

Рис. 1. Фотография (слева) полированной поверхности образца пирит-кварц-халцедоновой руды Балейского месторождения (длина нижней стороны 4 см). Бета-авторадиограмма (справа), фиксирующая распределение золота (стабильное золото Au^{198} меченное радиоактивным изотопом ^{195}Au) после эксперимента по осаждению золота из солянокислого раствора $pH=4,5$; $t=20$ °C на полированной пластине руды. Выделяются не менее пяти генераций кварца, резко различающиеся по степени отложения золота. Максимальное количество золота отлагается на галените

го синтеза, перераспределения золота в процессе ударно-волновой нагрузки пирит-кварцевой смеси (рис. 1).

Показано, что применение радиоактивных изотопов благородных металлов в экспериментах, моделирующих природные геохимические системы, позволяет получить новые фактические данные, объясняющие причины и условия их концентрирования и формирования рудных скоплений.

Работы выполнены в рамках государственного задания, при поддержке грантов РФФИ 15-05-06950, 16-35-60108 и 15-35-21024-мол_а_вед.

Литература

1. Жмодик С.М., Миронов А.Г., Жмодик А.С. Золотоконцентрирующие системы офиолитовых поясов (на приме-

ре Саяно-Байкало-Муйского пояса). – Новосибирск : Гео, 2008. – 304 с.

2. Радиоактивные индикаторы в химии. Основы метода / В.Б. Лукьянов, С.С. Бердоносков, И.О. Богатырев и др. – М. : Высшая школа, 1985. – 287 с.
3. Экспериментальные исследования геохимии золота с помощью метода радиоизотопных индикаторов / А.Г. Миронов, А.И. Альмухамедов, В.Ф. Гелетий и др. – Новосибирск : Наука, 1989. – 281 с.
4. Рихванов Л.П. Радиогеохимическая типизация рудно-магматических образований (на примере Алтае-Саянской складчатой области). – Новосибирск : Гео, 2002. – 536 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОДСЧЕТА ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ УРАНА НА МЕСТОРОЖДЕНИИ “СЕВЕРНОЕ” (ЭЛЬКОНСКИЙ УРР)

А.П. Зайченко¹, В.А. Домаренко¹, В.Ю. Фомин²

¹Томский политехнический университет, Томск, Россия, andrey.vl@list.ru, viktor_domarenko@mail.ru
²АО “Русбурмаш”, Москва, Россия, vfomin1964@mail.ru

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PREDICTIVE CALCULATION OF URANIUM RESOURCES IN THE DEPOSIT “SEVERNOE” (ELKON UOD)

A.P. Zaychenko¹, V.A. Domarenko¹, V.Y. Fomin²

¹Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia
²JSC “Rusburmash”, Moscow, Russia

В работе производится сравнение данных подсчета прогнозных ресурсов урана по категории P1 для золото-уранового месторождения Северного Эльконского УРР. Расчеты выполнены при разной геометризаци и оконтуривании рудных тел. Детальное изучение геолого-структурных условий локализации оруденения позволило по-новому оконтурить рудные залежи. Частично изменилась ориентировка рудных тел, что в свою очередь и нашло отражение и в расчетах.

The paper compares the predicted data of counting uranium resources of category P1 for the gold-uranium deposits Severnogo Elkon UOD. The calculations are performed at different geometrization and delineating ore bodies. A detailed study of geological and structural conditions of localization of mineralization has allowed a new delineate ore deposits. Partially changed the orientation of the ore bodies, which in turn was reflected in the calculations.

Актуальность работы обусловлена постоянно возрастающими потребностями как мира, так и России в урановом сырье, являющимся стратегическим продуктом,

нашедшим широкое применение в атомной энергетике, ядерном оружейном комплексе, атомном ледокольном флоте и прочих направлениях. Нынешние внутренние

потребности страны в отношении урана превышают возможности его восполнения за счет добычи на отечественных месторождениях и компенсируются складскими запасами, а также импортом из-за рубежа (Казахстан, Узбекистан, Австралия) [1, 4]. В будущем, при активно развивающейся атомной энергетике, наши потребности в сырье будут только возрастать. Для устранения дефицита необходимо резко увеличить добычу урана. Россия, будучи одним из мировых лидеров в производстве ядерного топлива обязана иметь свою надежную минерально-сырьевую базу, обеспечивающую устойчивое развитие нынешних и создание новых горно-рудных предприятий.

Для решения поставленной проблемы было решено провести изучение особенностей строения рудовмещающей структуры золото-уранового месторождения Северного (Эльконский урановорудный район).

Главной целью данного исследования ставилась определить возможность увеличения прогнозных ресурсов месторождения в отношении урана. Это позволило бы повысить интерес в отношении данного объекта и ускорить поиски, связанные с решением проблем по его отработке. Для достижения данной цели были определены задачи, включающие: всестороннее изучение полевой документации и результатов опробования, построение структурных моделей, сравнительный анализ подсчетов прогнозных ресурсов.

Эльконская группа месторождений – группа месторождений урановых руд, расположенная на юге Якутии. Ресурсы урана насчитывают примерно 319 тыс. т, или около 6% извлекаемых мировых запасов [5].

Месторождение Северное является вторым по значению объектом Эльконского урановорудного района. Оно приурочено к одноименной тектонической структуре северо-западного простирания, расположенной в северной части Эльконского горста, в 2,5 км от Зоны Южной.

Площадь месторождения Северного сложена глубоко метаморфизованными, гранитизированными и дислоцированными образованиями архейского возраста, представленными гнейсами и кристаллическими сланцами, архейско-протерозойскими гранитоидами, дайками метаморфизованных микродиоритов и диоритовых порфириров, дайками палеозойских диабазов, а также телами мезозойских щелочных и щелочноземельных пород алданского комплекса. Четвертичные породы, среди которых выделяются элювиальные, делювиальные и аллювиальные отложения, хотя и развиты на всей площади месторождения, но мощность их незначительна. В пределах месторождения архейский метаморфический комплекс представлен образованиями верхнеалданской (ее верхней подсвитой) и федоровской свит.

Разрывные нарушения являются главными элементами геологического строения месторождения, поскольку часть из них вмещают промышленное золото-урановое оруденение, а другие оказывают влияние на его локализацию. В мезозое в следствии гидротермально-метасоматических процессов сформировались метасоматитовые тела с образованием урановых минералов и золотосодержащего пирита.

Геолого-структурный анализ показал, что месторождение Северное характеризуется широким развитием опережающих систем тектонических нарушений. Рудокализирующими являются главный разлом и пологозалегающие трещины отрыва. В длину трещины отрыва могут достигать 150–200 м и более. Средняя мощность рудных тел, отвечающих кондициям, принятым на данном месторождении, остается небольшой [2, 3].

В настоящей работе проведен сравнительный анализ двух подсчетов прогнозных ресурсов урана по категории Р1 для месторождения Северного: 1) подсчет, сделанный по данным работ ЗАО “Русбурмаш”, проведенных в 2010–2011 гг.; 2) подсчет, сделанный с использованием новых данных, выявленных геолого-структурным анализом.

Для корректного сравнения с данными ЗАО “Русбурмаш” произведен пересчет ресурсов полезного компонента в основных рудных зонах методом разрезов по кондициям, контурам и параметрам рудных тел, выделенных ЗАО “Русбурмаш” на участок месторождения Северного соответствующий местоположению разведочных линий (РЛ) 70, 74 и 86.

Методика подсчета прогнозных ресурсов с параметрами рудных тел ЗАО “Русбурмаш”. Руды месторождения Северного по вещественному составу, параметрам, морфологическим особенностям аналогичны рудам месторождения Южного, поэтому кондиции, установленные для месторождения Южного в период детальной разведки (1973–1980 гг.), полностью соответствуют геологическим особенностям месторождения Северного и приняты для оперативного подсчета запасов кондиционного оруденения. На настоящем этапе подсчет забалансовых запасов не производился.

Подсчет прогнозных ресурсов производился по четырем блокам, их положение показано на схеме (рис. 1). Геометризация произведена без учета геологических осложнений. Расстояние между профилями измерялось с помощью масштабной линейки на геологической кар-

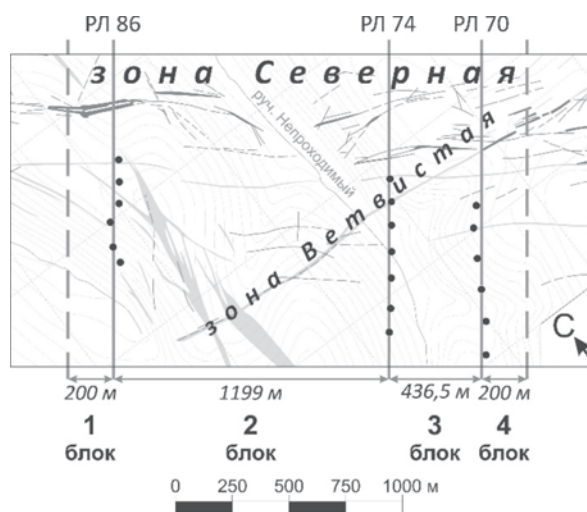


Рис. 1. Схема расположения подсчетных блоков: РЛ – разведочная линия

Таблица 1. Сводная таблица

№ блока	Длина блока, м	Площади рудных контуров, м ²	Объем блока, тыс. м ³	Объем рудной массы, тыс. м ³	Уран, т
1	200	$S_{86-2} = 1185,73$ $S_{86} = 1185,73$	237,1	616,6	1014,0
2	1199	$S_{86} = 1185,73$ $S_{74} = 1582,78$	1659,7	4315,3	5439,1
3	436,5	$S_{74} = 1582,78$ $S_{70} = 1359,83$	642,2	1669,8	1503,5
4	200	$S_{70} = 1359,83$ $S_{70-2} = 1359,83$	271,9	707,1	653,8

Таблица 2. Сводная таблица

№ блока	Длина блока, м	Площади рудной зоны, м ²	Объем блока, тыс. м ³	Объем рудной массы, тыс. м ³	Уран, т
1	200	$S_{86-2} = 1271,07$ $S_{86} = 1271,07$	254,2	660,9	1157,1
2	1199	$S_{86} = 1271,07$ $S_{74} = 1713,86$	1789,4	4652,6	6111,2
3	436,5	$S_{74} = 1713,86$ $S_{70} = 1543,64$	710,9	1848,5	1664,4
4	200	$S_{70} = 1543,64$ $S_{70-2} = 1543,64$	308,7	802,7	742,2

те масштаба 1:5000. Оконтуривание кондиционных рудных интервалов, подсчет площадей рудных тел на разрезах и определение объемов блоков произведены с помощью компьютерных программ: Micromine, Exsel. Значение плотности руд равно 2,60 т/м³ использовано то же, что и при подсчете запасов, выполненном предшественниками в 1985 г. Данные расчетов приведены в сводной таблице 1.

Протяженность рудной зоны по простиранию, принятая для сравнительной характеристики анализов, составила 2035,5 метров. Площадь рудной зоны на разрезах 70, 74 и 86 составляет 1359,83, 1582,78 и 1185,73 м². Объем рудной массы составил 7308,8 тыс. м³. Прогнозные ресурсы урана категории Р1 по данной методике, для всех подсчитанных блоков данного участка составила 8610,4 т.

Методика подсчета прогнозных ресурсов урана с использованием параметров рудных тел по данным, выявленным геолого-структурным анализом. При проведении подсчетов использовались те же кондиции и исходные данные по рудным интервалам, что и в ЗАО "Русбурмаш". Положение подсчетных блоков и их длина остались не измененными (рис. 1). Геометризация произведена с учетом геолого-структурных построений.

В подсчет среднего содержания урана для контура разведочной линии 86 дополнительно были введены данные рудного пересечения мощностью 0,5 м и метропроцентом 0,145, проходящим через скважину № 8604. Результаты расчетов приведены в сводной таблице 2.

Протяженность рудной зоны по простиранию, принятая для сравнительной характеристики анализов, не

изменилась и составила 2035,5 м. Площадь рудной зоны на разрезах 70, 74 и 86 составляет 1543,64, 1713,86 и 1271,07 м². Объем рудной массы составляет 7964,7 тыс. м³. Прогнозные ресурсы урана категории Р1 по данной методике, для всех блоков данного участка составила 9674,9 т.

Таким образом, при сопоставлении данных, полученных при подсчете с применением разной методики геометризации и оконтуривания рудных тел видна разница. После геолого-структурного анализа многие кондиционные рудные тела были перенаправлены из зоны основного тектонического нарушения в области развития оперяющих структур (трещины отрыва), которые, в свою очередь, могут простираться на 150–200 м и более. В результате новых построений произошло увеличение площадей сечений кондиционных рудных тел на разведочных линиях. Это позволило произвести приращение прогнозных ресурсов, составившее при расчетах 12,4%.

При подсчетах не были учтены области сочленения оперяющих тектонических структур с зоной основного нарушения. В таких местах могут образовываться узлы раздува оруденения, связанные с повышенной трещиноватостью и, вследствие этого, проницаемостью пород. Наличие таких узлов увеличивает рудную нагрузку месторождения, что в свою очередь благоприятно отразится на еще большем увеличении прогнозных ресурсов.

Литература

1. Государственный доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации

в 2012 году. – М., 2013. – 199 с.

2. Зайченко А.П., Домаренко В.А. Особенности строения рудовмещающей структуры комплексного золото-уранового месторождения Северное (Эльконский рудный район, Южная Якутия) // *Разведка и охрана недр.* – 2015. – № 7. – С. 7–11.
3. Зайченко А.П., Домаренко В.А., Перегудина Е.В. Внутреннее строение рудовмещающей структуры комплексного золотоуранового месторождения Северное (Эльконский урановорудный район) // *Известия ТПУ.* – 2015. – № 9. – С. 78–84.
4. Состояние и перспективы развития минерально-сырьевой базы урана России / Г.А. Машковцев, А.Д. Коноплев, А.К. Мизута и др. // *Разведка и охрана недр.* – 2011. – № 5. – С. 15–22.
5. Урановый холдинг “АРМЗ” [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.armz.ru/companies/newcompany/elkon/> (дата обращения: 13.01.2015).

УРАН И ТОРИЙ В МИНЕРАЛЬНЫХ ВОДАХ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Л.В. Замана, С.В. Борзенко

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия, l.v.zamana@mail.ru

URANIUM AND THORIUM IN MINERAL WATERS IN EASTERN TRANSBAIKALIA

L.V. Zamana, S.V. Borzenko

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS (INREC SB RAS), Chita

The data on the content of U and Th in nitric thermal and carbon dioxide waters and waters of mineral (salty) lakes are presented. The maximum concentration specified by type of treatment, respectively, accounted for 4.24 and 0.21, 0.32 and 162.0, 209 and 2819 mg/l. The highest ratio of Th/U received over therms (10.7), in the carbonic waters is not more than 0.6, and in the waters of the lake – 0.074. Possible forms of both radionuclides содержание U stay in the water and the thermodynamic equilibrium for some minerals.

Восточное Забайкалье – известный ураноносный регион России. Наряду с собственно урановой минерализацией здесь широко распространены редкометалльные гранитоиды, определенные интрузивные комплексы которых обладают повышенной радиоактивностью (к примеру, гуджирский) или ториеносностью (борщовочный комплекс). Естественно ожидать, что минеральные воды различных типов, которыми также богат регион, могут иметь в ряде случаев высокие концентрации урана и тория. В настоящем сообщении приведены результаты выполненных в последние годы исследований по распределению этих элементов в азотных термальных и углекислых водах и водах минеральных озер. К сожалению, единичные данные получены пока по радоновым водам, насчитывающим многочисленные проявления.

Химический анализ макрокомпонентного состава вод выполнен стандартными методами в аттестованной лаборатории ИПРЭК СО РАН. Уран и торий определены методом ICP-MS в Аналитическом центре Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН (г. Иркутск) на приборе ELEMENT 2, фирмы Finnigan MAT по методике NСAM №480X с использованием в качестве стандартов сертифицированных растворов. Анализировались пробы, пропущенные через мембранный фильтр с диаметром пор 0,45 мкм, подкисленные особо чистой концентрированной азотной кислотой до pH<2.

Азотные термальные воды в Восточном Забайкалье распространены на юге в пределах Хэнтэй-Даурского сводового поднятия. Здесь нами опробованы источники в бассейне р. Кыра (приток р. Онон, верховье амурского бассейна) [3]. Для более полной, статистически достоверной характеристики этой группы минеральных

вод представлены также данные по некоторым источникам Байкальской рифтовой зоны (Баргузинская и Баунтовская группы). По катионному составу термы натриевые, по анионам проявления Кыринской и Баунтовской групп гидрокарбонатные, за исключением Шуриндинского источника, где в воде преобладает сульфат. В термах Баргузинской группы сульфат-ион находится в разных соотношениях с гидрокарбонатом вплоть до полного его преобладания. Воды, как правило, щелочные, минерализация их в основном до 1,0 г/л.

Данные по содержанию U и Th по минеральным источникам представлены в таблице 1. В азотных термальных водах они изменялись в интервалах 0,003–4,94 и 0,001–0,21 мкг/л соответственно при средних по данной выборке 0,365 и 0,024 мкг/л. Хотя максимальное содержание урана установлено в сульфатном Алгинском источнике, определенной взаимосвязи его с составом терм или с их температурой не прослеживается. Отсутствует и корреляция между радионуклидами ($r = -0,10$). Нередко концентрации тория и урана близки между собой, имеются случаи и превышения по торию над ураном.

По углекислым водам (УВ) получены данные по источникам Даурской гидроминеральной области в пределах южной части Восточного Забайкалья. По химическому составу среди них преобладают гидрокарбонатные щелочноземельные воды, относящиеся к дарасунскому химическому и бальнеологическому типам [2]. По величине pH изученные воды слабощелочные или нейтральные с минерализацией преимущественно в диапазоне 0,8–3,0 г/л. В единичных проявлениях УВ хлоридно-гидрокарбонатного состава и в одном вода гидрокарбонатная