УДК 501.17:622.342.1

СТРАТЕГИЯ АО «ЮГК» В ОБЛАСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ СБАЛАНСИРОВАННОГО ОСВОЕНИЯ ДАРАСУНСКОГО И ТАЛАТУЙСКОГО ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ*

Е. М. АНОШИНА,
главный геолог,
ООО «Дарасунский рудник»,
пос. Вершино-Дарасунский,
Россия

Е. Н. ЕСИНА,
старший научный сотрудник,
канд. техн. наук,
esina555@lst.ru,
ИПКОН РАН, Москва, Россия

Статья посвящена становлению и развитию Дарасунского рудника, осваивающего запасы Дарасунского и Талатуйского золоторудных месторождений. Стратегия развития Дарасунского рудника направлена на постепенный вывод предприятия на безубыточный уровень, модернизацию производства, улучшение условий труда рабочих и создание технологий, обеспечивающих минимальный экологический ущерб. Совместные исследования АО «ЮГК» и ИПКОН РАН последних лет позволили выбрать приоритетные направления освоения месторождений Дарасунское и Талатуйское. Принятая стратегия основана на поэтапной реализации экологически сбалансированного цикла их комплексной отработки. Рассмотрены особенности современного состояния и перспективы развития ресурсной базы региона.

Ключевые слова: *Дарасунский рудник, золотодобыча, Дарасунское месторождение, Талатуйское месторождение, история освоения, ресурсная база, золотоизвлекательная фабрика, экологически сбалансированное освоение недр, стратегия, этапы реализации.*

DOI: *10.17580/gzh.2017.09.03*

Введение

Крупное Дарасунское жильное золоторудное месторождение Восточного Забайкалья эксплуатируется более 100 лет. В советское время Дарасунский рудник был вторым по величине золотодобывающим предприятием Читинской области. ООО «Дарасунский рудник» вошел в структуру АО «ЮГК» в октябре 2007 г., имеет лицензию на право пользования недрами Дарасунского и Талатуйского золоторудных месторождений.

Основные запасы рудника сконцентрированы в пределах месторождений Дарасун и Талатуй; из них наиболее интересно крупное месторождение Дарасун, разрабатываемое с конца XIX в. Район месторождения известен с 1861 г., когда здесь была открыта россыпь, которую разрабатывали до 1914 г. В 1916 г. была начата отработка жилы «Главная» старательским способом, с 1921 г. месторождение разрабатывалось золотопромышленниками подземным способом. Именно эта россыпь и привела в 1912–1914 гг. к своему первоисточнику – коренному Дарасунскому золоторудному месторождению, богатому в некоторых участках полиметаллами (свинцом, цинком, медью и мышьяком) [1]. В первые годы после открытия разрабатывали лишь поверхностные, резко окисленные части месторождения, и только с 1928–1929 гг. работы стали развиваться в глубину. В настоящее время разработка ведется по системе с магазинированием руды. Переработка руд осуществляется на Дарасунской золотоизвлекательной обогатительной фабрике с извлечением золота и серебра, а шламы после переработки на фабрике складируют в спецотвал. Повышение инвестиционной привлекательности и эффективности освоения запасов золотоносных месторождений региона в усложняющихся горнотехнических и геомеханических условиях определяется прежде всего обеспечением экологической и промышленной безопасности ведения горных работ, вовлечением в эксплуатацию всех видов золотосодержащего сырья, применением технологий комплексного извлечения ценных компонентов из добываемых руд [2]. В связи с этим проектные решения по разработке Дарасунского и Талатуйского месторождений ориентированы на поэтапную реализацию экологически сбалансированного цикла их комплексного освоения, концепция которого разработана в ИПКОН РАН и подразумевает, что каждая составляющая технологических процессов извлечения полезных ископаемых из недр и ценных компонентов из вещества сбалансирована по своим качественно-количественным показателям с характеристиками природной среды и параметрами техногенно изменяемых недр [3].

Сырьевая база предприятия

В настоящее время сырьевая база ООО «Дарасунский рудник» складывается из запасов Дарасунского и Талатуйского месторождений. Балансовые запасы по состоянию на 01.01.2017 г. приведены в **таблице**.

* Исследования выполняются при поддержке гранта РНФ № 14-37-00050.

© Аношина Е. М., Есина Е. Н.. 2017

Балансовые запасы золотоносных руд Дарасунского рудника

Месторождение	Категория запасов					
	$A+B+C_1$		C_2		$A+B+C_1+C_2$	
	Руда, тыс. т / Au, кг	Среднее содержание Au, г/т	Руда, тыс. т / Au, кг	Среднее содержание Au, г/т	Руда, тыс. т / Au, кг	Среднее содержание Au, г/т
Дарасунское	2071 / 30824	14,9	1517 / 25262	16,6	3588 / 56086	15,6
Талатуйское	2624 / 23413	8,9	853 / 7296	8,5	3477 / 30709	8,8
Итого	4695 / 54237	11,5	2370 / 32558	13,7	7065 / 86795	12,3

Состояние горных работ на Дарасунском месторождении

Месторождение находится в Забайкальском крае, на левом берегу р. Узур-Малахая, правого верхнего притока р. Дарасун, слева впадающего в р. Жарчу. Дарасунское золоторудное месторождение является жильным золотосульфидной формации. Число жил с балансовыми и забалансовыми запасами достигает 180, число подсчетных блоков – около 8700. На месторождении отобрано примерно 100 тыс. рядовых проб. Общая площадь месторождения 12 км^2.

Дарасунское месторождение находится в зоне Балейско-Дарасунского субмеридионального глубинного разлома. Район сложен метаморфическими породами и гранитоидами палеозойского возраста, прорванными небольшими телами позднеюрских плагиогранит-порфиров, на эруптивные брекчии которых наложено оруденение и генетически связано с ними [4, 5]. Рудные тела выполняют в основном две системы трещин скалывания. Жилы прослеживаются по простиранию и на глубину более 1 км. Установлены три наиболее крупных цикла (стадии) рудоотложения.

Геология района сравнительно простая. Здесь развиты исключительно изверженные породы – граниты и диориты, причем граниты моложе диоритов и рвут последние. В контактной зоне этих двух пород выделяется полоса гранодиоритов, тянущаяся в широтном направлении, и именно к ней и приурочено по преимуществу оруденение, представленное свитой типичных трещинных жил. Помимо упомянутых пород, в районе месторождения широкое развитие имеют дайки разнообразных кислых и основных жильных пород, более ранних, чем рудные жилы [6, 7].

Месторождение образовано серией протяженных крутопадающих золоторудных кварцевых жил и минерализованных зон, сконцентрированных вокруг субвулканической интрузии высококалиевых гранодиорит-порфиров [8, 9]. Руды месторождения относятся к сложному в обогащении сульфидно-сульфосольному минералогическому типу, получившему название «дарасунский». Основные минералы руд – пирит, арсенопирит, халькопирит, пирротин, блеклая руда, сфалерит, галенит, сульфосоли Cu, Ag, As, Bi, Pb (сульфиды составляют 40–60 %), минералы Bi и Te, самородное золото. Жильные минералы – кварц, турмалин, карбонаты, гипс, ангидрит, флюорит. В пределах месторождения известны выходящие на поверхность трубообразные тела «эксплозивных брекчий», локализованные в краевых частях центрального штока. Эти брекчии образовались на ранних стадиях формирования месторождения Дарасун и предшествуют образованию кварцевых жил с богатым золотым оруденением [10, 11]. Они выполнены обломками серицитизированных гранодиорит-порфиров, пронизанными кварцевыми прожилками с турмалином, серицитом, карбонатом, пиритом и халькопиритом.

Рис. 1. Промплощадка Дарасунского рудника

Месторождение вскрыто пятью шахтами – «Восточной», «Центральной», № 10, 14, «Юго-Западной» и семью штольнями (**рис. 1**). Глубина вскрытия запасов – до 817 м (шахта «Юго-Западная»). Эксплуатационные горизонты нарезаны через 50 м, а на шахте «Восточная» до горизонта 446 м – через 40 м. Месторождение вскрыто на 20 горизонтах, на всех имеются запасы золотоносных руд. В рудах, кроме золота, содержатся попутные компоненты – серебро, медь, висмут, сера. Вредной примесью является мышьяк.

Особенности длительной эксплуатации месторождения привели к тому, что дальнейшая добыча руд, основанная на ранее созданной базе, оказалась неэффективной.

После перехода права пользования недрами на Дарасунском месторождении к АО «ЮГК» было принято решение о разработке

стратегии его освоения, основанной на современных достижениях в области геологии, горного дела, обогащения полезных ископаемых и горнопромышленной экологии. Для этого принята к реализации стратегия экологически сбалансированного цикла комплексного освоения месторождения, неотъемлемыми составляющими которого являются:

- комплексный подход к совместной эксплуатации двух близлежащих месторождений – Дарасунского и Талатуйского;
- внедрение разработок и технологий, которые обеспечивают повышение уровня извлечения полезного ископаемого из недр месторождения, – это современные технологии изучения лицензионного участка недр, выемки запасов, обеспечивающие строго упорядоченную отработку различных типов и качества руд во времени и в пространстве, исключая выборочную отработку;
- создание системы подземной рудоподготовки и транспорта, позволяющей обеспечить требуемую сортность и качество продукции;
- исследование вариантов технологий закладочных работ, позволяющих за счет утилизации в составе закладочных смесей отходов горного производства и формирования закладочных массивов с заданными физико-механическими свойствами формировать новые георесурсы в виде техногенных месторождений, пригодных для отработки в будущем;
- использование добываемой горной массы для выпуска разнообразной продукции (ведутся исследования в области использования добываемого сырья как многокомпонентного);
- сокращение вредных и опасных выбросов за счет оснащения производства современными установками очистки газов;
- создание специальных изолированных полигонов для складирования отходов, повышение эффективности оборотного водоснабжения и снижение объемов размещения отходов добычи и переработки руд;
- повышение эффективности экологического мониторинга и оперативности реагирования на возможные отклонения от заданных параметров за счет внедрения современных информационных технологий, методов технической диагностики; использование современных методик оценки экологического риска.

Для реализации стратегии в апреле 2013 г. заключен договор №14/04.13-ТЭО с ООО НПО «Росгео» на выполнение работ по доработке ТЭО постоянно действующих кондиций и подсчета запасов по Дарасунскому месторождению рудного золота.

Работы по пересчету запасов финансируются за счет собственных средств Дарасунского рудника. На текущий период затраты составили порядка 13 млн руб. Полное завершение работ и защита отчета с подсчетом запасов планируются в 2017 г.

За весь период эксплуатации месторождения пройдено 183079 м горных выработок, пробурено 430258 м скважин; добыто 109262 кг золота. Реализация стратегии АО «ЮГК» в области освоения Дарасунского золоторудного месторождения способствует поэтапному улучшению условий труда рабочих и созданию технологий, обеспечивающих минимизацию экологического ущерба.

Состояние горных работ на Талатуйском золоторудном месторождении

Талатуйское золоторудное месторождение было открыто в 1965–1968 гг. Дарасунской геофизической партией Читинского государственного университета при проведении комплексных геолого-геофизических исследований в масштабе 1:10 000 – 1:2 000. В результате этих работ была выявлена Жарча-Восходовская рудоносная зона, в пределах которой обнаружены рудопроявления золота и полиметаллов, а также непосредственно само Талатуйское месторождение. При проведении поисковых работ масштаба 1:2 000 на площади месторождения был выявлен целый ряд ореолов рассеяния золота и элементов-спутников. По результатам детальных исследований 1969–1970 гг. было принято решение о проведении на месторождении предварительных геологоразведочных работ.

Предварительная геологическая разведка была выполнена в 1970–1972 гг. с использованием горно-буровой системы. Она подтвердила ранее полученные положительные результаты. В 1973–1976 гг. на месторождении была проведена детальная разведка с помощью проходки горных выработок на гор. +720 м из штольни № 1 (гор. +780 м) шахты «Талатуй», а также осуществлено бурение сетки геологоразведочных скважин с поверхности по сети 60×80 м.

В 1979 г. уточнены отдельные контуры блоков запасов категории C_1 по рудным зонам № 2 и 3 с помощью восстающих буровых скважин по сети сгущения до 30×40 м.

По результатам геологоразведочных работ на месторождении были подсчитаны балансовые запасы категорий C_1 и C_2, утвержденные ТКЗ 10.12.1979 г. (протокол № 210). Подсчет запасов проводили по временным кондициям, утвержденным МЦМ СССР 17 февраля 1979 г. Запасы по Талатуйскому месторождению по периодам освоения разделены на два этапа:

- I этап был определен в 1975 г. на основании письма Мингео (НР-СТ-2-29-2260 от 05.05.1975 г.) по акту передачи от 2–6.06.1975 г. Количество переданных запасов категории C_1: руды – 280,1 тыс. т, золота – 3064,1 кг;
- II этап был реализован в 1980 г. в соответствии с совместным приказом МЦМ СССР и Мингео РСФСР № 22/28 от 23.12.1980 г. Таким образом, Талатуйское месторождение было полностью передано производственному объединению «Забайкалзолото» для промышленного освоения (Акт передачи от 12–13.02.1980 г.). Количество переданных запасов категории C_1 составило: руды – 709,3 тыс. т, золота – 8002,8 кг. Актами передачи была отмечена необходимость проведения доразведки месторождения на флангах и глубоких горизонтах.

Открыто-подземная разработка месторождений Дарасунского рудника

В течение 1975–1977 и 1984–1988 гг. на Дарасунском руднике проводили опытную отработку запасов одноименного месторождения на горизонте штольни № 1. В 1975–1977 гг. опытную отработку месторождения проводило ПО «Забайкалзолото», начиная с 1980 г. – Дарасунская геологоразведочная экспедиция

треста «Забайкалцветметразведка». Подсчет вновь разведанных запасов осуществляется по временным кондициям, рассчитанным Тематической партией треста «Забайкалцветметразведка» и утвержденным ЦКЗ Минцветмета СССР (протокол № 400-ВК от 14.06.1983 г.).

Общепризнано, что повышение полноты и комплексности освоения месторождений достигается применением комбинированных способов добычи [12]. Обеспечение требований экологически сбалансированного цикла комплексного освоения месторождений в части максимально полного извлечения полезных ископаемых из недр было запланировано путем отработки Талатуйского месторождения в две очереди открыто-подземным способом:

- 1-я очередь – отработка верхних горизонтов открытым способом карьерами № 1 и 2;
- 2-я очередь – отработка оставшихся запасов подземным способом.

Проектом 1-й очереди на первом этапе горных работ предусмотрены отработка карьера № 1 и проведение на карьере № 2 вскрышных работ на горизонтах +780, +770, +760 м. По мере развития горных работ на карьере № 2 будут пройдены вскрывающие штольни на гор. +720 м и +660 м (дно карьера) со строительством капитальных порталов в устьях штолен.

С 2008 г. на месторождении вскрышные и добычные работы осуществляются открытым способом, реализуется стратегия экологически сбалансированного освоения месторождения. Проектная производительность карьера, достигнутая в 2015 г., – 200 тыс. т руды. В общей сложности в том году было добыто 211,9 тыс. т руды и получено 375,3 кг золота. В результате модернизации производства в соответствии с принятой стратегией в текущем году также ожидается достижение проектной производительности по добыче руды. Запасы Талатуйского месторождения для открытого способа отработки утверждены протоколом ГКЗ «Читанедра» № 827 от 28.12.2007 г.

Динамика добычи руды на месторождениях, осваиваемых Дарасунским рудником, представлена на **рис. 2**.

Устойчивое развитие горнорудного предприятия Забайкальского региона определяется эффективностью комплексного освоения георесурсов и снижением экологической нагрузки на окружающую среду [13–15]. В настоящее время заключен договор с проектной организацией «ПитергГОРпроект» на выполнение проектных работ для перспективного развития месторождения – «Проект технического перевооружения карьера № 2 рудной зоны 3 Талатуйского золоторудного месторождения». Параллельно выполняются работы по составлению и утверждению в ГКЗ РФ ТЭО постоянных разведочных кондиций вариантов отработки и подсчет (перерасчет) запасов по Талатуйскому золоторудному месторождению. Третьим этапом проектирования будет составление «Технического проекта разработки рудной зоны № 2 (восточный блок) карьера № 1 Талатуйского золоторудного месторождения».

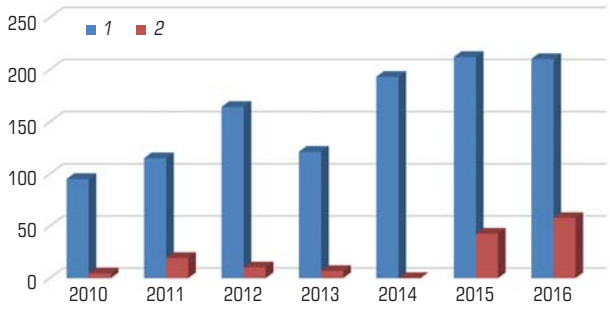

Рис. 2. Объемы добытой руды на Дарасунском руднике за 2010–2016 гг., тыс. т:
1 – Талатуйское месторождение; *2* – Дарасунское месторождение

Заключение

Перспективы развития золотодобычи в Забайкальском регионе определяются эффективным вовлечением в эксплуатацию всех видов золотосодержащего сырья, с обеспечением безопасности ведения горных работ и применением технологий комплексного извлечения ценных компонентов из добываемых руд. При этом предусмотренные проектные решения основываются на принципах экологически сбалансированного цикла комплексного освоения месторождений Дарасунское и Талатуйское с учетом эффективности технологических процессов и снижением негативного воздействия на окружающую природную среду горнодобывающего региона в целом.

Библиографический список

1. *Смирнов С. С.* Полиметаллические месторождения и металлогения Восточного Забайкалья. – М. : Изд-во АН СССР, 1961. – 507 с.
2. *Каплунов Д. Р., Рыльникова М. В., Радченко Д. Н.* Условия устойчивого развития минерально-сырьевого комплекса России // Условия устойчивого функционирования минерально-сырьевого комплекса России. – М. : Горная книга, 2014. Вып. 1. С. 3–11.
3. *Рыльникова М. В., Радченко Д. Н.* Создание в России научного центра по изучению экологически сбалансированного цикла комплексного освоения месторождений твердых полезных ископаемых // Горный журнал. 2014. № 12. С. 4–7.
4. *Прокофьев В. Ю., Бортников Н. С., Волков А. В., Бакшеев И. А., Зорина Л. Д.* Вкрапленные руды месторождения золота Дарасун (Восточное Забайкалье) и их генезис // Доклады Академии наук. 2008. Т. 422. № 2. С. 214–217.
5. *Скурский М. Д.* Недра Земли. – Кемерово : Кузбассвузиздат, 2006. – 880 с.
6. *Гораш Ю. Ю.* Развитие золотодобычи на Дарасунском руднике // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2004. № 11. С. 154–156.
7. *Hoek E., Carter T. G., Diederichs M. S.* Quantification of the Geological Strength Index Chart // Proceedings of the 47th US Rock Mechanics/Geomechanics Symposium. – San Francisco, 2013. – 9 p. URL: https://www.rocscience.com/documents/pdfs/uploads/9116.pdf (дата обращения: 15.04.2017).
8. *Тимофеевский Д. А.* Геология и минералогия Дарасунского золоторудного региона. – М. : Недра, 1972. – 260 с.
9. *Goryachev N. A., Pirajno F.* Gold deposits and gold metallogeny of Far East Russia // Ore Geology Reviews. 2014. Vol. 59. P. 123–151.

10. *Baksheev I. A., Prokofiev V. Yu., Trumbull R. B., Wiedenbeck M., Yapaskurt V. O.* Geochemical evolution of tourmaline in the Darasun gold district, Transbaikal region, Russia: evidence from chemical and boron isotopic compositions // Mineralium Deposita. 2015. Vol. 50. Iss. 1. P. 125–138.
11. *Чернышев И. В., Прокофьев В. Ю., Бортников Н. С., Чугаев А. В., Гольцман Ю. В.* и др. Возраст гранодиорит-порфиров и березитов Дарасунского золоторудного поля (Восточное Забайкалье, Россия) // Геология рудных месторождений. 2014. Т. 56. № 1. С. 3–18.
12. *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.
13. *Трубецкой К. Н., Каплунов Д. Р., Рыльникова М. В., Радченко Д. Н.* Новые подходы к проектированию ресурсовоспроизводящих технологий комплексного освоения рудных месторождений // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2011. № 3. С. 58–66.
14. *Каплунов Д. Р., Рыльникова М. В., Радченко Д. Н.* Научно-методические основы проектирования экологически сбалансированного цикла комплексного освоения и сохранения недр Земли // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. Спец. выпуск № 15. Условия устойчивого функционирования минерально-сырьевого комплекса России. Вып. 3. С. 5–11.
15. *Трубецкой К. Н., Галченко Ю. П.* Методология оценки перспективной парадигмы развития минерально-сырьевого комплекса // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2015. № 2. С. 177–187. ГЖ

«GORNYI ZHURNAL», 2017, № 9, pp. 16–20
DOI: 10.17580/gzh.2017.09.03

UGC Gold Mining Company strategy of ecologically sound development of Darasun and Talatuy gold ore deposits

Information about authors
E. M. Anoshina[1], Chief Geologist
E. N. Esina[2], Senior Researcher, Candidate of Engineering Sciences, esina555@lst.ru

[1] Darasun Mine, Vershino-Darasunskiy, Russia
[2] IPKON, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Abstract
Development of Darasun gold ore deposit was initiated in beginning of the 20th century. Lode gold was first extracted by digging and, then, by underground mining. For the years of operation, more than 100 t of gold was produced. Talatuy gold was stricken in the 1960s, many occurrences of gold and polymetals were discovered within the deposit. The long-term mining operations have generated a complicated geotechnical situation. UGC Gold Mining Company faced a stressful social situation in the mining region. It was necessary to find solutions toward the improvement of the ecological situation formed in the region within the secular history of development of the deposits. The Darasun Mine strategy is aimed to gradually take out the mine to operation without loss, to modernize production, improve working conditions and to develop technologies with minimized ecological damage. The team-work research undertaken by UGC and IPKON in the recent years provided justification of the strategy for Darasun and Talatuy deposits. After the geological exploration and R&D, it was decided on mining at Darasun deposit by the hybrid open pit/underground method. The design solutions are based on the principles of the environmentally sound cycle of integrated subsoil development with regard to the process efficiency.
The study has been supported by the Russian Science Foundation, Project No. 14-37-00050.

Keywords: Darasun Mine, gold mining, Darasun deposit, Talatuy deposit, development history, resource base, gold extraction factory, environmentally sound subsoil development, strategy, implementation stages.

References
1. Smirnov S. S. Polymetallic deposits and metallogeny of the Eastern Transbaikalian region. Moscow : Izdatelstvo AN SSSR, 1961. 507 p.
2. Kaplunov D. R., Rylnikova M. V., Radchenko D. N. Conditions of sustainable development of Russian mineral industry. *Usloviya ustoychivogo funktsionirovaniya mineralno-syrevogo kompleksa Rossii.* Moscow : Gornaya kniga, 2014. Iss. 1. pp. 3–11.
3. Rylnikova M. V., Radchenko D. N. Creating research center for the environmentally sound and comprehensive utilization of hard minerals in Russia. *Gornyi Zhurnal.* 2014. No. 12. pp. 4–7.
4. Prokofev V. Yu., Bortnikov N. S., Volkov A. V., Baksheev I. A., Zorina L. D. Impregnated ores of Darasun gold deposit (Eastern Transbaikalian region) and their genesis. *Doklady Akademii nauk.* 2008. Vol. 422, No. 2. pp. 214–217.
5. Skurskiy M. D. Earth soils. Kemerovo : Kuzbassvuzizdat, 2006. 880 p.
6. Gorash Yu. Yu. Expansion of gold mining at Darasunskiy mine. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten.* 2004. No. 11. pp. 154–156.
7. Hoek E., Carter T. G., Diederichs M. S. Quantification of the Geological Strength Index Chart. *Proceedings of the 47th US Rock Mechanics/Geomechanics Symposium.* San Francisco, 2013. 9 p. Available at: https://www.rocscience.com/documents/pdfs/uploads/9116.pdf (accessed: 15.04.2017).
8. Timofeevskiy D. A. Geology and mineralogy of Darasunskiy gold ore region. Moscow : Nedra, 1972. 260 p.
9. Goryachev N. A., Pirajno F. Gold deposits and gold metallogeny of Far East Russia. *Ore Geology Reviews.* 2014. Vol. 59. pp. 123–151.
10. Baksheev I. A., Prokofiev V. Yu., Trumbull R. B., Wiedenbeck M., Yapaskurt V. O. Geochemical evolution of tourmaline in the Darasun gold district, Transbaikal region, Russia: evidence from chemical and boron isotopic compositions. *Mineralium Deposita.* 2015. Vol. 50, Iss. 1. pp. 125–138.
11. Chernyshev I. V., Prokofev V. Yu., Bortnikov N. S., Chugaev A. V., Goltsman Yu. V. et al. Age of granodiorite porphyry and beresite from the Darasun gold field, eastern Transbaikal region, Russia. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy.* 2014. Vol. 56, No. 1. pp. 3–18.
12. 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.
13. Trubetskoy K. N., Kaplunov D. R., Rylnikova M. V., Radchenko D. N. New approaches to designing resource-reproducing technologies for comprehensive extraction of ores. *Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh.* 2011. No. 3. pp. 58–66.
14. Kaplunov D. R., Rylnikova M. V., Radchenko D. N. Scientific-methodical basis of design of ecologically-balanced cycle of complex mastering and saving of Earth soils. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten.* 2015. Special issue No. 15. Usloviya ustoychivogo funktsionirovaniya mineralno-syrevogo kompleksa Rossii. Iss. 3. pp. 5–11.
15. Trubetskoy K. N., Galchenko Yu. P. Methodology for estimating promising development paradigm for mineral mining and processing industry. *Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh.* 2015. No. 2. pp. 177–187.