

УДК 622.2

<https://doi.org/10.18503/1995-2732-2018-16-3-33-39>

РАЗРАБОТКА ОСТАТОЧНЫХ ЗАПАСОВ КУМАКСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Панкратьев П.В., Коломоец А.В., Пантелеев В.С.

Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

Аннотация

В данной статье рассматривается один из перспективных золоторудных районов оренбургского Урала (зона сочленения Восточно-Уральского поднятия и Магнитогорского прогиба), где развиты золото-кварцевая и золото-сульфидно-кварцевая формация в углеродистых сланцах. Кумакское месторождение приурочено к рифтогенному грабену, выполненному углеродисто-терригенно-карбонатными ордовикскими и нижнекаменноугольными отложениями, содержащими органику от 1 до 9 % и сульфидов до 2–5%. Устанавливается пространственная связь областей углеродистого накопления с шовными зонами глубинных разрывных нарушений, контролирующих протяженную зону дайкового пояса, сопровождающегося процессами кварц-серицитового метасоматоза, окварцеванием и вулканизма. Кумакское месторождение относится к группе золоторудных объектов, которые по глубине залегания руд, содержанию золота и другим условиям не могут быть переработаны по классическим технологиям с экономически приемлемыми показателями. Для такого рода объектов привлекательной является технология выщелачивания золота из руд непосредственно на месте их залегания, без проведения работ по добыче руды и других дорогостоящих операций. Актуальность работы: на Кумакском месторождении можно успешно применить метод скважинного подземного выщелачивания, который позволит решить проблему пополнения золотых запасов за счет разработки месторождений, нерентабельных для механических методов добычи. Золотое оруденение приурочено к зонам трещиноватости метаморфизованных сланцев и представлено резко неравномерной вкрапленностью, локализуемой в виде круто наклоненных струй (столбов), вдоль которых и намечено вести выщелачивание. Метод относится к числу важнейших геотехнологий в золотодобывающей промышленности и требует скорейшего внедрения в практику разработки. Новизна: раскрытие потенциала промышленной значимости малообъемных месторождений Оренбургской области на примере Кумакского золоторудного месторождения.

Ключевые слова: Восточно-Уральское поднятие, Магнитогорский прогиб, оренбургский Урал, Кумакское рудное поле, остаточные запасы, черносланцевый тип, скважинное подземное выщелачивание, золото, новооренбургская толща.

Введение

В настоящее время важное значение среди золоторудных месторождений для горнодобывающих компаний имеют месторождения, локализованные в черносланцевых толщах. Их специфичность (масштабы, условия образования) обусловила выделение самостоятельной «черносланцевой» формации [3].

Примерами уникальных и крупных месторождений, относящихся к этой формации, являются месторождения Хоумстейк (США), Джуно (Аляска, США), Морру-Велью (Бразилия), Мурунтау (Узбекистан), Бакырчик (Казахстан), Кумтор (Кыргызстан), Сауляк (Украина), Сухой лог, Советское, Эльдорадо, Олимпиадинское (Россия). На Урале к этой формации принадлежат Воронцовское, Светлинское и Кумакское месторождения.

Среди многих отечественных золотоносных провинций особое место занимает Урал. Изуче-

нием золоторудных месторождений этого региона занимались в разные годы Пуркин А.В., Прокин А.В., Лядский П.В., Сазонов В.Н., Огородников В.Н., Ченцов А.М., Котунов А.Я., Коротеев В.А., Знаменский С.Е., Серавкин И.Б., Воин М.И., Новгородова М.И., Болтыров В.Б., Рудской В.Г., Сурин Т.Н., Панкратьев П.В., Лощинин В.П., Арифуров Ч.Х., Хасанов В.Н., Харьков В.М., Арсентьева И.В. и др.

Оренбургский Урал, на территории которого насчитываются около 130 месторождений и рудопроявлений золота, относится к числу старых золоторудных районов Урала, основной промышленный потенциал которого определяется группой месторождений золото-сульфидно-кварцевого и золото-кварцевого формационного типа [10]. Месторождения рудного и россыпного золота в области известны с середины XIX века. Первая обогатительная фабрика по извлечению рудного золота была построена в Айдырлинском районе в 1897 г. В начале 1900 г. в эксплуатацию были вовлечены группа Каиндинских, Сине-

Шиханских и Солончанских месторождений.

В 1914 году началась разработка месторождений Кумакского района, а в 1916 году – Кумакской сланцевой полосы. В 1915–16 гг. были открыты Бузбиинские и Аккаргинские месторождения. В годы советской власти возобновлена старательская государственная добыча золота на Сине-Шиханском, Блакском и Айдырлинском, восстановленных в 1934 году, рудниках.

С 1940-х годов по разным причинам происходит свертывание золотодобывочных работ. Консервируются рудники, прекращается добыча золота, в том числе в 1965 году на Кумакском руднике в Оренбургской области. Проведенные геолого-экономические расчеты Оренбургской горной компанией показали, что разработка рудного поля карьерным или шахтным способами убыточна.

Вместе с тем высокой продуктивностью на золото характеризуется зона сочленения Восточно-Уральского поднятия и Магнитогорского прогиба. В пределах Восточного Оренбуржья выделяются следующие промышленно-генетические типы золоторудных месторождений:

- 1) золото-кварцевый;
- 2) золото-сульфидный;
- 3) золото-шеелит (вольфрамит) -кварцевый;
- 4) золотоносный в минерализованных дайках умеренно-кислого состава;
- 5) золотоносный в минерализованных дайках основного состава;
- 6) золотоносный в железных шляпах медно-колчеданных и колчеданно-полиметаллических месторождений.

Анализ материалов поисковых, разведочных и эксплуатационных работ прошлых лет, результаты геологических исследований последних лет свидетельствуют о большом количестве остаточных запасов, эфелей, проявлений ценного сырья, отработка которого не всегда рентабельна с экономически приемлемыми показателями при традиционных методах добычи.

В 2003–2004 гг. Оренбургской Горной Компанией методом подземного выщелачивания была произведена экспериментальная добыча золота из слабоводопроницаемых кор выветривания и метаморфических пород девонского возраста, которые содержат дисперсное золото (размеры частиц менее 0,1 мкм.). Эти исследования позволили доказать, что извлечение золота методом подземного выщелачивания может быть экономически эффективно.

Внедрение подземного выщелачивания при добыче золота позволит решить проблему разработки малообъемных месторождений Оренбургской области.

Методология и методика исследования

Для решения поставленной задачи в 2016–2017 гг. были проведены работы по изучению золотопроявлений типовых черносланцевых формаций палеозоя восточной части Оренбургской области, а также условий их образования. Обобщены исследования по геологии и морфологическим особенностям руд Кумакского золоторудного месторождения, выполнены натурные технологические испытания.

Основные черты геологического строения Кумакского месторождения

В структурном отношении площадь Кумакского рудного поля расположена в восточной прибортовой части Аниховского линейного грабена рифтогенного типа. Слагающие грабен породы ранне- и позднепалеозойского возраста смяты в Такашинскую антиклиналь длиной более 30 км при ширине 7 км [8, 9]. Установленная золотоносность прослеживается от р. Кумак на юге до р. Кайракты на севере на расстоянии более 10 км.

Промышленное оруденение локализуется внутри минерализованных зон смятия (или вблизи них), выполненных углеродисто-терригенно-карбонатными ордовикскими и нижнекаменноугольными отложениями. Отличительной чертой продуктивной толщи является широкое развитие углеродистых пород, достигающих 50% от общего объема отложений, содержанием в них органики от 1 до 9%, наличие в черносланцевых породах сульфидов (пирита, арсенопирита), количество которых в рудных зонах достигает 2–5%, присутствие в участках трещиноватости, зон окварцевания, наличие в смежных участках кислых вулканитов и их туфов [8, 9].

В общем разрезе палеозоя Восточно-Уральского поднятия углеродистые породы относятся к двум основным уровням – ордовикскому и карбонному биогенной эволюции Земли, проявившейся в Восточном Зауралье, характерной для углеродистых отложений фанерозоя. Специфичной чертой бассейнов углеродистого накопления в ордовике и карбоне является их мелководный характер для рифовидных прогибов озерно-морского типа [3].

К признакам влияния на формирование черных сланцев относится разделение углеродистых толщ на углеродисто-сульфидную и углеродистую и контроль в их образовании собственно экзогенных факторов [3]. Кроме того, устанавливается отчетливая пространственная связь областей углеродистого накопления с линейными

длительно существовавшими шовными зонами глубинных разрывных нарушений, ограничивающими крупные структурные элементы территории и контролирующими области активного вулканизма, прилегающие с запада к Кумакскому месторождению.

Рудная фоновая минерализация представлена, главным образом, пиритом и арсенопиритом. Поэлементная специализация характерна также для углеродисто-сульфидного генетического типа аналогичных месторождений других регионов. Особое металлогеническое значение приобретает зона сопряжения углеродистых толщ продуктивных уровней и крупных систем консолидационных долгоживущих разломов глубинного заложения, которая создавала благоприятное условие для проникновения экзогенной и H_2S , рудных элементов, в том числе золота [3]. Зоны, контролируемые размещением участков мобилизации, перераспределения и накопления рудного вещества, связаны с позднеметаморфическим и литосоматическим преобразованием толщ.

Черносланцевые формации среднеордовикского возраста представлены новооренбургской толщей, которая состоит из двух подтолщ: нижней – углеродисто-песчано-сланцевой (350–400 м) и верхней – углеродисто-терригенно-кремнисто-глинистой с горизонтами вулканитов основного состава (250–300 м) [8]. Аналогами новооренбургской толщи являются отложения шебектинской и балаталдыкской толщ среднего ордовика [9], которые присутствуют в пределах Аниховского (шебектинская толща) Восточно-Уральского поднятия и Старо-Карабутаковского (балаталдыкская толща) в Мугоджарах грабен.

Нижнекаменноугольные отложения Кумакского месторождения (брединская свита) под названием «углеродисто-терригенно-карбонатная толща» имеют выдержанный состав и мощность на всем протяжении Восточно-Уральского поднятия. В ней также выделяются две подтолщ: нижняя – песчано-гравелитовая с прослоями карбонатных пород (400–600 м) и верхняя углеродисто-терригенно-карбонатно-сланцевая – с прослоями кислых вулканитов (500–700 м) [8, 9].

Простирается основная минерализованная зона субмеридиональная, а падение почти вертикальное. Метасоматическая проработка основной зоны представлена окварцеванием, серицитизацией, хлоритизацией, пиритизацией и турмалинизацией. Основными рудоносными структурами Кумакского рудного поля являются две меридиональные зоны Восточно-Аниховских разломов, в которые внедрились кварцевые жилы и где ин-

тенсивно проявился приразломный метаморфизм, метасоматоз и орогенез.

На Центральном участке месторождения установлено выклинивание углистых сланцев и появление интрузии кварцевых диоритов, вытянутой вдоль рудной зоны с несколько повышенной железистостью (до 10–12%). Породы состоят из плагиоклаза (до 70%), кварца (15–25%), биотита, магнетита, изредка встречается роговая обманка и ортоклаз.

Кварцевые диориты катаклазированы, рассланцованы и часто не имеют четких границ с вмещающими метасоматитами [10]. Отмечено, что апикальные части интрузии на отдельных участках гидротермально изменены и несут золотое оруденение (отвод Сербский).

Рудовмещающие метасоматиты месторождения обычно занимают срединную часть пачки черных сланцев и представлены в виде:

- серицит-кварцевых сланцев с хлоритом и углеродистым веществом;
- кварц-хлорит-серицитовых сланцев с турмалином;
- альбит-кварц-серицит-турмалиновых сланцев.

На Кумакском месторождении метасоматиты, развитые по песчано-сланцевым углеродсодержащим отложениям, образуют осветленные рудные сланцы кварцево-серицит-хлоритового состава, часто с турмалином и оттрелитом (Мп-разновидность хлоритоида). Осветление сланцев является результатом их карбонатизации и мусковитизации. На участке Коммерческого месторождения устанавливается пространственная связь оруденелых сланцев с альбитизацией пород. Протяженность зон метасоматитов, вмещающих оруденение, на Кумакском месторождении составляет 4,5 км при мощности до 120 м [10].

Повышенные концентрации минералов железа, титана и хрома (ильменита, титаногематита, титаномагнетита, хромшпинелидов) в песчано-сланцевых и вулканогенно-осадочных толщах связаны с альбититоподобными метасоматитами.

Типоморфный минерал кварц-карбонат-полевошпатовых метасоматитов – апатит. Апатит устойчив в зоне окисления, его повышенные концентрации в измененных породах – хороший показатель возможной золотоносности участка. Одним из характерных спутников золота в участках развития песчано-сланцевых отложений является натрийсодержащий мусковит.

Характерно развитие даек кислого, основного и пестрого составов с возрастом 240–270 млн лет [11, 12]. Девонские породы в пределах рудного поля подвержены региональному и приразломному метаморфизму в условиях зелено-

сланцевой фации. Позднее метаморфические породы были плагиофельдшпатизированы. Еще позднее, главным образом в пределах Кумакской сланцевой полосы, в метаморфизованных породах проявился углеродисто-кремнисто-калиевый метасомат [12]. Повышенное давление в контактовых участках зон смятия обусловило появление хлоритоида. В более позднее время (образование парагенезисов с эпидотом, биотитом, хлоритом) хлоритоид заместился хлоритом.

Эволюция магматизма несет направленный характер от массовых излияний базальтоидов, с появлением в земной коре офиолитовой серии, к локальным проявлениям кислого вулканизма и широкому развитию плутонических комплексов.

Опыт применения технологии подземного выщелачивания

Энциклопедией «Рэндол» [14] отмечаются впечатляющие перспективы применения метода подземного выщелачивания для извлечения так называемого «забойного золота», остающегося в отработанных и выведенных из эксплуатации подземных горных выработках. «Забойное золото» образуется в результате того, то при шахтной добыче руды в результате взрывных работ породная масса рассеивается вверх, при этом плотное тонкозернистое самородное золото мигрирует вниз через пустую породу и накапливается (аккумулируется) в трещинах в виде «потерянного». Увеличению количества «потерянного» золота дополнительно способствует практика обрушения вертикального или крутопадающего рудного тела. В результате, в отработанном пространстве может остаться до 20 % золота (от его изначального количества в месторождении) в виде «потерянного» золота.

В настоящее время успешно ведется добыча золота способом подземного выщелачивания на Урале [4,6,7,15,16]. Первым объектом исследований явилось месторождение Гагарка в Свердловской области. Здесь на первом этапе с применением жидкого хлора (с содержанием активного хлора 0,3–0,6 г/л) обрабатывались бедные руды коры выветривания [4]. В дальнейшем подземное выщелачивание применялось еще на четырех месторождениях – Маминском, Верхотурском, Восточно-Семеновском и Долгий Мыс, где выщелачивающим агентом является гипохлорит натрия. При бортовом содержании золота 0,3 г/т рудные залежи представляют собой сплошные тела. Золото из растворов сорбировалось активированным углем. В коренном залегании месторождений подобного типа золото тонкодисперс-

ное, при механическом обогащении руд значительная часть металла теряется с отходами, чего не происходит при подземном выщелачивании.

В отличие от традиционных методов переработки минерального сырья, выщелачивание золота из руд позволяет более чем вдвое сократить производственные затраты за счет исключения таких трудоемких и дорогостоящих операций, как вскрышные работы, добыча и транспортировка руды, ее дробление, измельчение, предварительное обогащение, складирование хвостов, рекультивация и др. Благодаря этому создается возможность существенно снизить кондиции на содержание полезного компонента в руде, вовлечь в переработку бедные и забалансовые руды, мелкие и глубокозалегающие рудные тела [1, 2, 4–6, 13–22]. Технология подземного выщелачивания предполагает более комфортные условия гряда и минимальное воздействие на окружающую среду.

Особенности технологии добычи золота на примере Кумакского месторождения

Подземное выщелачивание получило наибольшее развитие в мире в варианте скважинной системы отработки руд непосредственно на месте залегания [16].

При таком методе подготовку, вскрытие и извлечение металлов осуществляют путем выщелачивания через скважины, пробуренные с поверхности. Подача выщелачивающего раствора производится в систему закачных скважин, затем раствор фильтруется через рудный массив, а продуктивные растворы через систему откачных скважин извлекаются на поверхность и транспортируются на установку переработки растворов.

При скважинном подземном выщелачивании важнейшим фактором является проницаемость продуктивного горизонта, которая может быть естественной или создаваться искусственно путем применения специальных методов (гидро-разрыв, разрушение взрывом и др.) [16]. Кроме того, при ПВ важно наличие частичной или полной естественной обводненности руд, приуроченности рудной минерализации к порам и трещинам, обеспечивающим проницаемость руды.

На предлагаемом объекте можно успешно применить данный метод. Золотое оруденение месторождения приурочено к зонам трещиноватости метаморфизованных сланцев и представлено резко неравномерной вкрапленностью, локализующейся в виде круто наклоненных струй (столбов), вдоль которых и намечено вести вы-

щелачивание. Литологический состав вмещающих оруденение пород – силикатные сланцы – позволяет применять реагенты, нейтральные по отношению к силикатам (хлор или гипохлорит), вместе с тем, если в процессе подготовки объекта выяснится наличие в рудах карбонатов или графита – существует достаточное разнообразие других реагентов.

Технология в первом приближении достаточно проста:

– Через систему закачных скважин в определенные блоки рудного массива подается простым наливом закачной раствор, содержащий определенное соотношение реагентов (гипохлорит натрия, соляная кислота и поваренная соль).

– Откачными скважинами осуществляется с помощью насосов или компрессорами откачка раствора, в котором содержится растворенное золото; оно образует растворимый в слабом растворе соляной кислоты комплексный радикал типа $AuCl_3$.

– Раствор прокачивается через сорбционные колонны, заполненные сорбентом, допустим активированным углем, золото сорбируется на угле, а обеззолоченный раствор доукрепляется реагентами и вновь подается в недра.

– Уголь с золотом поступает в сушильные шкафы и по достижению определенной влажности (9%) отправляется на плавку и затем на аффинаж на металлургический завод.

Главное достоинство предлагаемой технологии – замкнутость процесса. Отходов производства практически нет (только отстой шлама при осветлении растворов); «привносятся» в процесс реагенты для подготовки выщелачивающего раствора (хлор или содержащие его соединения, кислоты, сорбенты); продукцией (промежуточной) является золотосодержащий концентрат (уголь, смола) и конечной – лигатура золота.

Разработана процедура контроля за экологией планируемого процесса, которая заключается в следующем:

1. До производства осуществить моделирование процесса с нейтральными растворами (поваренной солью), с мониторингом растекания соляного раствора во всевозможных направлениях. С этой целью оборудовать полигон испытаний, окруженный системой скважин, из которых с определённой регулярностью требуется отбирать пробы с определением содержания соли (хлор-иона).

2. При доказательстве отсутствия «загрязнения» солью каких-то важных участков подземных вод для жизнедеятельности необходимо осуществить работы с применением реагентов.

Следует отметить, что существует достаточное количество технических средств и приёмов для предотвращения растекания подземных потоков.

Заключение

Приведенные данные свидетельствуют о приуроченности Кумакского месторождения к линейному прогибу рифтовидного типа, широком развитии углеродистых пород, достигающих 50% от общего объема отложений, содержания в них органики от 1–9%, сульфидов до 2–5% и серы, о присутствии карбонатных пород, повышенном содержании калия, низком содержании платины. Объект имеет сходство с сухоложским типом оруденения и элементами мурунтауского (низкое содержание металло-платиновой группы, наличие песчано-гравелитовых отложений в разрезе).

Целесообразность выделения остаточных запасов (невысокие концентрации золота) на Кумакском золоторудном месторождении связана с возможностью извлечения из них золота уникальным геотехнологическим способом – подземным выщелачиванием.

Список литературы

1. Аликулов Ш.Ш., Нажимов Ф.Ф. Анализ базовой модели подземного выщелачивания урана к природным условиям месторождения // ГИАБ. 2015. № 3. С. 67–74.
2. Арианова А.Б. О тенденциях развития скважинного подземного выщелачивания золота // Успехи современной науки и образования. Томск, 2016. С. 148–150.
3. Буряк В.А., Михайлов Б.К., Цымбалюк Н.В. Генезис, закономерности размещения и перспективы золото- и платиноносности черносланцевых толщ // Руды и металлы. 2002. № 6. С. 25–36.
4. Опытные испытания способа ПВ на золоторудном месторождении Гагарском и оценка воздействия на окружающую среду / Видусов Т.Э., Харькевич К.А., Заблоцкий А.И. и др. Екатеринбург, 1995.
5. Экспериментальное обоснование параметров подземного выщелачивания металлов / В.И. Голик, В.Г. Лукьянов, С.Г. Страданченко, С.А. Масленников // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2015. С. 90–97.
6. Забольский В.К. Перспективы применения скважиной технологии подземного выщелачивания при разработке месторождений полезных ископаемых // Горный журнал. 1991. № 7. С. 48–52.
7. Коломоец А.В. К вопросу о разработке остаточных запасов и отвалов золота в районах старых золотодобывающих предприятий (на примере Кумакского рудного поля) // Материалы Четвертой Российской молодежной Школы с международным участием «Новое в познании процессов рудообразования». М., 2014. 160 с.
8. Лощинин В.П., Панкратьев П.В. Золотоносность нижне-среднепалеозойских черносланцевых формаций Восточного Оренбуржья // Стратегия и процессы освоения георесурсов. Пермь, 2006. С. 79–82.
9. Лощинин В.П., Панкратьев П.В. О золотоносности среднеордовикских углеродистых терригенно-кремни-

- тых отложений новооренбургской свиты Восточного Оренбуржья // Металлогения древних и современных океанов: сб. Миасс, 2003. С. 165–168.
10. Новгородова М.И., Якобс Е.И., Шинкаренко Ю.Г. Золотое оруденение и метасоматиты одного из районов Южного Урала // Вопросы петрологии и металлогении Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1981. С. 115–116.
 11. Месторождения золота Урала / В.Н. Сазонов, В.Н. Огородников, В.А. Коротеев, Ю.А. Поленов. Екатеринбург, УГГГА, 1999. 570 с.
 12. Золото в «черных сланцах» Урала / Сазонов В.Н., Коротеев В.А., Огородников В.Н., Поленов Ю.А., Великанов А.Я. // Литосфера. 2011. № 4. С. 70–92.
 13. Экологическая безопасность разработки месторождений урана методом подземного выщелачивания / Т.С. Теровская, А.Г. Кеслер, М.Д. Носков // Изв. вузов. Физика. 2013. С. 297–301.
 14. Чемберлин Р.Д. Состояние кучного и подземного выщелачивания золота и серебра / Gold Forum on Technology and Practices // World Gold. 89. Littleton, Colorado, 1989. P. 225–232.
 15. Хан И.С., Панкратьев П.В., Ольхова А.И. О перспективах применения кучного выщелачивания при добыче металлических полезных ископаемых в Оренбургской области // Материалы всероссийской научно-практической конференции. Оренбург: ОГУ, 2010. С. 1495–1500.
 16. Фазлуллин М.И., Авдонин Г.И., Смирнова Р.Н. Перспективы подземного скважинного выщелачивания золота в России // Цветные металлы. 2002. №10. С. 39–46.
 17. Kerrich R., Goldfarb R.J., Groves D.I., Garwin S., Jia Y. The characteristics, origin and geodynamic settings of super- Геологический сборник № 11. Информационные материалы giant gold metallogenic provinces // Science in China. 2000. V. 43. P. 1–68.
 18. Golik V.I., Hasheva Z.M., Galachieva S.V. Diversification of the economic foundations of depressive mining region // Medwell Journals. The Social Sciences. 2015. № 10 (5). P. 678–681.
 19. Johnson TW ; Hofer WB ; Mendez. MACarlin-type Gold Deposits and Current Mining Activities at Jerritt Canyon, Elko County, Nevada/ Geological-Society-of-Nevada's Symposium – New Concepts and Discoveries. 2015. P. 483–513.
 20. Schafer, W. Geochemical Evaluation of Cemented Paste Tailings in a Flooded Underground Mine/ Annual Meeting of the International-Mine-Water-Association (IMWA). 2016. P. 714–724.
 21. Haque N., Norgate T. The greenhouse gas footprint of in-situ leaching of uranium, gold and copper in Australia. Journal of Cleaner Production 2014;84:382–390. doi:10.1016/j.jclepro.2013.09.033.
 22. Schafer, W. Geochemical Evaluation of Cemented Paste Tailings in a Flooded Underground Mine. Annual Meeting of the International-Mine-Water-Association (IMWA) GERMANY публ.: JUL 11–15, 2016.

Поступила 18.05.18

Принята в печать 02.07.18

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

<https://doi.org/10.18503/1995-2732-2018-16-3-33-39>

DEVELOPMENT OF THE REMAINING RESERVES OF THE KUMAK GOLD DEPOSIT (ORENBURG REGION)

Petr V. Pankratiev – DSc (Geology & Minerology), Professor
Orenburg State University, Orenburg, Russia. E-mail: pankratev34@mail.ru

Aleksandra V. Kolomoets – Postgraduate Student
Orenburg State University, Orenburg, Russia. E-mail: kolomoyets56@mail.ru

Vasily S. Panteleev – Postgraduate Student
Orenburg State University, Orenburg, Russia.

Abstract

This article examines one of the promising gold ore areas of the Orenburg Urals region (the suture zone between the East Ural uplift and the Magnitogorsk trough), which has a developed gold-quartz and gold-sulfide-quartz formations in carbonaceous shales. The Kumak deposit is confined to a rift graben comprised of Ordovician carbon-terrigenous-carbonate and Lower Carboniferous deposits and containing 1 to 9 % of organic matter and 2 to 5% of sulfides. The authors established how the accumulations of carbonaceous particles are positioned to the suture zones of deep faults, which control an extended zone of the dyke belt experiencing quartz-sericite alteration, silicification and volcanism. The Kumak deposit falls under the category of gold ore deposits that, considering the depth of formation, the concentration of gold and other

parameters, cannot offer economic feasibility when processed using conventional techniques. What would work well for such deposits is the in-situ leaching process, avoiding actual ore mining and other costly operations. **Relevance:** The drillhole in-situ leaching process can be successfully implemented at the Kumak deposit, enabling to develop gold deposits for which mechanical mining does not prove economically feasible. Ore-grade gold is confined to the fractured zones of metamorphosed shales and is unevenly disseminated localized as steeply inclined ore shoots, along which the leaching process is designed to take place. This technique is one of the most promising geotechnologies in gold mining and should be put into practice as soon as possible. **Originality:** Using the case study of the Kumak gold deposit, this paper reveals the potential industrial relevance of small deposits of the Orenburg region.

Keywords: East Ural uplift, Magnitogorsk trough, Orenburg Urals region, Kumak ore field, remaining reserves, black shale type, drillhole in-situ leaching, gold, New Orenburg stratum.

References

1. Alikulov Sh.Sh., Nazhimov F.F. Analysing the applicability of the generic uranium in-situ leaching model to the natural conditions of the deposit. *Gorny informatsionno-analiticheskiy byulleten* [Mining bulletin], 2015, no. 3, pp. 67–74. (In Russ.)
2. Arianova A.B. On the current developments in drillhole in-situ leaching of gold. *Uspekhi sovremennoy nauki i obrazovaniya* [Progress in modern science and education], Tomsk, 2016, pp. 148–150. (In Russ.)
3. Buryak V.A., Mikhaylov B.K., Tsybalyuk N.V. Genesis, localization patterns and potential gold and platinum bearing capacity of black shale strata. *Rudy i metally* [Ores and Metals], 2002, no. 6, pp. 25–36. (In Russ.)
4. Vidusov T.E., Kharkevich K.A., Zabolotsky A.I. and et al. *Opytnye ispytaniya sposoba PV na zolotorudnom mestorozhdenii Gagarskom i otsenka vozdeystviya na okruzhayushchuyu sredu* [Pilot testing of the in-situ leaching process at the Gagarsk gold deposit and assessment of the environmental impact]. Yekaterinburg, 1995. (In Russ.)
5. Golik V.I., Lukyanov V.G., Stradanchenko S.G., Maslennikov S.A. Parameters of in-situ leaching of metals supported by experiments. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov* [Proceedings of Tomsk Polytechnic University. Georesources engineering], 2015, pp. 90–97. (In Russ.)
6. Zabolsky V.K. Prospective application of the drillhole in-situ leaching process in mineral mining. *Gomyi zhurnal* [Mining journal], 1991, no. 7, pp. 48–52. (In Russ.)
7. Kolomoets A.V. On the development of remaining gold reserves and dumps around old gold mining sites (case study of the Kumaksk ore field). *Materialy Chetvertoy Rossiyskoy molodezhnoy Shkoly s mezhdunarodnym uchastiem "Novoe v poznanii protsessov rudoobrazovaniya"* [Proceedings of the Fourth Russian Youth Workshop with International Participation "New findings about mineralization processes"], Moscow, 2014, 160 p. (In Russ.)
8. Loshchinin V.P., Pankratiev P.V. Gold content of the Lower-Middle Paleozoic black shale formations of the Eastern Orenburg region. *Strategiya i protsessy osvoeniya georesursov* [Strategy of exploration and development of georesources]. Perm, 2006, pp. 79–82. (In Russ.)
9. Loshchinin V.P., Pankratiev P.V. On the gold content of the Middle Ordovician carbon-bearing terrigenous-siliceous deposits of the New Orenburg suite in the East Orenburg region. *Metallogeniya drevnikh i sovremennykh okeanov* [Metallogeny of ancient and modern oceans]. Miass, 2003, pp. 165–168. (In Russ.)
10. Novgorodova M.I., Yakobs E.I., Shinkarenko Yu.G. Gold mineralization and metasomatites of one of the regions in the Southern Urals. *Voprosy petrologii i metallogenii Urala* [Problems of petrology and metallogeny of the Urals region]. Sverdlovsk: The Urals Science Centre of the USSR Academy of Sciences, 1981, pp. 115–116. (In Russ.)
11. Sazonov V.N., Ogorodnikov V.N., Koroteev V.A., Polenov Yu.A. *Mestorozhdeniya zolota Urala* [Gold deposits of the Urals region]. Yekaterinburg, Ural State Academy of Mining and Geology, 1999, 570 p. (In Russ.)
12. Sazonov V.N., Koroteev V.A., Ogorodnikov V.N., Polenov Yu.A., Velikanov A.Ya. Gold in the "black shales" of the Urals region. *Litosfera* [Lithosphere], 2011, no. 4, pp. 70–92. (In Russ.)
13. Terovskaya T.S., Kesler A.G., Noskov M.D. In-situ leach mining of uranium and environmental safety. *Izv. vuzov. Fizika* [University proceedings. Physics], 2013, pp. 297–301. (In Russ.)
14. Chamberlin R.D. Heap and in-situ leaching of gold and silver. *Gold Forum on Technology and Practices*. World Gold. 89. Littleton, Colorado. 1989, pp. 225–232.
15. Khan I.S., Pankratiev P.V., Olkhova A.I. On the prospective application of heap leaching for mining metallic minerals in the Orenburg region. *Materialy vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Proceedings of the national science conference]. Orenburg: OSU, 2010, pp. 1495–1500. (In Russ.)
16. Faziullin M.I., Avdonin G.I., Smirnova R.N. Prospects of drillhole in-situ leaching of gold in Russia. *Tsvetnye metally* [Non-ferrous metals], 2002, no. 10, pp. 39–46. (In Russ.)
17. Kerrich R., Goldfarb R.J., Groves D.I., Garwin S., Jia Y. The characteristics, origin and geodynamic settings of super-Collection of geology proceedings no. 11. Giant gold metallogenic provinces. *Science in China*. 2000, vol. 43, pp. 1–68.
18. Golik V.I., Hasheva Z.M., Galachieva S.V. Diversification of the economic foundations of depressive mining region. *Medwell Journals. The Social Sciences*. 2015, no. 10 (5), pp. 678–681.
19. Johnson T.W., Hofer W.B., Mendez M.A. Carlin-type Gold Deposits and Current Mining Activities at Jerritt Canyon, Elko County, Nevada. *Geological-Society-of-Nevada's Symposium – New Concepts and Discoveries*. 2015, pp. 483–513.
20. Schafer, W. Geochemical Evaluation of Cemented Paste Tailings in a Flooded Underground Mine/ Annual Meeting of the International-Mine-Water-Association (IMWA). 2016, pp. 714–724.
21. Haque N., Norgate T. The greenhouse gas footprint of in-situ leaching of uranium, gold and copper in Australia. *Journal of Cleaner Production* 2014;84:382–390. doi:10.1016/j.jclepro.2013.09.033
22. Schafer, W. Geochemical Evaluation of Cemented Paste Tailings in a Flooded Underground Mine. Annual Meeting of the International-Mine-Water-Association (IMWA) GERMANY нубл.: JUL 11–15, 2016.

Received 18/05/18

Accepted 02/07/18

Образец для цитирования

Панкратьев П.В., Коломоец А.В., Пантелеев В.С. Разработка остаточных запасов Кумакского золоторудного месторождения (Оренбургская область) // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2018. Т.16. №3. С. 33–39. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2018-16-3-33-39>

For citation

Pankratiev P.V., Kolomoets A.V., Panteleev V.S. Development of the remaining reserves of the Kumak gold deposit (Orenburg region). *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2018, vol. 16, no. 3, pp. 33–39. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2018-16-3-33-39>