

В. Г. КОРОЛЬКОВ, В. А. РУДНИК, Э. В. СОБOTOVИЧ

**О ПОЗДНЕАЗОЙСКОМ — РАННЕАРХЕОЗОЙСКОМ ВОЗРАСТЕ*
ДРЕВНЕЙШИХ ПОРОД ОХОТСКОГО СРЕДИННОГО МАССИВА**

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 13 VI 1973)

Данные о возрасте супракрустальных комплексов Охотского срединного массива имеют большое значение как для стратиграфии региона, так и, даже в еще большей степени, для общегеологических построений и реконструкций ранней геологической истории восточной части Союза. Однако результаты определения «аргонового возраста» кристаллических пород массива не дают надежных сведений о времени формирования их субстрата. Так, разброс значений, в частности, по биотиту гранат-биотитовых гнейсов от 1240 до 1880 млн лет, по роговой обманке роговообманковых кристаллических сланцев — от 1414 до 1630, а по породе в целом — от 70 до 1800 млн лет, при единственном значении в 2640 млн лет, определенном по валовой пробе биотит-амфиболового гнейса (², ³).

Для получения надежной информации о радиологическом возрасте субстрата супракрустальных комплексов Охотского массива было проведено свинцово-изохронное исследование** входящих в его состав основных кристаллических сланцев по ранее разработанным методам (⁴⁻⁶). В основу этого исследования были положены результаты геологосъемочных работ В. Т. Королькова, согласно которым древнейшие метаморфические породы Охотского массива представлены тремя толщами. Области развития этих толщ совпадают с контурами их распределения, установленными Г. А. Гринбергом (²). Однако стратиграфическая последовательность их залегания — обратная по сравнению с предложенной Г. А. Гринбергом. Нижняя толща мощностью не менее 3 км развита на левобережье ручья Маймачан и образует ядро антиклинория меридионального простирания. Она сложена амфиболовыми гнейсами, амфиболитами, основными плагиоклазовыми кристаллическими сланцами и содержит пласты и линзы кварцитов и кальцифиров. С породами нижней толщи ассоциируют эклогиты и эклогитовые кристаллические сланцы, образующие короткие линзообразные залежи среди амфиболитов.

Средняя толща, обнаженная на крыльях антиклинория, слагает ядра купольных структур диаметром 5—20 км. Она представлена переслаивающимися пластообразными телами биотитовых, биотит-гранатовых, гранатовых и гиперстен-биотитовых гнейсов и розовых гранитов с подчиненными им линзовидными и пластообразными телами основных плагиоклазовых кристаллических сланцев мощностью от 0,2 до 10 м. Полная мощность толщи — около 12 км.

Верхняя толща, обнаженная на крыльях указанных структур, сложена переслаивающимися пластообразными телами амфиболовых гнейсов и плагиогнейсов, красных микроклинитовых гранитов и линзо- и пластообраз-

* В номенклатуре (¹), согласно которой азой охватывает интервал (4600—3700) ± 200 млн лет и подразделяется на рубеже 4200 ± 200 млн лет на ранний и поздний.

** В настоящей работе впервые используются для геохронологической интерпретации данные по первичному отношению изотопов свинца, полученные методом наименьших квадратов.

ными телами основных плагноклазовых кристаллических сланцев, мощностью от 1 до 40 м. Общая мощность толщи не менее 6 км.

Породы всех толщ мигматизированы, вплоть до образования на отдельных участках графито-гнейсов, а также в той или иной степени калишпатизированы, окварцованы и диафторированы, подчас весьма интенсивно. Признаков стратиграфического несогласия между толщами не обнаружено.

Пробы для определения радиологического возраста были отобраны из заведомо геологически разновозрастных и наименее измененных какими бы то ни было процессами основных плагноклазовых кристаллических сланцев, тела которых расположены вдали от зон нарушения, гранитизации, диафтореза и гидротермальной минерализации. Тем не менее, практически во всех породах устанавливаются следы различных вторичных изменений, что связано с длительной геологической жизнью указанных комплексов.

Проба № 1 (табл. 1) отобрана из центральной части пластообразного тела двушироксен-роговообманкового кристаллического сланца, мощностью около 20 и протяженностью 300 м, заключенного среди амфиболовых гнейсов. Порода слабо хлоритизирована и окварцована.

Проба № 2 взята из центральной части низовидного тела кордиерит-биотит-гиперстенового кристаллического сланца, мощностью около 2 и длиной 30 м, заключенного в плагногранитах. Порода испытала слабую хлоритизацию и окварцевание. Кордиерит претерпел интенсивное замещение серицитом.

Проба № 3 отобрана из центральной части пластового тела кристаллического сланца, мощностью в 20 и протяженностью в 300 м, залегающего среди мясо-красных микроклиновых гранитов. Порода претерпела проявление слабого кремне-кальцевого метасоматоза и эпидотизации.

Пробы №№ 4 и 5 взяты из центральных частей линзовидных тел авгит-роговообманковых кристаллических сланцев, мощностью порядка 2 и длиной 20 м, залегающих среди амфиболовых гнейсов. Порода пробы № 4 претерпела проявление слабого кремне-кальцевого метасоматоза и эпидотизации, а проба № 5 — интенсивной амфиболитизации.

Методика отбора проб, обработки их и определения изотопного состава свинца рассмотрены ранее (⁷, ⁸), масс-спектрометрический анализ выполнен Ю. А. Слущицким на масс-спектрометре МИ-1309 методом термодиффузионной эмиссии (в качестве стандарта использовался Галепит-70). Подготовка проб, выделение и определение содержания свинца спектрофотометрическим методом проведены А. Д. Искандеровой. Содержание урана и тория проведено спектрофотометрическим путем А. Д. Искандеровой, продублировано рентгеноспектральным методом на ФРС-2 (В. Н. Топор-

Т а б л и ц а 1

Распространенность урана, тория, свинца и их изотопные отношения в породах Охотского массива

№ пробы	№ обр.	Содержание, г/т			Изотопный состав Pb, %				Кол-во, г/т	Атомн. отнош. изотопов к Pb ²⁰⁴					
		U	Th	Pb	204	206	207	208		206	207	208	238	235	232
1	145	1,3	6,6	9,9	1,391	24,07	21,61	52,92	0,1377	17,30	15,53	38,06	8,23	0,060	42,2
2	147	0,64	5,8	7,9	1,397	22,81	21,34	54,44	0,1106	16,33	15,28	38,99	5,04	0,037	46,0
3	148/1	0,60	4,0	5,3	1,370	22,87	21,61	54,14	0,0723	16,70	15,78	39,53	7,23	0,052	48,5
4	150/2	0,4	1,8	3,3	1,414	23,89	22,10	52,60	0,0467	16,88	15,63	37,19	7,34	0,053	33,9
5	150/3	0,8	3,4	3,3	1,263	23,24	20,49	55,00	0,0417	18,40	16,22	43,34	16,44	0,119	71,5

Примечание. Породы проб №№ 1 и 3—5 отобраны из нижней толщи супраструктурального комплекса, а пробы № 2 — из средней. Пробы №№ 1, 2 взяты в береговых обрывах ручья Нель (приток р. Кухтуй), а пробы №№ 3—5 — ручья Маймачан (приток р. Охоты). Все пробы — из коллекции В. Г. Королькова.

ский) и ФРА-4 (Н. В. Голубев), а содержание урана — также и люмписцентным методом (Н. А. Слешкова).

Как видно из табл. 1, в которой приведены результаты средних выборочных значений проведенных определений содержаний урана, тория, свинца и его изотопов, вариации изотопных соотношений составляют 5–10%, что позволяет оценить возраст пород, поскольку (по геологическим данным) пробы характеризуют породы одного геологического возраста и генезиса.

На основании приведенных в табл. 1 аналитических данных методом наименьших квадратов вычислены коэффициенты уравнений изохрон $Pb^{207}/Pb^{204} - Pb^{206}/Pb^{204}$; $Pb^{206}/Pb^{204} - U^{238}/Pb^{204}$; $Pb^{207}/Pb^{204} - U^{235}/Pb^{204}$ и $Pb^{208}/Pb^{204} - Th^{232}/Pb^{204}$, соответствующих радиогенному (коэффициент b) и модельному (коэффициент a) возрастам исследованной серии пород. Полученные результаты приведены в табл. 2, №№ I–IV), из которой видно, что изохронные возраста по различным изотопным соотношениям варьируют в значительных пределах — от 1100 до 4100 млн лет. Устанавливаемая последовательность значений возраста ($207/206 > 207/235 > 206/238$) свидетельствует о выносе свинца или о привносе урана во время «жизни» пород и, следовательно, о том, что наиболее вероятным значением возраста пород может быть полученное по отношению Pb^{207}/Pb^{206} (см. рис. 1, I). Оно может быть лишь несколько удревлено за счет эманирования (потери Pb^{206}).

Для того чтобы решить вопрос о том, имеет ли место привнос урана или вынос свинца, были привлечены данные по торию. Торий, как известно, один из наиболее миграционно устойчивых элементов, и в данном случае трудно ожидать его привноса, так как исследованные породы стерильны в отношении наложенной торпевой минерализации. Поскольку

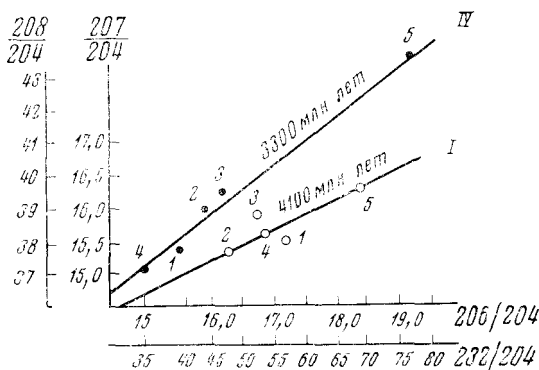


Рис. 1. Свинцово-свинцовая (I) и ториево-свинцовая (II) изохроны основных кристаллических сланцев Охотского срединного массива. Номера точек соответствуют таковым в табл. 1

Таблица 2

Коэффициенты уравнений изохрон и возраста пород Охотского срединного массива

№ уравнения	Изотопные отношения	Коэффициенты изохрон		Возраст, млн лет	Примечание
		b	a		
I	Pb^{207}/Pb^{206}	$0,432 \pm 0,145$		4100 ± 400	Наиболее вероятный возраст 3700 ± 500 млн лет, являющийся средним значением из уравнений №№ I и IV
II	Pb^{206}/U^{238}	$0,177 \pm 0,072$		1100 ± 500	
III	Pb^{207}/U^{235}	$9,80 \pm 2,61$		2500 ± 300	
IV	Pb^{208}/Th^{232}	$0,173 \pm 0,013$		3300 ± 300	
V	$(Pb^{206}/Pb^{204})_0$		$15,57 \pm 0,63$	1600 ± 300	Модель Собо-товича (4) Модель Холмса — Гаутерманса (9)
VI	$(Pb^{207}/Pb^{204})_0$		$15,03 \pm 0,17$	2400 ± 300	
VII	$(Pb^{208}/Pb^{204})_0$		$31,02 \pm 0,36$	$3200 \pm 300^*$	
VIII	$Pb^{207}/Pb^{206} - 1,06 \pm 0,09$			3000 ± 300	

* По модели Рассела — Фаркуара — Камминга возраст превышает 3200 млн лет.

ториево-свинцовое отношение дает изохронный возраст, меньший свинцово-свинцового изохронного (ср. I и IV на рис. 1), то это может быть объяснено потерей Pb^{208} . В связи со всем изложенным можно полагать, что вынос свинца во время «жизни» исследуемых пород был более вероятным событием, чем привнос урана. Но если даже допустить возможность привноса в породы тория, то в таком случае ториево-свинцовый изохронный возраст самой породы должен быть более древним сравнительно с полученным (см. рис. 1, IV). В случае привноса урана в исследованные породы свинцово-изохронный возраст ее также должен быть больше полученного (рис. 1, I).

Помимо изохронных, для исследованных пород установлены также модельные возраста (табл. 2, №№ V—VIII), значения которых, кроме возраста по отношению $\text{Pb}^{207}/\text{Pb}^{206}$ (№ VIII), в общем соответствуют изохронным, что является дополнительным подтверждением правильности полученных апалитических данных. Лишь модельный возраст по отношению $\text{Pb}^{207}/\text{Pb}^{206}$, равный 3000 ± 300 млн лет, значительно меньше соответствующего изохронного возраста в 4100 ± 400 млн лет, что может быть связано с региональными вариациями свинцово-уранового отношения материнского субстрата и обусловленными ими отличиями в развитии изотопов свинца от таковых, принимаемых для земной коры в целом.

Поскольку все без исключения исследованные породы несут следы наложившихся процессов, что подтверждается и проведенными изотопными исследованиями, опробованные кристаллические сланцы не могут рассматриваться как достаточно закрытая система, в которой могли бы сохраниться первичные отношения свинца к урану и к торью. Поэтому наиболее вероятные значения возраста пород могут быть получены по изохронам $\text{Pb}^{207}/\text{Pb}^{204}$ — $\text{Pb}^{206}/\text{Pb}^{204}$ и $\text{Pb}^{208}/\text{Pb}^{204}$ — $\text{Th}^{232}/\text{Pb}^{204}$ (см. табл. 2). Но поскольку, как указывалось выше, свинцово-свинцовый изохронный возраст (4100 ± 400 млн лет) может быть завышен, а ториево-свинцовый (3300 ± 300 млн лет) занижен, то в качестве наиболее вероятного значения возраста исходного субстрата исследованных основных кристаллических сланцев может быть принята величина, равная 3700 ± 500 млн лет. Эта величина в пределах погрешности определения возраста соответствует как времени формирования самих кристаллических сланцев, так и времени первого регионального метаморфизма и ультраметаморфизма. Кроме того, положение точек изотопного состава всех изученных проб кристаллических сланцев на единых изохронах (см. рис. 1) служит дополнительным свидетельством отнесения и нижней (точки I, 3—5), и средней (точка 2) толщ к единому разновозрастному комплексу с отсутствием между этими толщами значительного временного стратиграфического или структурного несогласия.

Центральная геолого-геофизическая экспедиция
Северо-Восточного территориального геологического
управления
пос. Хасын

Поступило
13 VI 1973

Всесоюзный научно-исследовательский
геологический институт
Ленинград

Институт геохимии и физики минералов
Академии наук УССР
Киев

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. А. Рудник, Э. В. Собонович, Ранняя история Земли, Л., 1973. ² Г. А. Гриппберг, Докембрий Охотского массива, «Наука», 1968. ³ И. А. Загрузина и др., Геохронология магматических, метаморфических и рудных образований Северо-Востока. Тр. Сев.-восточн. комплек. н.-и. инст. СО АН СССР, в. 30, Магадан (1967). ⁴ Э. В. Собонович, Изотопы свинца в геохимии и космохимии, М., 1970. ⁵ В. А. Рудник и др., Изв. АН СССР, сер. геол., № 11 (1970). ⁶ В. А. Рудник, Гранитообразование и его роль в формировании гранитного слоя земной коры в докембрии, Автореф. докторской диссерт., Л., 1972. ⁷ В. А. Рудник и др., ДАН, т. 188, № 4 (1969). ⁸ Э. В. Собонович и др., Изв. АН СССР, сер. геол., № 10 (1963). ⁹ Г. В. Войткевич и др., Краткий справочник по геохимии, М., 1970.