

7. Происходит постоянное наращивание добычи **золота** (~30 % запасов и добычи). Это — объекты как коренного (включая комплексные руды), так и россыпного золота Чукотского АО, Республики Саха (Якутия) и др. Новым, потенциально крупным золотодобывающим районом, является Таймыр. Далеко не исчерпан потенциал россыпного золота Арктических шельфовых областей и островов Северного Ледовитого океана [1, 4, 17].

8. Значительную роль в Арктической зоне играют запасы **титана**. Огромные запасы и ресурсы ильменит-титаномагнетитовых руд Юго-Восточной Гренландии пригодны для открытой отработки карьерами мощностью 10 млн. т/год и более. Однако высокотитанистые титаномагнетиты непригодны для доменной плавки. Необходимо создание электрометаллургических производств для переработки этих концентратов. Освоение подобных месторождений (Ti-Fe) позволяет получать также высококачественный ильменитовый концентрат сульфатного сорта — лучшее сырье для производства пигментного диоксида титана.

9. Из неметаллов первоочередной интерес представляют уникальные Хибинские нефелин-апатитовые месторождения — основной производитель сырья для производства фосфорных удобрений. Характерен комплексный состав руд этих месторождений с огромными запасами редких земель (в т.ч. 10 % иттриевой группы) Sr в апатите, Ti в титаномагнетите и сфене, Nb в сфене, Rb, Cs в нефелине.

10. Уголь добывается только в Печорском бассейне (Республика Коми и Ненецкий автономный округ), где сосредоточено 7,65 % запасов угля РФ. Слабо изучены Таймырский, Яно-Омолыйский и другие бассейны АЗР с огромными прогнозными ресурсами.

Недостаточная в целом геолого-поисковая изученность Арктики, имеющиеся геологические предпосылки и массив «авторских» запасов и прогнозных ресурсов позволяют рассчитывать на открытия новых месторождений и существенный прирост балансовых запасов ТПИ Российской Арктики.

Таким образом, известная специфика Арктической зоны и, несомненно, ее геополитическая значимость определяют главный приоритет экономического развития в сохранении преимущественной ресурсной ориентации и расширении минерально-сырьевой базы РФ за счет включения новых объектов ТПИ арктической континентальной окраины с последующим их промышленным освоением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бортников Н.С., Лобанов К.В., Волков А.В. и др. Арктические ресурсы золота в глобальной перспективе // Арктика: экология и экономика. — 2014. — № 4 (16). — С. 28–37.
2. Быховский Л.З., Котельников Е.И., Лихниченко Е.Г. и др. Задачи дальнейшего изучения Томторского рудного поля с целью повышения его инвестиционной привлекательности // Разведка и охрана недр. — 2014. — № 9. — С. 20–25.
3. Быховский Л.З., Пикалова В.С. Минерально-сырьевая база редких металлов Северо-Запада России — основа создания центра редкометаллической промышленности страны // Разведка и охрана недр. — 2015. — № 1. — С. 3–7.
4. Быховский Л.З., Спорыхина Л.В. Значение россыпных месторождений России в сырьевой базе и добыче полезных ископаемых // Минеральные ресурсы России. — 2013. — № 6. — С. 6–17.

5. Горнодобывающая промышленность Баренцева Евро-Арктического региона: взгляд в будущее: Сб. докладов 11-й Междунар. конф. горнопромышленного комплекса, 2012. — Мурманск: Северная ТПП, 2013. — 163 с.

6. Государственный доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2013 г. Гл. ред. Д.Г. Храмов. — М., 2014. — 383 с.

7. Граханов С.А., Шаталов В.И., Штыров В.А. и др. Россыпи алмазов России. — Новосибирск: «ГЕО», 2007. — 457 с.

8. Додин Д.А. Минералогия Арктики. — СПб.: Наука, 2008. — 292 с.

9. Кременецкий А.А., Калиш Е.А. Комплексные редкометалльные месторождения России и основные направления повышения их инвестиционной привлекательности // Разведка и охрана недр. — 2014. — № 9. — С. 3–11.

10. Машковцев Г.А. Крупные месторождения стратегических металлов Арктического региона России / Месторождения стратегических металлов: закономерности размещения, источники вещества, условия и механизмы образования: Матер. докл. Всерос. конф., посвященная 85-летию ИГЕМ РАН. — М.: ИГЕМ РАН, 2015. — С. 17–18.

11. Машковцев Г.А., Быховский Л.З., Рогожин А.А. и др. Перспективы освоения комплексных ниобий-тантал-редкоземельных месторождений России // Разведка и охрана недр. — 2011. — № 6. — С. 9–13.

12. Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. Спец. выпуск. Дальневосточный федеральный округ. — 2013. — № 5. — 188 с.

13. Перспективы создания новых горнорудных районов в европейской части России и на Урале // Тр. науч.-практ. конф. — М.: ВИМС, 2012. — 203 с.

14. Создание новых горнорудных районов в Сибири и на Дальнем Востоке: проблемы и пути решения // Тр. науч.-практ. конф. — М.: ВИМС, 2011. — 282 с.

15. Твердые полезные ископаемые архипелагов и островов арктической континентальной окраины Евразии / Гл. ред. В.Д. Каминский, отв. ред. В.И. Ушаков, В.Д. Крюков. — СПб.: ВНИИОкеангеология, 2010. — 336 с.

16. Толстов А.В., Похиленко Н.П., Лапин А.В. Инвестиционная привлекательность Томторского месторождения и перспективы ее повышения // Разведка и охрана недр. — 2014. — № 9. — С. 25–30.

17. Флеров И.Б. Золото недр России: мифы, реалии, проблемы // Колымские вести. — 2003. — № 22. — С. 24–38.

© Коллектив авторов, 2016

Машковцев Григорий Анатольевич // vims@df.ru
Быховский Лев Залманович // pikalova@vims-geo.ru
Коротков Владимир Викторович // vvk46@list.ru
Орлова Наталья Ивановна

УДК 550.8+553.3

**Кринов Д.И.¹, Салтыков А.С.², Кольцов В.Ю.¹,
Кузнецов И.В.¹, Дымков Ю.М.¹, Хорозова О.Д.¹
(1 — АО «ВНИИХТ», 2 — ФГБУ «ВИМС»)**

НОВЫЕ ДАННЫЕ О МАСШТАБАХ ОРУДЕНЕНИЯ, ГЕНЕТИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БЕРЕЗОВОЕ И ГОРНОЕ (ЦЕНТРАЛЬНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

Урановые месторождения Березовое и Горное (Центральное Забайкалье) интенсивно изучались в 1970–1980-х годах. Ряд важных деталей минералогии и геологической зональности руд месторождений во многом остались недостаточно изученными, из-за чего был занижен масштаб оруденения. В ходе исследований, проведенных на современном уровне в 2009–2013 гг., получены новые данные по минералогии, строению рудных тел и генезису урановой минерализации. Установлены причины недоизвлечения полезных компонентов и предложен способ усовершенствования планируемой добычи. Материалом для исследования стал каменный материал из керна новых

разведочных скважин (Березовое) и технологической пробы из штольни (Горное). **Ключевые слова:** месторождения, Березовое, Горное, эндогенно-гидротермальный, инфильтрационный генезис, цеолит-фосфатный и цеолит-силикатный тип руд, урановая минерализация.

Krinov D.I.¹, Saltykov A.S.², Koltsov V.Yu.¹, Kuznetsov I.V.¹,
Dymkov Yu.M.¹, Khorozova O.D.¹ (1 — Leading Research Institute of Chemical Technology, 2 — VIMS)

NEW DATA ON ORE SCALES, GENETIC AND MINERALOGY-GEOCHEMICAL FEATURES OF URANIUM BEREZOVYOE AND GORNOYE DEPOSITS (CENTRAL TRANSBAIKALIA)

*U-deposits Berezovoye and Gornoye (Central Transbaikalia) it was intensively studied in the 70–80th years of the last century. A number of important details of mineralogy and geological zonality of ores of these fields in many aspects remained not studied well because of what the scale of an ore was underestimated, inexact was an assessment of stocks. During the researches conducted at the modern level in 2009–2013 new data on mineralogy, a structure of ore bodies and genesis of an uranium mineralization are obtained. The reasons of not additional recovery of useful components are established and production improvement methods are offered. Stone material from a core of new prospecting wells (Berezovoye) and technological test from an (Gornoye) became material for research. **Keywords:** deposit, Berezovoye, Gornoye, endogenous and hydrothermal, infiltration genesis, zeolite-phosphatic and zeolite-silicate type of ores, uranium mineralization.*

Геологическое положение, тектоническую и магматическую обстановку, динамику развития образований мезо-кайнозойского этапа тектоно-магматической активизации как локального региона, так и всего Центрально-Азиатского подвижного пояса изучали многие исследователи. Несмотря на продолжительность проведенных геологических работ, в силу ряда причин, минералого-геохимические и генетические особенности месторождений Горное и Березовое так и остались недостаточно изученными. Так, слабая изученность распределения коэффициента радиоактивного равновесия, изменяющегося в рудах месторождения Березовое в значительных пределах (от 0,2 до 1,0) привела к занижению концентраций урана и мощности рудных интервалов, рассчитываемых по данным гамма-каротажа разведочных скважин и, как следствие, — к занижению величины объекта.

До сих пор генезис описываемых месторождений остается спорным, так как многие наблюдаемые природные факты могут трактоваться неоднозначно. Существующие гипотезы можно разделить на две группы [2, 5, 6]:

1. Месторождения относятся к экзогенной эпигенетической группе (ВСЕГЕИ).

2. Месторождения относятся к эндогенной гидротермальной группе (ВИМС).

Ряд авторов считает аргиллизацию и цеолитизацию на месторождениях проявлением низкотемпературных гидротермальных процессов, распространенных во многих подобных объектах. Урановое оруденение, приуроченное к этим образованиям, широко известно на

многочисленных объектах Забайкалья, Чукотки и Магаданской области, Алтая, Болгарии и Чехии [3]. По мнению многих авторов, в том числе и авторов этой статьи, образование месторождений Горное и Березовое является результатом эволюции долгоживущей гидротермальной системы.

В 2009–2013 гг. в процессе доразведки и геотехнологического опробования месторождений Горное и Березовое во ВНИИХТе проводились минералогические исследования этих руд. Материалом для исследования стал каменный материал, отобранный из керна новых разведочных скважин (месторождение Березовое) и технологической пробы из штольни (месторождение Горное).

Геологическая характеристика изученных объектов

На юго-западе Читинской области геологами партии № 140 Сосновской экспедиции выявлено большое количество ураноносных объектов (рис. 1). Изначально они были описаны как урано-силикатные с цеолитами и глинистыми минералами. Оруденение локализовано в зонах тектонических нарушений массива юрских лейкократовых и биотитовых гранитов чикой-ингодинского комплекса, характеризующихся повышенным содержанием радиоактивных элементов: урана 14–20 г/т и тория 19–25 г/т [2, 6]. В гранитах интенсивно проявлены процессы грейзенизации, с которыми связана оловянно-вольфрамовая минерализация. Гидротермальное минералообразование выразилось в образовании прожилков кварца с сульфидами Fe, Cu, Pb, As, Zn. По геолого-структурной позиции, морфологии рудных тел и рудной минерализации месторождения Березовое и Горное очень близки. Урановое оруденение в виде типичных трещинно-жильных залежей в гранитах приурочено к участкам линейных зон тектонических нарушений и опережающих их трещин, входящих в систему Монголо-Охотского разлома. Урановая минерализация проявлена в гидротермально проработанных участках брекчированных гранитов и является цементом этих брекчий. Рудные метасоматиты характеризуются концентрической зональностью в плане и фаціальными изменениями по глубине рудных тел (рис. 2).

Урановая минерализация в пределах рудных тел выделяется макроскопически в виде рассеянной вкрапленности размером до первых миллиметров в интенсивно трещиноватой цеолитизированной массе, иногда — скоплениях гнезд, размером до 3–10 см. Текстура урановых руд — прожилковая и прожилково-вкрапленная. В рудовмещающих брекчированных измененных гранитах также встречаются прожилки и вкрапленность урановых минералов, зерна ториевого монацита. Химический состав урановых и ториевых минералов представлен в табл. 1. В состав прожилков и массы вкрапленных руд кроме урановых минералов входят цеолиты (ломонтит, стеллерит), кальцит, кварц, монтмориллонит и не диагностируемые глинистые минералы. При изучении в ультрафиолетовом свете (УФ) и в рудах, и в брекчированных гранитах обнаружена отенитовая рудная минерализация.

Первая стадия изменения гранитов проявлена в виде зон окварцевания, калишпатизации и гематитизации

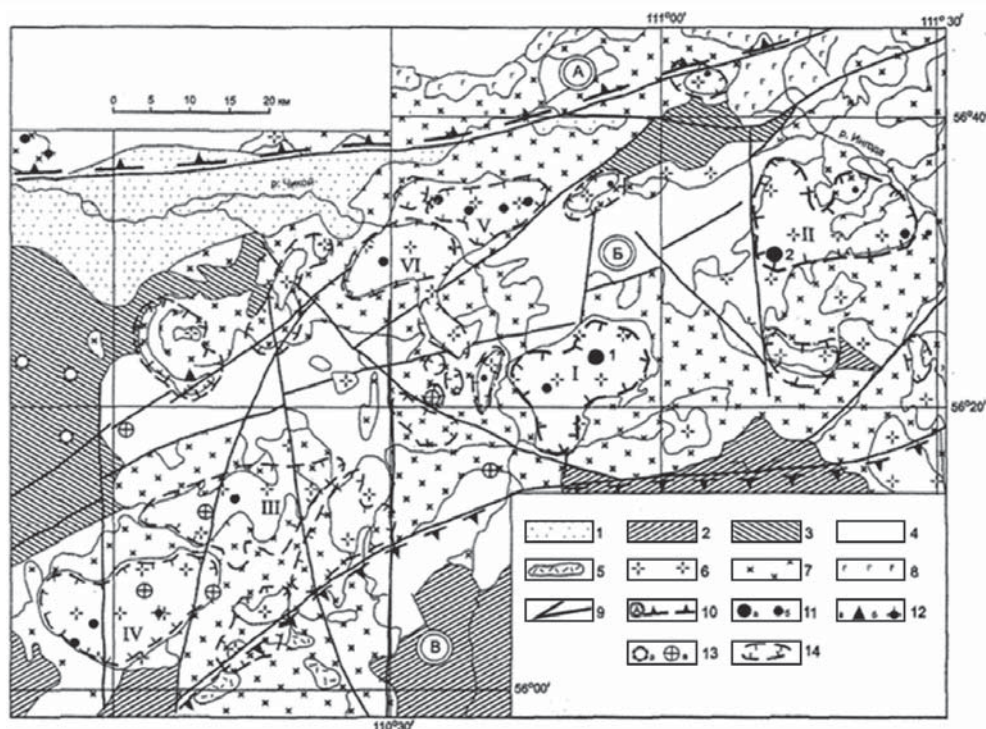


Рис. 1. Геологическое строение Чикой-Ингодинского рудного района (по материалам ГРП-140 Сосновского ПГО): 1 — гусиноозерская свита (K_1); 2 — ингодинская серия (С-Р); 3 — зачикойская серия ($V?$); 4 — малханская серия (Ar-PR₁); 5 — ортофиры, трахиолиты, дациты, андезитодациты (J_1); 6 — асакан-шумиловский (чикой-ингодинский) интрузивный комплекс (J_{1-2}); 7 — бичурский и даурский интрузивные комплексы (Т-РЗ); 8 — габброиды (РЗ); 9 — глубинные разломы; 10 — границы структурно-формационных зон (СФЗ); А — Малханская, Б — Чикой-Ингодинская, В — Даурская; 11 — месторождения (а) и рудопроявления (б) урана: 1 — Горное, 2 — Березовое; 12 — рудопроявления урана в кремне-калиевых метасоматитах (а), в пегматитах (б) в зонах грейзенизации; 13 — россыпные и коренные месторождения золота (а), месторождения вольфрама и олова (б); 14 — контуры комплексов радиогеохимических полей с повышенным содержанием урана, тория и калия по АГСМ данным

(с удалением от разлома) (рис. 2). В эту стадию формировалась высокотемпературная урановая минерализация, представленная браннеритом, уранинитом и коффинитом.

Ранее, в зонах метасоматически измененных и брекчированных гранитов описывались лишь единичные зерна высокотемпературных урановых минералов — коффинита и уранинита [8]. Нами эти минералы найдены в относительно большом количестве. Достаточно часто они находятся в сростании с сульфидами железа. Такого рода электрохимический барьер осаждения урановых минералов характерен для многих месторождений. Зона окварцевания с урановой минерализацией

распространяется от рудных прожилков на 5–10 см. Высокотемпературные урановые минералы в исследованных образцах не обнаруживают признаков разрушения. Эти данные получены впервые. В общей неизменной массе вмещающих пород эти минералы отсутствуют.

Вторая стадия метасоматоза, развитая внутри зоны гематитизации, сложена брекчированными хлоритизированными и аргиллитизированными гранитами с цеолит-отенит-кальцитовыми прожилками. Метасоматиты мало различаются макроскопически, начиная с поверхности и с увеличением глубины. Предположительно к ним можно отнести и всю часть оруденелых пород, описанных ранее как внешняя зона ореола периода выщелачивания (с хлоритизацией биотита) (рис. 2).

Эта зона ранними исследователями считалась безрудной. Она проявлена по всей наблюдаемой зоне тектонических нарушений, подсеченных скважинами.

Степень развития отенитового оруденения в этой части рудных тел неравномерна и отличается от скважины к скважине. Отенит-цеолитовые руды являются достаточно богатыми, содержания урана в них колеблются от 0,2 до 6,5 мас. % U. Наличие и распространенность руд выявлена в результате описываемых минералого-технологических работ и связана с их низкой радиоактивностью, т.е. с низкими (до 0,2–0,4) значениями коэффициента радиоактивного равновесия «радий-уран» (КРР). Это можно объяснить несколькими причинами, наложенными друг на друга — высокой проницаемостью пород, вмещающих отенитовое (фосфатное) оруденение, которое, в отличие от силикатно-

Таблица 1

Химический состав урановых и ториевых минералов месторождений Березовое и Горное по данным энергодисперсионного анализа (мас. %)

Название фазы	SiO ₂	PO ₄	UO ₂ ·UO ₃	CaO	FeO	TiO ₂	ΣREE ₂ O ₃	ThO ₂
Уранинит	—	—	97,1–98,2	0,06	—	до 0,50	до 0,20	—
Браннерит	—	—	40,9–43,9	2,52–4,04	0,85–2,32	32–33,9	0,12–0,34	0,02–0,32
Коффинит	16,4–18,2	—	75,0–79,0	0,01–0,02	0,09–0,54	—	—	—
Метаотенит*	—	14,0–14,9	55,5–57,9	3,47–5,97	0,05–0,09	0,03–0,07	—	—
Отенит*	—	14,4–15,1	56,6–58,0	5,47–6,12	3,08–4,21	0,06–0,11	—	—
Уранофан	12,7–13,8	—	63,1–65,7	5,03–6,00	0,07–1,03	—	—	—
Th-монацит	—	27,0–28,2	—	0,96–1,09	—	—	59,0–60,2	2,65–3,75

Примечание: * — содержание урана рассчитано на UO₃.

го, «не запечаталось» при цементации брекчий гранитов. Наличие современных низкотемпературных гидротермальных процессов обуславливает активный вынос растворимого материала из проницаемых зон и привнос нового, в том числе рудного материала из нижних горизонтов.

В этих проницаемых трещиноватых рудах происходит движение минерализованных вод, вызывающее, возможно, переотложение рудного материала с по изотопным, в различной степени, фракционированием. В определенной мере это подтверждает современное протекание гидротермального процесса с формированием молодых руд. У таких процессов (объектов) имеются аналоги различного типа и геологического возраста. Центральная зона месторождений представлена брекчированными гранитами с проявленными окварцеванием и цеолитизацией, содержащей отенит, метаотенит и уранофан (в подчиненном количестве). Эту зону ранние исследователи описывали как забалансо-

вые руды периода осаждения (окварцевания и цеолитизации).

В Центральной зоне располагаются жильные тела цеолит-уранофан-отенит-кальцитового состава, пронизывающие ранее описанные зоны. Вблизи поверхности в канавах и скважинах эти образования заметно отличаются от вмещающих пород и зон хлоритизации по сильному обелению (монтмориллонитизация). С глубиной руды становятся розоватыми, коричнево-розовыми за счет цвета цеолита-ломонтита, преобладающего среди других минералов околожильного выполнения и весьма характерного в описываемых объектах. Ранними исследователями именно эти тела считались собственно рудой.

На вскрышных работах (канавах и т.д.) месторождений Горное и Березовое все характерные минералы урановой минерализации желтого цвета априори были отнесены к силикатам урана. Тонковкрапленный широко развитый отенит не обнаруживался. К сожалению, не были использованы даже диагностические способности урановых слюдок к фотолюминесценции в ультрафиолетовом спектре. Кроме того, здесь же был макроскопически-визуально обнаружен темно-зеленый урановый минерал классифицированный как торбернит. При анализе его состава и структуры он был диагностирован как метаотенит. В описаниях предыдущих исследователей отенит описывается как редкий минерал, который развивается по уранофану, однако никаких иллюстраций к этим описаниям приведено не было. Нами таких временных и относительных взаимоотношений отенита и уранофана не выявлено. Характерные выделения перечисленных выше урановых минералов показаны на рис. 3.

Спорные вопросы минералогии (тип оруденения), масштабов и генезиса месторождений

К спорным вопросам на данных объектах относятся: минеральный тип месторождений, распределение и тип руд, а также генезис месторождений. Предполагаемая стадийность формирования рудных тел месторождений Березовое и Горное представляется следующим образом.

Постмеловая магматическая активизация, охватывающая весь исследуемый регион, проявилась в большинстве случаев в виде фельзит-андезит-базальтового магматизма (дайки и субвулканические тела). С активизацией связано образование в массиве гранитов тектонических нарушений. При развитии по ним высокотемпературных гидротермальных систем образовались зоны калишпатизации, гематитизации и окварцевания, к которым приурочены сульфидная и ранняя высокотемпературная урановая минерализация. Измененные породы интенсивно брекчированы. Цемент брекчий представлен кварц-кальцит-цеолитовыми агрегатами, к которым приурочена основная урановая минерализация. В кварц-стеллеритовых прожилках нами обнаружен отенит, а в кварц-кальцит-ломонитовых и кварц-кальцит-монтмориллонитовых — уранофан. Пострудные прожилки состоят из смеси кальцита и ломонтита.

На изучаемых месторождениях не обнаружены стадии среднетемпературных ассоциаций (кварц-коффинит-пиритовая, доломит-браннеритовая и кальцит-

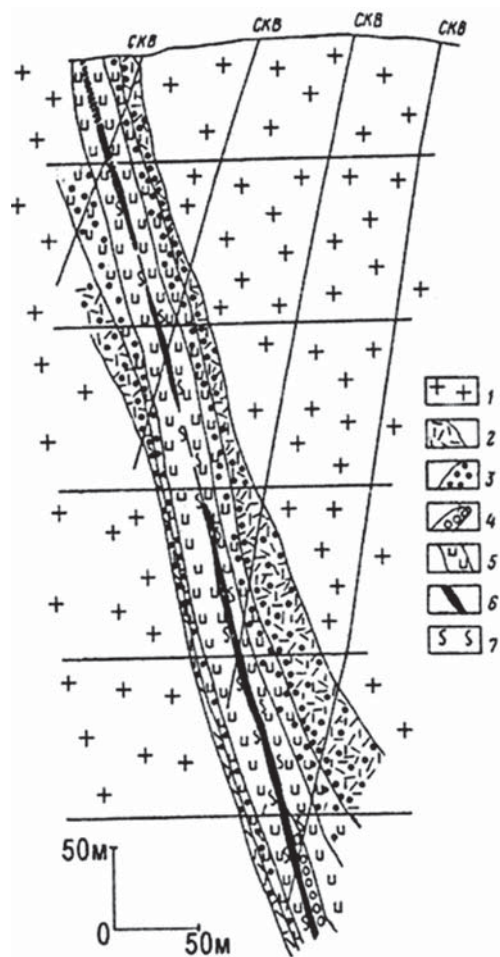


Рис. 2. Месторождение Березовое. Строение околорудного ореола измененных пород и позиция оруденения: 1 — граниты, вмещающие оруденение; 2 — внешняя зона ореола периода выщелачивания (хлоритизация биотита); 3 — промежуточная зона ореола периода выщелачивания (деанортизация плагиоклаза); 4 — тыловая зона ореола периода осаждения (окварцевание); 5 — цеолиты периода осаждения; 6 — рудные ассоциации минералов (десмин-кальцит-ломонитовая с бета-уранотилом, кварц-фторapatитовая с метаотенитом); 7 — кварц-монтмориллонитовые метасоматиты и прожилки заключительного периода (по Р.В. Петросяну и А.Ф. Бунтиковой [6])

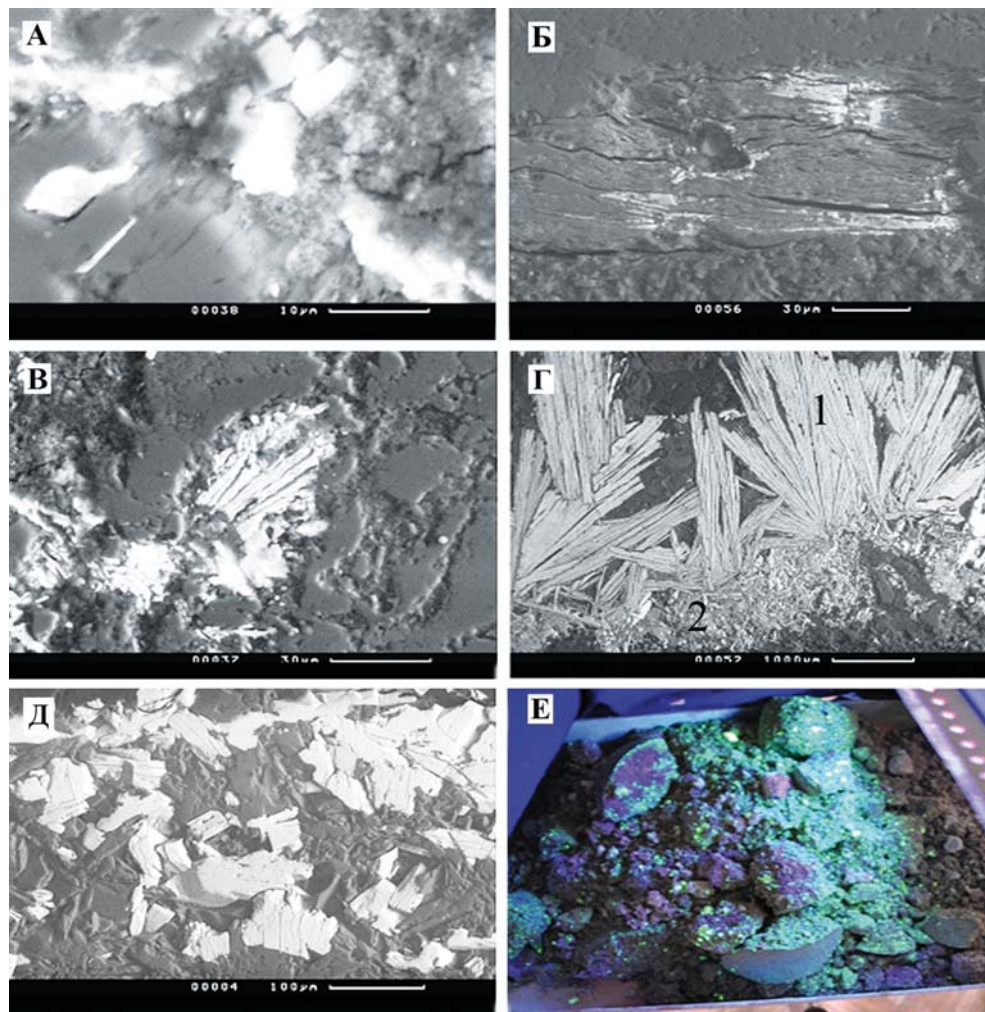


Рис. 3. А — скопления оксида урана (белое) в центре сростка кристаллов отенита (серое) в кварц-цеолитовом прожилке (темно-серое). Б — браннерит (белое) в сростании с пиритом (светло-серое). В — включения отенита (белое) в кварц-цеолитовом (серое) прожилке. Г — радиально-лучистый сросток кристаллов метаотенита (1) и отенита (2) в полости кварц-цеолитового прожилка. Д — скопление уранофана (светло-серое), цементирующего микробрекцию кварц-мусковит-гейландитового состава. Е — отенитовые руды (2,5–3,5 % U). По данным более ранних отчетов — пустая порода. А–Д — снимки в отраженных электронных, Е — снимок в ультрафиолетовом свете

уранинитовая), обычные для развития большинства урановых месторождений описываемого региона. На этом основании авторы делают вывод, что развитие гидротермальной системы происходило с некоторым перерывом и основная урановая минерализация приурочена к низкотемпературной стадии гидротермального процесса, которая в определенной степени продолжается до настоящего времени.

На основании данных, полученных нами по распределению богатых отенителлитовых ассоциаций, в объеме рудных тел вполне закономерно и логично выделить новый минеральный тип оруденения — цеолит-

урано-фосфатный. Богатые руды приурочены к зонам хлоритизации брекчированных гранитов, мощность которых увеличивается с глубиной. На этом основании можно прогнозировать значительное увеличение запасов этих месторождений и рудопроявлений подобного типа.

Фациальное различие цеолитов, распределение карбонатов в разновозрастных ассоциациях и общие закономерности распределения рудных ассоциаций также говорят о принадлежности уранового оруденения к низкотемпературному гидротермальному генезису. В пользу этой гипотезы говорят и отношения изотопов гелия, определенные в материале повсеместно распространенных в районе минеральных восходящих источников.

При исследованиях, проводимых сотрудниками ГИН РАН и ИЗК СО РАН, были отобраны и проанализированы газы, спонтанно выделяющиеся в источниках, расположенных в верховьях р. Чикой (правый приток р. Селенга), где находится небольшое плато Кз меланефелинитов и в бассейне р. Ингода (рис. 4). Результаты анализов приведе-

ны в табл. 2 вместе с данными, полученными ранее и любезно переданными нам Н.М. Елмановой. В 9 из 12 пунктов опробования гелий флюидов содержит мантийную компоненту: $^3\text{He}/^4\text{He} = (0,5\text{--}2,1) \times 10^{-6}$ (табл. 2).

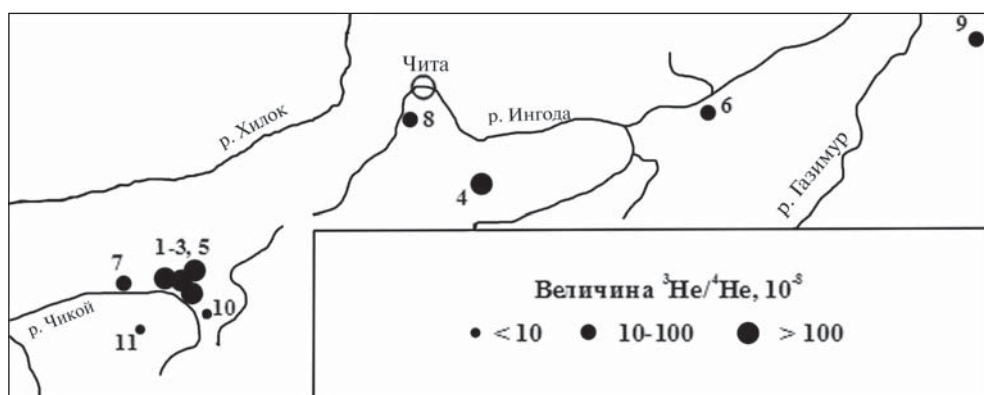


Рис. 4. Основные пункты опробования флюидов и содержания мантийной компоненты ($^3\text{He}/^4\text{He}$) гелия

Таблица 2

Результаты анализа изотопного состава флюидов в источниках верховьев р. Чикой (правый приток р. Селенга)

№	Место отбора пробы	T, °C	He ppm	Ar ppm	$^3\text{He}/^4\text{He}$ 10^{-8} , изм.	$^4\text{He}/^{20}\text{Ne}$	$^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$	N ₂ % об.	CH ₄ % об.	CO ₂ % об.
1	ист. Поперечный	4,0	21,6	334	214	119	305,4	3,62	0,12	94,8
2	ист. Копчагир	3,5	47	2280	206	31	299,5	25,3	0,43	74,5
3	ист. Модуй	4,0	20,5	461	187	69	303,5	5,2	0,016	82,9
4	кур. Дарасун ¹⁾	2,4	320	500	185			0,05	0,22	99,56
5	ист. Мергитайка	5,0	0,28	111	141	3	296,5			
6	кур. Ургучан ¹⁾	2,0			110			3,0		96,5
7	кур. Ямаровка, скв. 15	4,0	44,7	195	96	244	305,7	0,73		99,17
8	кур. Ямаровка ¹⁾		180 ²⁾		50			1,14		98,3
9	кур. Кука ¹⁾	0,2	<20	600	79			1,83		98,16
10	кур. Ямкун ¹⁾	17,5		600	47			53,2		46,8
11	ист. Куналей	19,5	1029	11200	8,1	54	295,7	94,0	0,015	1,62
12	ист. Анги-Аршан	3,0	3720	6970	4,5	412	298,3	34,5	55,7	4,8

Примечания: ¹⁾ данные Н.М. Елмановой, ²⁾ [He+Ne].

Максимальные значения $^3\text{He}/^4\text{He}$ превосходят данные, измеренные в источниках вдоль оз. Байкал и приближаются к установленным в Тункинской впадине — «центре рифтогенеза». Таким образом, привнос мантийного гелия, очевидный в Байкальской Рифтовой Зоне (БРЗ), охватывает и весь ее восточный фланг, резко контрастирующий в этом отношении с западным — Иркутским амфитеатром Сибирской платформы. Примесь мантийного гелия в газах источников видна и южнее исследованного района, в сопряженных структурах Монголии. Все это означает, что поступление в кору мантийных дериватов происходит не только в узкой полосе БРЗ, но и на значительно большей площади, охваченной мезо-кайнозойской тектономагматической активизацией. Во всех пробах с явными следами мантийного гелия главный компонент газовой фазы — CO₂, а сопутствующий — N₂ местами содержит неатмогенный избыток. В трех из них отмечен также небольшой избыток ^{40}Ar и значение $^4\text{He}/^{40}\text{Ar}_{\text{рад}} = (1,7-7,0)$ говорит о выделении этих газов при T ≥ 260 °C.

Близкое соседство источников контрастных как по изотопному составу гелия, так и по общему составу газовой фазы, указывает на изолированность трещинно-жильных водоносных систем с разными условиями формирования флюидов: в углекислых флюидах источником гелия (и CO₂?), наряду с окружающими породами (как в азотных), является массопоток из мантии [4].

Близкими по признакам и процессам оруденения являются современные гидротермальные месторождения Камчатки, Курил, рифтовых зон Мирового океана и других объектов [7]. Особенности основного уранового оруденения, такие как высокие концентрации кальция как в самих урановых минералах — отените и уранофане, так и в окружающих их кальциевых цеолитах, определяют особенности растворения (разложения) этих минеральных ассоциаций при сернокислотном подземном выщелачивании. При воздействии на руды сернокислотными растворами урановые фазы и окружающие их цеолитовые агрегаты гипсуются (кап-

сулируются), что затрудняет извлечение урана. Наличие по всей зоне исследуемых объектов активной системы минерализованных источников (минеральных вод), а также высокой тектонической нарушенности пород делает применение методов подземного выщелачивания крайне проблематичным. Учитывая неглубокое залегание значительной части руд и особенности их минерального состава (карбонатность и существенная глинистая составляющая), более целесообразным на начальном этапе представляется добыча руды открытым способом и кучное вы-

щелачивание с предварительной гранульной сульфатизацией рудного материала [1].

Выводы

1. Разведка месторождений Горное и Березовое и других аналогичных объектов по методике, принятой для экзогенных инфильтрационных месторождений с выклиниванием рудных тел по их падению, привела к ошибочным выводам [5]. В результате наших исследований удалось в некоторых случаях подсесть скважинами большие интервалы балансовых руд, тогда как по данным более ранней разведки здесь предполагались только малые по мощности забалансовые рудные тела.

2. Установлена закономерность распространения уранофана — в зонах, прилегающих к крупным прожилкам, наблюдаются микробрекчии кварц-цеолит-уранофанового состава. Отенит здесь встречается редко. В зонах хлоритизации мы наблюдаем богатые отенитовые руды, мощность которых с глубиной увеличивается, что опровергает гипотезу об экзогенном инфильтрационном генезисе этих месторождений. Характер распределения отенита в массиве руд и прожилках позволяет судить о низкотемпературной гидротермальной природе этого минерала.

3. Урановая минерализация месторождений Горное и Березовое гораздо богаче и разнообразнее, чем предполагалось ранее. Исследованиями установлено два гидротермальных этапа формирования урановых минералов: к более высокотемпературному относятся уранинит, коффинит, браннерит; к более позднему низкотемпературному — отенит различных модификаций (наиболее распространен — до 70 % общего урана) и более поздний уранофан (до 25 %).

4. Наличие по всему району источников минерализованных вод, а также анализ их изотопного состава позволяет относить рассматриваемую гидротермальную систему к эволюционирующему глубинному процессу.

5. Кучное выщелачивание сернокислотными растворами с предварительной гранульной сульфатизацией рудного материала представляется наиболее рациональным

способом переработки руд исследованных месторождений.

Авторы выражают глубокую признательность сотруднику ГИНа д. г.-м. наук В.Ю. Лаврушину за активное участие и помощь в подготовке окончательного варианта статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кольцов В.Ю., Кринов Д.И., Кузнецов И.В. Использование серной кислоты при окомковании урановых руд перед их кучным выщелачиванием // Горный журнал. — 2014. — № 7. — С. 90–94.
2. Константинов А.К. Проблемы генезиса цеолит-бета-уранотитового оруденения // Минеральное сырье. — М.: ВИМС, 2010. — Вып. 21. — 94 с.
3. Кринов Д.И., Азарова Ю.В., Стружков С.Ф. и др. О находке рузвельтита, прайзенгерита, трегерита и цейнерита в составе Bi-As-Cu-U минерализации рудного поля Оранжевое Верхне-Калганинского массива (Магаданская область, Россия) // Новые данные о минералах. — 2011. — Вып. 46. — С. 20–25.
4. Лаврушин В.Ю., Поляк Б.Г., Каменский И.Л. Изотопы гелия в термоминеральных флюидах Забайкалья // Литология и полезные ископаемые. — 1999. — № 2. — С. 146–157.
5. Миронов Ю.Б. Металлогения урана восточной части Центрально-Азиатского подвижного пояса: Дис. ... д-ра г.-м. наук. — СПб., 2009. — 390 с.
6. Петросян Р.В., Бунтикова А.Ф. Цеолитизация на урановом рудопоявлении // Советская геология. — 1981. — № 3. — С. 91–100.
7. Сколотнев С.Г., Пейве А.А., Бортников Н.С. и др. Рудная минерализация на океанском дне в Центральной Атлантике в связи с особенностями его геологического строения // Океанология. — 2002. — Т. 42. — № 5. — С. 795–797.
8. Черников А.А., Зенченко В.П., Шивторов И.В. Ассоциация минералов уранила с цеолитами в новом типе полигенных урановых месторождений // Минералогия рудных месторождений. — М.: Наука, 1983. — С. 5–13.

© Коллектив авторов, 2016

Кринов Дмитрий Игоревич // krinov67@mail.ru
Салтыков Александр Сергеевич // asalt52@mail.ru
Кольцов Василий Юрьевич // basilik2@yandex.ru
Кузнецов Иван Владимирович // ivan7501966@mail.ru
Дымков Юрий Максимович
Хорозова Ольга Дмитриевна // ohoroz@rambler.ru

УДК. 552.323.5

Герасимов Б.Б. (ФГБУН Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН), Иванов П.О. (ОАО «Алмазы Анабара»)

ТИПОМОРФИЗМ РОССЫПНОГО ЗОЛОТА И ПРИЗНАКИ НАЛИЧИЯ РУДНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ ТОНКОДИСПЕРСНОГО ЗОЛОТА В ЮЖНОЙ ЧАСТИ ЛЕНО-АНАБАРСКОГО ПРОГИБА

*В результате изучения типоморфных особенностей золота комплексного золото-алмазоносного россыпного проявления р. Половинная (южная часть Лено-Анабарского прогиба) установлено, что основными источниками россыпного золота являлись промежуточные коллектора юрского, мелового и кайнозойского возрастов. Обнаружение обломков пиритизированных золотоносных пород в аллювиальных отложениях, а также золотин рудного облика фракции -0,1 мм, свидетельствует о наличии на изученном участке рудопоявлений с тонкодисперсным золотом. **Ключевые слова:** россыпное золото, промежуточный золотоносный коллектор, тонкодисперсное золото, зона минерализации.*

Gerasimov B.B. (Institution Diamond and Precious Metal Geology Institute), Ivanov P.O. (Almazy Anabara)

TYPOMORPHISM OF PLACER GOLD AND EVIDENCE OF PRESENCE OF GOLD OCCURRENCES OF FINE-DISPERSED GOLD IN THE SOUTHERN PART OF THE LENA-ANABAR TROUGH

*As a result of study of typomorphic features of gold from complex gold-diamondiferous occurrence of the Polovinnaya river (southern part of the Lena-Anabar trough), it is identified that, Jurassic, Cretaceous and Cenozoic intermediate reservoirs were the major sources of placer gold. Discovery of gold particles of ore habit, fraction -0,1 mm, as well as debris of pyritized auriferous rocks indicate presence of ore occurrences of fine-dispersed gold in the studied area. **Key words:** placer gold, intermediate auriferous reservoir, fine-dispersed gold, mineralization zone*

На северо-востоке Сибирской платформы в пределах выходов на дневную поверхность мезо-кайнозойских отложений Лено-Анабарского прогиба известны комплексные платино-золото-алмазоносные россыпные проявления четвертичного возраста (Уэлэ-Уджинский россыпной узел). Вместе с тем до настоящего времени на указанной территории детально не изучены россыпные проявления золота и не установлены коренные источники, послужившие образованию золотоносности современных аллювиальных отложений. В связи с этим возникла необходимость исследования уровня содержания золота в продуктивных горизонтах, а также его типоморфных особенностей, поскольку использование последних в качестве дополнительных признаков к геологическим критериям на разных этапах изучения потенциально золотоносных областей позволяет получить новые данные для восстановления истории формирования россыпных и рудных проявлений. Целесообразность проведенных работ определяется также локализацией россыпных проявлений с повышенным содержанием золота в зоне влияния Анабаро-Экитской системы глубинных разломов, что в целом повышает перспективы района на выявление коренных источников.

За полевой сезон 2014 г. нами проведены поисково-ревизионные работы в бассейне р. Половинная (южная часть Лено-Анабарского прогиба) с целью прогнозной оценки промышленных перспектив россыпных проявлений золота и выявления их потенциальных коренных источников.

Уэлэ-Уджинский узел комплексных аллювиальных россыпей золота и алмазов четвертичного возраста, куда входит бассейн р. Половинная, охватывает одноименное междуречье и расположен в пределах Лено-Анабарского прогиба. Как современная морфоструктура Уэлэ-Уджинское междуречье представляет собой валообразное субширотное поднятие с абсолютными отметками 131–172 м над уровнем моря, сформированное в неотектонический этап [1]. Следует отметить, что по данным Б.Р. Шпунта (1971) бассейн р. Половинная находится в зоне влияния Анабаро-Экитской системы глубинных разломов позднепалеозойского заложения, которая прослеживается в северо-западном направлении от Оленекского поднятия до Лено-Анабарского прогиба [7].