

В.П. Мязин, Д.М. Шестернев, Е.Н. Шемякина, А.Е. Баянов
ПЕРСПЕКТИВЫ КРУГЛОГОДИЧНОГО КУЧНОГО
ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТА В УСЛОВИЯХ
КРИОЛИТОЗОНЫ ЗАБАЙКАЛЬЯ

Рассмотрена возможность применения технологии активационного кюветного и кучного выщелачивания металлов из минерального сырья позволяющей получить максимальный экономический результат и минимизировать экологический ущерб. В качестве активирующих воздействий рассматривается использование фотоэлектрохимических процессов в пульпе. Основу используемых выщелачивающих реагентов составляет активный кислород и хлоридный комплекс.

Ключевые слова: активный кислород, фотоэлектрохимическая подготовка, выщелачивание, хлоридный комплекс.

Золоторудная база Забайкалье, находится преимущественно в пределах развития криолитозоны, территории, где среднегодовые температуры воздуха отрицательны, где температура пород изменяется от 0,0 до -10,0 градусов, мощность криолитозоны – от первых метров до 1000 метров, площадь - от долей до 100 %, (рис. 1).

Площадь распространения криолитозоны (S , %), мощность (h , м), средняя температура ее пород на глубине годовых колебаний (t , °С). Площадь распространения криолитозоны (S , %), мощность (h , м), средняя температура ее пород на глубине годовых колебаний (t , °С).

Перелетки, эпизодическая криолитозона (существует менее 3-х лет) –
1: S – менее 1, $h = 0, 1, \dots, 4, 5$,
 $t = +4, 0, \dots, -0, 2$. Многолетняя криолитозона (существует более 3-х лет).

2 – редкоостровная: $S = 1, \dots, 10$, $h = 5, 0, \dots, 10$, $t = +2, 0, \dots, -0, 5$;

3 – островная и массивно-островная: $S = 10, \dots, 50$,
 $h = 5, 0, \dots, 100$, $t = +1, 0, \dots, -1, 5$;

4 – массивная: $S = 50, \dots, 75$, $h = 5, 0, \dots, 100$, $t = +0, 5, \dots, -3, 0$;

5 – прерывистая $S = 75, \dots, 95, 0$, $h = 100, 0, \dots, 350, 0$ $t = -1, 0, \dots, -5, 0$;

6 – сплошная $S = 95, 0, \dots, 100, 0$,
 $h = 300, \dots, 1200, 0$ и более,
 $t = -3, 0, \dots, -10, 0$ и ниже;

Основные рудные месторождения золота Забайкалья: 1 – Амазарканское, 2 – Погромное, 3 – Дарасунское, 4 Теремкинское, 5 – Талагуйское, 6 – Итакинское, 7 – Карийское, 8 – Бугдаинское, 9 – Дельмачинское, 10 – Солкоконтское, 11 – Савкинское, 12 – Ключевское, 13 – Казаковское, 14 – Илинское; 15 – Сыпчугурское, 16 – Средне-Сауканское, 17 – Балейское и Тасеевское, 18 – Нерундинское, 19 – Ухучиктанское, 20 Ирокиндинское, 21 – Н. Орловское, 22 – Зун-Холбинское, 23 – Зун-Осипинское, 24 – Троицкое.

Оценивая опыт применения метода кучного выщелачивания золота в криолитозоне, в ряде работ [1] нами предложены и систематизированы используемые мероприятия направленные на увеличение продолжительности сезона:

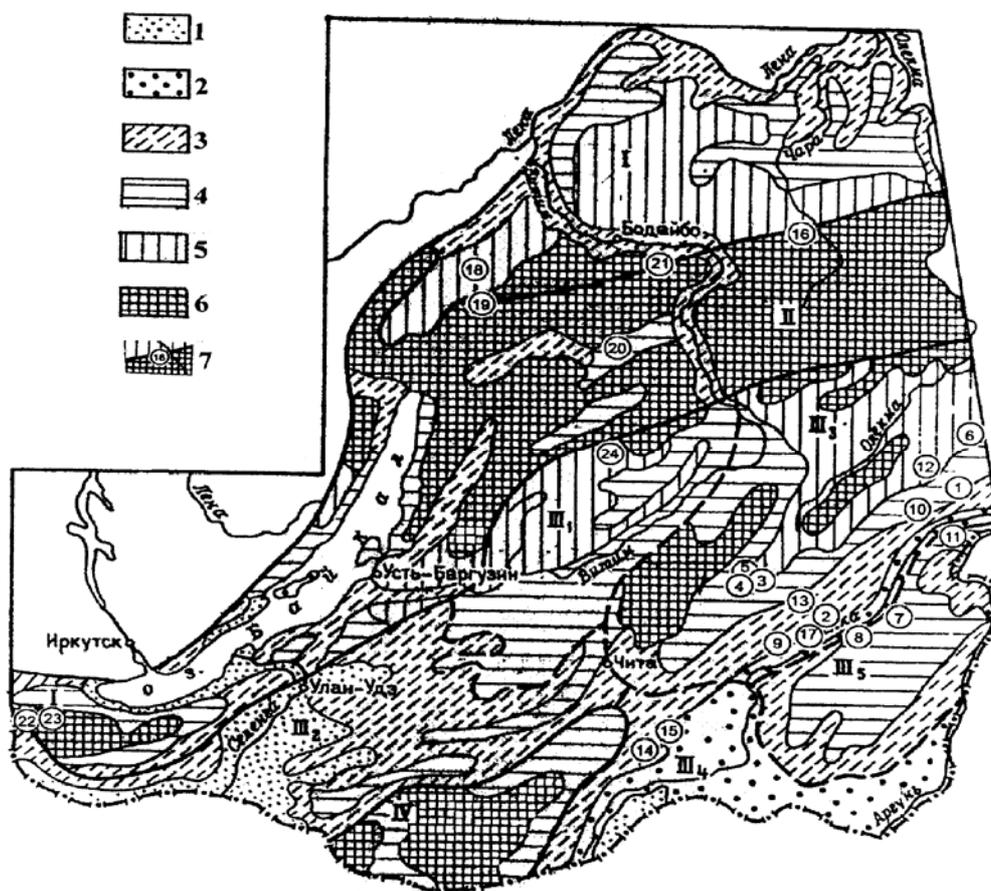


Рис. 1. Схематическая карта размещения месторождений рудного золота в криолитозоне Забайкалья

Геокриологические регионы: I – Байкало-Патомский; II – Байкальский; III (геокриологические области: III₁ – Витимская; III₂ – Селенгинская; III₃ – Нерча-Олекминский; III₄ – Агинская; III₅ – Шилкинско-Аргунская; IV – Даурский (Хентей-Чикойский)

– использование снежного покрова как естественного теплоизолирующего верхнего слоя рудного штабеля (например, а/с «Селигдар» на месторождении Самалазовское и др.);

– сооружение рудного штабеля в кюветах (ЗАО Артель старателей «Амур»);

– применение систем канального орошения напорными эмиттерами;

– укрытие штабеля в холодный период времени полимерной пленкой с подачей теплого воздуха под покры-

тие (ОАО «Покровский рудник», а/с «Селигдар» и др.);

– подогрев рабочих растворов, используемых для орошения рудного штабеля (ОАО «Покровский рудник», ООО ГРК «Апсакан», а/с «Селигдар» и др.);

– теплоизоляцию рудного штабеля слоем горнорудной массы (в среднем более 2-х метров поверх укладываемой оросительной системы), теплозащиту дренажных коммуникаций слоем минеральной ваты (ОАО «Приаргунский горно-химический комбинат»);

– обоснованное размещение площадки под кучное выщелачивание с учетом максимального эффекта использования солнечной радиации и наименьшего воздействия ветровой энергии;

– реализацию технических решений, исключающих укладку смерзших рудных материалов в рудный штабель.

Анализ патентной документации по способам кучного выщелачивания металлов при отрицательной температуре окружающей среды Е 21В 43/28, С 22 В 3/08 показал, что имеющийся банк данных технических решений в Российской Федерации сравнительно небольшой. К числу основных держателей разработанных патентов относятся институт горного дела Севера СО РАН, институт космофизических исследований и аэронауки Сибирского отделения РАН, Московский государственный институт стали и сплавов (технологический университет), Российский университет Дружбы народов, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Читинский государственный университет.

Выделив в технологии круглогодичного выщелачивания металлов основные приемы и операции, устройства от общего к частному, что позволило в дальнейшем сгруппировать известные технические решения по значимости следующим образом [2]:

– подготовка площадки под кучное выщелачивание;

– формирование антифильтрационного слоя;

– устройство перфорированного трубопровода для подачи растворов реагентов в штабель;

– формирование различных конструкций рудного штабеля с использованием различных способов укладки выщелачиваемых пород;

– установку оборудования для откачки продуктивных растворов;

– использование в качестве рабочих растворов растворителя солей и антигололедных реагентов с присадками с низкой температурой эвтектики;

– сооружение поверх штабеля теплозащитных устройств и укрытие системы орошения;

– подогрев и подача горячих рабочих растворов реагентов;

– укладка окомкованных и кусковых пород с переслаиванием их легкорастворимыми солями металлов с большой теплотой образования их водных растворов;

– введение в нижнюю часть штабеля воспламеняющейся горючей жидкости;

– укладка оснований штабеля электрода в виде металлической сетки, укрытой мешковиной или тканью, с дальнейшим воздействием на нее сверхвысокочастотным электромагнитным полем или пропусканием через нее электрического тока;

– размещение комплекса устройств для сбора и переработки насыщенных растворов ниже границ сезонного промерзания грунтов;

– изготовление днища и боковых стенок штабеля из негорючих материалов с размещением в слое грубообломочных пород мембраны для разделения продуктивного и использованного раствора.

На основании проведенного системного анализа следует, что к наиболее существенным недостаткам известных приемов, операций и устройств реализующих КВ в условиях низких температур следует отнести отсутствие возможности направленного регулирования процессом теплообмена внутри штабеля с целью перехода от неуправляемых диффузионных режимов к управляемым

фильтрационным. Поэтому все дальнейшие инновации связанные с перспективой круглогодичного выщелачивания металлов при низкой температуре окружающей среды по нашему мнению следует направить на разработку специальных конструктивных строительных решений рудного штабеля и теплофизическом управлении процессом оттайки пород. С этой целью требуется провести комплексные исследования процессов теплообмена при отрицательных и положительных температурах руды в штабеле с использованием физических, аналитических моделей и разработанных устройств для оценки параметров выщелачивания металлов из руд.

В настоящее время существуют работы, в которых обосновывается высокая эффективность кучного выщелачивания при отрицательных температурах штабеля руды. Доказательной базой этого является утверждение о наличии высоких скоростей химических реакций в горных породах при отрицательных температурах [3,4]. Нам представляется, что эти утверждения являются весьма спорными. Мы не отрицаем, что химические реакции протекают в горных породах, в том числе и в рудных штабелях при отрицательной температуре, но скорость этих реакций настолько мала, что практической значимости с позиции интенсификации процесса кучного выщелачивания в криолитозоне Забайкалья не имеет [5].

Наиболее слабым элементом в технологии круглогодичного кучного выщелачивания золота из руд в зимних условиях является рудный штабель. Отсутствие по нему специальных строительно-конструкторских проработок, следует, что для эффективной работы установок КВ в зимний период времени должны быть обязательно предусмотрены специ-

альные мероприятия по предохранению заскладированной руды в штабеле от промерзания.

Химическое выветривание горных пород в криолитозоне характеризуется действием ионно-обменных механизмов между минералами и незамерзшей водой, существующей на контакте с минералами и на поверхности кристаллов льда различного генезиса и формы (порового, трещинно-пластового, трещинно-жильного и т.п.). Незамерзшая вода, как и вода в объемной фазе, взаимодействуя с горными породами, способствует их растворению, гидратации, гидролизу, карбонатизации и окислению [3,6,7].

В криолитозоне вода находится в трех фазовых состояниях, твердом – лед, жидком – незамерзшая (физико-химически связанная) и в газообразной форме. Это предопределяет здесь развитие диффузионного механизма растворения и переноса вещества по пленкам незамерзшей воды и в парообразной форме. Поскольку средняя скорость потока влаги в осадочных цементированных и кристаллических горных породах криолитозоны близка к нулю, то под действием гравитационных полей и пленочного перемещения влаги господствующее значение в переносе вещества имеет диффузионный механизм [8].

Скорость диффузионного растворения, в сравнении с прямым растворением пород, чрезвычайно мала и описывается первым законом Фика:

$$dm = -D \frac{dC}{dZ} S d\tau, \quad (1)$$

где dm – количество растворенного вещества; $\frac{dC}{dZ}$ – градиент концентрации вещества; D – коэффициент диффузии, S – площадь; через кото-

рую происходит перенос вещества; $d\tau$ – продолжительность диффузии.

Численное значение коэффициента диффузии можно определить, используя следующее выражение [9]: D

$$= \frac{kT}{6\pi\eta r}, \text{ здесь } \eta \text{ – коэффициент}$$

вязкости, пуаз; r – радиус атома вещества, м; k – постоянная Больцмана, Дж/град. Площадь, через которую в мерзлых породах осуществляется диффузия, вычисляется по формуле $S = \pi(R^2 - r^2)$, здесь R – средний радиус пор, r – средний радиус порового льда. Учитывая это, формула 1 для криолитозоны может быть представлена в следующем виде [5]:

$$dm = -\frac{kT}{6\eta r} \frac{dC}{dZ} (R^2 - r^2) d\tau. \quad (2)$$

Диффузия в горных породах независимо от их температуры – процесс спонтанного выравнивания концентрации вещества в поровых растворах. В породах при отрицательной температуре, интенсивность этого процесса зависит от толщины слоя связанной незамерзшей воды, скорости водообмена за счет термодиффузии. Термодиффузионный перенос влаги в парообразном состоянии определяется градиентом температуры и становится существенным при его значениях, равных 5–6 °С на 1 см [6]. Но такие градиенты возможны только в 10–30-сантиметровом верхнем слое пород с суточными колебаниями температур. Следовательно, его роль в химическом выветривании чрезвычайно мала и ограничена, в лучшем случае, этим слоем. Более сложный механизм химического выветривания отмечается в результате пленочной термодиффузии.

Фазовые переходы в свободной воде происходят при температуре 0

°С (273 К). В незамерзшей структурированной воде, состоящей из адсорбционного и диффузионного слоя, этот процесс протекает при более низких температурах. Понижение фазовых переходов в незамерзшей воде связано с тем, что энергия взаимодействия молекул воды с активными центрами поверхности минералов и ионами поровых растворов больше, в сравнении с энергией взаимодействия между молекулами. Например, толщина пленок в каолиновых и монтмориллонитовых глинах при температуре -87 °С (186 К) составляет соответственно 0,7 и 0,3, при температуре 0 °С (273 К) – 3,0 и 1,5 нм. Причем снижение толщины пленки незамерзшей воды до 50 % наблюдается в интервале понижения температур от 0 до -10 °С. Уменьшение толщины пленки незамерзшей воды при понижении температуры приводит к повышению жесткости ее структуры и по своим свойствам она больше напоминает твердое тело, чем жидкость. В результате растворяющая ее способность значительно уменьшается в сравнении со свободной водой [7, 10, 11].

Таким образом, скорость химического выветривания для решения задач КВ при отрицательных температурах практического значения вероятнее всего не имеет. Подтверждением этому является низкая эффективность выщелачивания промерзших штабелей руды на месторождениях золота Дельмачек и Козловское [1, 12].

В России в настоящее время более из 30 действующих, опытно-промышленных установок КВ, семь размещены в пределах криолитозоны Забайкалья. Опыт применения КВ в Забайкалье показал, что использование традиционной технологии, положительно зарекомендовавшей себя

для наращивания удельного веса золотодобычи в условиях мягкого климата, не приносит ожидаемых технологических результатов в суровых климатических условиях.

Отсутствие доказательной теоретической базы о более высокой практической значимости химического выветривания при отрицательных температурах руды для разработки круглогодичной технологии кучного выщелачивания, отечественный и зарубежный опыт кучного выщелачивания позволяет заключить, что эта технология может быть эффективной лишь в том случае, когда исключается промораживание рудного штабеля.

Процессы выщелачивания в условиях низких температур замедлены. В отличие от фильтрационного выщелачивания ценного компонента здесь преобладают диффузионные процессы. Термодиффузионный перенос влаги в парообразном состоянии определяется градиентом температуры и становится существенным при его значениях, равных 5-6 °С на 1 см [6]. Но такие градиенты возможны только в 10-30-сантиметровом верхнем слое пород с суточными колебаниями температур. Следовательно, его роль в химическом выветривании чрезвычайно мала и ограничена, в лучшем случае, этим слоем. Более сложный механизм химического выветривания отмечается в результате пленочной термодиффузии.

По нашему мнению, круглогодичное кучное выщелачивание в криолитозоне может быть эффективным лишь в случае обеспечения, вместо вяло протекающих диффузионных процессов при отрицательных температурах руд в штабеле, фильтрационных режимов выщелачивания руд. В этой связи начиная со стадии предпроектных работ и выполнения технико-экономического обоснования

технологий круглогодичного кучного выщелачивания золота требуется в перечне состава работ включать работы по выявлению зон криогенеза и проведению специальных теплофизических расчетов по аккумулярованию тепла.

Кроме того в числе обязательных требований к реализации технологии в условиях низких температур является выполнение специальных мероприятий по предохранению замерзания отдельно слагающих элементов технологической системы (теплоизоляция экранов, рабочих трубопроводов, прудков, системы орошения, специальных устройств для извлечения золота из рабочих растворов и др.).

Сущность развиваемой методологии реализуемой по круглогодичному кучному выщелачиванию золота показана нами на примере патентозащищенного технического решения [13]. С этой целью для обеспечения круглогодичной работы установок КВ золота из руд и повышения безопасности эксплуатации рудного штабеля и гидротехнических сооружений разработана эффективная технологическая схема и предложена поточная линия для ее реализации в условиях криолитозоны Забайкалья (рис. 2).

Техническое решение включает железобетонную кювету 3, дренажную систему 4, рудный штабель 5, борт кюветы 6. Гидротехническая часть поточной линии содержит самотечный трубопровод 7, дополнительную буферную емкость 8, устройство для осаждения золота 9, устройство для доукрепления раствора 11, насосы 12, 18, 20, напорный трубопровод 13, устройства для подогрева раствора 14, систему орошения 15, дополнительную приемную, аварийную емкость, буферную и приемную емкости 10, 16, 17, 19, летний напорный трубопровод 21, теплоизолирующий экран 22.

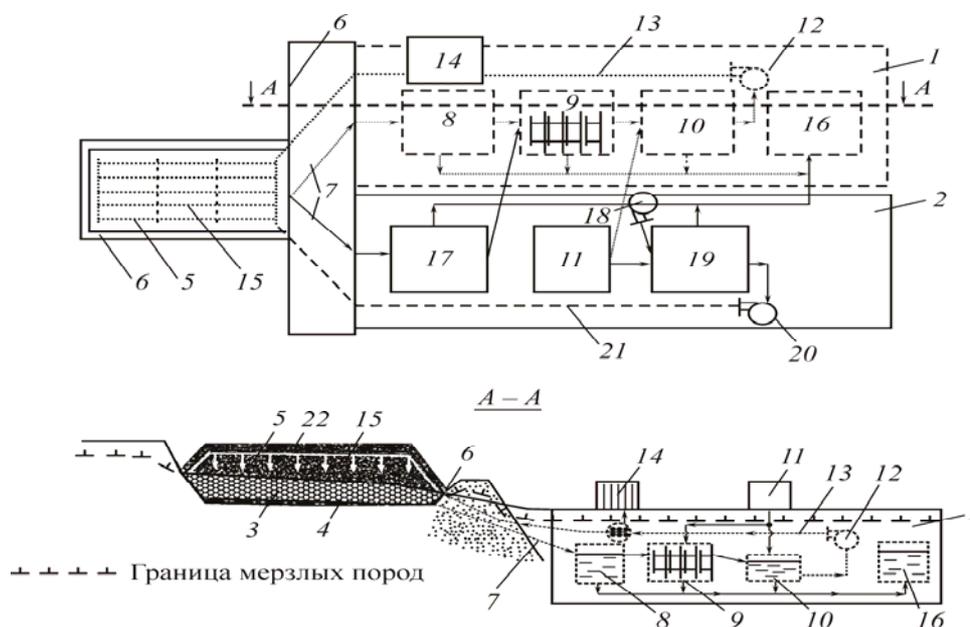


Рис. 2. Технологическая схема круглогодичного КВ золота и поточная линия для его осуществления в суровых климатических условиях

В теплый период года на железобетонной кювете 3 с дренажной системой 4 производится формирование рудного штабеля 5. На поверхности укладывается система орошения 15. В дальнейшем насыщенный раствор по дренажной системе 4 собирается у борта кюветы 6 и по самотечному трубопроводу 7 поступает в буферную емкость 17, а затем в устройство для осаждения благородных металлов. Насосом 18 обеззолоченный раствор подается в емкость 19, где он доукрепляется и при помощи насоса 20 по напорному трубопроводу 21 подается вновь в систему орошения 15, установленную на рудном штабеле 5.

Обеспечение работы поточной линии в холодный период года осуществляется путем предохранения от промерзания системы орошения 15 теплоизолирующим экраном 22, мощность которого с учетом климатических и микроклиматических условий

устанавливается теплотехническим расчетом. Выделенные технологические растворы в этот период направляются в устройства для сбора и переработки насыщенных растворов, расположенных ниже границы сезонного промерзания грунтов.

Для надежной работы и экологической безопасности поточной линии круглогодичного выщелачивания золота, устройство сбора и переработки насыщенных растворов в холодный и теплый периоды года соединены с аварийной емкостью 16, которая расположена ниже границы сезонного промерзания грунтов.

Разработанная патентнозащищенная линия КВ благородных металлов с элементами усовершенствованных технологий открывает новые возможности в использовании круглогодичного выщелачивания золота (в том числе в криолитозоне Забайкалья) с целью достижения проектных техно-

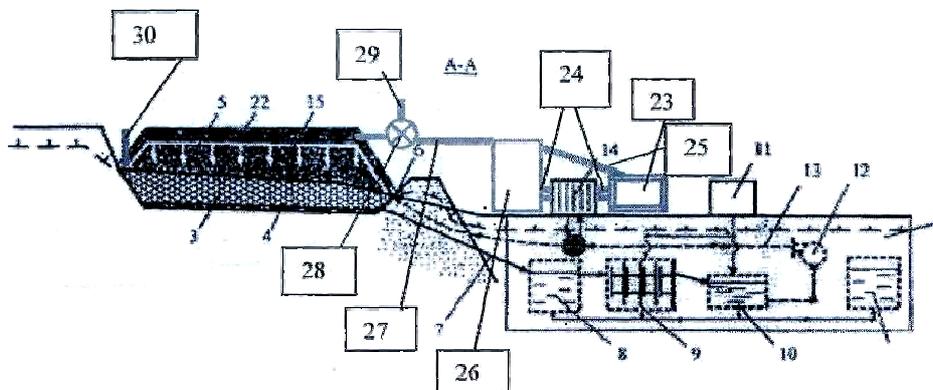


Рис. 3. Технологическая схема круглогодичного КВ золота и поточная линия для его осуществления в суровых климатических условиях

логических показателей и экологической надежности размещаемых объектов (строений и сооружений).

В последнее время нами, совместно с институтом Горного дела СО РАН усовершенствована ранее разработанная технологическая линия, в которой система подогрева рабочих растворов для орошения рудного штабеля дополнительно снабжена газификатором, газоходом, теплогенератором, газопроводом, газовой горелкой, газоотводом, а все остальные элементы технологии (рис. 3), также размещены ниже границы сезонного промерзания грунтов.

Техническое решение включает железобетонную кювету 3, дренажную систему 4, рудный штабель 5, борт кюветы 6. Гидротехническая часть поточной линии содержит самотечный трубопровод 7, дополнительную буферную емкость 8, устройство для осаждения золота 9, устройство для доукрепления раствора 11, насосы 12, 18, 20, напорный трубопровод 13, устройства для подогрева раствора 14, систему орошения 15

дополнительную приемную, аварийную емкость, буферную и приемную емкости 10, 16, 17, 19, летний напорный трубопровод 21, теплоизолирующий экран 22, газификатор 23, систему теплоснабжения 24, газоход 25, теплогенератор 26, газопровод 27, задвижку 28, трубу 29, газоотвод 30.

Второй вариант поточной линии по круглогодичному кучному выщелачиванию в отличие от первого дополнительно связан с разработкой системы автоматического регулирования температуры внутри рудного штабеля.

Укрупненная сравнительная технико-экономическая оценка различных вариантов, применительно к малым золотодобывающим предприятиям Забайкалья представлена в таблице.

Учитывая, что современная практика оценки инвестиционных решений предусматривает расчет показателей экономической эффективности в сравнении с предельными значениями [14]. В качестве основных экономических критериев при оценке эффективности инвестиций использованы чистый дисконтированный до-

Укрупненная технико-экономическая оценка с учетом изменения годовой производительности установок кучного выщелачивания

Показатели	Ед. измер.	Наименование месторождения			
		Казаковское		Илинское	
		СКР*	ККР*	СКР	ККР
Годовая производительность по руде	тыс. тонн	450	650	300	450
Среднее содержание	г/т	1,6	1,6	3,35	3,35
Извлечение	%	65	65	64	64
Капитальные вложения	млн. руб	602	683	673	739
Выручка	млн. руб	562	811	772	1 158
Себестоимость добычи и переработки 1т руды	руб	971	941	1 426	1 419
Чистая прибыль	млн. руб	97	157	271	412
ЧДД (NPV)	млн. руб	549	842	1 184	1 884
Рентабельность	%	10,04	16,74	19,04	29,02
ВНД (IRR)	%	47	62	51	73
ИД		2,18	2,67	3,19	4,02
Годовая производительность по руде	тыс м ³	160,7	232,1	107,1	160,7
Капитальные вложения на 1 м ³ руды	руб.	3746	2943	6284	4599
Себестоимость добычи и переработки 1м ³ руды	руб.	2719	2635	3993	3973
Чистая прибыль на 1м ³	руб.	604	676	2530	2563
Выручка на 1 м ³ руды	руб.	3495		7207	

Примечание. * СКР, ККР – сезонные и круглогодичные работы.

ход (ЧДД или NPV) и внутренняя ставка дохода (IRR).

Выполненное технико-экономическое сравнение вариантов (при среднем содержании золота от 1,6-3,4 г/т, среднем извлечении 65 %) внедрения технологии кучного выщелачивания на малые золотодобывающие предприятия, показало перспективность использования круглогодичного выщелачивания золота в условиях криолитозоны Забайкалья. Увеличение продолжительности промышленного сезона ведет к увеличению производительности предприятия, а, следовательно, к увеличению объемов золотодобычи.

Значения капитальных затрат при круглогодичном кучном выщелачивании выросли в среднем на 70 млн. руб. из-за установки дополнительного оборудования в технологической

схеме и обустройства специальных площадок. При этом удельные капитальные вложения на 1 м³ выщелачиваемой руды снизились на 22-27 %. Наблюдается снижение себестоимости добычи и переработки руды до 3 % , что обусловлено уменьшением доли постоянных затрат. При снижении себестоимости продукции происходит увеличение выручки предприятия. Чистый дисконтированный доход (NPV) по всем вариантам с круглогодичным режимом кучного выщелачивания превосходит ЧДД вариантов связанных с сезонным режимом работы. Показатели, индекса доходности и внутренней ставки дохода (IRR) круглогодичного КВ превышают аналогичные показатели сезонного режима работ. Повышение рентабельности составляет 10 %.

1. Шестернев Д.М., Мязин В. П. Кучное выщелачивание золота в криолитозоне Забайкалья // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – Новосибирск, №5, 2010. – С. 105-111.
2. Мязин В.П. Системный анализ уровня развития техники и технологий золотодобычи в Забайкалье. Технологические и экологические проблемы // Вестник Забайкальского центра Российской академии естественных наук.– Чита: изд-во ЧитГУ, 2008. – с. 87-93
3. Тютюнов И.А. Процессы изменения и преобразования почв и горных пород при отрицательной температуре (Криогенез) / И.А. Тютюнов. – М.: изд-во АН СССР, 1960. – 144 с.
4. Птицын А.Б. Фундаментальные положения криогеохимии // Проблемы инженерного мерзлотоведения: мат. VII Межд. Симпозиума / Рос. акад. наук, Сиб. отд-е Институт мерзлотоведения им. В.П. Мельникова; под ред. Д.М. Шестернева [и др.]. – Чита, нояб. 2007 г. – Якутск, изд-во ИМЗ СО РАН, 2007. – С. 18-20.
5. Шестернев Д.М. О выветривании горных пород криолитозоны // Вестник РАЕН № 1, – г. Чита, 2008. – С. 29 –32.
6. Ершов, Э.Д. Криогипергенез / Э.Д. Ершов. – М.: изд-во Моск. госуд. ун-та, 1982. – 209 с.
7. Савельев, Б.А. Физика, химия, и строение природных льдов и мерзлых горных пород / Б.А. Савельев.– М.: изд-во Моск. госуд. ун-та, 1971. – 506 с.
8. Луговой, П.Н. Значение диффузии в физико-химических преобразованиях перигляциальных процессах / П.Н. Луговой // тр. СВКНИИ. – Магадан, 1971. – Вып. 38. – С. 146-151.
9. Киреев, В.А. Краткий курс физической химии / В.А. Киреев. – М.: изд-во Химия, 1969. – 640 с.
10. Дерягин, Б.В. Вода в дисперсных системах / Б.В. Дерягин, Н.В. Чураев, Ф.Д. Овчаренко. – М.: изд-во Химия, 1989. – 288 с.
11. Королев, В.А. Связанная вода в горных породах: новые факты и проблемы / В.А. Королев // Соросовский образовательный журнал. Науки о Земле.– № 9.– 1996. – С. 79-85.
12. Мязин В. П., Зайцев Р. В., Анастасов В. В., Литвиненко В. Г., Зайцев К. В. Применение технологии кучного выщелачивания на бедных золоторудных месторождениях Читинской области: Учеб. пособие. — Чита: изд. ЧитГТУ, 1999.
13. Патент РФ № 2298092. Поточная линия для круглогодичного кучного выщелачивания благородных металлов / Шестернев Д. М., Мязин В. П., Татауров С. Б. – Опубл. в БИ, 2007, № 12.
14. Пешков А.А., Майко Н.А. Модель для решения обратной задачи оценка эффективности технологических решений при разработке и переработке минерального сырья // ГИАБ. – Москва, отд. вып. 1, 2011. – С. 347 –359. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Мязин Виктор Петрович. – доктор технических наук, профессор,
 Шестернев Д.М., Шемякина Е.Н., Баянов А.Е.,
 Читинский филиал ИГД СО РАН, ЧитГУ, e-mail: myazinvpchita@mail.ru

