

УДК 553.25:553.2.29

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮГО-ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОГО ПРОГНОЗА УРАНОВЫХ РУД

А.А. Черников

Минералогический музей им А.Е. Ферсмана РАН, Москва, mineral@fmm.ru, cher@fmm.ru

В.Т. Дубинчук, А.Е. Толкачев, Н.И. Чистякова, Г.Н. Нечелюстов

Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья (ФГУП ВИМС), Москва, vims@df.ru

Выявленная А.А. Черниковым в Южном Приаргунье (Ю-В Забайкалье) гидрохимическая уран-молибденовая аномалия оказалась веским аргументом для геологического обоснования возобновления поисково-разведочных работ на уран в районе. Эта аномалия является также важным фактом для понимания состояния зоны гипергенеза урановых месторождений района с выщелоченными приповерхностными зонами окисления. Крупнейшие российские урановые месторождения Стрельцовское-Антей (Лаверов и др. 1991, 1992) характеризуются большим (2.7 км) вертикальным протяжением рудной минерализации, изменением рудной минералогии, минералогии околорудных метасоматитов и вмещающих пород в вертикальном разрезе (Ищукова, Модников, 1991; Андреева и др., 1996; Chernikov, 2006/2007). Установлено (Чернышев, Голубев, 1996) и подтверждено настоящими исследованиями, что массивные настурановые руды отложились в интервале 134 – 136 (~150) млн лет. Радиогенный возраст «проторуд» составляет 250 – 260 (~300) млн лет, возраст торийсодержащего уранинита ~500 млн лет и более. Новые данные показали, что оксиды и силикаты урана (IV), включая коффинит, титанаты урана и браннерит в рудах месторождения Антей имеют молодой геологический возраст, от 0 до нескольких млн лет. На нижних горизонтах месторождения Антей встречаются только очень молодые силикаты и титанаты урана (IV). Эти минералы отложились из метеорных вод, инфильтрующихся от поверхности в глубинные горизонты месторождений. Областью истечения метеорных растворов может быть базисный уровень карстовых и трещинных образований месторождения Аргунское. Закономерности распределения изотопов кислорода и углерода в Аргунском и Антейском структурных узлах подтверждают главную роль метеорных растворов в формировании различных минеральных образований урановых месторождений, что является важным для выявления дополнительных их поисково-разведочных и оценочных критериев. Прогнозируются крупные накопления урана севернее Стрельцовской структуры.

В статье 1 таблица, 7 рисунков, список литературы из 20 названий.

Ключевые слова: урановые руды, силикаты урана, титанаты урана, зона окисления урановых месторождений, месторождения Стрельцовское-Антей, Аргунское месторождение.

Введение

Минералого-геохимические исследования месторождений и рудопроявлений, проводимые авторами с 1957 г. в районе Южного Приаргунья (Юго-Восточное Забайкалье), как это уже отмечалось ранее (Черников и др., 2007; Chernikov *et al.*, 2007; Черников и др., 2008), выявили гидрохимическую урано-молибденовую аномалию, охватывающую Стрельцовскую вулканно-тектоническую структуру и вмещающие ее породы фундамента (рис. 1). На фоне содержания урана и молибдена $n \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-6}$ г/л в водах, циркулирующих во вмещающих породах, обнаружена крупная аномалия с содержанием урана и молибдена $1 \cdot 10^{-5} - n \cdot 10^{-4}$ г/л в подземных водах Стрельцовской структуры, в водах реки Урулюнгуи и источника Кислый ключ в северном борту Восточно-Урулюнгуйской впадины. При этом содержание урана в воде реки Урулюнгуи по ее течению после поселка Досатуй не падало ниже $n \cdot 10^{-5}$ г/л.

Эти результаты явились существенным обоснованием для возобновления в районе в 1962 году поисково-разведочных работ на уран, которые были прекращены в 1957 году. Кроме того, полученные результаты важны для понимания состояния зоны гипергенеза района, а в сочетании с нижеизложенными новыми данными содержания урана и молибдена в водах могут использоваться для выработки поисково-оценочных критериев урановых месторождений и их локального прогноза.

Минералогические и геохимические особенности зоны окисления и неокисленных руд месторождений

Приповерхностная зона окисления урановых месторождений Южного Приаргунья отчетливо проявлена и интенсивно выщелочена по некоторым хорошо проницаемым структурам до уровня 300 – 500 м от поверх-

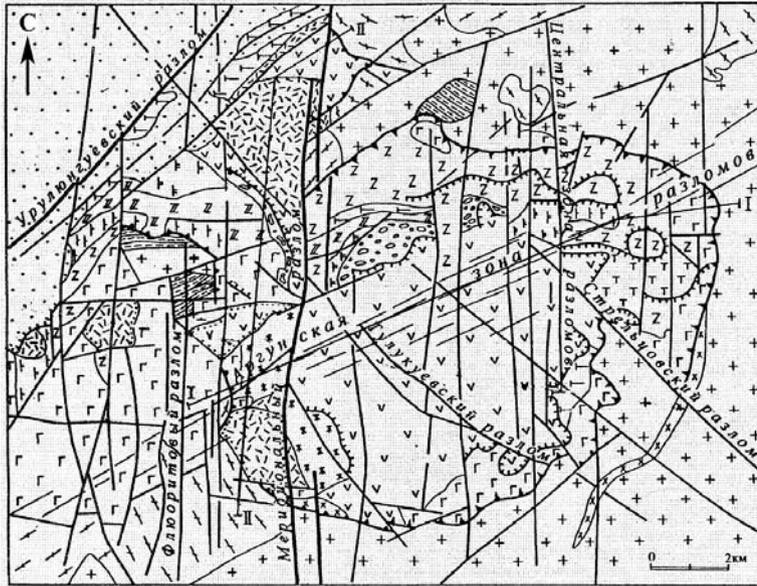


Рис. 1. Геолого-структурная схема Стрельцовской вулканно-тектонической структуры (по Л.П. Ищуковой и др., 2005).

Условные обозначения к рис. 1 и рис. 2.

- песчаники;
- андезито-базальты;
- гранит-порфиры;
- липариты;
- фельзиты;
- андезиты;
- трахибазальты;
- конгломераты;
- сиенит-порфиры;
- базальты миндалекаменные;
- трахидациты, верхний покров;
- андезито-базальты, средний покров;
- трахидациты, нижний покров;
- базальты нижнего покрова;
- граниты;
- гранитогнейсы;
- кварц-графитовые сланцы (а);
- метаморфизованные доломитовые известняки (б);
- метагабброиды;
- кольцевые разломы;
- крутопадающие тектонические нарушения;
- пологие тектонические нарушения;
- месторождения урана;
- линии геологических разрезов.

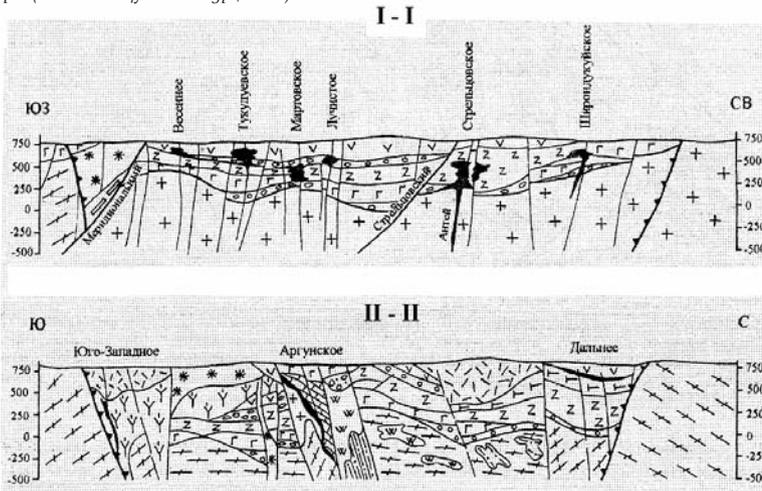


Рис. 2. Геологические разрезы по линиям I – I и II – II с указанием положения месторождений урана.

ности, плавно переходя в глубинную выщелоченную зону гипергенеза. Выщелачивание урана из окисленных зон развито как по рудам, так и по вмещающим их породам. В таких зонах современное содержание урана уменьшено в сотни, иногда в 1000 раз по сравнению с его древними концентрациями, рассчитанными по радиогенной добавке Pb^{206} на возраст 150 млн лет. В связи с этим все промышленные рудные тела и вмещающие породы, обогащенные ураном, вскрываются на глубине в десятки-сотни метров от современ-

ной поверхности, а подземные воды формируют выше отмеченную крупную гидрохимическую уран-молибденовую аномалию.

В приповерхностной зоне окисления подавляющего большинства месторождений (их открыто после 1962 года около 20) развиты, главным образом, оксиды и гидрооксиды железа и марганца с фоновым содержанием урана, участками — $n \cdot 10^{-3}\%$ U, реже выше. И только на месторождениях Тулукуевское, Луцкое (рис. 2) и Красный Камень (за пределами разреза) сохранились зоны окисления с

промышленным содержанием урана. Причем эти зоны окисления вскрываются на глубине до нескольких десятков метров от современной поверхности, являясь слепыми, перекрытыми пустыми или слабо радиоактивными породами.

Крупнейшие российские месторождения урана (Лаверов и др., 1991, 1992) Стрельцовское – Антей (Стрельцовское располагается в вулканогенных породах структуры; Антей – в гранитах фундамента) характеризуются отсутствием значимых концентраций урана в приповерхностной зоне окисления, большим (2.7 км) вертикальным протяжением рудных тел (рис. 3), изменением минерального состава руд, околорудных метасоматитов и рудомещающих пород в вертикальном геологическом разрезе (Ищукова и др., 1991; 2005; Андреева и др., 1996; Chernikov, 2006/2007). Установлено (Чернышев, Голубев, 1996) и в общих чертах подтверждено настоящими исследованиями, что возраст массивных настурановых руд в мезозойских вулканитах на месторождении Стрельцовское по характеру U – Pb дат лежит в интервале 134 – 136 (или ~150) млн лет. Возраст «проторуд» составляет 250 – 260 (~300) млн лет, возраст торийсодержащего уранинита ~500 млн лет и, предположительно, рассеянного уранинита – более 500 млн лет. Однако фиксируются также различные переходные возрастные датировки и почти современные минеральные образования, что было определено анализами образцов авторов, а также образцов И.С. Модникова и И.В. Сычева (таблица 1).

Предположительно рассеянный уранинит в настоящее время установить не удалось, поэтому минеральные ассоциации с возрастом более 500 млн лет не могут быть охарактеризованы и фиксируются только избытком радиогенного свинца. Возраст в ~500 млн лет имеет, очевидно, уран-молибденовая минерализация, обнаруженная в породах фундамента между Урулюнгуевской и Тулукуевской впадинами, а также в фундаменте самой Тулукуевской впадины, между Аргунским и Тулукуевским месторождениями. В поле гранитоидов палеозойского возраста этих месторождений установлены ксенолиты протерозойских метаморфизованных пород, представленные альбитизированными амфиболитами и сланцами с уранинит-молибденитовой минерализацией. Для альбитизированных пород характерно также присутствие андрадита, сфена, ортита, флогопита, ильменита, апатита, моноцита и циркона. Уранинит-молибденитовая минерализация, помимо авторов, изучалась ранее

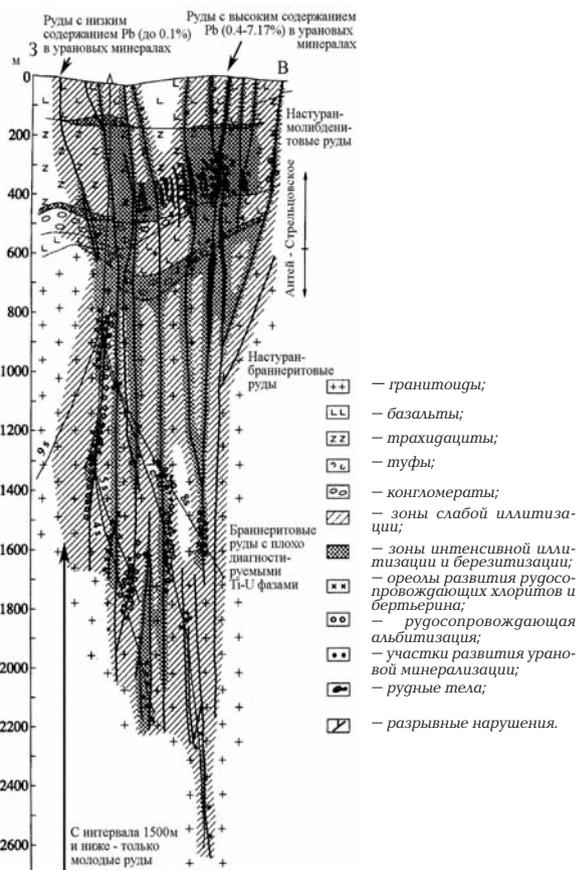


Рис. 3. Схематический геологический разрез месторождений Стрельцовское – Антей с ореолами распространения околорудных преобразований вмещающих пород. По материалам О.В. Андреевой и др. (1996), с дополнениями авторов.

К.В. Скворцовой, Н.С. Трофимовым и др. Крупночешуйчатый (до 2 мм) молибденит гексагональной модификации (2H) характеризуется наличием низкой концентрации примесей (Fe, Cu, Pb, Zn – 0.0n %; Sb, Bi – 0.00n %); $a_0 = 0.315$ нм, $c_0 = 1.229$ нм. Торийсодержащий уранинит иногда замещается коффинитом (рис. 4), поэтому в его химических анализах иногда отмечают целые проценты SiO_2 и состав колеблется в пределах (в мас. %): $UO_2 - 81.33-82.35$; $Y_2O_3 - 0.0-0.12$; $ZrO_2 - 0.36-0.38$; $ThO_2 - 10.18-10.68$; $PbO - 5.38-6.07$; $CaO - 0.45-0.88$; $SiO_2 - 0.0-1.81$; $\Sigma 99.65-99.94$.

Примером древних рудных отложений – «проторуд», с возрастом ~300 млн лет, очевидно, может служить настуран из рудопоя Досатуйское. Его состав колеблется в следующих пределах (в мас. %): $U_3O_8 - 92.10-94.02$;

Таблица 1. Химический состав силикатов и титанатов урана месторождения Антей, мас. %

№	Гл.,м	Гл. мин. фаза	UO ₂	TiO ₂	CaO	ThO ₂	PbO	ZrO ₂	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Σ
1	210	Браннерит	51.13	38.45	4.93	<0.01	1.54	< 0.01	н.о.	2.76	98.81
2	230	Браннерит	58.81	35.44	2.05	<0.01	1.22	0.33	1.02	0.36	99.25
3	230	Si титанат	57.4	13.10	1.0	<0.01	0.00	н.о.	1.06	10.10	82.66
4	230	Si титанат	56.60	13.9	1.9	<0.01	0.60	н.о.	1.22	9.0	83.22
5	230	Si браннерит	54.60	18.2	2.00	н.о	0.50	<0.01	2.5	5.29	83.09
6	230	Si браннерит	57.80	14.00	1.75	н.о.	0.20	<0.01	1.99	10.10	85.84
7	230	Коффинит	55.40	Н.о.	3.0	н.о.	0.00	н.о.	3.56	21.6	83.56
8	298	Браннерит	54.1	32.4	1.53	<0.01	0.8	2.2	1.1	1.49	93.62
9	298	Браннерит	53.4	33.3	1.79	н.о	0.4	2.4	1.1	1.16	93.55
10	448	Силикат U	54.46	0.11	1.86	н.о.	<0.15	0.15	0.87	10.39	77.84
11	448	Силикат U	55.65	0.12	1.73	н.о.	<0.15	9.28	0.58	9.44	76.80
12	448	Коффинит	65.42	0.46	2.10	н.о.	<0.15	0.43	0.47	18.66	87.54
13	448	Коффинит	58.24	1.63	1.68	н.о.	<0.15	1.78	1.63	18.99	83.95
14	558	Силикат U	74.54	0.31	2.39	н.о.	<0.15	1.15	0.48	12.10	90.97
15	558	Ti-силикат U	54.80	25.47	2.04	н.о.	<0.15	2.03	0.83	10.82	95.99
16	558	Ti-силикат U	47.63	23.93	2.02	н.о.	<0.15	2.47	0.81	10.55	87.48
17	558	U оксид Ti	14.02	64.72	0.87	н.о.	<0.15	1.58	5.78	3.77	90.74
18	910	Si-Zr титанат	60.7—	21.99—	0.98—	н.о.	0.00—	2.51—	1.58—	6.02—	91.35—
		U. 7 анализов	17.28	50.94	1.83		0.83	8.41	4.57	11.91	93.74
19	910	Si оксид U.	69.23—	0.00—	1.22—	н.о.	0.00—	0.35—	0.10—	11.43—	92.30—
		6 анализов	74.71	0.45	2.50		0.39	1.79	0.57	14.75	95.17
20	1260	Si титанат	36.49	46.55	1.46	2.08	0.78	0.89	0.35	7.21	95.81
21	1573	Силикат U	59.2	0.1	1.8	<0.5	<0.1	1.4	0.3	13.0	91.80
22	1590	Браннерит	50.1	35.3	1.57	н.о.	0.03	1.1	1.8	2.5	94.80
23	1590	Браннерит	54.8	33.4	2.18	н.о	0.03	1.4	2.5	2.5	97.01
24	1700	Si браннерит	41.48	32.6	2.7	0.34	0.2	н.о.	н.о.	6.88	86.25
25	1700	Браннерит	45.65	35.1	3.5	<0.3	0.1	н.о.	н.о.	2.22	89.36
26	1718	Коффинит	61.4	<0.1	1.5	0.5	<0.1	0.5	н.о.	16.7	91.20
27	1718	Si браннерит	43.64	33.0	2.94	1.12	<0.15	0.6	н.о.	5.85	89.92
28	1718	Браннерит	49.75	35.2	3.01	1.2	0.15	0.4	н.о.	0.3	92.45
29	1979	Коффинит	50.3	0.1	1.4	н.о	<0.1	1.4	1.0	19.7	82.40
30	2020	Браннерит	42.5	33.4	2.3	н.о.	0.03	0.7	н.о.	6.6	86.75
31	2509	Коффинит	61.5	<0.1	0.5	<0.5	<0.1	н.о.	н.о.	18.4	95.40
32	2509	Браннерит	48.28	32.9	2.3	н.о.	<0.1	н.о.	н.о	0.7—4.5	90.04

Примечание: Химический состав минеральных фаз изучался на электронном микроанализаторе JXA-8100 японской фирмы Jeol при ускоряющем напряжении 20 кЭВ и токе зонда 2 нА. В качестве аналитических использовались линии ULa, TiKa, CaKa, ThLa, PbLa, ZrLa, FeKa, и SiKa.

Образцами сравнения служили: UO₂, TiO₂, на Ca и Si — гуонсиг; Pb—PbTe; Th—ThO₂; Zr—ZrO₂; Fe — алмадин.

Пробы №№ 1 и 2 характеризуют, фактически, нижние горизонты Стрельцовского месторождения. Помимо приведенных в таблице оксидов, в анализах рассматриваемых минеральных образований часто отмечается Al₂O₃, в количестве 0.0п — 2.5%, иногда P₂O₅ до 3% и V₂O₅ до 0.65%, реже WO₃ до 1.4%; в пробах №№ 21, 23, 25, 26, 27, 28, 31 — Y₂O₃ в количестве 0.1 — 8.9% и другие TR до 3.5%. Кроме того, в пробе № 29 установлен 0.7% Nb₂O₅. Названия главных минеральных фаз (Гл. мин. фаза) даются на основании соотношения оксидов. Возможно, большая часть PbO в браннерите из пробы № 28 вызвана ассимиляцией его из ториевого уранинита.

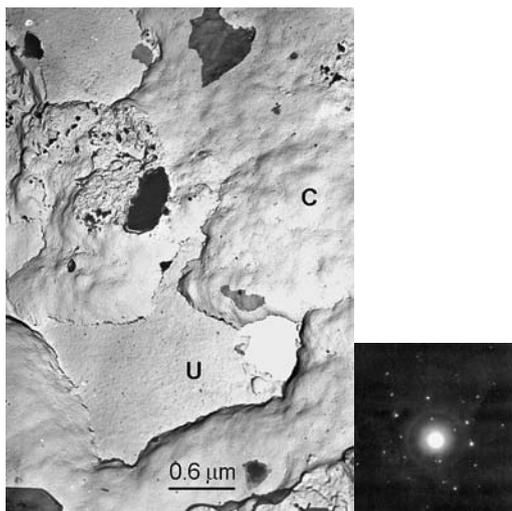


Рис. 4. Реплика с извлечением. Колломорфный по строению коффинит (С) замещает уранинит (U). Рядом приведена микродифракционная картина коффинита.

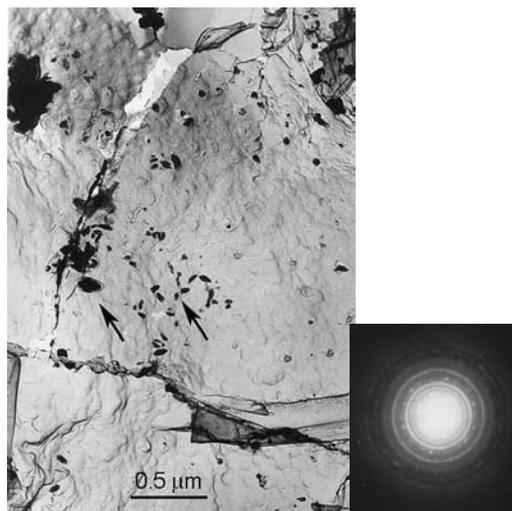


Рис. 5. Реплика с извлечением. Все видимое поле представлено настураном, извлеченные частички – коффинит (показаны стрелками). Рядом приведена микродифракционная картина коффинита.

SiO_2 – 0.25–0.32; CaO – 0.38–0.76; Fe_2O_3 – 0.41–0.68; PbO – 3.36–3.45; Y_2O_3 – 1.32–1.35; Σ 98.52–98.54. Как видно, отличительная особенность этого настурана – достаточно высокое содержание в его составе свинца, иттрия, при отсутствии тория.

Массивные богатые руды месторождения Стрельцовское, в которых устанавливаются возрастные датировки в ~150 млн лет, по составу являются, в основном, настурановыми с незначительным количеством коффинита (рис. 5), реже, браннерита, а также настурановыми с молибденитом (+ фемолит) и коффинитом. Настуран в этих рудах изучался большим количеством минералогов, из которых в первую очередь необходимо отметить И.В. Мельникова, В.П. Рогову, М.В. Вампилова, К.В. Скворцову, Ю.М. Дымкова, Н.С. Трофимова. Все они выделяют не менее четырех его почковидных генераций с различной отражательной способностью (от 14 до 16%), размерностью (крупно-, средне- и мелкопочковидный) и ассоциацией (с коффинитом, браннеритом, кварцем, пиритом, молибденитом, иллитом, монтмориллонитом, железистым хлоритом и другими минералами).

Многочисленные микрорентгеноспектральные анализы этих настуранов показывают, помимо урана, постоянное присутствие титана, циркония, железа, свинца, кальция, кремния, иногда, магния, алюминия, иттрия, серы, и реже – других химических элементов.

На примере 20 таких анализов наблюдается следующее изменение состава (в мас. %, от-до): UO_2 – 73.10–94.82; TiO_2 – 0.10–4.03; Zr_2O_3 – 0.48–5.20; Fe_2O_3 – сл. – 1.91; PbO – 0.42–7.17; CaO – 1.10–3.32; SiO_2 – 0.15–3.46; иногда отмечались: SO_3 до 1.58; ThO_2 до 0.21 Y_2O_3 до 0.11 и Sb_2O_3 до 0.4; Σ 91.34–99.63.

Молибденит этих руд расшифровывается как смесь гексагональной и ромбической модификации (2H + 3R). Полуколичественным спектральным анализом в этом чисто отобранном молибдените постоянно отмечается примесь железа (0.2–2.0 %), свинца, сурьмы, мышьяка, таллия (0.001–0.1 %), изредка, серебра (0.000n %). В рудах встречается также железистый молибденит (фемолит) и, редко, рентгеноаморфный дисульфид молибдена – иордизит. С глубиной количество молибденовых минералов в рудах уменьшается, в то время как количество коффинита и переходных силикатных урановых образований увеличивается.

На нижних уровнях Стрельцовского месторождения, по периферии жильных настуран-молибденитовых руд, а также в пластовых рудах месторождений Дальнее и Юбилейное (рис. 2, разрез по линии II – II) появляются в значительных количествах коффинит и переходные минеральные силикатные образования. Они, как правило, гидратированы, плохо раскристаллизованы или рентгеноаморфны и называются в последнее время ураноносными гелями (Дымков и др., 2003; Алешин и др., 2006), представляя собой в большинстве случаев наноразмерные выделения собственно коффинита и сложных силикатных образований, переходных от ти-

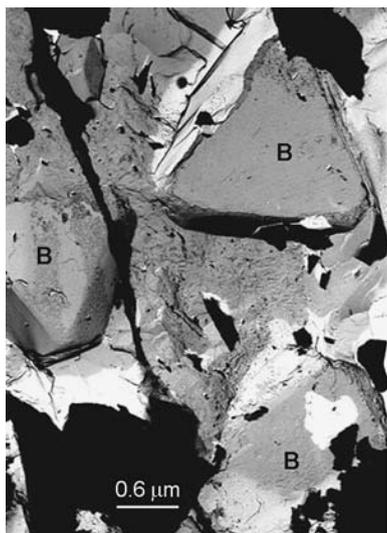


Рис. 6. Реплика с извлечением. Приведены метамиктные кристаллы браннерита (В) в настуране (серое поле).

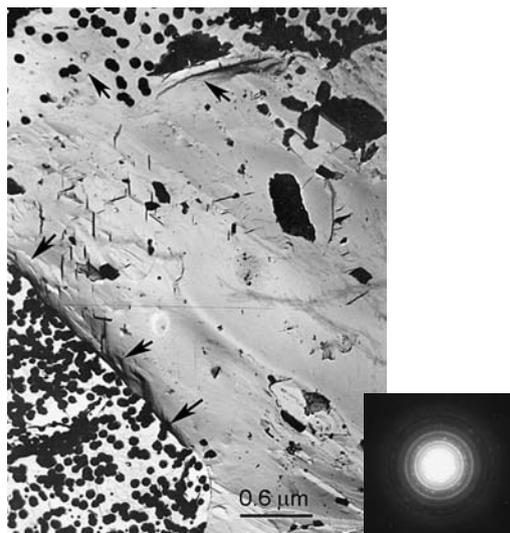


Рис. 7. Реплика с извлечением. На поверхности зерна кварца наблюдаются округлые обособления оксида урана (показаны стрелками). Рядом приведена микродифракционная картина оксида урана.

танатов типа анатаза, ильменита или титано-магнетита (?) до браннерита (рис. 6) и оксидов урана (рис. 7). Их формирование сопровождается привнесением циркония и кальция (помимо урана и кремния) в места отложения. При этом во многих из этих образований содержание PbO ниже сотых долей процента, что свидетельствует об их молодом (почти современном) геологическом возрасте. Имеющийся в нашем распоряжении микрозондовый анализ (в мас. %): UO_2 — 61.4; SiO_2 — 16.7; Al_2O_3 — 0.7; CaO — 1.5; ThO_2 — 0.5; ZrO_2 — 0.5; P_2O_5 — 1.5; Y_2O_3 — 1.4, наиболее близко соответствует формуле коффинита $U(SiO_4)_{1-x}(OH)_{4x}$. Минерал достаточно хорошо раскристаллизован и имеет параметры элементарной ячейки $a_o = 0.6960$ нм и $c_o = 0.6288$ нм (± 0.0002 нм), согласующиеся со справочными данными по коффиниту. Для других силикатов урана не удалось получить хорошую порошковую диаграмму.

Браннерит месторождения Стрельцовское детально изучался многими исследователями. По данным аналитической электронной микроскопии (Иванова и др., 1982), непрокаленный естественный браннерит этого месторождения идентичен его синтетическому аналогу $U[TiO_3]_2$. Однако, как установлено настоящими исследованиями, в рудах месторождения Стрельцовское присутствуют различные переходные разности от браннерита до коффинита и настурана.

На месторождении Антей количество силикатов и танатов урана в рудах, вскрытых

в гранитах фундамента, значительно увеличивается. На нижних горизонтах развиты главным образом титанаты урана (точнее не определяемые) и реже браннерит, при этом в глубоких горизонтах (с 1500 м) месторождения Антей выявленные уран-силикаты и уран-титановые минералы, судя по количеству PbO (табл. 1), имеют только молодой геологический возраст. Это свидетельствует о почти современном формировании их из метеорных вод, инфилирующих от поверхности в глубинные горизонты месторождения. Областью истечения метеорных растворов может быть нижний уровень карстовых и трещинных образований месторождения Аргунское в этом районе (рис. 2). Главенствующая роль метеорных растворов в формировании жильных минералов (кальцита и доломита) рудных зон района подтверждается закономерностями распределения изотопов кислорода и углерода в Аргунском и Антейском структурных узлах. Значения $\delta^{13}C$ и $\delta^{18}O$ жильных минералов для Аргунского структурного узла в среднем составляют -0.68% и $+3.25\%$ соответственно; для Антейского узла эти величины соответственно имеют -1.46% и $+10.0\%$. Они свидетельствуют о том, что роль органического вещества в обоих рудных узлах при формировании жильных минералов из метеорных растворов была очень ограниченной. И, судя по приведенным значениям содержаний изотопов углерода и кислорода, минералообразование в Антейском узле, вероятно, протекало на фоне пони-

жения температуры метеорных вод, возможно, при выклинивании рудных структур.

Вывод о метеорном происхождении минералообразующих растворов согласуется с результатами, полученными ранее (Андреева и Головин, 1998) по изотопному составу кислорода и водорода в серицитах и иллитах околорудных пород. Ранее высказано предположение, что щелочные термальные (40–40,5°C) современные воды глубокой циркуляции, взаимодействуя с гранитами тектонических зон в соседнем Даурском своде поднятия, приводят к формированию цеолитов и глинистых минералов (Черников, 2001, с. 42). Эти же минералы встречаются и в некоторых рудах Стрельцовой структуры и, следовательно, они могли формироваться при таких же условиях. Изучение изотопного состава минеральных вод (термальных, до 80–100°C, и холодных) Байкальской гидроминеральной области в целом показало (Пиннекер и др., 1996), что по содержанию дейтерия $\delta^2\text{H}$ и тяжелого кислорода $\delta^{18}\text{O}$ термальные воды Забайкалья соответствуют метеорным. Все эти данные свидетельствуют, как это сообщалось ранее (Chernikov *et al.*, 2007), о значительной роли гипергенных, в том числе термальных (или гидротермальных, как их обычно называют), метеорных вод в формировании различных минеральных образований и руд. Это позволяет существенно дополнить поисково-разведочные и оценочные критерии для крупных месторождений (Chernikov, 2006/2007). К основным прогнозным критериям (Ищукова и др., 2005), определяющим масштабы урановых месторождений в вулкано-тектонических структурах, для крупных месторождений этих структур, пород фундамента и осадочно-чехла необходимо добавить следующие поисково-оценочные и прогнозные критерии:

1. Присутствие приповерхностных зон с выщелоченным ураном в породах прогнозируемого района.

2. Высокие концентрации урана и сопутствующих элементов в водотоках и подземных водах района.

3. Наличие урановых руд в пластовых осадочных отложениях вулканно-тектонических структур.

4. Присутствие в составе фундамента карстообразующих пород — известняков, мраморов и др.

5. Значительное обеднение или выщелачивание урана из зон окисления в рудопроявлениях фундамента и вулканогенного чехла.

6. Наличие разновозрастной полигенной урановой минерализации.

Заключение

Присутствие интенсивно выщелоченных зон окисления, значительных концентраций урановых минералов, отложившихся из метеорных растворов, высоких содержаний урана в минеральных источниках и водах нижнего течения реки Урулунгуй, формирование пластовых месторождений — Дальнее и др., позволяет прогнозировать крупные накопления урановой минерализации, в первую очередь, севернее Стрельцовой структуры, где вышеприведенные поисково-разведочные и оценочные критерии отчетливо выражены: 1) в породах фундамента вдоль Урулунгуйской зоны разломов, по оперяющим и секущим структурам; 2) в породах фундамента северного борта Восточно-Урулунгуйской впадины; 3) в осадках Восточно-Урулунгуйской впадины, особенно в водопроницаемых отложениях, обогащенных органическим веществом.

Рассматривая перспективы увеличения добычи урана в Забайкалье, Б.Н. Хоментовский с соавторами (Хоментовский и др., 2000) отчетливо показали, что стратиформные месторождения в юрско-меловых отложениях Оловского и Урулунгуйского районов и месторождения в кайнозойских осадках Витимского, Южно-Витимского, Еравненского районов с Шилкинской и Джидинской перспективными площадями являются главными рудными объектами региона. Это менее отчетливо, но вытекает и из результатов исследования Л.П. Ищуковой (2000), а также из исследований по промышленным генетическим типам урановых месторождений в целом Г.А. Машковцева с соавторами (Машковцев и др., 1998).

И, наконец, необходимо отметить, что впервые достаточно полно раскрыл понятие «глубинный гипергенез» Ф.В. Чухров (1955), называя его «глубинным выветриванием». С тех пор, как это видно и из вышеприведенного материала, понимание глубинного гипергенеза значительно расширилось. Кроме того, установлено, что процессы глубинного гипергенеза ведут не только к подготовке формирования коры выветривания, как считал Ф.В. Чухров, но они играют решающую роль в образовании различных типов руд, среди которых отмечаются крупные и гигантские по запасам полезных ископаемых. Минералогические и геохимические особенности таких месторождений имеют большое значение для выработки их новых поисковых и оценочных критериев, локального прогноза руд и увеличения запасов стратегически важного сырья.