

М.Ф. МАКСИМОВА, Р.В. КУНИЦЫНА, Е.Г. РЯБЕВА

РАДИОБАРИТ – НОВАЯ НАХОДКА В СССР

Радиобарит в СССР впервые обнаружен в Фергане К.А. Ненадкевичем [1]. В целом сведения о радийсодержащих минералах, особенно из осадочных пород, довольно скудные. По имеющимся данным [2] радий в количестве до п. $10^{-5}\%$ накапливается в минералах, содержащих катионы, близкие к нему по величине ионного радиуса – кальций, барий, свинец (кальцит, барит, флюорит, англезит и др.).

Нами радиобарит обнаружен в гидрогенных месторождениях [3, 4] у выклинивания зон окисления преимущественно в угле, а также в песчаных неокисленных породах на границе с окисленными (рис. 1, 2). Урановая минерализация в обоих случаях представлена окислами урана, реже – коффинитом. В ассоциации с ними – сульфиды железа, иордизит, реже молибден, у границы с окисленными породами – самородный селен. В зоне оруденения встречается как обычный барит, так и радиоактивный.

Радиоактивный барит встречен в зоне оруденения в песчаных отложениях морского генезиса и в угленосных континентальных толщах. В песчаниках он образует отдельные пластинчатые и неправильной формы выделения (до 1 мм) и зернистые агрегаты, концентрирующиеся иногда вокруг пластинчатых кристаллов обычного барита (рис. 3). В ассоциации с баритом и радиобаритом встречается пирит (рис. 4), выделения которого иногда пересекаются радиобаритом. Последовательность образования минералов можно представить в виде: барит пирит радиобарит. В угленосных отложениях радиобарит образует отдельные кристаллы или мелкие их скопления, располагающиеся иногда между сростками зерен пирита. Наиболее крупные скопления пластинчатых кристаллов радиобарита отмечены в угле, где он концентрируется в коротких извилистых ветвящихся трещинах, выполненных пиритом в ассоциации с окислами урана и сульфидами молибдена. Кристаллы радиобарита встречаются непосредственно в угле, а также на контакте угля с пиритом и внутри полостей между прожилковидными выделениями пирита.

Пирит образует две генерации: ранняя – массивный пирит, обрастающий поздним – мелкокристаллическим пиритом, на котором и располагаются кристаллы радиобарита. Радиобарит в этой ассоциации также выделялся позже пирита. Последовательность выделения минералов: пирит ранний → пирит поздний → радиобарит.

Радиобарит янтарно-желтого цвета, блеск стеклянный. В проходящем свете полупрозрачный, красновато-бурый. В образцах из угля окраска минерала менее яркая до грязновато-бурой, блеск и прозрачность ослабевают, вероятно, за счет механической примеси органического вещества. В отраженном свете минерал темно-серый, изотропный, внутренние рефлексы красновато-бурые. Спектр отражения снят на двухлучевом микроспектрофотометре МСФП-1 с автоматической регистрацией по эталону СТФ-1. Участок измерения 10 мкм, точность 1,5% относительных. Спектр отражения приведен в табл. 1. Рассчитанный по отражению показатель преломления для желтой области спектра 2,11. Радиобарит с повышенным содержанием стронция имеет показатель преломления 1,680. По спектру отражения рассчитаны характеристики цветности и координаты цвета для источников А, В, С и Е, они приведены в табл. 2.

Состав минерала определен на опытной лазерной установке и приведен в табл. 3.

Проведенный рентгенометрический анализ показал, что минерал по структуре аналогичен бариту.

На микрорадиографии над баритом наблюдаются интенсивные скопления треков (рис. 3, б), войлокообразные даже при экспозиции 1 сутки. На радиографии с экспозицией 4 суток над радиобаритом наблюдается сильное почернение пленки. Радиоактивность в данном случае не может быть объяснена урановой природой, поскольку уран в количестве 0,1% обнаружен только в одном образце радиобарита из угля. Содерж-

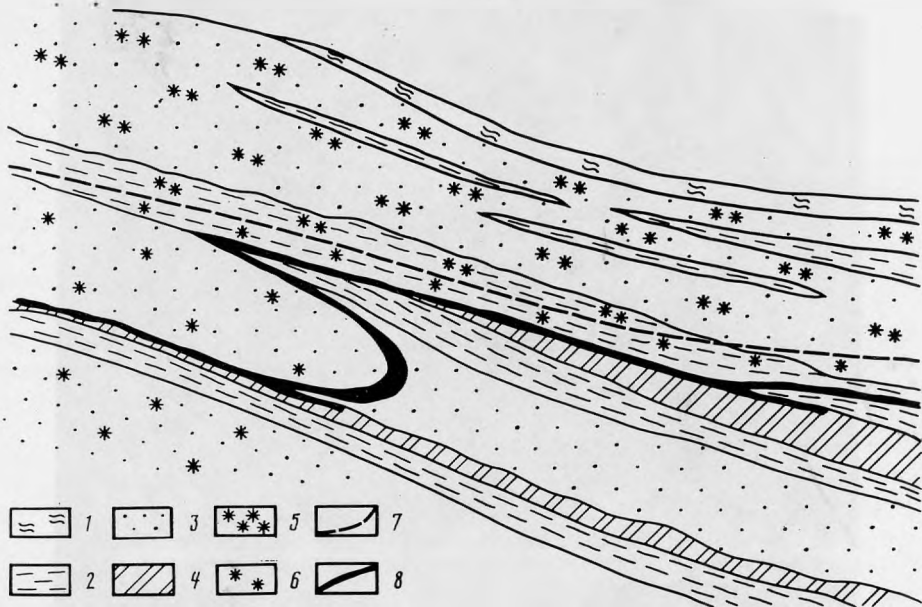
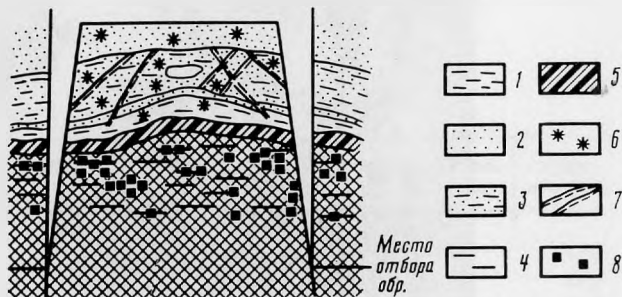


Рис. 1. Разрез гидрогенного месторождения урана в угле и в песчанике

1 — четвертичные отложения; 2 — алевролиты; 3 — песчаники; 4 — уголь; 5 — красноцветные первичноокисленные породы; 6 — желтоцветные эпигенетически окисленные породы; 7 — верхняя граница желтоцветных пород; 8 — оруденение

Рис. 2. Местоположение изученного радиобарита (П-27) на зарисовке забоя кваршлага шахты

1 — алевролит, частично окисленный; 2 — песчаник мелко-тонкозернистый, окисленный; 3 — тонкое переслаивание окисленного песчаника и алевролита; 4 — уголь фюзеновый, матовый с линзами полублестящего угля; 5 — блестящий уголь кровли пласта; 6 — гидрокислы железа; 7 — зеркала скольжения; 8 — пирит



жание радия в образцах составляет $5 \cdot 10^{-6}\%$, коэффициент радиоактивного равновесия во фракции с радиобаритом равен 5000%.

По данным А.Н. Комарова (2), радиобарит в месторождении в кварцевых порфирах образовался по обычному бариту в результате адсорбции на нем значительного количества радия. Внедрение радия в кристаллическую структуру барита объясняется как результат кинетического обмена между поверхностью кристаллов и раствором, т.е. в результате первичной обменной адсорбции. Радий мигрировал, видимо, с пленочными водами из находящегося рядом настурана ниже явной зоны окисления.

В исследованном случае образование радиобарита происходило скорее всего аналогичным способом. Оно шло, вероятно, параллельно с урановой минерализацией инфильтрационными кислородосодержащими водами в области геохимического барьера. Это подтверждается данными гидрохимического опробования вод из песчаного водоносного горизонта, залегающего под пластом угля. С юго-востока на северо-запад по направлению современного движения вод наблюдается уменьшение минерализации от 14000 мг/л до 560 мг/л в основном за счет уменьшения концентрации сульфат-иона

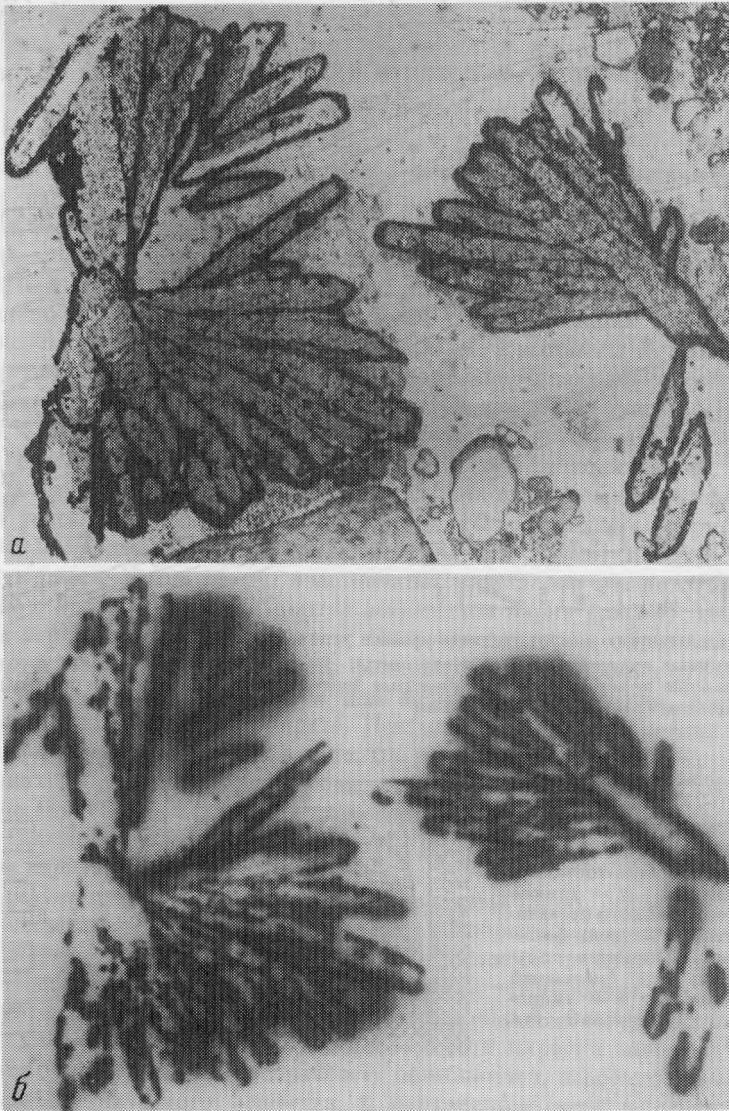


Рис. 3. Радиобарит и пирит (черное) облекают кристаллы барита из песчаника
a – проходящий свет, без анализатора, увел. 12; *б* – микрорадиография, экспозиция 5 суток

от 702 до 125 мг/л. В этом же направлении снижаются концентрации бария – от 990 до 56 мкг/л, стронция – 13700–3000 мг/л и радия от меньше $2 \cdot 10^{-12}$ г/л до $1 \cdot 10^{-11}$ г/л, что показано в табл. 4.

Пластовые воды в области развития окисленных пород имеют общую минерализацию от 0,7 до 1,1 г/л. Более высокая минерализация до 1,4 г/л отмечена на участках с урановой минерализацией (скв. 6ВС, 5ВС, 7ВС, 3Н). Воды сульфатно-хлоридные со смешанным катионным составом, чаще преобладает Na^+ , реже Ca^{2+} (табл. 4).

В области развития сероцветных пород минерализация вод составляет 0,8 г/л, состав сульфатно-хлоридно-кальциево-магниевого. Доминирует сульфат-ион, его концентрация изменяется от 183 до 702 мг/л.

Так как радиобарит в песчаных отложениях встречается значительно реже, чем в угле, можно предположить, что изменение содержаний бария, радия, стронция и ионов SO_4^{2-}



Рис. 4. Взаимоотношения пирита (белое) и радиобарита (светло-серое). Деталь рис. 3. Отраженный свет, без анализатора. Увел. 70

Таблица 1
Спектр отражения радиобарита

Длина волны, λ , нм	Отражение R, %	Длина волны, λ , нм	Отражение R, %	Длина волны, λ , нм	Отражение R, %	Длина волны, λ , нм	Отражение R, %
420	15,6	500	13,6	580	12,7	660	12,5
440	14,8	520	13,3	600	12,6	680	12,5
460	14,3	540	13,1	620	12,5	700	12,5
480	13,9	560	12,9	640	12,5		

Таблица 2
Характеристики цветности и координаты цвета радиобарита

Характеристики	Источники			
	A	B	C	E
X	13,9700	12,7841	12,7607	12,918
Y	12,8633	12,9557	12,9945	12,972
Z	5,0325	12,1207	17,6700	14,057
m	31,8658	37,8605	43,4251	39,947
x	0,438	0,338	0,294	0,323
y	0,404	0,340	0,299	0,0325

Таблица 3
Содержание элементов в образце радиобарита из угля

Элемент	Ba, Sr	U	Pb	Mo
Содержание (вес. %)	> 3	0,1	0,01–0,03	0,005

Таблица 4
Содержание микрокомпонентов в подземных водах песчаных отложений

Скв.	Минерализация, мг/л	SO ₄ ²⁻ мг/л	Sr ²⁺ мкг/л	Ba ²⁺ мкг/л	Ca ²⁺ мкг/л	Ra г/л	eh	Состояние пород
21Н	1040	425	3220	312	144	2·10 ⁻¹²	+270	Окисленная порода
20Н	510	125	2040	51	50	2·10 ⁻¹²	+230	
6ВС	1367	562	6300	420	164	4·10 ⁻¹²	+129	
4ВС	1216	500	6780	113	140	1,5·10 ⁻¹²		
ЭВС	1167	475	7020	468	144	4,5·10 ⁻¹²	+291	Окисленная порода с рудой
5ВС	1160	475	2300	460	144	3·10 ⁻¹²	+227	
7ВС	1167	527	12000	240	152	1·10 ⁻¹¹	+436	
3Н	14110	702	5600	420	132	4·10 ⁻¹²	-6	рудоносная порода
37Н	713	183	7100	71	104	2·10 ⁻¹²	-22	Неизмененные породы
63Н	860	275	8600	86	92	2·10 ⁻¹²	-39	
80Н	560	162	3360	56	68	4,5·10 ⁻¹²	-13	

в водах циркулирующих в кровле угольного пласта, будут значительно выше, чем в песчаном горизонте.

Ассоциация радиобарита с эпигенетическими минералами и изменение содержания бария, радия и стронция в подземных водах показывают, что миграция элементов происходила совместно. Радиобарит, судя по имеющимся данным, является одним из последних минералов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ненадкевич К.А.* О находке радиобарита. — Тр. Минералогического музея, 1910, вып. 1.
2. *Комаров А.Н.* Радиобарит как природный индикатор мигрирующего радия. — В кн.: Геохимия радиогенных и радиоактивных изотопов./Тр. Ин-та геологии и геохронологии декабря АН СССР, М.: Недра, 1974.
3. *Каширцева М.Ф.* Методы изучения эпигенетических изменений в рыхлых осадочных породах. М.: Недра, 1970.
4. Экзогенные месторождения урана (условия образования)/С.Г.Батулин, Е.А. Головин, О.И. Зеленова, М.Ф.Каширцева, Г.В.Комарова, И.А. Кондратьева, А.Е. Лисицын, А.И. Перельман, В.Д. Сидельникова, А.А.Черников, Е.М. Шмарович, М.: Недра, 1966.