1,2}, Ю. И. Рубцов^{2,3}, А. Ю. Лавров^{2,3}, А. И. Трубачев^{2,3}

¹ Институт горного дела ДВО РАН;

² Забайкальский государственный университет, Чита, Россия;

³ Читинский филиал Института горного дела СО РАН

Аннотация: Приведены результаты комплексных исследований месторождений и природно-техногенного минерального сырья Восточного Забайкалья как объектов разработки с использованием комбинированных физико-технических и физико-химических геотехнологий. Такими объектами были выбраны: а) наиболее важные и перспективные золоторудные и комплексные месторождения в Восточном Забайкалье; б) россыпные месторождения региона; в) геотехногенные отходы, сформированные при отработке указанных объектов, в которых минеральное сырье представляет особый промышленный интерес для извлечения, главным образом, дисперсных (наноразмерных) форм золота. Разработанная комплексная методика выявления дисперсных форм золота в рудах и природно-техногенном минеральном сырье позволила предложить новые геотехнологии его освоения, включающие процессы взрывоинъекционной подготовки окисляющими реагентами; пропитку руд активированными окисляющими растворами, подготовленными в фотоэлектрохимическом реакторе и использование пульсационно-статического и поршневого режима орошения активированными растворами комплексообразователей в технологических схемах кучного, кюветного, шахтного, и скважинного выщелачивания, обеспечивающего хомогенную деструкцию минералов-концентраторов дисперсных форм золота и других ценных элементов. Обоснована технология комбинированной разработки Удоканского месторождения, в которой предусмотрено ведение открытых горных работ очередями, малыми карьерами с использованием для переработки бедных руд верхней части месторождения технологии кучного выщелачивания. В глубинной зоне – зоне ведения подземных работ по предлагаемой технологии не будет оставаться пустот, формируемых при выемке богатых руд малыми камерами. Выработанное пространство через щелевые рудоспуски в циклично-поточном режиме закладывается рядовыми рудами, добытыми в карьере. Таким образом, камеры служат буферно-усреднительными емкостями.

Ключевые слова: золоторудные месторождения, россыпные месторождения, горно-технологические отходы, дисперсное золото, физико-химические геотехнологии, активированные растворы, фотоэлектрохимический реактор, поршневой режим орошения.

Благодарность: Работа выполнена в рамках проекта ФНИ, № госрегистрации АААА – А17-117092 7500736.

Для цитирования: Секисов А. Г., Рубцов Ю. И., Лавров А. Ю., Трубачев А. И. Геотехнологии освоения месторождений и природно-техногенного минерального сырья Восточного Забайкалья // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 3-2. – С. 133–142. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_32_0_133.

Geotechnologies for natural mineral mining and manmade deposit treatment in Eastern Transbaikalia

Sekisov A. G.^{1,2}, Rubtsov Yu. I.^{2,3}, Lavrov A. Yu.^{2,3}, Trubachev A. I.^{2,3}

¹ Institute of mining Feb RAS;

² Transbaikal State University, Chita, Russia;

³ Chita branch Of the Institute of mining SB RAS

Abstract: The results of integrated research into natural and manmade deposits in the Eastern Transbaikal region as objects for physicochemical and physicochemical geotechnologies are presented. The selected objects are: a) the most important and promising gold and complex ore deposits in Eastern Transbaikalia; b) placers; c) mining waste containing mineral raw materials of special commercial interest, represented mainly by dispersed (nanoscale) gold. The developed integrated method for detecting dispersed gold in ores and in mining waste allows offering new geotechnologies, including processes of explosion-injection preparation with oxidizing reagents; impregnation of ores with activated oxidizing solutions prepared in a photoelectrochemical reactor and pulsation-static and piston sprinkling with activated solutions of complexing agents in flowcharts of heap, cuvette, in-situ leaching and borehole mining, which provides chemogenic destruction of minerals-concentrators of dispersed gold and other valuable elements. The hybrid geotechnology is justified for the Udokan deposit. This technology includes surface mining by small open pits, with heap leaching of low-grade ore on the upper layers of the deposit. In the deeper zone of underground mining, there will be no voids typically formed when high-grade ore is cut by small-size stoping. Mined-out stopes are backfilled with low-grade ore from the open pits, in cyclical-and-continuous mode, via slot-like ore passes. In this manner, the stopes serve as buffer-and-blending reservoirs.

Key words: deposits, ore deposits, placer deposits, mining and technological waste, dispersed gold, physical and chemical geotechnologies, activated solutions, photoelectrochemical reactor, piston mode of ore irrigation.

Acknowledgment: The work was carried out within the framework of the FNI project, State registration No. AAAA17 – 117092 7500736.

For citation: Sekisov A. G., Rubtsov Yu. I., Lavrov A. Yu., Trubachev A. I. Geotechnologies for natural mineral mining and manmade deposit treatment in Eastern Transbaikalia. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(3-2):133-142. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_32_0_133.

Введение

Уникальная геологическая история формирования земной коры Забайкальского края, которое сопровождалось образованием значительного количества разнообразных по составу месторождений, на протяжении десятилетий привлекала к ее изучению многих ученых и практиков. Открытие

и разведка известных забайкальских месторождений (Балейско-Тасеевское, Дарасунское, Удоканское, Чинейское и др.) осуществлены благодаря самоотверженному труду многих поколений геологов. Эффективное освоение запасов этих и других месторождений потребовало решения ряда сложных технических, технологических и эко-

номических задач выбора способов и параметров их разработки и переработки руд. В связи с тем, что оставшиеся запасы разрабатываемых и вводимых в эксплуатацию месторождений характеризуются усложнением условий ведения горных работ, а минеральный состав и текстурно-структурные особенности руд значительно изменяются, для принятия эффективных горно-технологических и экономических решений объективно требуется проведение предварительных глубоких научных исследований, успешное выполнение которых позволит укрепить минерально-сырьевую базу Забайкалья.

В числе первоочередных научных задач были поставлены: а) геолого-технологические исследования руд разного состава, песков россыпей и отходов горного производства Забайкалья; б) геолого-экономическая оценка запасов и ресурсов золоторудных и комплексных месторождений с учетом наличия в них «невидимого» (дисперсного, химически связанного золота), размеры которого ничтожно малы (от первых нанометров до сотой доли микрона). Золото такой размерности прочно связано с атомами химических элементов, формирующих кристаллические решетки концентрирующих его минералов, поэтому даже обнаружение и точное установление такого рассеянного (дисперсного) или, проще говоря, «невидимого» золота в природно-техногенном минеральном сырье современными электронно-микроскопическими и химико-аналитическими методами является сложной проблемой. Масштабное вовлечение в разработку месторождений руд карлинского типа с преимущественно дисперсным золотом (в американской геологической литературе его именуют *invisible gold*) в 60–70-х гг. прошлого века в штате Невада позволило США стать

одним из мировых лидеров золотодобывающей промышленности [6–12]. Проведение теоретических и экспериментальных исследований по выявлению дисперсного золота и разработке геотехнологий его добычи может способствовать укреплению минерально-сырьевой базы Забайкалья, а впоследствии и других регионов России [1, 5–8].

Объекты исследования

После тщательного анализа обширных литературно-фондовых материалов, рекогносцировочных исследований были выбраны следующие первоочередные объекты: золотосодержащие месторождения (табл. 1), горно-технологические отходы или техногенные месторождения (табл. 2) и россыпные месторождения. В них учтены содержания и запасы золота и других полезных компонентов, которые относятся к категории «видимых», т. е. наблюдаемых визуально или под микроскопами, а также выявляемых известными методами. Учитывая, что практически в рудах всех типов месторождений присутствует дисперсное (невидимое) золото [1, 5–7], на долю которого по данным академика РАН В. Г. Моисеенко и др. [2, 3] приходится от 30 до 65 % его запасов, то изучению его форм нахождения в этих объектах было уделено основное внимание.

Геотехнологии освоения месторождений и природно-техногенного минерального сырья

Эффективное кучное и блочное выщелачивание меди и сопутствующих серебра и золота из упорных смешанных и первичных руд, а также из хвостов флотации в общей структуре комбинированной технологической схемы разработки крупного Удокан-

Таблица 1

Характеристика основных рудных золотосодержащих месторождений Восточного Забайкалья

Characteristics of the main ore gold-bearing deposits of Eastern Transbaikalia

Месторождения	Рудообразующие минералы и элементы	Содержание Au (г/т) и запасы (т)	Геолого-технологические сорта руд	Примененные схемы обогащения
Дарасунское	Пирит-арсенопирит-халькопирит-пирротин-галенит-сфалерит-блеклые руды-бурнонит-золото-тетрадимит (Fe-As-Cu-Pb-Zn-Au-Ag-Bi-Te-S)	Au — 14,6 – 15,4 Запасы — 60	1. Окисленные 2. Смешанные 3. Сульфидные	Флотогравитация
Ключевское	Пирит-арсенопирит-халькопирит-галенит-гематит-сфалерит-турмалин(Fe-As-Cu-Pb-Zn-Au-Ag-S-O-B)	Au — 2,15 Запасы — 62	1. Окисленные 2. Сульфидные	1.Гравитация 2.Флотация 3.Цианирование
Балейско-Тасеевское	Кварц-халцедон-пирит-марказит-бертьерит-бурнонит-арсенопирит-халькопирит-пираргирит-тетраэдрит-золото-стефанит-геокронит-висмутин (Fe-As-Cu-Au-Ag-Sb-Pb-Bi-Hg-S)	Au — от первых г/т до десятков и сотен кг/т Запасы — 120	1. Богатые 2. Бедные 3. Смешанные	1.Гравитация 2.Флотация 3. Электрохимическое выщелачивание
Удоканское	Халькозин-борнит-халькопирит-пирит-магнетит (Cu-Fe-Ag-Au-S-Co-Ni-Bi-Pd-S)	Au — 0,015 – 0,025 Запасы- 14	1. Окисленные 2. Смешанные 3. Сульфидные	Флотация
Бугдаинское	Молибденит-пирит-галенит-сфалерит-борнит-шеелит-арсенопирит-магнетит-золото (Mo-Fe-Pb-Zn-Au-Sb-As-W-Bi-Sn)	Au — 0,2 Запасы -11	1. Сульфидные 2. Окисленные	1. Гравитация 2.Флотация 3.Гидрометаллургия
Новоширокское	Галенит-сфалерит-блеклые руды-халькопирит-антимонит-золото-пирит (Pb-Zn-As-Sb-Au-Ag-Fe-Mo-Bi-Hg-Cu-S-O)	Au — 1,0 – 41,2 Запасы — 14	1. Смешанные 2. Сульфидные	Флотация

ского месторождения является стратегической задачей его освоения. Месторождение Удокан представляет собой сложноструктурный участок недр

(площадью более 30 км²) с деформированными в складки пластами несущих рудную минерализацию горных пород, которые разрываются и смещаются

Таблица 2

Характеристика горно-технологических отходов
Characteristics of mining and technological waste

Рудник	Типы техногенных отходов	Состав отходов и их объем (V) тыс. т	Запасы золота, кг
Балейско-Тасеевский	1. Отвалы вскрышных пород	Глыбы, щебень конгломератов, песчаников V — 81870	27715
	2. Хвосты ОФ	Шлам после гравитации и флотации V — 250864	32324
Дарасунский	1. Отвалы огарков подового обжига	1. Спекшийся материал V — 50	310
	2. Отвалы кеков цианирования	2. Затвердевший ил V — 100	700
	3. Хвосты ОФ	3. Шламы V — 4710	1700
Любавинский	1. Хвосты ОФ	1. Шламы после гравитации и флотации V — 753	1156
	2. Отвалы пород и бедных руд	2. Обломки пород и минералов V — 1452	1635
Ключевский	1. Отвалы хвостов цианирования	1. Рыхлый ил V — 1500	900
	2. Отвалы вскрышных пород	2. Обломки гранитоидов V — 70000	24500
Давендинский	Хвосты ОФ	Шлам V — 3485	842
Усть-Карский	1. Отвалы пород и бедных руд	1. Глыбы и щебень гранитоидов и габброидов V — 1000	300
	2. Хвосты ОФ	2. Иловый материал V — 400	140

поперечно ориентированными разломами и плитообразными дайками габбро-диабазов. Сам вертикальный разрез месторождения представляет «слоеный пирог», где участки с рудной минерализацией переслаиваются с «пустыми» горными породами. Район характеризуется значительным перепадом высот (более 1000 м) и повышенной сейсмической активностью (количество фиксируемых подземных толчков иногда достигает более 20 в сутки). В этом слу-

чае большие объемы извлекаемой руды и вскрышных пород (миллиарды тонн) могут вызвать усиление сейсмической активности, что может привести к развитию следующих опасных процессов: потере устойчивости нерабочих бортов карьеров, сдвигению больших объемов горной массы отвалов вскрышных пород.

Нами обоснована технология комбинированной разработки месторождения (рис. 1), в которой предусмотрено

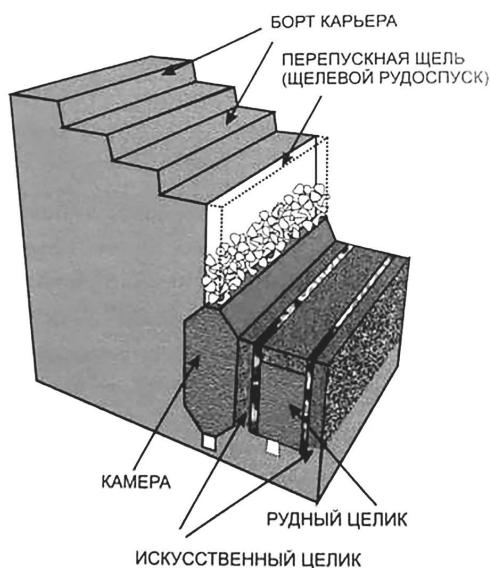


Рис. 1. Предлагаемая схема комбинированной разработки Удоканского месторождения
 Fig. 1. Proposed scheme of combined development of the Udokan field

ведение открытых горных работ очередями, малыми карьерами с использованием для переработки бедных руд верхней части месторождения технологии кучного выщелачивания. В глубинной зоне — зоне ведения подземных работ по предлагаемой технологии не будет оставаться пустот, формируемых при выемке богатых руд малыми камерами. Выработанное пространство через щелевые рудоспуски в циклично-поточном режиме закладывается рядовыми рудами, добытыми в карьере. Таким образом, камеры служат буферно-усреднительными емкостями. На завершающем этапе эти камеры закладываются некондиционной и разубоженной рудой, из которых металлы впоследствии будут извлекаться методом блочного выщелачивания в две стадии: на первой применяют подготовленные фотоэлектрохимическим способом окисляющие активированные серноокисотно-пероксидные растворы;

на второй используют хлоридно-пероксидные рабочие растворы, в которых синтезируются высокоактивные окислители и комплексообразователи. Орошение растворами второй стадии осуществляют в пульсационно-статическом гидродинамическом режиме. Для удоканских и, возможно, чинейских комплексных медных руд, вероятно, может быть использована также технология SX/EW, сущность которой заключается в выщелачивании окисленных руд с последующим извлечением меди из продуктивных растворов экстракцией и электроосаждением. Эта технология значительно дешевле традиционной и позволяет получать конечный продукт — катодную медь — непосредственно на горнодобывающем предприятии.

Экспериментальное подтверждение эффективности процессов активационного кучного выщелачивания золота и ряда других ценных элементов активированными растворами, подготовленными в фотоэлектрохимических реакторах (рис. 2), проведено на рудах месторождений Погромное, Амазаркан, техногенно трансформированных минеральных образованиях — хвостах обо-



Рис. 2. Реакторы для проведения испытаний электрофотохимического кучного выщелачивания
 Fig. 2. Reactors for conducting electrophotochemical heap leaching tests

гащения и кеках цианирования Дарасунского рудника, хвостах обогащения Орловского, Шахтаминского, БомГорхонского рудников, гале-эфельных отвалов и твердой фазы слива сгустителей на приисках Алия и Кручина. Установлено, что доизвлечение дисперсного золота из ранее окомкованных выщелоченных руд на Погромном месторождении активированными растворами составило 37,3 %, а из повторно окомкованных — 58,3 %.

При проведении исследований на ряде забайкальских объектов было доказано, что перед выщелачиванием необходимо проводить взрывоинъекционную подготовку руд, что обеспечивает формирование в них сети микротрещин и микродефектов, по которым будут поступать выщелачивающие растворы. В качестве окислителя наиболее приемлемым является биэлектrolит, подготовленный на основе раствора гидрокарбоната натрия, содержащего мононадугольную (H_2CO_4) и надугольную ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_6$) кислоты и надпероксиды щелочных металлов $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_6$ и $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_6$. Биэлектrolит помещается внутри зарядов

ВВ, который при взрыве подвергается термобарическому воздействию, и образующиеся перегретые пары при проникновении в раскрывающиеся микротрещины окисляют поверхностные слои рудных минералов. Взрывоинъекционную подготовку руд к выщелачиванию (активированными растворами) можно осуществлять скважинными зарядами, внутри которых коаксиально размещены трубки с концентрированными растворами реагентов двух типов, которые при инициированном взрывом смешении продуцируют высокоактивные окислители (рис. 3). Реагентный состав растворов, используемый при взрывоинъекционной подготовке к шахтному выщелачиванию и собственно выщелачиванию, определяется вещественно-структурными особенностями руд. Для руд золото-сульфидно-кварцевой, золото-сульфидной, золото-сульфо-арсенидной формаций, а также молибденовых руд со значительным количеством сульфидов, содержащих дисперсное золото, рационально использовать анолит, доукрепленный соляной кислотой и раствор гипох-

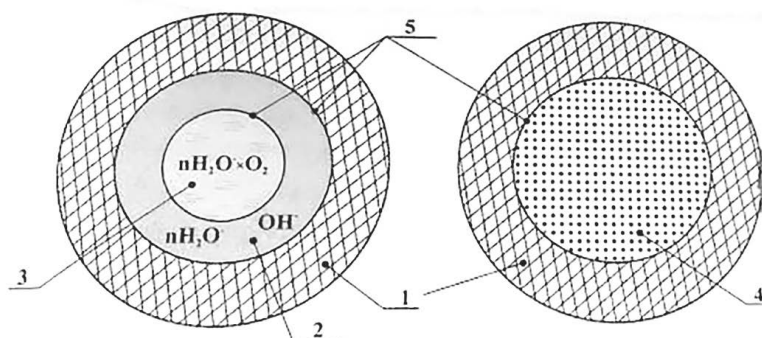


Рис. 3. Конструкция заряда ВВ для взрывоинъекций выщелачивающих реагентов: 1 — взрывчатое вещество; 2 — католитный раствор; 3 — раствор анолита; 4 — взрывчатое вещество с ценосферами, заполненными растворами или газами; 5 — пластиковые оболочки

Fig. 3. Design of the explosive charge for explosive injections of leaching reagents: 1 — explosive; 2 — catholyte solution; 3 — anolyte solution; 4 — explosive with cenospheres filled with solutions or gases; 5 — plastic shells

лорита. При большом содержании в рудах пирита и пирротина, а также при разработке месторождений черносланцевых или углистых формаций (которые есть в Забайкалье), наиболее целесообразно использовать анолит, подготовленный на основе серной кислоты и/или щелочно-пероксидный биэлектролит, прошедший фотоэлектрохимическую обработку. При проведении взрывоинъекционных экспериментов на рудах Дарасунского месторождения повышение извлечения золота составило от 3,5 до 9 %.

Третьим значимым объектом наших исследований являлись россыпные месторождения золота — Кручининское, Дабиха, Кия, которые характеризуются весьма сложными особенностями состава, строения и условий залегания продуктивных пластов [8].

Эти эксплуатируемые россыпные месторождения характеризуются низкими содержаниями полезных компонентов, наличием большого количества мелкого и тонкого золота, глубоким залеганием продуктивных пластов. В связи с этим возникает необходимость разработки низкзатратных технологий, одна из которых предложена нами. Было теоретически обосновано и экспериментально подтверждено, что скважинное выщелачивание золота из глубокозалегающих россыпей и из лежалых хвостов обогащения может быть осуществлено путем предварительного дренажа продуктивного пласта через систему закачных скважин и скважин двойного назначения (закачных-откачных), пропитки песков россыпи электроактивированным концентрированным цианидным раствором или концентрированным фотоэлектроактивированным хлоридным раствором с последующим электродиф-

фузионным концентрированием выщелоченных металлов в прифилтровой зоне откачных скважин, оборудованных погружными электросорберами [1,8]. При испытаниях, проведенных на участке Цункурук (Кручининское месторождение) из блока минеральной массы объемом 1 м³, пропитанной через каналы и скважины на сорбент (ионообменную смолу А-100, подготовленную в хлор-форме) за полтора месяца было извлечено более 70 % золота.

Приведенные разработки внедрены или приняты к внедрению на руднике Апрельково, ЗАО ПК Кварц, ряде старательских артелей Забайкалья и др.

Заключение

Исследованы разнообразные геолого-промышленные объекты забайкальских недр (золотосодержащие рудные, геотехногенные и россыпные месторождения) с позиций применимости при их освоении физико-химических геотехнологий. С использованием предложенных и апробированных аналитических методик в исследованных объектах установлено наличие дисперсных (наноразмерных) форм золота и других благородных металлов, извлечение которых инновационными геотехнологиями, прошедшими стадию опытно-промышленных испытаний и частично внедренными на ряде забайкальских предприятий, позволит дополнительно пополнить запасы и ресурсы названных металлов. Таким образом, возможно существенно расширить минерально-сырьевую базу Забайкальского края, что будет способствовать развитию его экономики. Теоретические разработки вполне могут быть применены и в других регионах России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Секисов А. Г., Зыков Н. В., Королев В. С. Дисперсное золото: геологический и технологический аспекты — М: Горная книга, 2012 — 224 с.
2. Моисеенко В. Г., Кузнецова И. В. Нанозолото в древних известняках и доломитах Октябрьского рудного поля (Приамурье) // Доклады РАН. 2014. Т. 456. № 4. С. 468—471.
3. Моисеенко В.Г., Моисеенко Н. В., Сафронов П. П. Наноразмерное золото в рудах Покровского месторождения // Доклады РАН, 2010, т. 435, № 4, С. 527 — 530
4. Liipo J. Geometallurgical characterization of South Georgian complex copper-gold ores / J. Liipo, M. Hicks, V-P. Takalo, A. Remes, M. Talikka, S. Khizanishvili, M. Natsvlshvili // Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy. — 2019. — Т. 119, № 4. pp. 333—338.
5. Velasquez-Yevenes L. Leaching of chalcopyrite ore agglomerated with high chloride concentration and high curing periods / L. Velasquez-Yevenes, D. Torres, N. Toro // Hydrometallurgy. — 2018. — № 181. — pp. 215—220.
6. Ofori-Sarpong G. Preg-robbing of gold from cyanide and non-cyanide complexes: Effect of fungi pretreatment of carbonaceous matter / G. Ofori-Sarpong, K. Osseo-Asare // International Journal of Mineral Processing. — 2013. — Т. 119. — с. 27—33.
7. Ahtiainen R. Cyanide-free gold leaching in exceptionally mild chloride solutions / R. Ahtiainen, M. Lundstrom // Journal of Cleaner Production. — 2019. — Т. 234. — с. 9—17.
8. Опарин В. Н., Смоляницкий Б. Н., Зыков Н. В. и др. Перспективные технологии разработки золотороссыпных месторождений Забайкальского края // Физико-химические проблемы разработки полезных ископаемых — Новосибирск. 2017, № 3 — С. 70—78.
9. Секисов А.Г., Лавров А. Ю., Рассказова А. В. Фотохимические и электрохимические процессы в геотехнологии — Чита: ЗабГУ, 2019. — 306 с.
10. Bobadilla-Fazzini R., Perez A. G., Gautier V., Jordan H., Parada P. Primary copper sulfides bioleaching vs.chloride leaching: advantages and drawbacks // Hydrometallurgy, 2017, vol. 168, p. 26 — 31.
11. Introduction to evaluation, design and operation of precious metal heap leaching projects // Society of mining engineers — Littleton, 1988, vol. VII, p.732.
12. Салихов В. С., Манзырев Д. В., Шевченко Ю. С. и др. Геолого-технологическая оценка и новые геотехнологии освоения природного и техногенного золотосодержащего сырья Восточного Забайкалья — Чита: ЗабГУ, 2011. — 312 с. **ИДБ**

REFERENCES

1. Sekisov A. G., Zykov N. V., Korolev V. S. *Dispersnoe zoloto: geologicheskij i tekhnologicheskij aspekty* [Dispersed gold: geological and technological aspects]. Moscow: Gornaya kniga, 2012. 224 p. [In Russ]
2. Moiseenko V. G., Kuznecova I. V. *Nanozoloto v drevnih izvestnyakah i dolomitah Oktyabr'skogo rudnogo polya (Priamur'e)* [Nanzoloto in ancient limestones and Dolomites of the Oktyabrsky ore field (Priamurye)]. Doklady RAN. 2014. T. 456. no. 4. pp. 468—471. [In Russ]
3. Moiseenko V.G, Moiseenko N. V., Safronov P. P. *Nanorazmernoe zoloto v rudah Pokrovskogo mestorozhdeniya* [Nanoscale gold in the ores of the Pokrovskoye Deposit]. Doklady RAN, 2010, t. 435, no. 4, pp. 527—530 [In Russ]
4. Liipo J., Hicks M., Takalo V-P., Remes A., Talikka M., Khizanishvili S., Natsvlshvili M. Geometallurgical characterization of South Georgian complex copper-gold ores. *Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. 2019. T. 119, no. 4. pp. 333—338. [In Russ]
5. Velasquez-Yevenes L., Torres D., Toro N. Leaching of chalcopyrite ore agglomerated with high chloride concentration and high curing periods. *Hydrometallurgy*. 2018. no. 181. pp. 215—220. [In Russ]

6. Ofori-Sarpong G., Osseo-Asare K. Preg-robbing of gold from cyanide and non-cyanide complexes: Effect of fungi pretreatment of carbonaceous matter. *International Journal of Mineral Processing*. 2013. T. 119. pp. 27 – 33.

7. Ahtiainen R. Cyanide-free gold leaching in exceptionally mild chloride solutions / R. Ahtiainen, M. Lundstrom. *Journal of Cleaner Production*. 2019. T. 234. pp. 9 – 17.

8. Oparin V. N., Smolyanickij B. N., Zikov N. V. i dr. Advanced technologies for the development zolotorudnyh deposits in Zabaykalsky Krai. *Fiziko-himicheskie problemy razrabotki poleznyh iskopaemyh*. Novosibirsk. 2017, no. 3. pp. 70 – 78. [In Russ]

9. Sekisov A.G, Lavrov A. Yu., Rasskazova A. V. *Fotohimicheskie i elektrohimicheskie processy v geotekhnologii Chita* [Photochemical and electrochemical processes in Geotechnology]: ZabGU, 2019. 306 p. [In Russ]

10. Bobadilla-Fazzini R., Perez A. G., Gautier V., Jordan H., Parada P. Primary copper sulfides bioleaching vs.chlorideleaching: advantages and drawbacks. *Hydrometallurgy*, 2017, vol. 168, pp. 26 – 31.

11. Introduction to evaluation, design and operation of precious metal heap leaching projects. *Society of mining engineers Litt.leton*, 1988, vol. VII, p. 732.

12. Salihov V. S., Manzyrev D. V., Shevchenko Yu. S. i dr. *Geologo-tekhnologicheskaya ocenka i novye geotekhnologii osvoeniya prirodnogo i tekhnogennogo zolotosoderzhashchego syr'ya Vostochnogo Zabajkal'ya Chita* [Geological and technological assessment and new geotechnologies for the development of natural and technogenic gold-bearing raw materials in Eastern Transbaikalia-Chita]: ZabGU, 2011. 312 p. [In Russ]

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Секисов Артур Геннадиевич — докт. техн. наук, главный научный сотрудник Института горного дела ДВО РАН, Хабаровск, Россия, почетный профессор Забайкальского государственного университета, Чита, Россия;

Рубцов Юрий Иванович — докт. техн. наук, профессор Забайкальского государственного университета, зав.лаб. Читинского филиала Института горного дела СО РАН Чита, Россия;

Лавров Александр Юрьевич — канд. техн. наук, декан факультета экономики и управления Забайкальского государственного университета, в.н.с. Читинского филиала Института горного дела СО РАН Чита, Россия;

Трубачев А. И. — докт. геол.-минерал. наук, профессор Забайкальского государственного университета, зав.лаб. Читинского филиала Института горного дела СО РАН Чита, Россия.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Sekisov A. G., Doct. Dr. Sci. (Eng.), Institute of Mining, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia, Honorary Professor, Trans-Baikal State University, Chita, Russia;

Rubtsov Yu. I., Doct. Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Trans-Baikal State University, Head of the Laboratory, Chita Branch of the Institute of Mining SB RAS Chita, Russia;

Lavrov A. Yu., Cand. Sci. (Eng.), Dean of the Faculty of Economics and Management of the Trans-Baikal State University, senior researcher Chita Branch of the Institute of Mining SB RAS Chita, Russia;

Trubachev A. I., Cand. Sci. (Geol. Mineral.), Professor of the Trans-Baikal State University, Head of the Laboratory. Chita Branch of the Institute of Mining SB RAS Chita, Russia.

Получена редакцией 20.11.2020; получена после рецензии 17.12.2020; принята к печати 10.02.2021.

Received by the editors 20.11.2020; received after the review 17.12.2020; accepted for printing 10.02.2021.