

РАДИОАКТИВНОСТЬ ГОРНЫХ ПОРОД АРГУНСКОГО ХРЕБТА (ЮГО-ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

А. С. Заболотнов

В настоящей статье приводятся данные по содержанию урана, тория, калия в геологических образованиях юго-западного Приаргунья и делается попытка классификации горных пород по их радиоактивным свойствам (на основании результатов 670 люминесцентных, 290 радио-химических, 160 химических анализов, выполненных в лабораториях ВСЕГЕИ и других организациях, и многих тысяч полевых гамма-измерений). Относительная погрешность определения содержания радиоактивных элементов по повторным анализам не превышает 25%.

Юго-западное Приаргунье представляет активизированный в мезокайнозойское время участок палеозойской складчатой области. Наиболее древние образования представлены интенсивно метаморфизованными терригенными и карбонатными осадками нижнего палеозоя. Эти отложения вместе с прорывающими их каледонскими и варисскими гранитоидами образуют нижний структурный ярус, на размытой поверхности которого, преимущественно во впадинах, залегают разнообразные по составу эффузивы и вулканогенно-осадочные образования верхней юры и нижнего мела. Ограниченным развитием пользуются кайнозойские базальты. Мезозойские интрузии представлены субвулканическими гранитоидами предверхнеюрского возраста, а также трещинными интрузиями среднего и кислого состава верхнеюрского-нижнемелового времени.

Наиболее полно в радиохимическом отношении изучены породы тяготеющей к р. Аргуни юго-западной части Приаргунья — в районе Аргунского хребта (см. таблицу). По характеру радиоактивности породы, слагающие Аргунский хребет, можно классифицировать на следующие группы: 1) слабоактивные (до 10—12 мкр/ч); 2) средней активности (12—15 мкр/ч): а) однородные (12—15 мкр/ч с колебаниями от среднего более 20%); б) неоднородные (12—15 мкр/ч с колебаниями от среднего до 20%); 3) повышенной радиоактивности: а) однородные (более 15 мкр/ч с колебаниями от среднего 15—20%); б) неоднородные (более 15 мкр/ч с колебаниями более 20%).

Такая классификация определяет различный подход к оценке результатов наземной и аэрогамма-съемки. Как видно из таблицы, незначительные аномалии гамма-активности, выявленные на породах групп 1, 2а и 3а, заслуживают внимания и изучения, в то время как значительные аномалии на породах групп 2б и 3б могут быть вызваны фоновыми колебаниями. С этой точки зрения интересно распределение тех или иных групп пород по площади, их обнаженность, проявление в рельефе и т. д.

1. Слабоактивные породы — известняки, доломиты и кварциты палеозоя, основные эффузивы верхней юры и осадочные образования нижнего мела. Карбонатные отложения нижнего палеозоя в пределах Аргунского хребта распространены ограниченно.

Радиоактивность горных пород Аргунского хребта

Породы	Возраст	Радиохимический анализ			Люминесцентный анализ		Химический анализ		Гамма-активность, $\mu\text{кр.ч}$		Группа пород по радиоактивности
		Число определений	Th $10^{-4}\%$	U $10^{-4}\%$	Число определений	U $10^{-4}\%$	Число определений	K, %	предельная	средняя	
Базальты	Kz	5	4	3	10	3,0	6	2,2	5—10	7	1
Кварцевые порфиры	Ct ₁	8	19	5,8	23	6,2	4	4,0	10—20	15	2б
Липариты		6	26	9,2	16	9,1	7	3,5	15—27	21	3б
Фельзиты		5	29	8,1	25	8,3	4	3,0	13—30	20	3б
Аргиллиты		6	12	2,7	12	3,0	—	—	6—12	8	1
Алевриты		8	13	3,6	10	3,5	—	—	7—13	10	1
Песчаники		7	12	3,9	14	3,8	—	—	5—12	9	1
Туфпесчаники		5	15	6,9	15	7,0	—	—	12—18	16	3а
Конгломераты		6	17	3,0	17	3,0	—	—	10—18	16	3а
Кварцевые порфиры	Cr ₁ — I ₃	5	28	7,9	20	8,0	4	3,7	12—30	19	3б
Гранит-порфиры		11	32	8,7	18	9,1	11	3,8	16—35	24	3б
Граниты		9	30	9,9	22	10,2	5	4,0	16—34	23	3б
Гранодиориты		8	21	5,4	21	5,5	16	3,5	10—19	14	2б
Диориты		5	12	3,0	19	2,9	8	2,6	9—15	12	2а
Дациты	до I ₃	6	24	6,8	24	6,9	5	3,9	13—24	18	3б
Андезит-дациты		9	23	4,1	22	4,4	3	3,0	10—20	14	2б
Андезиты		11	13	3,2	26	3,2	7	3,1	9—15	12	2а
Андезит-базальты		10	11	2,9	29	3,0	4	1,8	5—12	8	1
Базальты		7	8	1,5	15	1,3	6	1,6	4—9	6	1
Граниты		6	22	6,3	12	6,1	6	4,8	12—25	18	3б
Гранит-порфиры		5	20	4,6	14	4,5	5	4,4	11—20	15	2б
Кварцевые порфиры		6	23	5,2	13	5,3	4	3,7	12—19	15	2б
Гранодиориты		5	19	4,3	11	4,5	5	3,4	10—18	14	2б
Диориты		5	13	3,3	10	3,2	6	2,8	8—12	10	1
Диабазы	Pz ₂	6	6	0,9	10	1,0	4	0,7	3—6	4	1
Аплиты		5	10	2,4	9	2,4	3	3,4	4—16	10	2б
Мелкозернистые граниты		12	25	5,7	23	6,0	12	4,5	13—26	19	3б
Порфировидные граниты		16	19	4,5	29	4,5	9	4,3	12—18	15	2а
Пегматиты	Pz ₁	5	15	4,2	8	4,3	4	3,4	9—20	13	2б
Средне- и крупнозернистые граниты (гнейсовидные)		16	24	5,1	14	5,2	4	3,8	8—28	15	2б
Крупнозернистые порфирограниты		19	21	5,9	28	6,0	4	6,5	14—32	21	3б
Гнейсы		7	85	8,2	20	8,6	3	4,9	11—80	30	3б
Известняки		6	3	1,1	24	1,2	—	—	2—5	3	1
Доломиты		6	3,2	2,4	27	2,3	—	—	2—7	4	1
Сланцы		6	21	2,7	16	3,0	—	—	11—16	13	2а
Песчаники		6	17	4,5	12	4,6	—	—	9—14	12	2а
Кварциты		6	13	2,1	19	2,0	—	—	5—10	7	1
Конгломераты		5	18	3,6	10	3,4	—	—	10—16	13	2а

Площадь выходов карбонатных осадков составляет менее одного процента общей площади, занимаемой Аргунским хребтом.

По данным люминесцентного и радиохимического анализов, слабо-активные породы содержат, %:

	в известняках	среднее
U	$0,5 \cdot 10^{-4} — 2 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$
Th	$2 \cdot 10^{-4} — 5 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$
	в доломитах	
U	$0,2 \cdot 10^{-4} — 3,6 \cdot 10^{-4}$	$2,3 \cdot 10^{-4}$
Th	$2 \cdot 10^{-4} — 6 \cdot 10^{-4}$	$3,2 \cdot 10^{-4}$

Средняя гамма-активность мраморизованных известняков и доломитов 3—4 мкр/ч.

К северу и северо-востоку от Аргунского хребта карбонатная свита распространена достаточно широко, часто слагает горные массивы.

Андезито-базальты и базальты верхней юры достаточно широко распространены в пределах описываемой площади. В юго-западных отрогах Аргунского хребта они образуют покров более 500 км². На остальной территории имеются сравнительно небольшие выходы этих пород в виде покровов на различных комплексах палеозойских отложений. Участки, сложенные базальтами и андезито-базальтами, обычно характеризуются пологими формами рельефа и сравнительно слабой обнаженностью.

Содержание радиоактивных элементов, %:

	в базальтах	среднее
U	$1 \cdot 10^{-4} — 5 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$
Th	$2 \cdot 10^{-4} — 9 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$
K	0,8 — 2,5	1,6
	в андезито-базальтах	
U	$2 \cdot 10^{-4} — 9 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$
Th	$4 \cdot 10^{-4} — 14 \cdot 10^{-4}$	$11 \cdot 10^{-4}$
K	1,3 — 2,3	$1,8 \cdot 10^{-4}$

Средняя радиоактивность базальтов 5—6 мкр/ч, андезито-базальтов 7—8 мкр/ч. Радиоактивный фон над этими породами, а также на наносах, для которых они являлись материнскими, достаточно равномерный, причем базальты отличаются более узким диапазоном интенсивности, чем андезито-базальты.

Песчаники, алевролиты и аргиллиты нижнего мела, как правило, слабоактивны и характеризуются почти постоянной интенсивностью от 7 до 11 мкр/ч. Однако активность некоторых, преимущественно туфогенных разностей, достигает 14—15 мкр/ч. При макроскопическом определении туфогенные и нормально-осадочные породы различаются с трудом. Повышение активности может указывать на туфогенно-осадочный состав породы.

Среднее содержание радиоактивных элементов, %:

	U	Th
в аргиллитах	$3 \cdot 10^{-4}$	$12 \cdot 10^{-4}$
в алевролитах	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$13 \cdot 10^{-4}$
в песчаниках	$3,8 \cdot 10^{-4}$	$12 \cdot 10^{-4}$

Осадочные породы нижнего мела в основном распространены в депрессионных впадинах. Обнаженность слабая.

Меланократовые дайки палеозоя представляют маломощные тела в осадочно-метаморфизованных и интрузивных комплексах палеозоя. В целом породы малоактивны — 3—6 мкр/ч.

Среднее содержание урана, тория и калия для даек диабазов составляет соответственно $1 \cdot 10^{-4}$, $6 \cdot 10^{-4}$ и 0,7%.

2. Породы средней активности, однородные. *Песчано-сланцевая свита* — древнейшая среди пород, участвующих в строении юго-западного Приаргуны и соответственно наиболее сильно метаморфизована. Осадочная свита нижнего палеозоя представлена кварцитовидными песчаниками, филлитовидными сланцами и конгломератами. Осадочные образования нижнего палеозоя обычно слагают хорошо обнаженные горные сооружения. Активность метаморфизованных терригенных осадков палеозоя колеблется в узких пределах — 12—14 мкр/ч. Выделение слабых ореолов радиоактивности на фоне пород палеозоя особых затруднений не представляет.

Среднее содержание радиоактивных элементов в песчано-сланцевой свите, %:

	U	Th
в песчаниках	$4,6 \cdot 10^{-4}$	$17 \cdot 10^{-4}$
в сланцах	$2,8 \cdot 10^{-4}$	$21 \cdot 10^{-4}$
в конгломератах	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$18 \cdot 10^{-4}$

Вулканогенно-осадочные образования верхней юры и нижнего мела распространены достаточно широко в пределах придепрессийных областей. По содержанию радиоактивных элементов выделяются две группы: нормально-осадочные и туфогенные разности. Более широко распространены породы нормального осадочного происхождения с активностью 10—12 мкр/ч. Менее широко развиты туфогенные разности с активностью от 14—16 до 17 мкр/ч. Последние создают довольно пестрый фон. По принятой схеме классификации туфогенные песчаники и конгломераты следует отнести к однородным породам повышенной радиоактивности. Содержание урана, тория и калия для перечисленных групп пород приведено в таблице.

3. Породы средней активности — неоднородные. *Средне- и крупнозернистые граниты нижнего палеозоя* (урулюнгуйский и цаган-оловский комплексы), как правило, менее активны, чем мелкозернистые граниты нижнего палеозоя и гнейсы.

Средняя активность крупно- и среднезернистых гранитов 12—15 мкр/ч. Иногда среднезернистые граниты, в основном за счет тория, имеют высокую «пятнистую» по распределению активность, достигающую до 50—100 мкр/ч.

Содержание радиоактивных элементов в гранитах этого типа варьирует в широких пределах: уран $2 \cdot 10^{-4}$ — $22 \cdot 10^{-4}$ %, торий $6 \cdot 10^{-4}$ — $48 \cdot 10^{-4}$ %, калий 3—6%.

Гранодиориты, гранит-порфиры и кварцевые порфиры уртуйского комплекса слагают отдельные незначительные штоки и дайки. По активности выделяются две разности с интенсивностью 10—12 и 12—15 мкр/ч. Пониженной активностью обладают гибридные породы и верхнеюрские гранодиориты.

Кварцевые порфиры нижнего мела — кислые эффузивы с широким диапазоном активности: 10—20 мкр/ч — в зависимости от состава породы и ее возраста. Нижнемеловые кварцевые порфиры содержат урана $6 \cdot 10^{-4}$ %, тория $19 \cdot 10^{-4}$ %, калия 4%.

Андезит-дациты верхней юры представлены отдельными иногда довольно крупными достаточно обнаженными покровами.

При средней относительно повышенной активности 13—15 мкр/ч радиоактивность часто повышается до 20 мкр/ч. Характер поля неоднороден. Среднее содержание радиоактивных элементов и отклонение от среднего приведены в таблице.

4. Породы высокой активности. Все породы высокой активности, распространенные в пределах Приаргуны, относятся к неоднородным: граниты и гнейсы урулюнгуйского комплекса; мелкозернистые граниты варисского цикла; мелкозернистые граниты уртуйского комплекса;

дациты верхней юры; гранит-порфиры и кварцевые порфиры верхней юры — нижнего мела; фельзиты и липариты нижнего мела.

В целом все породы этой группы широко распространены в гористых открытых районах и депрессионных впадинах. Гамма-поле над коренными выходами этих пород характеризуется довольно пестрым строением, что затрудняет выделение механических ореолов рассеяния радиоактивных элементов. Наносы, образующиеся при их разрушении, в разной степени обогащаются радиоактивными акцессорными минералами. Это влечет за собой широкий диапазон колебания фона радиоактивных излучений на площади распространения пород этой группы, в том числе и на закрытых участках.

Сопоставление данных о содержании радиоактивных элементов в различных породах юго-западного Приаргуны с радиоактивностью этих пород по гамма-лучам позволяет объективно оценивать аномалии не только при съемках на обнаженных участках, но и при работах на автохтонных четвертичных отложениях, а также при гидрогеологическом и металлометрическом опробовании. Последнее оказывается возможным, поскольку в условиях степного Приаргуны содержание радона в элювиально-делювиальном материале наносов в некоторой степени пропорционально содержанию труднорастворимого урана в коренных породах. В металлометрических пробах элювия-делювия содержание урана коррелируется при наличии сорбентов урана (гидроокислов железа, марганца и др.) с легкорастворимой составляющей, а при отсутствии сорбентов — с труднорастворимой составляющей урана в коренных породах. В грунтовых водах концентрация радона коррелируется с суммарным содержанием урана в породах, а урана — с его подвижной составляющей. Для оценки радиоактивности пород в зависимости от содержания в них основных гамма-излучателей — калия, урана, тория — могут быть использованы следующие коэффициенты удельной интенсивности: 1,5 мкр/ч на 1% калия; 7,2 мкр/ч на 0,001% урана; 3,4 мкр/ч на 0,001% тория.
