

ГЕОЛОГИЯ И ЭКОНОМИКА ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТРУДОВОЕ (РЕСПУБЛИКА БУРЯТИЯ)

*Рассмотрены вопросы геологии месторождения Трудовое, особое внимание уделено технологии переработки руд. Приведена положительная оценка предварительных технико-экономических показателей освоения месторождения. **Ключевые слова:** золоторудное месторождение Трудовое, типы руд, технологическая схема, балансовые запасы, ресурсы, технико-экономические показатели.*

Volodko S.A., Orlov V.V. (Region)

GEOLOGY AND ECONOMICS OF GOLD DEPOSITS TRUDOVое (REPUBLIC OF BURYATIA)

*In the article the questions of the Geology of Trudovoe gold deposit, special attention is paid to ore processing technology. Given a positive assessment of a preliminary technical-economic indicators of development. **Keywords:** Trudovoe gold deposit, the types of ores flow diagram, reserves, resources, technical and economic indicators.*

В результате площадных и детальных работ, проведенных АО «Регион» в период 2006–2013 гг. в пределах Таликитской площади (рис. 1) (лицензия на право пользования недрами УДЭ №01039 БР), выделены рудные поля Светлое и Лесное и уточнены перспективы Золтуйского жильного рудного поля и участков Амнунна, Бира, а на площади рудного поля Светлое выявлено *месторождение Трудовое*.

Поисковые работы велись комплексом геохимических и геофизических методов с использованием инновационного метода геокосмического зондирования Земли [3] для оперативной предполевой разбравки Таликитской площади по степени золотоносности с выделением перспективных площадей рангов рудный узел — рудное поле — месторождение.

Весь объем работ выполнен за собственные средства ОАО «Покровский рудник» (в то время единственный акционер ЗАО «Регион»), входящего в холдинг ГК «Петропавловск».

Геология

Таликитская площадь (766 км²) расположена в пределах Туркино-Бамбуйской структурно-металлогенической зоны [1] в юго-западной части Муйского рудного района, в пределах которого известны Чулымская и Кудур-Таликитская золоторудные зоны. Установленная на Таликитской площади золотая минерализация приурочена к Кудур-Таликитской золоторудной зоне протяженностью до 40 км и шириной 5 км. Структурно она приурочена к крупному горстovому поднятию северо-восточного простирания, ограниченному с северо-запада и юго-востока глубинными разломами.

Для геологического строения *рудного поля Светлое* (36 км²) характерно развитие сложно и нечетко дислоцированных вулканогенно-осадочных метаморфизованных пород различного возраста и состава, разновозрастных интрузий пестрого петрографического состава, интенсивно развитой тектоники, проявления метаморфизма и гидротермально-метасоматических процессов различной степени и различных типов, а также широкое развитие даек различного состава.

Площадь поля сложена стратифицированными вулканогенными отложениями буромской свиты, прорванными интрузиями бамбуйского и витимканского комплексов; дайковыми образованиями хурайбайбинского комплекса и четвертичными отложениями.

Породы буромского комплекса отнесены к верхнепротерозойским, имеют преимущественное развитие на участке работ и представлены туфами дацитовых и риодацитовых порфиритов, риолитами, порфиrowыми риолитами и их туфами, риодацитами, дацитами. Интрузивные образования занимают небольшую площадь в юго-восточной части участка. Это протерозойские граниты бамбуйского комплекса. Дайковые тела сложены диоритами(?), диабазами, габбро-диабазами, микрогаббро, лампрофирами. Метасоматические изменения широко развиты и представлены окварцеванием, серицитизацией, хлоритизацией, альбитизацией, гематитизацией и аргиллизацией. Породы подвергнуты интенсивному динамометаморфизму с формированием сланцеватых текстур до образования собственно тектоносланцев.

В тектоническом отношении площадь поля характеризуется сложным блочным строением, обусловленным сочетанием разновозрастных и разнонаправленных разрывных структур.

Линейные тектонические зоны северо-восточного простирания, субпараллельные долине р. Таликит, в ее среднем течении имеют юго-восточное падение.

В составе рудного поля выделены четыре минерализованные зоны: **Северная, Центральная, Южная и Змеиная**. Зоны пространственно и генетически связаны с позднепротерозойскими тектоническими нарушениями северо-западного (280°) и северо-восточного (20°) простирания с оперяющими их разломами.

Золотое оруденение выявлено в зонах окварцевания с фрагментами кварцевых жил, метасоматически окремненных гранитов (кварцевых порфиритов), дробления среди диорит-дацитоподобных пород [2].

По вещественному составу и морфологии в зонах выделяются **три типа руд**:

1-й тип. Руды в зонах прожилкового окварцевания с фрагментами кварцевых жил, залегающих в дацитодиоритоподобных породах в Южной и Северной минерализованных зонах. Содержания золота в них колеблются в пределах 1,4–15 г/т. Простирание жил и зон прожилкового окварцевания субширотное протяженностью до 30 м и мощностью от 15 см до 2 м.

2-й тип. Кварц-ортоклазовые руды в виде прослоев, линз, жил и будин в зонах порфиrowидных кремнистых метасоматитов с содержаниями золота от 1,4 до

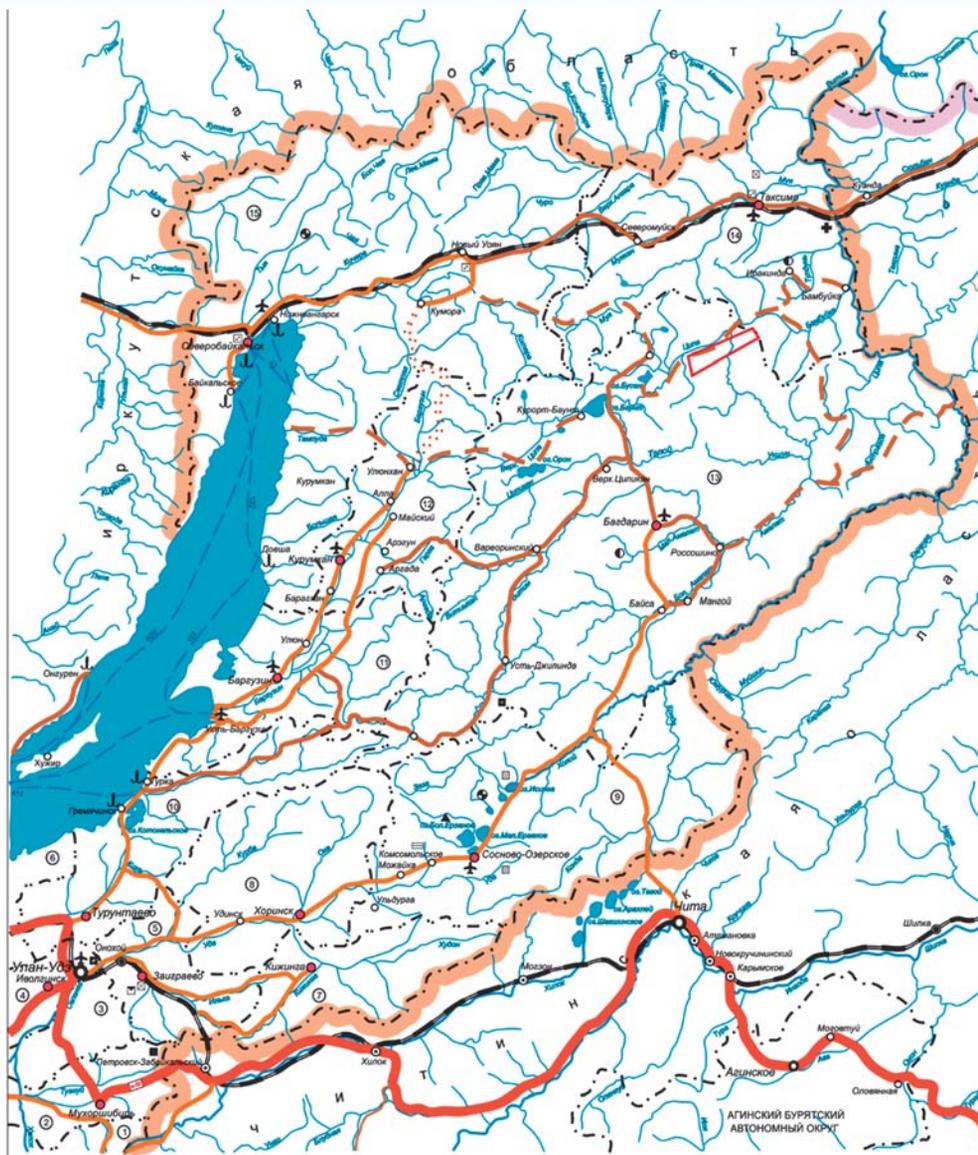


Рис. 1. Обзорная карта района работ (Таликитская площадь — красный контур)

63,4 г/т. По простиранию они прослежены до 40 м, мощность от 5 до 30 м.

3-й тип. Руды в минерализованных зонах дробления. Наиболее распространены в пределах рудного поля Светлое с содержаниями золота от 0,1 до 65,2 г/т, протяженностью до 400 м и мощностью до 30 м.

Месторождение Трудовое (0,3 км²) выявлено в результате заверки канавами литохимической аномалии золота, расположенной в зоне комплексной аномалии, повышенной поляризуемости и сопротивления. В геологическом строении месторождения (рис. 2) принимают участие стратифицированные вулканогенные отложения падринской серии среднепротерозойского возраста, прорванные относительно мелкими разновозрастными субвулканическими телами диабазов и дацитов, а также дайками микрогаббро, габбро-диабазов.

В структурном плане месторождение расположено в зоне сочленения разрывных нарушений северо-восточного и близширотного простирания. Рудовмещаю-

щей структурой является зона интенсивного катаклаза, милонитизации и брекчирования близширотного простирания. Ее протяженность порядка 500 м.

В пределах рудной зоны на данной стадии изученности выявлено четыре параллельно расположенных линзовидных рудных тела, оконтуренных по борту 0,5 г/т с учетом длины влияния выработок. Установленная протяженность рудных тел по этим параметрам изменяется от 90–100 до 330–350 м при мощности от 1–2 до 5–8 м.

Распределение золота в рудной зоне как по мощности, так и по простиранию неравномерное. Рудные интервалы с кондиционным содержанием золота чередуются с безрудными и некондиционными. Мощность кондиционных интервалов изменяется от 2 до 15,1 м при содержании золота от 1,1 до 27,2 г/т. Мощность безрудных интервалов варьирует от 4 до 20 м.

Минеральный и вещественный состав руд по результатам технологических исследований (ИРГИРЕД-МЕТ, 2010) следующий: основной полезный компонент руд — золото; золото самородное, пробность 710–780, мелкое и тонкое (доля фракции +0,071 мм составляет 3,11 %), выполняет тонкие трещины в кварце; основные породообразующие минералы в руде — кварц (59 %), гидрослюда (18 %), полевые шпаты (15 %); суммарная массовая доля рудных минералов составляет 5 %, по количеству сульфидов руда относится к убогосульфидному типу. Сульфиды представлены в основном пиритом, в редких и единичных зернах отмечаются халькопирит, галенит, сфалерит, антимонит; гипергенные образования представлены гидроокислами железа (гетит, гидрогетит, лимонит), ярозитом, иллитом, каолинитом, гидрослюдами; степень окисления руды находится на уровне 97 % и характеризует окисленный тип руды; тип коры выветривания кварц-гидрослюдисто-лимонитовый («сульфатных шляп»).

На данной стадии изученности объект можно отнести к золотосульфидно-кварцевой формации. Золоторудное тело развито в пределах близширотной зоны катаклазитов, представленной зонами тонко-прожил-

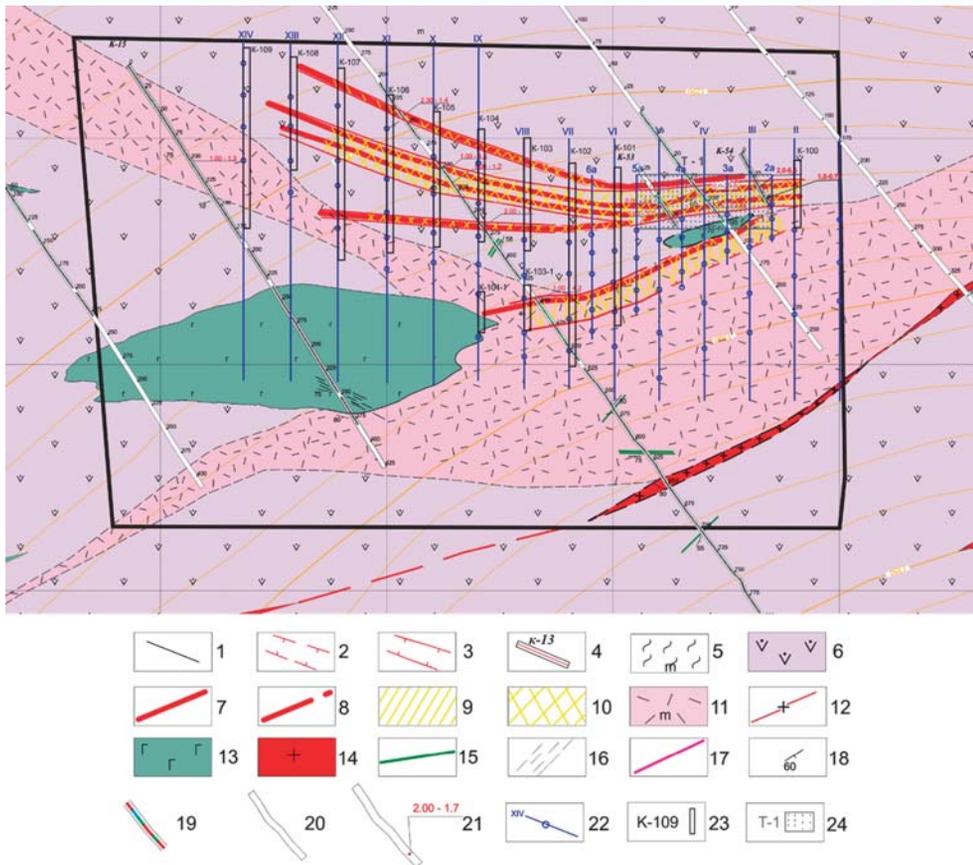


Рис. 2. Схематическая геологическая карта месторождения Трудовое: 1 — проектные буровые линии; 2 — рудная зона предполагаемая; 3 — рудная зона достоверная; 4 — проектные каналы; 5 — слюисто-хлорит-карбонатные сланцы; 6 — туфы дацитов (дациты); 7 — рудное тело достоверное; 8 — рудное тело предполагаемое; 9 — зоны березитизации; 10 — зоны кремне-ортоклазового метасоматоза; 11 — милонитизированные порфириновые граниты; 12 — микрограниты; 13 — габбро (габбро-диабазы); 14 — граниты; 15 — дайки диабазов (габбро-диабазов); 16 — зоны рассланцевания пород; 17 — зона кварцевого прожилкования; 18 — элементы залегания структуры; 19 — добытые и опробованные интервалы канав; 20 — недобитые интервалы канав; 21 — рудный интервал в канаве — длина, м — содер. Au, г/т; 22 — проектные буровые линии 2015 г.; 23 — проектные каналы; 24 — проектная траншея с бороздовым опробованием 2015 г.

кового и прожилково-сетчатого окварцевания и калишпатизации в рудовмещающих образованиях. Выделены три типа форм нахождения золота в руде: свободное, извлекаемое амальгамацией; в виде сростков с кварцем и полевыми шпатами, цианируемое; тонко вкрапленное в породообразующие минералы. Основная масса металла находится в доступной цианированию форме в количестве 96–99 %.

Для месторождения Таликит разработаны и рекомендуются два варианта технологических схем переработки руд.

1 вариант. Гравитационно-флотационное обогащение с последующим цианированием промпродукта и флотоконцентрата.

2 вариант. Гравитационное обогащение с последующим цианированием хвостов обогащения и промпродукта.

По схеме гравитационно-флотационного обогащения для гидрометаллургических исследований наработаны промпродукты и флотационные концентраты. Прямое цианирование промпродуктов позволило извлечь в цианистые растворы 99,7 и 99,6 % золота.

Месторождение Трудовое оконтурено в пределах наиболее продуктивной части осевой зоны. Протяженность рудного блока составляет 117 м при ширине от 9,3 до 25,5 м. Среднее содержание золота в блоке составляет 3,16 г/т при вариациях от 0,04 до 27,2 г/т. Содержания серебра незначительны и изменяются от <0,05 до 13,1 г/т, его среднее содержание в блоке составляет 0,8 г/т.

Балансовые запасы оцененного одного рудного тела (протяженность 90 м, 3 блока, Центральная зона) месторождения Трудовое по кат. С₂ составили: золота — 341,6 кг, серебра — 86 кг. Прогнозные ресурсы золота по кат. Р₁ — 595 кг, серебра — 150 кг.

Апробированные ЦНИГРИ (Протокол № 23 от 31 мая 2011 г.) прогнозные ресурсы по кат. Р₃ рудных полей Светлое и Лесное соответственно составляют 60 т и 15 т при среднем содержании 5,7 г/т. Ресурсы по кат. Р₂ рудопроявления Золтуй составляют 20 т при среднем содержании 4,57 г/т.

Месторождение Трудовое (на данной стадии изученности) по сложности геологического строения относится к 3-й группе.

Экономика. Цена на конечную продукцию

Анализ изменения цен на золото на товарной бирже COMEX за последние 10 лет, в том числе за последний год, показал, что наблюдается стойкий восходящий тренд (+10 %). Общая тенденция рынка золота в основном определяется макроэкономическими факторами, а также существующими ценовыми спекулятивными рисками (в 2012–2014 гг. ценовой тренд был ниспадающим). Эти риски обычно учитываются путем проведения анализа чувствительности инвестиционного проекта.

Значительный рост цен маловероятен, однако риск падения также можно считать несущественным, что связано со следующими обстоятельствами:

мировая экономика находится в зоне нестабильности, что влечет за собой накопление резервов, базовым из которых является золото;

политика эмиссии долларов, проводимая США, приводит к повсеместной инфляции и росту цен на реальные активы, в том числе на золото.

Для предварительной оценки эффективности разработки месторождения Трудовое все расчеты производились по текущим ценам в рублях на конечную продукцию (золото). На момент оценки цена на золото по курсу ЦБ России составляла в среднем 2500 руб./г.

Размеры инвестиций по основным статьям капитальных затрат рассчитаны на основе предварительной оценки величин основных затрат, проведенной по аналогии с горными предприятиями региона.

На начальных стадиях оценка капитальных и эксплуатационных затрат на строительство рудника, обогащательной фабрики с производственной инфраструктурой определялась в удельном исчислении с использованием способа регрессионных уравнений. Параметры регрессии рассчитывались на основании анализа и усреднения технико-экономических показателей действующих предприятий с одинаковым технологическим циклом и использованием нормативных справочных материалов. Удельные исчисления выполнялись в расчете на 1 т годовой производительности по руде для открытого и подземного способов разработки и фабричного передела золотосодержащей руды.

Укрупненные нормативы удельных капитальных вложений и удельных эксплуатационных затрат для подземной разработки типовых рудных месторождений с гравитационно-флотационным обогащением с последующим цианированием промпродукта и флотоконцентрата были приняты соответственно \$20/т руды (1400 руб./т) и \$24/т руды (1680 руб./т).

На начальном этапе (около 2 лет) планируется опытно-промышленная добыча поставленных на баланс запасов и ресурсов кат. C_1 — 342 кг и P_1 — 596 кг соответственно. Запасы товарной руды 108 тыс. т. Капитальные затраты на приобретение активов и строительство инфраструктуры для данного этапа порядка 150 млн руб.

Реализация этапа направлена на отработку технологии извлечения металла из руд установленных типов и получения ресурсов для финансирования последующих проектных и геологоразведочных работ по обеспечению прироста запасов на флангах месторождения. Разведочные работы на объекте Трудовой (площадь рудного поля Светлое) рассчитаны на 3 года с объемом финансирования до 400 млн руб. В результате планируемых работ прирост запасов золота промышленных кат. $C_1 + C_2$ ожидается до 7 т при объемах товарной руды до 1,8 млн т.

Оптимальная производительность рудника на этапе основной добычи T (лет) на ранних стадиях оценки определяется аналитически по формуле Тейлора:

$$T = 6,5 * (\text{запасы руды млн т})^{0,25} = 6,5 * 1,8^{0,25} \approx 8 \text{ лет.}$$

Соответственно оптимальная годовая производительность предприятия на этапе основной добычи составит 1,8 млн т/8 лет = 225 000 т/г.

Параллельное строительство рудника с промышленной инфраструктурой (около 3 лет) с объемом финансирования до 800 млн руб.

Аккумулированные инвестиционные затраты с учетом обоих этапов составляют 1300 млн руб. Ежегодные эксплуатационные расходы по 380 млн руб. в год.

Финансирование геологоразведочных и добычных работ основывается на капитале, потребность в котором определяется на основании данных о движении денежных средств («кэш-фло»). Отрицательное значение остатка на расчетном счете в какой-либо период времени означает, что предприятие не располагает необходимой суммой денег для реализации проекта.

Для построения финансовой модели проекта использовалась программа Project Expert — де-факто, признанная стандартом имитационного финансового моделирования.

Метод чистой дисконтированной стоимости включает расчет дисконтированной стоимости положительных (поступления) и отрицательных (расходы) потоков денежных средств.

В общем виде определить эту величину можно по формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n NCF (1+r)^{-t},$$

где NPV — чистая текущая стоимость потоков реальных денег (чистой прибыли), получаемых в результате осуществления проекта; NCF — чистый поток реальных денег (чистая прибыль) в год; t — порядковый номер года; r — ставка дисконта; n — срок осуществления проекта (иными словами, количество лет, в течение которых поступают чистые потоки реальных денег, принимающие либо положительные, либо отрицательные значения).

Денежный поток рассчитывается, как правило, не более чем на 10–12 лет, если это позволяют экономические запасы месторождения. Оценка дохода на более отдаленный срок лишена практического смысла в связи с его убыванием по экспоненциальной функции $R^t = 1/(1+r)^t$, где R — коэффициент дисконтирования.

Критерий NPV является наиболее универсальным и предпочтительным при анализе инвестиционных проектов, поскольку именно он характеризует возможный прирост благосостояния инвестора. Основной недостаток критерия NPV в том, что это абсолютный показатель, а потому он не может дать информацию о так называемом «резерве безопасности проекта». Информацию о «резерве безопасности проекта» дают критерии IRR (внутренняя норма доходности) и PI (индекс прибыльности). Так, при прочих равных условиях, чем больше IRR по сравнению с ценой капитала проекта, тем больше «резерв безопасности».

Фактически стоимостная оценка месторождения или участка недр в рамках доходного подхода может быть приравнена к величине NPV при обоснованной величине ставки дисконтирования.

При расчете показателей эффективности денежные потоки, связанные с финансированием проекта, исключаются из рассмотрения. Не учитываются платежи, связанные с получением и возвратом кредитов,

Показатели эффективности инвестиций

| Показатель | Значение |
|--|---------------|
| Ставка дисконтирования, % | 25,00 |
| Период окупаемости — PB , мес. | 48 |
| Дисконтированный период окупаемости — DPB , мес. | 58 |
| Средняя норма рентабельности — ARR , % | 53,77 |
| Чистый приведенный доход — NPV | 1 014 636 676 |
| Индекс прибыльности — PI | 2,05 |
| Внутренняя норма рентабельности — IRR , % | 51,76 |

поступлениями от продажи акций, выплатами дивидендов и процентов за кредит. Это объясняется тем, что инвестиционная привлекательность проекта определяется его способностью генерировать денежные потоки. Для определения этой способности необходимо исключить влияние условий финансирования.

Пороговыми, критическими значениями риска проекта служат: чистый дисконтированный доход, равный нулю ($NPV = 0$), индекс доходности, равный единице ($PI = 1$), и внутренняя норма доходности (IRR), равная принятой минимальной ставке на капитал.

В нашем случае получены нижеприведенные показатели эффективности инвестиций (таблица).

В результате проведенного предварительного анализа экономической эффективности обработки месторождения Трудовое можно сделать следующие выводы:

1. Рассматриваемый инвестиционный проект при ставке дисконта 25 % имеет положительное значение $NPV = 1\,014\,636\,676$ руб.

2. Период окупаемости составляет от 4,5 до 5 лет.

3. Индекс прибыльности PI проекта больше единицы (2,05), что указывает на его прибыльность.

Данные выводы на основе проведенных предварительных технико-экономических расчетов говорят о положительной чистой дисконтированной стоимости проекта и в целом о положительной оценке его инвестиционной привлекательности.

Анализ чувствительности инвестиционного проекта заключался в определении критических границ изменения факторов. Чем шире диапазон параметров, в котором показатели эффективности остаются в пределах приемлемых значений, тем выше запас прочности проекта, тем лучше он защищен от колебаний различных факторов, оказывающих влияние на результаты его реализации. Исследовалась устойчивость проекта по отношению к

изменениям ставки дисконтирования и пересчетным параметрам проекта. С ростом ставки дисконтирования снижается значение NPV . При достижении ставки дисконтирования значения 52 % ($NPV = 0$) инвестиционная привлекательность проекта теряется. Очевидно, данный показатель значительно выше цены капитала проекта, а, следовательно, значителен «резерв безопасности проекта».

Ниже приведен анализ чувствительности проекта по другим показателям — объемам инвестиций, прямым и общим издержкам, цене и объему сбыта, зарплате персонала (рис. 3). Точка пересечения линии, изображающей значения параметра, с горизонтальной осью соответствует предельному значению отклонения параметра от текущего значения, при котором проект остается эффективным. Как видно из графика, проект выдерживает почти 40 % снижение объема сбыта и 37 % снижение цены сбыта. По нашим оценкам это достаточно широкий диапазон. Чувствительность проекта можно считать невысокой.

Выводы

Эффективное использование геохимических и геофизических методов с применением инновационного метода геокосмического зондирования Земли позволило установить широкую проявленность рудного процесса в пределах рудного поля Светлое и выделить Северную, Центральную, Южную и Змеиную минерализованные зоны. В них определены три типа руд: руды в зонах прожилкового окварцевания с фрагментами кварцевых жил, залегающих в дацито-диоритоподобных породах; кварц-ортоклазовые руды в виде прослоев, линз, жил и будин в зонах порфирированных кремнистых метасоматитов; руды в минерализованных зонах дробления.

В Центральной зоне в результате поисково-оценочных работ выявлено месторождение Трудовое, относя-

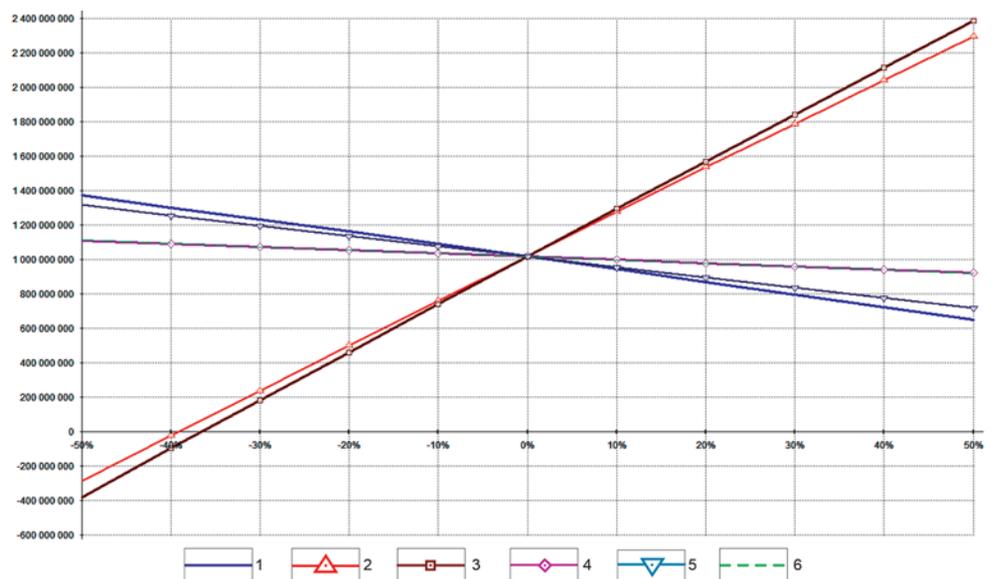


Рис. 3. Чувствительность проекта к изменениям различных показателей: 1 — NPV (объем инвестиций); 2 — NPV (объем сбыта); 3 — NPV (цена сбыта); 4 — NPV (прямые издержки); 5 — NPV (общие издержки); 6 — NPV (зарплата персонала)

шееся к золотосульфидно-кварцевой формации с убогосульфидным типом оруденения и легкообогатимыми рудами.

Предварительная оценка экономической эффективности проекта освоения месторождения Трудовое позволяет сделать объективное заключение о его рентабельности и эффективности по срокам окупаемости.

Ресурсный потенциал рудного поля Светлое позволяет создать на его площади эффективное горно-рудно-редприятие, как основу для проведения в дальнейшем экономически обоснованных геологоразведочных работ на перспективных золоторудных объектах Таликитской площади и в целом в пределах Туркино-Бамбуйской структурно-формационной зоны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арсентьев, В.П. Главные структурные элементы территории Бурятской АССР / В.П. Арсентьев // Материалы по геологии и полезным ископаемым Бурятской АССР. Вып. IX. — Улан-Удэ, 1965.
2. Володько, С.А. Перспективы обнаружения новых типов золотого оруденения в Бурятии / С.А. Володько, Ю.Ч. Очиров, Е.Ф. Приходько // Разведка и охрана недр. — 2013. — № 11. — С. 67–69.
3. Морозов, А.Ф. Поиск месторождений полезных ископаемых на основе выявления нанопылевых аномалий / А.Ф. Морозов, Е.Ф. Приходько, С.А. Володько // Региональная геология и металлогения. — 2011. — № 48. — С. 70–78.

© Володько С.А., Орлов В.В., 2017

Володько Сергей Алексеевич // regionzao@sibnet.ru
Орлов Владимир Вячеславович // regionzao@sibnet.ru

УДК 553.495.041:551.263 (751.53)

Самович Д.А., Дзядок С.А., Тирских С.С., Федин А.Ю.
(АО «Урангео»)

МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА ВИТИМСКОГО УРАНОВОРУДНОГО РАЙОНА И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ РАСШИРЕНИЯ

*В статье представлен крупнейший урановорудный район России для отработки способом подземного выщелачивания. Дана оценка рудных узлов на основе районирования территории Амалатского плато. Рассмотрены перспективы расширения сырьевой базы урана в районе. **Ключевые слова:** Витимский урановорудный район, уран, месторождение, балансовые запасы, прогнозные ресурсы, подземное выщелачивание.*

Samovich D.A., Dzyadok S.A., Tirskikh S.S., Fedin A.Yu.
(Urangeo)

MINERAL AND RAW MATERIAL BASE OF THE VITIM URANIUM ORE DISTRICT AND PROSPECTS OF ITS EXTENSION

The article presents the largest uranium ore district of Russia for working out the underground leaching route. The estimation of ore sites on the basis of zoning of the Amalat plateau territory is given. The prospects for expanding the raw mate-

*rial base of uranium in the area. **Keywords:** Vitim uranium ore district, uranium, deposit, balance reserves, forecast resources, underground leaching.*

Витимский урановорудный район (УРР) является наиболее крупным в России с месторождениями, пригодными для отработки малозатратным способом подземного выщелачивания. Район расположен на территории Баунтовского района Республики Бурятия в пределах Витимского плоскогорья, на водоразделе рек Витим, Большой Амалат, Амалат, Ципикан.

Основу минерально-сырьевой базы Витимского УРР составляют месторождения палеодолинного «витимского» типа в неогеновых палеодолинах [2]. Гидрогенные месторождения урана «витимского» типа локализируются в неогеновых палеодолинах под покровом основных эффузивов, слагающих Амалатское плато базальтов. Рудоносные палеоруслы врезаны в гранитный фундамент и, как правило, развиваются вдоль ослабленных зон разрывных нарушений. Рудовмещающие породы — слабо уплотненные аллювиальные, реже делювиальные и пролювиальные отложения аркозового состава с высоким содержанием углефицированного растительного детрита и дисульфидов железа.

Неогеновая палеоречная сеть принадлежит трем стволным долинам с многочисленными притоками. Стволовые палеодолины Хойготская, Аталангинская и Амалатская общего северо-восточного простирания представляют собой крупные реки с хорошо разработанными поймами, со старицами, пойменными болотами и озерами. Ширина долин от 1,5–2 до 5–7 км, продольный уклон составляет первые метры на километр. Палеопритоки более высоких порядков имеют U-образные и V-образные профили, длину от 1–2 до 10–15 км, ширину от сотни метров до 1–2 км, уклон — 10–70 м/км. От верховьев палеорек по первично сероцветным породам развиваются зоны грунтового и пластового окисления. На их выклинивании в системах палеодолин высоких порядков и формируются урановорудные залежи лентообразной формы, грубо повторяющие контуры палеодолин. Их протяженность — первые километры, ширина от 35 до 450 м, мощность — от первых метров до 28. Линзовидные, пластообразные рудные тела наследуют литолого-фациальные особенности рудовмещающих осадков. Содержание урана в рудах колеблется от 0,01 до 0,625 %. Урановая минерализация представлена тонкодисперсными выделениями нингиюита, редко — коффинита и настурана. Часть урана сорбирована глинистым и углистым веществом. Удельная продуктивность залежей по урану колеблется от 2,5 до 37 кг/м², в отдельных случаях достигает 87 кг/м².

Осадочные образования отличаются большим разнообразием литологического состава: в краевых частях палеодолин преобладают делювиально-пролювиальные комплексы. Наиболее широко распространен аллювиальный, пролювиально-аллювиальный комплекс отложений рек с блуждающими руслами и овражно-балочной сетью притоков. Русловые фации: пойменные пески с примесью пеплового материала, гравий,