УДК 622.342.1

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОТОНОСНЫХ РУД СВЕТЛИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ*

М. В. РЫЛЬНИКОВА,
зав. отделом,
проф., д-р техн. наук,
rylnikova@mail.ru,
ИПКОН РАН, Москва, Россия

В. А. ЕЖОВ,
директор
Светлинского ГОКа,
АО «ЮГК»,
Пласт, Россия

И. Л. НИКИФОРОВА,
научный сотрудник,
ИПКОН РАН,
Москва, Россия

С. Н. ПЛОТНИКОВ,
заместитель генерального
директора по обогащению,
АО «ЮГК», Пласт, Россия

На примере Светлинского золоторудного месторождения, разрабатываемого АО «Южуралзолото Группа Компаний», рассмотрено применение энергоэффективных геотехнологий добычи и переработки золотоносных руд как одного из основных направлений комплексного освоения недр. Обоснована актуальность развития и применения данного направления в усложняющихся условиях золотодобычи в Уральском регионе.

Ключевые слова: *АО «Южуралзолото Группа Компаний», золотодобыча, комплексное освоение недр, геотехнология, энергоэффективность, ресурсосбережение, производительность, снижение затрат.*

DOI: *10.17580/gzh.2017.09.07*

Введение

Урал исторически является старейшим золотодобывающим регионом России. Несколько столетий подряд его богатые месторождения вносят весомый вклад в золотой фонд страны и в укрепление ее позиций на мировых сырьевых рынках [1–3]. Лидер золотодобывающей отрасли на Урале – АО «Южуралзолото Группа Компаний» (АО «ЮГК») входит в пятерку крупнейших компаний России. Это результат многолетней последовательной работы предприятия по добыче драгоценного металла с обеспечением энергоэффективности и ресурсовоспроизводства при реализации геотехнологических процессов [4–6].

Ценность золота не исчисляется в одном лишь денежном эквиваленте. Этот благородный металл составляет стратегический запас страны, является важнейшим элементом мировой финансовой системы и эффективным инструментом инвестиций.

Основными месторождениями золота, определяющими минерально-сырьевой потенциал Компании, являются золоторудные месторождения Кочкарское, Светлинское, Березняковское, Осейское, Южный и Западный Курасан. Большинство из них разрабатывается открытым способом, так как подобные геотехнологии позволяют применять высокопроизводительную технику и большегрузный транспорт, что, в свою очередь, обеспечивает требуемые для рентабельной переработки руды объемы добычи.

Необходимость применения ресурсосберегающих и энергоэффективных геотехнологий актуальна для всех предприятий АО «ЮГК» и обусловлена следующими внутренними факторами: усложнением горно-геологических условий, снижением качества добываемого сырья, относительно небольшим объемом балансовых запасов месторождений и, соответственно, ограниченным сроком их эксплуатации. Внешними факторами, определяющими актуальность непрерывной модернизации производства, являются возросшая изменчивость внешней среды, ужесточающиеся экологические требования, постоянные колебания цен на благородные металлы на мировом рынке.

Особую актуальность приобретают ресурсосберегающие и энергоэффективные геотехнологии при разработке Светлинского месторождения, которое на сегодняшний день является самым крупным месторождением АО «ЮГК». Карьер «Светлинский» входит в десятку крупнейших золотодобывающих карьеров России, его годовая производственная мощность по добыче руды составляет 8 млн т. Объем производства золота из руд Светлинского месторождения достигает 6 т в год при среднем содержании металла в руде 0,75 г/т. Переработка руды осуществляется на Светлинской и Кочкарской золотоизвлекательных фабриках (ЗИФ).

Учитывая низкое и весьма изменчивое содержание золота в руде, добиться экономической эффективности при разработке Светлинского месторождения АО «ЮГК» позволяет целенаправленная стратегия создания условий для комплексной механизации и автоматизации основных технологических процессов, повышения инвестиций в техническое перевооружение парка горного и обогатительного оборудования, обеспечения ресурсосбережения и энергоэффективности добычи и переработки рудной массы.

* Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 14-37-00050-П.

Геологическое строение

Светлинское золоторудное месторождение в Челябинской области было выявлено в 1979 г., детальная разведка завершена в 1988 г. Основным средством разведки являлась проходка скважин колонкового бурения. На стадии детальной разведки скважины бурили по сети 50×20÷40 м с пересечением рудоносной толщи на всю мощность. Месторождение изучено по простиранию на 700 м, по падению в центральной части – на 500–600 м и по падению на флангах – 200–400 м. Перспективы оруденения двумя структурными скважинами оценены до глубины 1000–1100 м. В центральной и северной частях месторождения пройдены разведочные подземные горные выработки – шурфы глубиной до 40 м, а также штольни и штреки.

Месторождение расположено в Кочкарско-Варламовской структурно-формационной зоне. Приурочено оно к зоне разлома северо-западного простирания, разделяющего крупные антиклинали Кочкарского антиклинория. В зоне сопряжения грабен-синклинали с разломом образовался флексурный изгиб Светлинской толщи, контролирующий промышленное оруденение. Через месторождение проходит крупная зона повышенной трещиноватости северо-восточного простирания, более раннего дорудного заложения.

В строении Светлинской грабен-синклинали выделены три комплекса пород: подстилающий, представленный терригенно-карбонатной формацией; рудовмещающий, состоящий из пород вулканогенно-осадочной молассоидной формацией, и перекрывающий, образованный породами кремнисто-фтанитовой и базальт-андезит-базальтовой формацией. На западе рудовмещающая толща по зоне надвига перекрыта отложениями Арамильско-Сухтелинской структурно-формационной зоны. Породы этих толщ слагают моноклиналь с крутым западным падением и субмеридиональным простиранием. В восточной части месторождения породы сильно подвержены процессам гипергенеза. В результате одновременного развития карста и линейных кор выветривания произошла просадка выветрелых пород рудовмещающей толщи, и они приобрели субгоризонтальное залегание, а иногда и восточное падение. Площадь Светлинского месторождения 700×700 м, по вертикали 600 м, общая мощность рудовмещающей толщи достигает 300 м. Толща сложена песчаниками, гравелитами, алевролитами, туфопесчаниками, туфоалевролитами, туффитами и кристаллокластическими туфами порфиритов базальтового состава с наличием в породах толщи углистого и карбонатного материала. Оруденение прослежено до глубины 600 м, а зона с убогой по золоту минерализацией продолжается на более глубокие горизонты. На север по простиранию рудные тела постепенно выклиниваются. На юге рудоносная толща срезается надвигом.

Рудная минерализация представлена прожилково-вкрапленным золотосульфидным и золотосульфидно-кварцевым оруденением. Прожилково-вкрапленное оруденение представлено сульфидной вкрапленностью пиритового, а на глубине – пирротин-пиритового состава. Локализуется, как правило, в кварц-слюдистых и слюдисто-кварцевых метасоматитах. Золотоносность кварцевых прожилков и жил обычно невысокая и полностью зависит от насыщенности сульфидами околопрожилкового пространства и зальбандовых частей. Главными концентраторами золота в рудах являются сульфиды, биотит и серицит. Рудные залежи выделяются на основании опробования и имеют форму субпластовых или линзовидных тел в коренном залегании, с падением на запад или северо-запад под углом 40–70°. Эти тела содержат внутри безрудные или некондиционные прослои, характеризующиеся неустойчивой, варьирующей в широких пределах мощностью по падению и простиранию. При переходе в область развития коры выветривания падение рудных залежей становится пологим западным, субгоризонтальным, участками оно обратное, плащеобразное, облекает неровную поверхность закарстованных мраморов.

Переход от скальных первичных руд к рыхлым окисленным постепенный, без резких геологических границ; рудные тела прослеживаются непрерывно и, сохраняя уровень содержаний и мощностей, переходят из скальной части через дресвяно-щебнистую и глинисто-дресвяную зоны кор выветривания в охристо-глинистую зону. Кварцевые жилы и прожилки в рудах часто раздроблены, иногда сильно выветрены, зальбанды их обохрены за счет разложения сульфидов. Распределение золота в рыхлых рудах коры выветривания весьма неравномерное. Повсеместно наблюдается возрастание содержания золота в глинисто-железистых образованиях на контактах с мраморами. Коры химического выветривания Светлинского месторождения относятся к каолинит-гидрослюдистому профилю и имеют типичное гипергенное происхождение. Развиты они преимущественно в восточной и центральной частях месторождения до глубин 100–400 м. По степени изменения пород и морфогенетическим особенностям массивы пород коры выветривания подразделяются на три зоны: дресвяно-щебнистую, глинисто-дресвяную и охристо-глинистую.

Четко выраженной приуроченности рудных тел к какой-либо из зон коры выветривания не прослеживается. Золото в коре выветривания ассоциирует с кварцем, сохранившимися неокисленными сульфидами или продуктами их окисления, а также с глинистыми материалами. Карстообразование, проявленное главным образом в восточной части, привело к образованию провалов и заметному нарушению первичных условий залегания. В связи с этим происходили сползание золотоносного материала к востоку, частичное нарушение его сплошности, перераспределение рудоносного материала и резкое увеличение рудных тел. В западной части депрессии глинистые коры выветривания по рудным телам в результате медленных просадок приобрели мульдообразное залегание.

Руды месторождения относятся к одному природному типу и являются золотосодержащими кварцевыми рудами с убогим содержанием сульфидов. По степени окисленности руды месторождения подразделяются на два основных сорта: скальные породы, представленные коренными метасоматитами, и продукты их выветривания. Соответственно, скальные породы представляют первичные руды месторождения, а выветренные – окисленные.

Рис. 1. Технологическая схема добычных работ

Рудные залежи на месторождении не имеют естественных геологических границ и выделяются только по данным эксплутационной разведки. Имеют форму субпластовых или линзовидных тел в коренном залегании с падением на запад или северо-запад под углом 40–70°, содержат внутри безрудные или некондиционные прослои и характеризуются неустойчивой, варьирующей в широких пределах мощностью по падению и простиранию.

Кварцевые жилы и прожилки в виде системы «лестничных» образований секут рассланцевание и слоистость рудовмещающей толщи и концентрируются в слоях алевропесчаников и песчаников, иногда выходят за их пределы в туфы.

Значения плотности золотосодержащих руд, установленные при геологической разведке месторождения сетью подземных горных выработок, характеризуются выдержанностью значений, варьируя от 2,63 до 2,71 т/м^3, в среднем составляя 2,68 т/м^3.

Запасы Светлинского месторождения были рассмотрены ГКЗ СССР в 1989 г. и утверждены согласно протоколу № 10695 от 4 августа 1989 г.

Технологические решения и организация производства

Горно-геологические условия месторождения предопределяют открытый способ добычи. Для отработки утвержденных запасов полезного ископаемого принята углубочная кольцевая транспортная система разработки с доставкой пород вскрыши самосвалами во внешние отвалы, руды – на перегрузочный пункт. Принятая система разработки в наибольшей степени обеспечивает безопасную и экономичную разработку месторождения и охрану окружающей среды [7–14]. Подготовка скальных пород и руды к выемке осуществляется с применением буровзрывных работ. Технологическая схема добычных работ представлена на **рис. 1**.

В настоящее время горные работы ведут в соответствии с проектом «Разработка Светлинского золоторудного месторождения» (ООО НПО «РОСГЕО», г. Челябинск, 2012 г.) на горизонтах 180–360 м под непосредственным руководством лиц горного и технического надзора карьера. Проект разработан на основании отчета НИР «Разработка рекомендаций по параметрам бортов карьера и отвалов для проектирования отработки Светлинского золоторудного месторождения до глубины 312 м» (Уральский филиал ВНИМИ, 2011 г.).

Параметры проектного карьера, приведенные ниже, приняты с учетом горно-геологических условий месторождения, полноты отработки запасов и перспективного развития транспортной схемы. Глубина существующего карьера составляет 180 м от поверхности, отметка зумпфа – 170 м.

Конструктивные параметры Светлинского карьера

Абсолютная отметка дна, м	*+50*
Глубина, м	*312*
Длина по дну, м	*420*
Ширина по дну, м	*От 94 до 220*
Площадь дна, м^2	*68050*
Длина по поверхности, м	*1560*
Ширина по поверхности, м	*1515*
Площадь по поверхности, м^2	*1543295*
Высота рабочих уступов, м:	
вскрышных	*10*
добычных	*10*
погашенных:	
по рыхлым породам	*10*
по мраморам	*20*
по скальным породам	*До 30*
Угол откоса рабочего уступа, градус:	
по рыхлым породам	*До 60*
по скальным породам	*До 70*
Угол откоса уступа в предельном положении, градус:	
по рыхлым породам	*До 30*
по мраморам	*До 40*
по скальным породам	*До 65*
Ширина предохранительной бермы по горизонтам, м	*Не менее 10*

Буровзрывные работы выполняют собственными силами предприятия, парк буровых машин обновляется и благодаря модернизации производства на сегодняшний день включает элек-

трические машины СБШ-250 вращательного бурения и дизельные станки DM-45 (Atlas Copco) пневмоударного бурения. Данное сочетание позволяет значительно снизить себестоимость буровых работ благодаря применению на средних и весьма трещиноватых породах станков вращательного бурения, а на крепких породах – буровых станков с пневмоударниками. Это позволило достичь максимальной производительности бурового оборудования и минимизировать затраты энергоресурсов. Для оптимизации и снижения затрат на взрывные работы на территории ГОКа совместно с НИПИгормаш построен и введен в эксплуатацию завод по производству взрывчатых веществ, который полностью обеспечивает потребности в ВВ не только Светлинского ГОКа, но и всех предприятий АО «ЮГК».

Экскаваторный парк выемочно-погрузочного оборудования после обновления также включает как электрические экскаваторы (ЭКГ-8И и ЭКГ-10И), так и высокопроизводительные гидравлические машины фирмы Hitachi и Komatsu. Разноска верхних горизонтов осуществляется высокопроизводительными гидравлическими экскаваторами Hitachi типа «прямая лопата» с ковшом вместимостью 10 м^3. Средние переходные горизонты со сложными трещиноватыми породами отрабатывают электрическими экскаваторами ЭКГ-8 и ЭКГ-10. На нижних добычных горизонтах используют гидравлические экскаваторы типа «обратная лопата» с ковшами вместимостью 5–7 м^3 с селективной (по жилам) выемкой полезного ископаемого. Данное сочетание оборудования позволяет достигать его высокой производительности, обеспечивает минимальную энергоемкость производства, значительно снижает разубоживание руды и сокращает потери полезного ископаемого.

Автотранспортный цех также обновлен и на сегодняшний день укомплектован большегрузными самосвалами БЕЛАЗ грузоподъемностью 90 и 130 т с электромеханической передачей, которые используют на вскрышных работах на верхних и средних горизонтах, что значительно снижает затраты на дизельное топливо. При отработке нижних горизонтов и на добычных работах используют самосвалы БЕЛАЗ грузоподъемностью 55 т, а также машины фирмы Komatsu грузоподъемностью 90 т с гидромеханической передачей, что позволяет применять повышенные уклоны на временных съездах, тем самым сокращая плечо откатки, снижая удельное энергопотребление и повышая полноту освоения недр за счет уменьшения разубоживания руды.

Преимущества данных сочетаний горнотранспортного оборудования заключаются в возможности быстрого ввода производственных мощностей карьера, увеличении его производительности, снижении энергоемкости производства, обеспечении высокой мобильности, что позволяет эффективно отрабатывать месторождение, с достаточно высокой скоростью понижения горных работ.

В настоящее время разрабатывается проект перехода на циклично поточную технологию (ЦПТ) с установкой дробильного комплекса на средних горизонтах карьера для доставки руды до Светлинской ЗИФ конвейерным транспортом. Учитывая удаленность ЗИФ от карьера на 3,2 км, внедрение ЦПТ позволит значительно снизить расходы на выемку рудной массы и сократить общие затраты на ее дезинтеграцию, так как на обогатительной фабрике цикл дробления отсутствует.

Воспроизводство минерально-сырьевой базы

В условиях ведения открытых горных работ на карьере «Светлинский» эксплуатационная разведка запасов одноименного месторождения, являющаяся составным элементом технологических процессов его освоения, обеспечивает:

- изучение флангов и других недостаточно разведанных частей рудных тел, в том числе с изменчивой морфологией;
- выявление качественного распределения полезного ископаемого в пределах отрабатываемых и подготавливаемых к отработке горизонтов и уступов.

Подсчет запасов руды и золота на Светлинском месторождении проведен через коэффициент рудоносности без геометризации рудных тел в пространстве, установлены лишь границы геологических блоков, в пределах которых должны находиться рудные тела, подлежащие отработке. Кроме того, границы рудных тел выделены только по данным геологического опробования.

С целью определения пространственного положения рудных тел в пределах эксплуатационных блоков предусмотрено проведение опережающей эксплуатационной разведки и эксплуатационного опробования. Это позволяет значительно сократить потери и разубоживание руды при добыче, повысить эффективность и снизить энергоемкость добычных работ.

Эксплуатационная разведка при проведении добычных работ осуществляется двумя способами.

1. При выемке горной массы без применения БВР – проходкой эксплуатационно-разведочных канав глубиной до 1 м, ориентированных по направлению разведочных профилей буровых скважин. Расстояние между магистральными канавами в плане составляет 50 м. Проходят их по профилям разведочных скважин, и их контуры должны выходить за пределы подсчетных блоков на 20–30 м. Между магистральными канавами проходят дополнительные канавы через 10–15 м в зависимости от сплошности морфологии рудных тел, с выходом во вмещающие породы на 5–10 м. Интервал проходки канав по вертикали составляет 10 м. Порядок отбора проб с подготовкой соответствующей документации определяется утвержденной на предприятии «Инструкцией по документации канав и траншей (в том числе эксплоразведочных) от 10.10.2001 г.».

2. При выемке горной массы с применением БВР в режиме реального времени выполняют опробование шлама буровзрывных скважин. Методика и порядок опробования определяются соответствующей инструкцией по опробованию буровзрывных скважин на карьерах АО «ЮГК».

Благодаря проведению эксплуатационной разведки по более детальной, чем разведочная, сетке осуществляется перевод части забалансовых запасов в балансовые. Обобщение опыта работ свидетельствует о том, что доля запасов, переводимых из забалансовых в балансовые, составляет около 5 %.

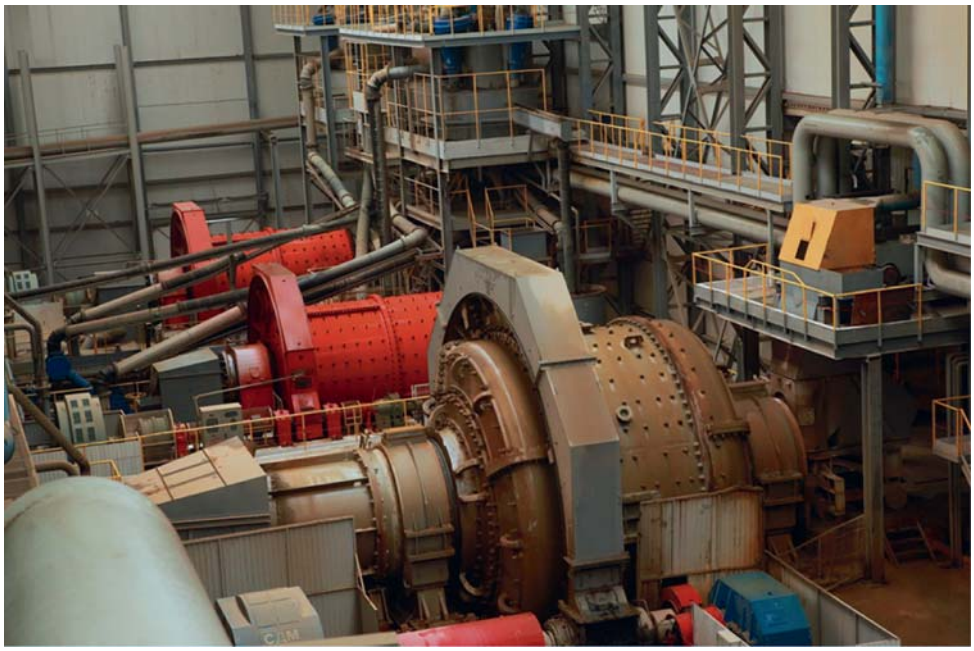

Рис. 2. Вид с верхней площадки оборудования Светлинской ЗИФ

Объем и направления эксплуатационной разведки определяются ежегодно в планах горных работ при разработке производственной программы развития Светлинского карьера.

На сегодняшний день на месторождении Светлинское осуществлена доразведка и прорабатывается проект отработки карьера на глубину 580 м.

Переработка руд Светлинского месторождения

До 2012 г. добытую на Светлинском карьере руду подавали на Кочкарскую ЗИФ в г. Пласт, расположенную на расстоянии 30 км от месторождения, а часть забалансовых руд обрабатывали методом кучного выщелачивания, который не давал высокого извлечения металла из упорных руд. Остатки забалансовых руд складировали во временный отвал, что влекло снижение рентабельности производства. Исходя из этого, было принято решение о строительстве новой Светлинской ЗИФ производительностью 8 млн т в год в непосредственной близости от карьера, которая будет способна перерабатывать бедные руды с содержанием золота до 0,3 г/т, что беспрецедентно в отечественной практике золотодобычи.

В ноябре 2014 г. была запущена первая очередь этой ЗИФ, в марте 2015 г. – вторая очередь, а в августе 2015 г. была полностью введена в эксплуатацию вся фабрика (**рис. 2**). К маю 2016 г. фабрика вышла на проектную мощность, переработав за год 6,9 млн т руды. На 2017 г. уже набран проектный объем переработки. Кучное выщелачивание полностью остановлено, недовыщелоченные руды извлекают из штабелей и вовлекают в повторную переработку на ЗИФ.

Руды на ЗИФ перерабатывают по сорбционно-цианистой схеме. Сегодня золото извлекают из руды при помощи растворителя – цианида натрия. Это вещество обладает способностью переводить в цианистые водорастворимые соединения даже самые мелкие частицы золота. Сущность цианирования заключается в выщелачивании золота из руд слабым цианистым раствором в присутствии кислорода. Золото при этом переходит в раствор в виде цианистых комплексов. В дальнейшем из раствора они могут быть выделены сорбцией на активированный уголь. Именно таким образом и происходит извлечение золота из руды с использованием физико-химических процессов. Однако на выходе при этом получается не чистое золото, а сплав Доре, состоящий из смеси золота с серебром. Сплав Доре поступает на аффинажный завод для последующей очистки, где он уже превращается в сверкающие золотые слитки высочайшей пробы 999,9.

Переработка руды на Светлинской ЗИФ – очень энергоемкий процесс. Для повышения энергоэффективности производства на ЗИФ строится комплекс газопоршневых электростанций, который полностью обеспечит фабрику собственной электрической энергией. На сегодняшний день первый блок из двух газопоршневых электростанций уже пущен в работу и обеспечивает электрической энергией бóльшую часть процессов на ЗИФ.

Заключение

На предприятиях АО «ЮГК» в последнее десятилетие активно реализуются программы, направленные на обеспечение энергоэффективности, ресурсосбережения, экологизацию горного производства и соблюдение социальной ответственности.

Именно на достижение указанных целей ориентировано развитие технологии добычи и переработки золотоносных руд Светлинского месторождения, предусматривающее модернизацию горного оборудования; совершенствование технологии рудоподготовки; внедрение ЦПТ в карьере; применение новых комплексных технологий добычи и переработки руд с оптимизацией гранулометрического состава рудной массы еще на стадии открытой добычи. На предприятии постоянно разрабатывают и внедряют меры по повышению объема и качества запасов, снижению разубоживания, в кратчайшие сроки осуществлено строительство собственной ЗИФ.

Успешная реализация указанных мероприятий позволила значительно повысить производительность труда и культуру производства, вывести Светлинский ГОК в число высокорентабельных предприятий АО «ЮГК».

Библиографический список

1. О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2014 году : Государственный доклад. – М. : ООО «Минерал-Инфо», 2015. – 319 с. URL: http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/331/dokl_14.pdf (дата обращения: 20.05.2017).
2. Сырьевой комплекс России. Золото / Информационно-аналитический центр «Минерал». URL: http://www.mineral.ru/Facts/russia/161/530/3_17_au.pdf (дата обращения: 20.05.2017).
3. *Рудаков В. В.* Проблемы развития и освоения сырьевой базы золота в России // Горный журнал. 2010. № 1. С. 4–6.
4. *Голик В. И.* Концептуальные подходы к созданию мало- и безотходного горнорудного производства на основе комбинирования физико-технических и физико-химических геотехнологий // Горный журнал. 2013. № 5. С. 93–97.
5. *Тангаев И. А.* Энергоемкость процессов добычи и переработки полезных ископаемых. – М. : Недра, 1986. – 231 с.
6. *Ben-Awuah E., Richter O., Elkington T., Pourrahimian Y.* Strategic mining options optimization: Open pit mining, underground mining or both // International Journal of Mining Science and Technology. 2016. Vol. 26. Iss. 6. P. 1065–1071.
7. Развитие ресурсосберегающих и ресурсовоспроизводящих геотехнологий комплексного освоения месторождений полезных ископаемых / под ред. К. Н. Трубецкого. – М. : ИПКОН РАН, 2012. – 205 с.
8. *Трубецкой К. Н., Каплунов Д. Р., Рыльникова М. В.* Принципы обоснования параметров устойчивого и экологически сбалансированного освоения месторождений твердых полезных ископаемых // Условия устойчивого функционирования минерально-сырьевого комплекса России. – М. : Горная книга, 2014. Вып. 2. С. 3–10.
9. *Gandhi S. M., Sarkar B. C.* Essentials of Mineral Exploration and Evaluation. – Amsterdam : Elsevier, 2016. – 406 p.
10. *Лейзерович С. Г., Помельников И. И., Сидорчук В. В., Томаев В. К.* Ресурсовоспроизводящая безотходная геотехнология комплексного освоения месторождений Курской магнитной аномалии. – М. : Горная книга, 2012. – 547 с.
11. *Каплунов Д. Р., Рыльникова М. В., Радченко Д. Н.* Проблема использования возобновляемых источников энергии в ходе разработки месторождений твердых полезных ископаемых // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2015. № 1. С. 88–96.
12. *Jarvie-Eggart M. E.* Responsible Mining: Case Studies in Managing Social & Environmental Risks in the Developed World. – Englewood : Society for Mining, Metallurgy and Exploration, 2015. – 804 p.
13. *Erzurumlu S. S., Erzurumlu Y. O.* Sustainable mining development with community using design thinking and multi-criteria decision analysis // Resources Policy. 2015. Vol. 46. Iss. 1. P. 6–14.
14. *Thrybom L., Neander J., Hansen E., Landemas K.* Future Challenges of Positioning in Underground Mines // IFAC-PapersOnLine. 2015. Vol. 48. Iss. 10. P. 222–226. ГЖ

«GORNYI ZHURNAL», 2017, № 9, pp. 35–40
DOI: 10.17580/gzh.2017.09.07

Energy-efficient technologies of gold ore mining and processing at Svetlinskoe deposit

Information about authors
M. V. Rylnikova[1], Head of Department, Professor, Doctor of Engineering Sciences, rylnikova@mail.ru
V. A. Ezhov[2], Director
I. L. Nikiforova[1], Researcher
S. N. Plotnikov[3], Deputy Executive Office on Beneficiation

[1] IPKON, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
[2] Svetlinsky Mining and Processing Works, UGC Gold Mining Company, Plast, Russia
[3] UGC Gold Mining Company, Plast, Russia

Abstract
Ensuring the sustainable functioning of gold mining enterprises belonging to UGC Gold Mining Company is increasingly focused on the use of resource-saving and energy-efficient geotechnologies that enjoy the highest demand in the mining practice. A rational combination of geotechnologies enables the most complete extraction of minerals from subsoil and recovery of valuable components from the mineral substance based on the effective management of mineral flow quality in the course of their energy-efficient formation, displacement, anthropogenic transformation.
In particular, a purposeful strategy toward integrated mechanization and automation of basic technological processes, increased investment in technical re-equipment of the mining and processing machines, resource-saving and energy efficiency of mining and processing of ore makes it possible to achieve economic efficiency of development of Svetlinskoe gold deposit although characterized by a fairly low average gold content of ore – 0.75 g/t.
The study has been supported by the Russian Science Foundation, Grant No. 14-37-00050-P.

Keywords: UGC Gold Mining Company, gold mining, integrated mastering of soils, geotechnology, energy efficiency, resource saving, production capacity, cost reduction.

References
1. Available at: http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/331/dokl_14.pdf (accessed: 20.05.2017).
2. Russian raw material source. Gold. Available at: http://www.mineral.ru/Facts/russia/161/530/3_17_au.pdf (accessed: 20.05.2017).
3. Rudakov V. V. Problems of expansion and development of gold raw material base in Russia. *Gornyi Zhurnal.* 2010. No. 1. pp. 4–6.
4. Golik V. I. Conceptual approaches to the creation of low waste and wasteless mining production on the basis of combination of physical-technical and physical-chemical geotechnologies. *Gornyi Zhurnal.* 2013. No. 5. pp. 93–97.
5. Tangaev I. A. Power-consuming of the processes of extraction and processing of minerals. Moscow : Nedra, 1986. 231 p.
6. Ben-Awuah E., Richter O., Elkington T., Pourrahimian Y. Strategic mining options optimization: Open pit mining, underground mining or both. *International Journal of Mining Science and Technology.* 2016. Vol. 26, Iss. 6. pp. 1065–1071.
7. Development of resource-saving and resource-reproduction geotechnologies of complex mastering of mieral deposits. Ed.: K. N. Trubetskoy. Moscow : IPKON RAN, 2012. 205 p.
8. Trubetskoy K. N., Kaplunov D. R., Rylnikova M. V. The principles of parameters justification of sustainable and ecologically balanced exploitation of solid mineral resources. *Usloviya ustoychivogo funktsionirovaniya mineralno-syrevogo kompleksa Rossii.* Moscow : Gornaya kniga, 2014. Iss. 2. pp. 3–10.
9. Gandhi S. M., Sarkar B. C. Essentials of Mineral Exploration and Evaluation. Amsterdam : Elsevier, 2016. 406 p.
10. Leyzerovich S. G., Pomelnikov I. I., Sidorchuk V. V., Tomaev V. K. Resource-reproduction wasteless geotechnology of complex mastering of Kursk Magnetic Anomaly deposits. Moscow : Gornaya kniga, 2012. 547 p.
11. Kaplunov D. R., Rylnikova M. V., Radchenko D. N. Utilization of renewable energy sources in hard mineral mining. *Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh.* 2015. No. 1. pp. 88–96.
12. Jarvie-Eggart M. E. Responsible Mining: Case Studies in Managing Social & Environmental Risks in the Developed World. Englewood : Society for Mining, Metallurgy and Exploration, 2015. – 804 p.
13. Erzurumlu S. S., Erzurumlu Y. O. Sustainable mining development with community using design thinking and multi-criteria decision analysis. *Resources Policy.* 2015. Vol. 46, Iss. 1. pp. 6–1
14. Thrybom L., Neander J., Hansen E., Landemas K. Future Challenges of Positioning in Underground Mines. *IFAC-PapersOnLine.* 2015. Vol. 48, Iss. 10. pp. 222–226.