

УДК 622.775

DOI: 10.21209/2227-9245-2020-26-6-14-25

СТАНОВЛЕНИЕ ЗОЛОДОБОЫЧИ В ЗАБАЙКАЛЬЕ И ПОИСК НАПРАВЛЕНИЙ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИННОВАЦИЙ ПО ТЕХНОЛОГИИ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТА

THE FORMATION OF GOLD MINING IN TRANSBAIKALIA AND SEARCH FOR FURTHER DEVELOPMENT DIRECTIONS BY USING INNOVATIONS IN THE TECHNOLOGY OF GOLD HEAP LEACHING



В. П. Мязин,
Забайкальский государственный
университет, г. Чита
myazinvpchita@mail.ru

V. Myazin,
Transbaikal State University, Chita



Е. С. Соколова,
Забайкальский государственный
университет, г. Чита,
sokolova2132@mail.ru

E. Sokolova,
Transbaikal State University, Chita

Забайкалье, как одна из ведущих минеральных провинций, имеет богатую историю развития золотодобычи. На его территории в XVIII–XIX вв. выявлено более 460 месторождений, что привело в дальнейшем к развитию пирометаллургического способа извлечения благородных металлов при введении в эксплуатацию металлургических заводов.

Методический прием, впервые предложенный В. П. Мязиным и А. А. Вырупаевым, позволил выделить в геосистеме на территории Забайкалья пять характерных этапов развития техники и технологий золотодобычи от обогащения золотосодержащих песков на простейших лотках до применения кучного и подземного выщелачивания ценных компонентов из накопленных отходов и техногенного сырья.

Особое внимание в работе уделено развитию технологии кучного выщелачивания (далее КВ) благородных металлов в Забайкальском крае, поскольку применение традиционных гравитационных методов технологий привело к накоплению большого количества отходов и техногенных образований на территории края. За счет этого выросли потери ценного компонента и произошло загрязнение природных водотоков и воздушного бассейна, что привело к повышенной заболеваемости населения. В этой связи возникла необходимость внедрения малоотходных экологически щадящих технологий, базируемых на использовании инновационных приемов КВ.

В работе применены логические приемы и процедуры анализа и последующего синтеза, рассматривающие технологию КВ как систему взаимосвязанных процессов и технических средств. Анализ технических решений круглогодичного КВ показал, что в условиях криолитозоны для практического использования предложено небольшое количество патентов, следовательно, необходимо дальнейшее изучение проблемы

Ключевые слова: кучное выщелачивание; золотодобыча; патентно-информационный анализ; отходы; техногенные образования; криолитозона; технология; технические решения; патенты; золото

Transbaikalia as one of the leading mineral provinces has a rich history of gold mining development. More than 460 deposits were discovered on its territory in the XVIII and XIX centuries, which led to the further development of a pyrometallurgical method for extracting precious metals when metallurgical plants were put into operation.

The method first proposed by prof. by V. P. Myazin and senior researcher A. A. Vyrupev, it was possible to identify five characteristic stages in the development of gold mining techniques and technologies in the geosystem on the territory of Transbaikalia, starting from the enrichment of gold-containing sands on the simplest trays to the use of heap and underground leaching of valuable components from accumulated waste and man-made raw materials.

Special attention is paid to the development of heap leaching of noble metals in Transbaikalia, since the use of conventional gravity methods technology has led to the accumulation of large amounts of waste and technogenic formations in the territory. Due to this, the loss of a valuable component has increased and there has been pollution of natural watercourses and the air basin, which has led to increased morbidity of the population. In this regard, there is an urgent need to introduce low-waste environmentally friendly technologies based on the use of innovative methods of heap leaching.

The authors have used logical techniques and procedures for analysis and subsequent synthesis, considering heap leaching technology as a system of interrelated processes and technical means. Analysis of technical solutions for year-round heap leaching showed that a small number of patents were proposed for practical use in the cryolithozone, which led to the conclusion that further study of the problem is necessary

Key words: heap leaching; gold mining; patent information analysis; waste; technogenic formations; cryolithozone; technology; technical solutions; patents; gold

Введение. Негативные технологические, экологические и социальные проблемы, связанные с несовершенством традиционно применяемых технологий золотодобычи, обуславливают необходимость разработки малоотходных экологически щадящих технологий.

Объект исследования – кучное выщелачивание Забайкалья.

Предмет исследования – технические решения в Забайкалье по кучному выщелачиванию золота.

Цель исследования – оценка уровня развития техники и технологии кучного выщелачивания золота в условиях Забайкалья и определение тенденции дальнейшего развития.

Задачи исследования:

– оценить уровень современного состояния теории и практики технологии кучного выщелачивания в Забайкалье;

– выявить эффективность технических решений кучного выщелачивания при двух режимах работы (сезонном и круглогодичном) в условиях Забайкалья.

Методология и методы исследования. Методология основана на использовании патентно-информационных исследований при этом применены методы анализа и синтеза технических решений и их сравнительная оценка КВ при различных режимах работы.

Степень научной разработанности проблемы. Выявлены организации-заявители как обладатели патентов на изобретения, являющиеся организациями Забайкалья.

Результаты исследования и их обсуждение. Хронология истории развития золотодобычи в Забайкалье начиная с дореволюционного периода и заканчивая переходом к внедрению физико-химической геотехно-

логии кучного выщелачивания золота бедных руд и накопленных техногенных образований. Выполнен патентно-информационный анализ для оценки уровня развития техники и технологии в Забайкалье, дана количественная сравнительная оценка для каждой организации, являющейся патентообладателем при работе в режиме сезонного и круглогодичного выщелачивания.

Забайкалье – старейшая минерально-сырьевая провинция, на территории которой впервые (1676) обнаружены полиметаллические свинцово-цинковые руды с повышенным содержанием в них драгоценных металлов (серебра и золота) [2; 7].

Дальнейшим поиском и разведкой месторождений в течение XVIII–XIX вв. выявлено более 460 месторождений, что предопределило дальнейшее развитие техники и технологий с преобладанием металлургического извлечения золота и серебра на металлургических заводах [7]. За годы работы Нерчинских заводов в Забайкалье (1701–1871) извлечено (по данным архивных документов) чистого серебра – 412,4 т, чистого золота – 1,4 т.

Первое сообщение А. И. Кулибина о находке россыпного золота (1830) и последующее обнаружение промышленного содержания золота в логу долины Кучертая (Прииск реки Кучертая) [2] положили начало дальнейшему развитию, наряду с рудной, также россыпной золотодобычи в Забайкалье. Первоначально использовались ручные способы разработки месторождений при ведении открытых (наземных) горных работ – лотошный, пахарный, буторный и открытый способы. Преобладающий технологический процесс – промывка песков водой в промывальных колодах, бутерах и шлюзах с использованием конной откатки песков. В качестве основного

метода применялось гравитационное извлечение золота в простейших аппаратах за счет выделения тяжелой фракции в потоке воды, текущей по наклонной плоскости [7].

Дальнейший этап развития технологического процесса россыпной золотодобычи обусловлен использованием высокопроизводительных горных машин (экскаваторы, передвижные мойки, гидравлический и дражный способы разработки (1901–1909). В числе проблемных способов следует выделить гидромеханизированную и дражную технологию разработки россыпей. При этом использование дражного флота следует рассматривать как новый виток технического процесса развития россыпной золотодобычи в Забайкалье.

Последующий этап развития золотодобычи связан с открытием во второй половине XIX в. рудных золотосодержащих месторождений – Илимское, Тура-Илимское, Любавинское, Козловское. Начало эксплуатации крупных и богатых мелких месторождений (Балейское, Тасеевское, Дарасунское). Дополнительное введение в эксплуатацию месторождений с бедными рудами привело к увеличению количественного роста разрабатываемых объектов золотодобычи. К этому времени на территории Забайкалья действовало более 50 рудников и приисков, использующих подземные и открытые способы разработки месторождений.

Первые сведения о исследовании цианидного извлечения золота в Забайкалье связаны с периодом открытия промышленного рудного месторождения (1876) на руднике Ара – Иля [7]. Технология цианидного извлечения золота реализована в летний сезон с помощью построенного перколяционного завода. Процесс выщелачивания золота на заводе предусматривал измельчение руды, реализуемое с использованием двух бегунных чаш с дальнейшим растворением цианидных растворов рудных продуктов в деревянных чашах. Дальнейший перевод выщелоченных растворов в специальные чаны – приемники и осаждение золота в них цинком. Промышленное использование перколяционного завода для извлечения золота дополнительно приводится в сводке при характеристике одного из объектов Ононской группы Восточного Забайкалья. Упоминание о дальнейшем использовании цианидного процесса извлечения золота,

предпринятого к промышленной реализации известными золотопромышленниками Шумовыми, также зафиксировано на Казаковском прииске.

Для всестороннего системного анализа и развития золотодобычи в Забайкалье В. П. Мязиным и А. А. Вырупаевым использован методический прием обобщающей оценки геосистемы (рис. 1), связанной с разведкой и поисками месторождений, способами добычи полезных ископаемых и подготовкой минерального сырья к обогащению и последующей переработке сырья с применением комплекса методов физико-химического и металлургического извлечения золота [7]. С использованием методики оценки геосистем «Горнозаводское дело» и «Горное дело и комплексное освоение недр» выделено пять наиболее характерных этапов использования энергии в геосистемах, учитывающих развитие техники и технологий.

Приведем обобщенные технологические сведения по характеристикам отдельных этапов структуры.

Первый этап – обогащение золотосодержащих песков на простейших лотках и шлюзах на основе распределения минералов по плотности (шлюзы глубокого и мелкого наполнения, применение ртути улавливающих поверхностей).

Второй этап – отработка богатых крупнокрапленых золотосодержащих руд. Строительство бегунных фабрик для извлечения золота с использованием внутренней и внешней амальгамации (рудники Любовь, Хаверга, Ара-Иля, позднее – на Балее и Вершино-Дарасунском рудниках).

Третий этап – строительство гравитационных технологических фабрик с законченным циклом обработки с позиций наиболее полного извлечения золота из руд и металлоносных песков. Выделение в технологическом цикле шламов цианирования и свободного золота амальгамацией.

Четвертый этап – применение процесса извлечения золота флотацией при повышенном содержании в рудах мышьяка и ассоциации золота с сульфидами.

Пятый этап – применение технологических схем и новых физико-химических геотехнологий, в том числе основанных на использовании методов кучного и подземного выщелачивания ценных компонентов из накопленных отходов и техногенного сырья.

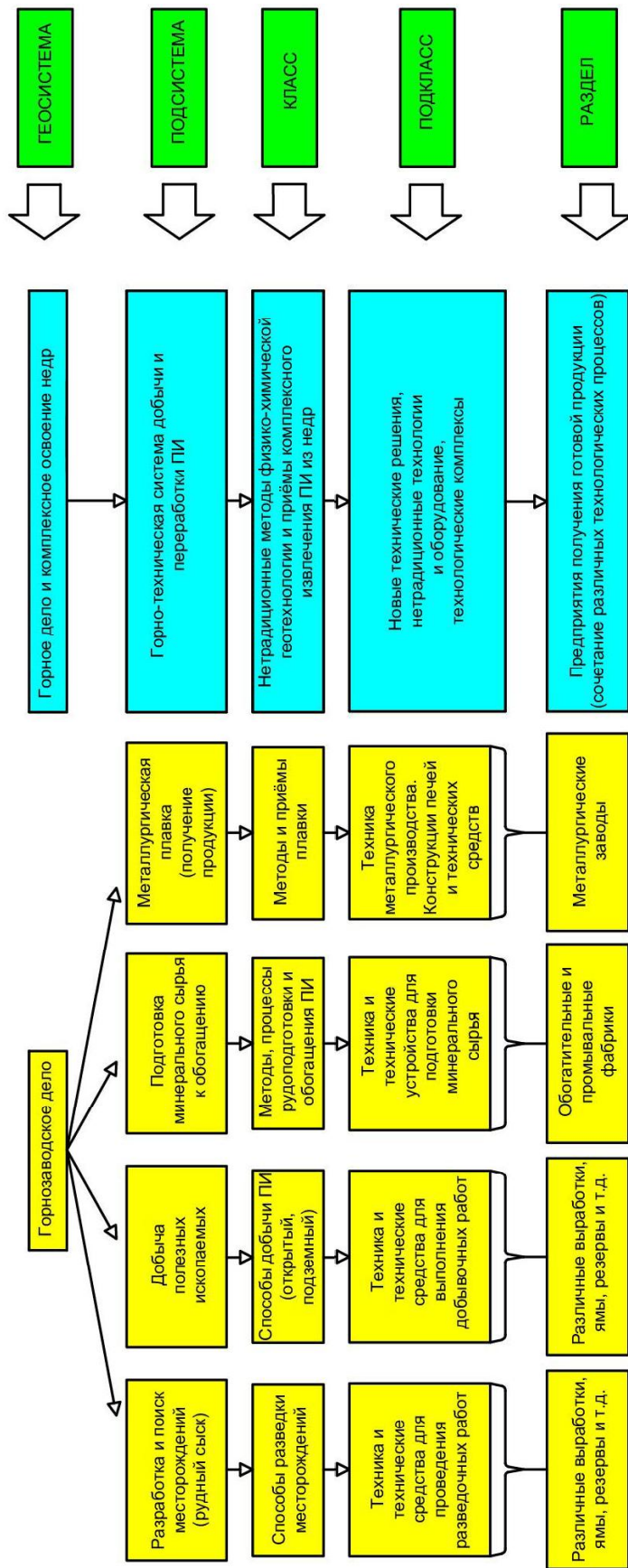


Рис. 1. Структура геосистем «Горнозаводское дело» и «Горное дело и комплексное освоение недр» /
 Fig. 1. The structure of the geological systems "Mining Plant" and "Mining and integrated development of mineral resources"

Для оценки влияния развития золотодобычи в Забайкалье при освоении как россыпных месторождений, так и полиметаллических золотосодержащих руд, применялся системный анализ, который позволил выявить главные технологические, экологические и социальные вызовы XXI в. Главные из них: истощение природных ресурсов; экология – человек – природная среда; решение социально-политической обстановки в мире.

Основные причины их возникновения в первую очередь связаны с несовершенством традиционно применяемых технологий золотодобычи. Это привело к накоплению на территории Забайкалья большого количества отходов и техногенных образований [4], в том числе представленных отвалами вскрышных и вмещающих пород. Выявлены высокие технологические потери ценного компонента при извлечении из руд и металлоносных песков; высокий выход хвостов после извлечения золота, который в ряде случаев достигает 90 %; отчуждение земельных угодий из сельскохозяйственного оборота при размещении отвалов и хвостохранилищ; повышенное загрязнение прилегающих водотоков тонкодисперсными веществами и накопленные в минеральных отходах токсичных компонентов; загрязнение прилегающих почв населенных пунктов, расположенных вблизи ведения горных работ; нарушение качества питьевых и сточных вод, приводящих к болезням населения [6]; низкая эффективность применения природоохранных комплексов и превышение предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в воздушном бассейне вблизи населенных пунктов. Последнее также ведет к повышению заболеваемости населения.

Названные негативные последствия золотодобычи привели к тому, что часть территории Забайкалья в местах интенсивной эксплуатации месторождений условно перешла в разряд «отходных» – с высокой экологической напряженностью.

Весь комплекс негативных проблем золотодобычи (рудной и россыпной) заставляет обратить особое внимание ученых, практиков и проектировщиков на необходимость разработки малоотходных экологически щадящих технологий, направленных на решение возникших вызовов в природной среде горнопромышленными и золотодобывающими комплексами.

Среди значимых достижений последующих лет в первую очередь следует выделить разработку и создание новых инновационных физико-химических геотехнологий кучного выщелачивания (КВ) золота для комплексного решения технологических, экологических и социальных проблем, путем вовлечения в эксплуатацию накопленных отходов и техногенных образований. Существенные преимущества физико-химической геотехнологии заключаются прежде всего в простоте оформления процесса выщелачивания руд при более низких капитальных затратах [5]. Например, технико-экономические затраты на строительство установок КВ не превышают 25 % от вовлечения в эксплуатацию стационарных обогатительных фабрик. Общее количество предприятий, использующих технологию КВ благородных металлов в России, составляет 28, в том числе 8 – в Забайкальском крае, что отражено в таблице.

Краткая историческая справка по применению метода КВ. Впервые возможность использования цианида как растворителя золота показаны шведским химиком К. В. Шееле (1783) и русским ученым П. Б. Багратионом (1843) [7]. Способ цианидного извлечения золота запатентован Джоном Макартуром и братьями Робертом и Уильямом Форест в 1887 г. (патент № 14174). Сущность процесса цианидного извлечения золота заключалась в использовании щелочного цианистого комплекса и последующего осаждения ценного компонента из выщелачивающих растворов на цинковую пыль.

Опыты, проведенные на золотосодержащих эфельных продуктах песков, показали, что наибольший эффект цианистого раствора достигается в слабом водном растворе калия. Основная протекающая реакция $2\text{Au} + 4\text{NaCN} + 1/2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NaAuCN}_2 + 2\text{NaOH}$.

Процесс растворения цианистым калием наиболее эффективно протекает в присутствии кислорода и зависит не только от концентрации раствора, но и от количества растворенного в нем кислорода.

Впервые в производственной практике метод КВ золота из руд применен в США компанией Карлин Голд Майнинг (штат Невада) [5] в начале 1970-х гг. Однако освоение технологии КВ золота из минерального сырья происходило и происходит не так успешно, как хотелось бы практикам [3]. Главные сдерживающие причины – отсутствие научно обо-

снованного выбора решения по КВ золота с учетом особенностей вещественного состава руд и накопленных отходов, размещение большинства месторождений, техногенных образований в условиях криолитозоны [8]. До сих пор не выполнена систематизация патентных разработок организаций – заявителей, имеющих определенные достижения

и негативный отрицательный опыт по внедрению КВ золота в Забайкалье. Большинство золотосодержащих месторождений располагается на территории криолитозоны [9] и известные технические решения не дают возможность перенести технологию КВ в условия холодного климата.

Перечень золотосодержащих месторождений и наименование предприятий, использующих технологию КВ драгоценных металлов из накопленного техногенного сырья в Забайкалье / The list of gold-bearing deposits and the name of enterprises using the HL technology of precious metals from accumulated industrial raw materials in Transbaikalia

Месторождение / Deposit	Предприятие / Company
Амазаркан (приостановлено) / Amazarkan (suspended)	ОАО ГК «Амазаркан» / JSC GC «Amazarkan»
Дельмачик (приостановлено) / Dalmachik (suspended)	–
Богомолдовское / Bogomolovskoye	ООО «Рудтехнология» («Солкокон») / ООО «Rucheynaya» («Solkokon»)
Козловское (планируется) / Kozlovskoye (planned)	ООО «Рудтехнология» («Солкокон») / ООО «Rucheynaya» («Solkokon»)
Савкинское / Savkinskoye	ООО «Ильдиканзолото» / ООО «Ildikanzoloto»
Погромное / Pogromnoe	Рудник «Апрелково» / «Aprelko» Mine
Итакинское (Могочинский рудный узел) / Itakinskoye Mogochinsky ore cluster)	Ксеньевский прииск / Ksenievskiy mine Ксеньевский прииск / Ksenievskiy mine
Любавинское / Lyubavinskoye	Рудник «Любовь» / Mine « Lyubov»

Методика проведения патентно-информационных исследований для оценки эффективности используемых технических решений при КВ золота. Для оценки технических решений предложено использовать логические приемы и процедуры патентного анализа, рассматривающие технологии как систему взаимосвязанных процессов и технических средств технологического комплекса КВ золота. На первом этапе используется предварительно непатентная документация, затем – патентная информация, опережающая все другие виды источников информации на 10...15 лет. Непатентная техническая информация (монографии, научные статьи, диссертации, статьи в горном информационно-аналитическом бюллетене, труды международного научного симпозиума «Неделя горняка» и материалы международных совещаний различных годов) позволяет получить сведения о технологии КВ ценных компонентов и наметить предмет и объект исследования.

Процедура проведения логических исследований с использованием патентов и авторских свидетельств предусматривает:

– мысленное расчленение технологии КВ на отдельные части и элементы (рис. 2, 3);

– выделение основных процессов, приемов и операций с использованием химических выщелачивающих агентов с учетом взаимосвязи добычных и транспортирующих комплексов рудоподготовки, технических средств, предназначенных для формирования и орошения штабеля (кучи), системы сбора выщелачивающих продуктивных растворов и последующего извлечения из них ценных компонентов;

– проведение патентного анализа объектов изобретения с использованием основных индексов международной патентной классификации (МПК) с указанием класса, подкласса, группы, подгруппы и т. д.



Рис. 2. Блок-схема основных процессов КВ ценных компонентов / Fig. 2. Block diagram of the main processes of HL valuable components

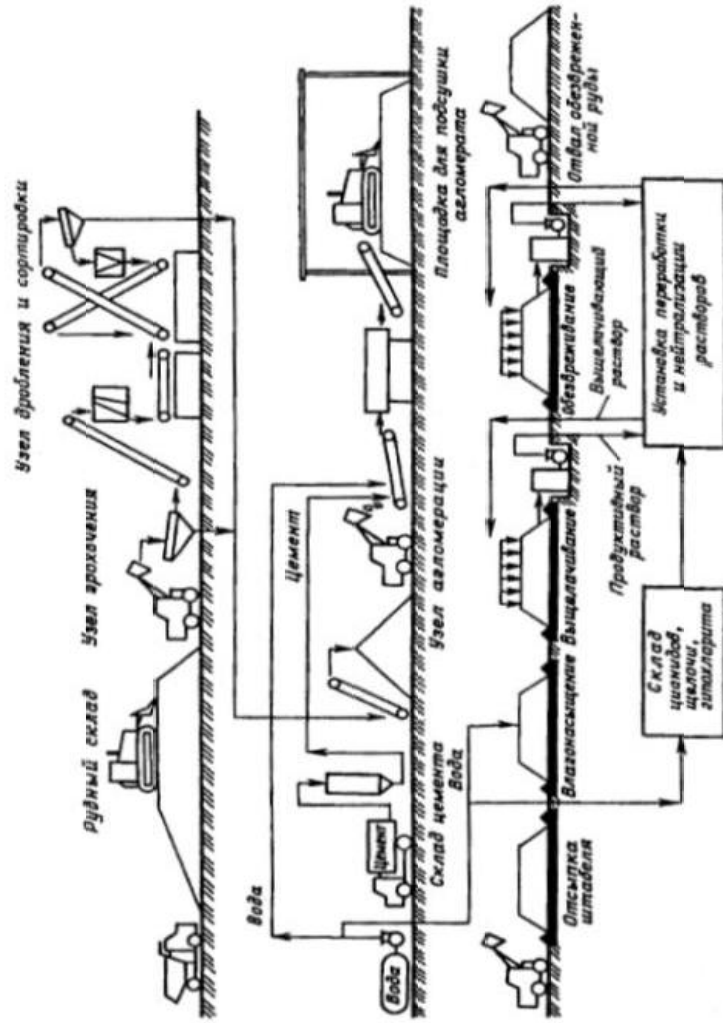


Рис. 3. Схема цели аппаратов – аппаратное оформление технологического комплекса КВ ценных компонентов [7] / Fig. 3. The circuit diagram of the apparatus – hardware design of the technological complex HL valuable components [7]

Затем формируются данные при двух режимах работы установок (в летний и зимний период времени) с указанием объекта изобретения, номера патента, автора, организации-заявителя, цели и приемов достижения технического решения, вычлененных из формулы изобретения. Например, устройства, комплексы, вещества, способы, штаммы микроорганизмов и группы изобретений, обеспечивающих получение технического результата.

В соответствии с технологией КВ золота и правилами составления, подачи и рассмотрения документов на объекты изобретения, согласно Приказу Министерства экономического развития Российской Федерации от 25 мая 2016 г. № 316 «Об утверждении Правил составления, подачи и рассмотрения документов, являющихся основанием для совершения юридически значимых действий по государственной регистрации изобретений, и их форм, требований к документам заявки на выдачу патента на изобретение»:

– к устройствам относятся изделия, не имеющие составных частей (деталей) или состоящие из двух и более частей специализированных изделий (грохот, радиометрический сепаратор, дробилка и т. д.), предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций, например, технологические, поточные линии;

– веществами являются химические соединения, например, цианид натрия, соляная кислота, поверхностно-активные вещества, регуляторы среды;

– композиции (составы, смеси), например, цемент-руда, глина-песок-геотекстиль;

– штаммы микроорганизмов, например, бактерии, консорциумы микроорганизмов;

– способами являются процессы осуществления действия над материальным

объектом с помощью материальных средств (например, процесс дробления, грохочения, сортировки и т. д.).

В работе приводится патентный анализ технических решений в режиме КВ минерального сырья. Установлено, что всего в Забайкалье по КВ золота получен 31 патент. Основными организациями-заявителями являются:

– Читинский институт природных ресурсов СО АН СССР (один патент на раствор для геотехнологического выщелачивания металлов из руд);

– Читинский политехнический институт (ЧитПИ), далее Читинский государственный технический университет (ЧитГУ), Забайкальский государственный университет (ЗабГУ). Всего ЧитПИ, ЧитГУ, ЗабГУ получено патентов – 26, из них ЧитПИ – 2, ЧитГУ – 12, ЗабГУ – 12;

– Институт горного дела СО РАН – 2;

– ЗабГК им. М. И. Агошкова – 1;

– Забайкальский комплексный научно-исследовательский институт (ЗабНИИ) – 1;

– ООО «Хара-Шибирский сурьмяной комбинат» – 1.

Анализ выявленных изобретений показал, что больше всего технических разработок запатентовано в ЗабГУ (ЧитПИ, ЧитГУ), два технических решения в институте горного дела СО РАН, по одному – ИПРЭК, ЗабГК им. М. И. Агошкова. Особенно важно отметить тенденцию, прослеживаемую в сформированных патентных исследованиях, связанную с разработкой новых решений с фотоэлектрохимической обработкой растворов.

Анализ технических решений по объектам техники: вещество – 1, устройство – 8, поточная линия – 1, способ – 24.

Больше всего приходится на объект изобретения – способ КВ ценных металлов (рис. 4).

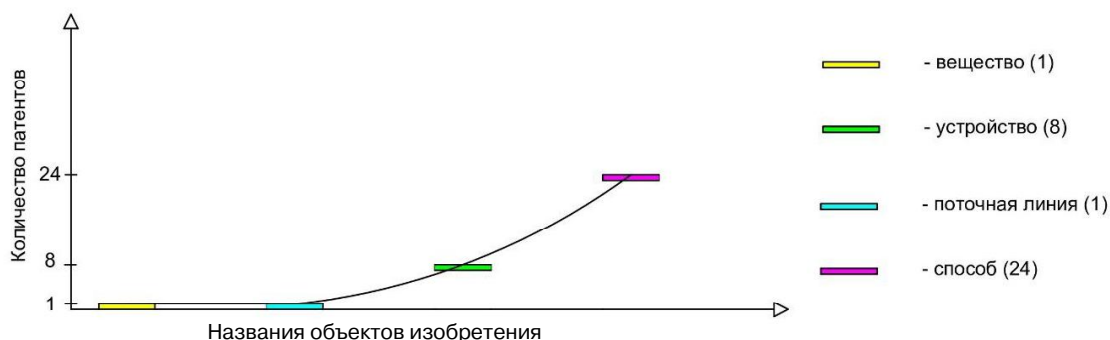


Рис. 4. Количественная оценка патентов по объектам изобретения (сезонный режим работы) /
Fig. 4. Quantification of patents for objects of invention (seasonal mode of operation)

Выделены наиболее значимые решения в патентах:

– основание для КВ руд из хвостов и концентратов (первое опубликование – 1997 г., с окончанием – 2008 г.) Решения направлены на повышение технической надежности гидроизолированного слоя противотрационного основания за счет применения слоя глины с композитными и текстильными материалами (патент № 2110680, E21B 43/28 (1995.01), C22B 3/00 (1995.01), опубл. 10.05.1998.);

– способ осаждения золота и устройство для его осуществления, направленные на повышение эффективности процесса извлечения золота из продуктивных растворов (патент № 2198232, C22B 11/00 (2000.01), C22B 3/02 (2000.01), C22B 3/46 (2000.01), опубл. 10.02.2003);

– способ извлечения золота кучным и перколяционным выщелачиванием из шламистых и глинистых руд, в котором эффективность технического решения достигается использованием ПАВ и регулирования кислотности среды (в пределах 10,5-11,5) с использованием щелочи (патент № 2223339, C22B 11/08 (2000.01), опубл. 10.02.2004);

– способ КВ золота в штабелях и устройство для его осуществления, в которых производится укладка руды в штабель с разделением секций гидроизолированными перемышками, поочередное выщелачивание руды в секциях (патент № 2268318, C22B 11/08 (2006.01), C22B 3/02 (2006.01), опубл. 20.01.2006);

– способ рудоподготовки техногенных отходов к КВ золота достигается путем совместного окомкования забалансовой руды и лежалых хвостов при добавлении цемента (патент № 2283883, C22B 11/08 (2006.01), опубл. 20.09.2006);

– способ КВ золота из окисленных и смешанных руд, который достигается осуществлением специальных режимов обработки сырья. Первый этап – использование гидроксида щелочного металла при окиси кальция и перекиси водорода. Второй этап – доукрепление водным раствором гидроксида щелочного металла или окиси кальция и перекиси водорода с выделением цианида натрия (патент № 2361076, E21B 43/28 (2006.01), опубл. 10.07.2009);

– пакет из одиннадцати патентов (патент № 2350665, C22B 3/18 (2006.01),

C22B 11/08 (2006.01), опубл. 27.03.2009; патент № 2361937, C22B 11/00 (2006.01), C22B 3/06 (2006.01), C22B 3/18 (2006.01), опубл. 20.07.2009; патент № 2490345, C22B 11/08 (2006.01), опубл. 20.08.2013; патент № 2557024, E21B 43/28 (2006.01), опубл. 20.07.2015; патент № 2553811, E21B 43/28 (2006.01), опубл. 20.06.2015; патент № 2566227, C22B 11/08 (2006.01), C22B 7/00 (2006.01), C22B 3/04 (2006.01), опубл. 20.10.2015; патент № 2566231, C22B 11/08 (2006.01), опубл. 20.10.2015; патент № 2585593, C22B 11/00 (2006.01), C22B 7/00 (2006.01), C22B 3/04 (2006.01), опубл. 27.05.2016; патент № 2608479, C22B 11/00 (2006.01), C22B 7/00 (2006.01), C22B 3/04 (2006.01), опубл. 18.01.2017; патент № 2608481, C22B 11/00 (2006.01), C22B 3/04 (2006.01), 18.01.2017, опубл.; патент № 2635582, C22B 11/00 (2006.01), C22B 3/04 (2006.01), опубл. 14.11.2017 – предложения А. Г. Секисова с соавторами), начиная со способа подготовки упорных сульфидных руд и концентратов к выщелачиванию и заканчивая способами выщелачивания золота из упорных руд и техногенных образований (выделяются как технические разработки, создаваемые на основе инноваций для КВ золота);

– поточная линия для переработки сурьмяных золотосодержащих руд – направлена на решение комплексного использования минерального сырья путем извлечения сурьмы и золота из бедных руд со специальным аппаратным оформлением технологической схемы. Разработка выполнена ЗабГУ и ООО «Хара-Шибирский сурьмяной комбинат», принята к использованию в проекте при добыче и переработке полиметаллических руд (полезная модель № 123689, В03В 7/00 (2006.01), опубл. 10.01.2013);

– способ кучно-скважинного выщелачивания золота и техногенных минеральных образований или песков, неглубоко залегающих россыпей, который реализуется путем бурения законченных скважин и подачи в них выщелачивающих агентов, сбора продуктивных растворов и последующего сорбционного извлечения золота из продуктивных растворов (патент № 2553811, E21B 43/28 (2006.01), опубл. 20.06.2015).

Патентный анализ формул изобретений при работе установок КВ в криолитозоне, формул изобретений, полученных учены-

ми ЗабГУ, ИПРЭК СО РАН и ИГД СО РАН выявил (при глубине поиска 15 лет) 7 патентов (патент № 2146762, E21B 43/28 (2000.01), опубл. 20.03.2000; патент № 2282716, E21B 43/28 (2006.01), опубл. 27.08.2006; патент № 2283879, C22B 3/04 (2006.01), C22B 11/00 (2006.01), опубл. 20.09.2006; патент № 2298092, E21B 43/28, опубл. 27.04.2007; патент № 2493363, E21B 43/28, опубл. 20.09.2013; патент № 2493364, E21B 43/28, опубл. 20.09.2013; патент № 2569607, C22B 11/00 (2006.01), C22B 3/08 (2006.01), опубл. 27.11.2015), причем три наиболее эффективных разработки из них посвящены круглогодичному КВ благородных металлов в условиях низких температур (патент № 2298092, E21B 43/28, опубл. 27.04.2007; патент № 2493363, E21B 43/28, опубл. 20.09.2013; патент № 2493364, E21B 43/28, опубл. 20.09.2013). Кроме того, предложено для круглогодичного КВ золота из руд использовать процесс криодезинтеграции (патент № 2569607, C22B 11/00 (2006.01), C22B 3/08 (2006.01), опубл. 27.11.2015) и специальные приемы формирования рудного штабеля с использованием солнечного тепла и проведения цианидного орошения под водорастворонепроницаемой светопрозрачной пленкой, причем в зимний период дополнительно поверх пленки размещают искусственный теплоизолятор (патент № 2283879, C22B 3/04 (2006.01), C22B 11/00 (2006.01), опубл. 20.09.2006, заявитель ЗабГУ); из числа двух объектов техники, приходящихся на устройства, наибольший интерес представляет использование геотекстильного материала с целью повышения надежности сооружаемых противофильтрационных экранов (патент № 2146762, E21B 43/28 (2000.01), опубл. 20.03.2000, заявитель ЗабГУ).

Заключение. В целом по результатам выполненного патентного анализа можно заключить, что количество изобретений, защищенных патентами, для работы в криолитозоне Забайкалья мало, в этой связи требуется дальнейшая разработка инноваций изобретателями, учеными и практиками. Общей направленностью запатентованных поточных линий для круглогодичного КВ золота является предотвращение замерзания технологических растворов, в связи с чем они должны быть снабжены дополнительными устройствами подогрева и защиты от промерзания за счет размещения ниже границ сезонного

промерзания (патент № 2298092, E21B 43/28, опубл. 27.04.2007 заявитель ИПРЭК СО РАН); либо в обогреваемом помещении (патент № 2493364, E21B 43/28, опубл. 20.09.2013 заявитель ЗабГУ); установкой в линии теплоизолирующего экрана и теплоизолирующего кожуха (патент № 2493363, E21B 43/28, опубл. 20.09.2013 заявитель ИГД СО РАН); снабжение линии теплогазогенератором паровоздушной смеси, системой вертикальных и наклонных перфорированных труб, установки, снабженной датчиками измерения температуры, соединенными гибкой связью с устройством контроля и управления технологическим процессом, при этом вход теплогазогенератора связан с устройством контроля и управления технологическим процессом, а выход соединен с патрубками, закрепленными сверху перфорированных труб (патент № 2493364, E21B 43/28, опубл. 20.09.2013, заявитель – ЗабГУ).

Эффективность использования круглогодичного выщелачивания золота в условиях Забайкалья впервые показана А. Е. Баяновым в 2015 г. Целесообразность применения патентно-защищенной линии (патент № 2493364, E21B 43/28, опубл. 20.09.2013) подтверждена технико-экономической оценкой круглогодичного и сезонного режимов работы установок КВ в условиях низких температур на Савкинском месторождении Забайкалья [1]. Технико-экономическое сравнение базового и предлагаемого вариантов КВ показали увеличение значения капитальных затрат при круглогодичном режиме на 276 млн р., что обусловлено использованием дополнительного оборудования (теплогенератора, трубопроводов, теплоизолирующего экрана и др.) для обустройства специальных площадок и увеличения горно-капитальных работ. В расчетных данных прослеживается увеличение на 7,5 % себестоимости 1 г золота при круглогодичном КВ по сравнению с сезонным режимом работы установок. Ожидаемый рост чистого дисконтированного дохода (ЧДД) при круглогодичном КВ составляет 534 млн р. Расчетное значение чистой прибыли по сравниваемым вариантам, в соответствии с валовой выручкой и себестоимостью продукции и налогов, взимаемых с прибыли составит 244, 3 млн р.

Заключительный этап исследования работы предусматривает:

– использование научно-обоснованной методики выбора наиболее эффективных

технологических решений, выявленных путем проведения системного анализа формул изобретений;

– сравнение вариантов построения технологических схем КВ золота за счет использования новых элементов инноваций, полученных при проведении патентных исследований, и дальнейшего использования в методологии исследований логических приемов синтеза;

– технико-экономическая оценка предлагаемых новых и базовых технологических

схем с учетом предотвращенного экологического ущерба, наносимого компонентам окружающей среды.

Для рекламирования выполненных разработок научно-образовательным и исследовательским центром инновационных технологий ЗабГУ специально выпущен рекламно-информационный выпуск «Инновационные разработки, предлагаемые к реализации» учеными, аспирантами, сотрудниками горного факультета ЗабГУ.

Список литературы

1. Баянов А. Е. Теплофизическое обоснование круглогодичного кучного выщелачивания золотосодержащих руд в условиях низких температур (на примере Савкинского месторождения): автореф. дис. ... канд. техн. наук: 25.00.22. Чита: 2015. 18 с.
2. Геологические исследования и горно-промышленный комплекс Забайкалья: История, современное состояние, проблемы, перспективы развития / отв. ред. Г. А. Юргенсон. Новосибирск: Наука, 1999. 566 с.
3. Глотова Е. В., Пинигин С. А., Дробышев В. Ф. Технологические аспекты кучного выщелачивания комплексных руд Бугдаинского месторождения // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2007. Т. 1, № 12. С. 465–474.
4. Дементьев В. Е., Войлошников Г. И. Разработка и использование новых технологий и оборудования для извлечения золота // Проблемы и перспективы эффективной переработки минерального сырья в 21 веке: сб. ст. Иркутск, 2019. С. 25–27.
5. Кучное выщелачивание благородных металлов / под ред. М. И. Фазлуллина. М.: Академия горных наук, 2001. 646 с.
6. Михайлютина С. И. Комплексная эколого-геохимическая оценка загрязнения тяжелыми металлами компонентов природной среды горнорудных поселений Восточного Забайкалья: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 25.00.36. Иркутск, 2007. 21 с.
7. Мязин В. П., Вырупаев А. А. История развития техники и технологии горнозаводского дела в Забайкалье. Дореволюционный период. Ч. 2. Чита: ЗабГУ, 2015. 216 с.
8. Шестернев Д. М., Мязин В. П., Баянов А. А. О проблеме продления сезона кучного выщелачивания в криолитозоне // Вестник Забайкальского регионального отделения РАЕН. 2012. № 1. С. 91–97.
9. Шестернев Д. М., Мязин В. П., Татауров С. Б. Перспективы использования физических и физико-химических методов интенсификации кучного выщелачивания золота в криолитозоне Забайкалья // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2006. № 3. С. 196–200.

References

1. Bayanov A. E. *Teplofizicheskoye obosnovaniye kruglogodichnogo kuchnogo vyshchelachivaniya zolotosoderzhashchih rud v usloviyah nizkih temperatur (na primere Savkinskogo mestorozhdeniya): avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 25.00.22* (Thermophysical substantiation of year-round heap leaching of gold-bearing ores at low temperatures (for example, Savkinsky deposit): abstract dis. ... cand. tech. sciences: 25.00.22). Chita: 2015. 18 p.
2. *Geologicheskkiye issledovaniya i gorno-promyshlenny kompleks Zabaykaliya: Istoriya, sovremennoye sostoyaniye, problemy, perspektivy razvitiya* (Geological research and the mining industry of Transbaikalia: History, current status, problems, development prospects) / ed. G. A. Yurgenson. Novosibirsk: Nauka, 1999. 566 p.
3. Glotova E. V., Pinigin S. A., Drobyshev V. F. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten* (Mining Information and Analytical Bulletin), 2007, vol. 1, no. 12, pp. 465–474.
4. Dementiev V. Ye., Voiloshnikov G. I. *Problemy i perspektivy effektivnoy pererabotki mineralnogo syriya v 21 veke: sb. st.* (Problems and prospects of effective processing of mineral raw materials in the 21st century: collected articles). Irkutsk, 2019. pp. 25–27.
5. *Kuchnoye vyshchelachivaniye blagorodnyh metallov* (Heap leaching of precious metals) / ed. M. I. Fazlullin. Moscow: Academy of Mining Sciences, 2001. 646 p.

6. Mikhaylyutina S. I. *Kompleksnaya ekologo-geohimicheskaya otsenka zagryazneniya tyazhelymi metallami komponentov prirodnoy sredy gornorudnykh poseleniy Vostochnogo Zabaykaliya: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 25.00.36* (Comprehensive environmental and geochemical assessment of heavy metal pollution of the components of the natural environment of the mining settlements of East Transbaikalia: abstract. dis. ... cand. tech. sciences: 25.00.36). Irkutsk, 2007. 21 p.

7. Myazin V. P., Vyrupeev A. A. *Istoriya razvitiya tekhniki i tekhnologii gornozavodskogo dela v Zabaykaliye. Dorevolyutsionny period* (The history of the engineering and technology development of mining in Transbaikalia. The pre-revolutionary period). Part 2. Chita: ZabSU, 2015. 216 p.

8. Shesternev D. M., Myazin V. P., Bayanov A. A. *Vestnik Zabaykalskogo regionalnogo otdeleniya RAYEN* (Bulletin of the Transbaikal Regional Branch of the Russian Academy of Natural Sciences), 2012, no. 1, pp. 91–97.

9. Shesternev D. M., Myazin V. P., Tataurov S. B. *Gornyye informatsionno-analiticheskiy byulleten* (Mining Information and Analytical Bulletin), 2006, no. 3, pp. 196–200.

Коротко об авторах

Мязин Виктор Петрович, д-р техн. наук, профессор кафедры обогащения полезных ископаемых и вторичного сырья, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: обогащение полезных ископаемых
myazinvpchita@mail.ru

Соколова Екатерина Сергеевна, аспирант, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: кучное выщелачивание
sokolova2132@mail.ru

Briefly about the authors

Viktor Myazin, doctor of technical sciences, professor, head of Mineral and Secondary Raw Materials department, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: mineral processing

Ekaterina Sokolova, postgraduate, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: heap leaching

Образец цитирования

Мязин В.П., Соколова Е. С. Становление золотодобычи в Забайкалье и поиск направлений дальнейшего развития путем использования инноваций по технологии кучного выщелачивания золота // Вестник Забайкальского государственного университета. 2020. Т. 26, № 6. С. 14–25. DOI: 10.21209/2227-9245-2020-26-6-14-25.

Myazin V., Sokolova E. The formation of gold mining in Transbaikalia and search for further development directions by using innovations in the technology of human heap gold // Transbaikal State University Journal, 2020, vol. 26, no. 6, pp. 14–25. DOI: 10.21209/2227-9245-2020-26-6-14-25.

Статья поступила в редакцию: 01.06.2020 г.
Статья принята к публикации: 24.06.2020 г.