

А. Н. ТИМАШКОВ, Н. Г. БЕРЕЖНАЯ, Е. Н. ЛЕПЕХИНА, Е. С. БОГОМОЛОВ (ВСЕГЕИ),
С. Г. СКУБЛОВ (ИГГД РАН, СПГУ), Ю. С. БАЛАШОВА (ВСЕГЕИ)

О времени образования Инаглинского массива (Центрально-Алданский район)

Рассмотрен возраст дунитов Инаглинского плутона. На основании геохронологических исследований SHRIMP II по цирконам и Sm-Nd методами авторами делается вывод о докембрийском возрасте его центральной части, сложенной неизменными дунитами, не затронутыми более молодыми мезозойскими наложенными процессами.

Ключевые слова: *возраст, цирконы, докембрий, дуниты, метод, массив Инагли.*

A. N. TIMASHKOV, N. G. BEREZHNYAYA, E. N. LEPEKHINA, E. S. BOGOMOLOV (VSEGEI),
S. G. SKUBLOV (IPGG RAS, SPMU), YU. S. BALASHOVA (VSEGEI)

About the time of formation of the dunites Inagli Massif (Central Aldan Area)

The article is devoted to the latest dates about dunite's age of Inaglin sky pluton. After geochronological studies (SHRIMP II on zircons, Sm-Nd method) the massif authors concluded that the central part of the massif has Precambrian age. Inagli Massif is consisted of unaffected by younger Mesozoic superimposed processes, unweathered (fresh) dunites.

Keywords: *age, zircons, Precambrian, dunites, method, Inagli Massif.*

В процессе составления Госгеолкарты-1000/3 масштаба 1 : 1 000 000 и ГДП-200 вновь возникла дискуссия о возрасте геологических образований, слагающих Инаглинский массив. Особенно обострило эту проблему появление в 2015 г. публикации сотрудников ВСЕГЕИ, принимавших участие в работе над геологической картой территории, охватывающей Центрально-Алданский район (лист О-51 — Алдан) [2, 4]. Впервые возраст дунитов, в том числе слагающих и центральную часть Инаглинского массива, обозначен как юрско-меловой. Эта датировка получена на масс-спектрометре SHRIMP II, она составляет 120–130 млн лет, что, по нашему мнению, соответствует не периоду формирования дунитов, а времени их преобразования при мезозойской тектоно-магматической активизации в Нимнырском блоке. Следует обратить внимание на то, что места отбора проб выбраны не совсем удачно (рис. 1), так как на фотографиях шлифов [4] видны явные признаки позднего преобразования дунитов в виде вкрапленников плагиоклазов. Та же ситуация четко фиксируется и на изображениях кристаллов циркона, полученных в катодолюминесценции (КЛ), где показаны точки датирования. Отчетливо видно, что все датировки, соответствующие мезозою, относятся к периферийным частям кристаллов, в то время как все докембрийские значения соответствуют ядерным частям изученных цирконов (табл. 1). Приведенные выше факты не учитывались авторами цитируемой работы при обсуждении вопроса о времени формирования и последующей эволюции магматических образований Инаглинского массива.

Дуниты Инаглинского массива — одного из наиболее интересных и спорных геологических объектов — прорывают глубокометаморфизованные архейские образования васьковской свиты иенгурской и федоровской серий позднего архея фундамента в пределах Нимнырского блока в Центрально-Алданском районе. Они выходят на земную поверхность в верховье р. Инагли (правого притока р. Алдан) и образуют в плане концентрически-зональный одноименный массив округлой формы диаметром до 15 км (рис. 2). В ядерной части массива обнажены предположительно докембрийские дуниты, ближе к периферии массива они сменяются клинопироксенитами и верлитами [7, 8]. Координаты пробоотбора дунитов из этого массива 58°30' с.ш. и 124°58' в.д., вмещающих массив высокоглиноземистых гнейсов — 58°35' с.ш. и 124°59' в.д.

Неизменные дуниты ядерной части Инаглинского массива представляют собой массивную мелкозернистую однородную породу темно-зеленого цвета (табл. 1). Дуниты состоят из оливина (70–80), серпентинизированного по тонким трещинам, вероятно, динамометаморфического происхождения, с редкими мелкими зернами хромита (рис. 2).

С внешней стороны дуниты окаймляются интрузией сиенит-порфиров роговообманковых алданского комплекса мезозоя, оказавших на них сильное воздействие вплоть до образования в них плагиоклазовых вкрапленников. Среди верлитов в составе массива также встречаются плагиоклазовые разновидности.

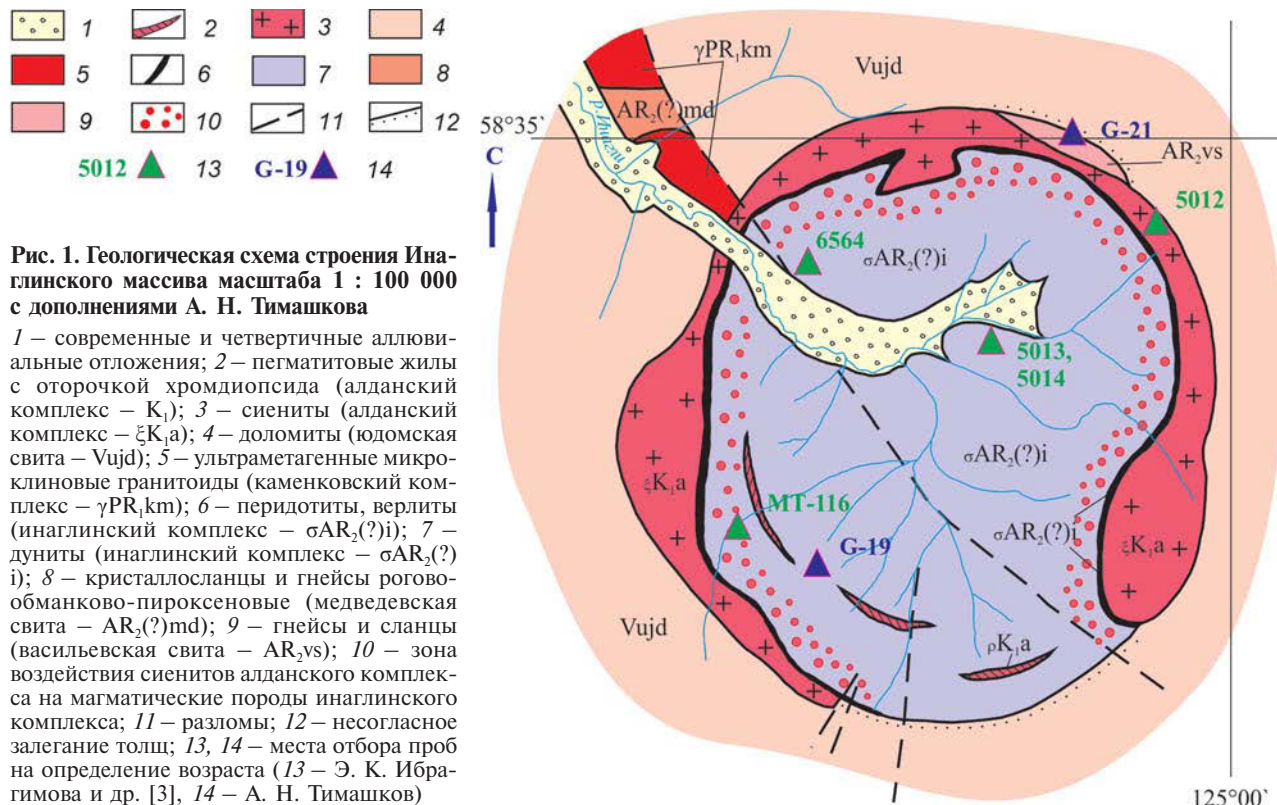


Рис. 1. Геологическая схема строения Инаглинского массива масштаба 1 : 100 000 с дополнениями А. Н. Тимашкова

1 – современные и четвертичные аллювиальные отложения; 2 – пегматитовые жилы с оторочкой хромдиопсида (алданский комплекс – K_1); 3 – сиениты (алданский комплекс – ξK_1a); 4 – доломиты (юдомская свита – Vujd); 5 – ультраметагенные микроклиновые гранитоиды (каменковский комплекс – γPR_1km); 6 – перидотиты, верлиты (инаглинский комплекс – $\sigma AR_2(?)i$); 7 – дуниты (инаглинский комплекс – $\sigma AR_2(?)i$); 8 – кристаллосланцы и гнейсы рогово-обманково-пироксеновые (медведская свита – $AR_2(?)md$); 9 – гнейсы и сланцы (васильевская свита – AR_2vs); 10 – зона воздействия сиенитов алданского комплекса на магматические породы инаглинского комплекса; 11 – разломы; 12 – несогласное залегание толщ; 13, 14 – места отбора проб на определение возраста (13 – Э. К. Ибрагимова и др. [3], 14 – А. Н. Тимашков)

Вмещающими Инаглинский массив породами являются гранат-кордиерит-кварцевые кристаллические сланцы и гнейсы васильевской свиты, местами выходящие на поверхность только у его северо-восточной оконечности. Они имеют массивную текстуру и гранобластовую структуру. Состоят (%) из кварца (50), кордиерита (30–40), граната, предположительно альмандина (5–7), рудного минерала (1–2), магнетита и рудного минерала в тесных сростаниях с гранатом, силлиманита (1–2). Размер зерен 0,5–2,0 мм. Вторичные минералы – турмалин (≈ 1), тальк (≈ 1), карбонат (≈ 1), серпентин бесцветный и бурый. Порода характеризуется высокой степенью метаморфизма и состоит из двух групп минералов. Образование первой группы связано с метаморфизмом. Вторая, к которой относятся тальк, карбонат, серпентин, сформировалась при низкотемпературных процессах. Окварцевание и появление турмалина обусловлены скорее всего грейзенизацией, связанной с мезозойскими процессами образования сиенитов алданского комплекса.

Возраст Инаглинского массива [2–4], как и подобных ему Кондерского, Гулинского и других, дискуссионный. Сложность датирования ультраосновных пород связана прежде всего с крайне низким содержанием в них циркония, не позволяющим формировать достаточное количество минеральной фазы собственно циркона, соответствующей определенным этапам их эволюции. Это приводит к широкому разбросу получаемых возрастных значений от архея до мезозоя [1]. Чтобы исключить воздействие наложенных процессов и получить значения возраста, соответствующие ранней стадии формирования дунитов, нами датировались неизменные породы из ядерной части Инаглинского массива, а также вмещающие их кварц-гранат-кордиеритовые гнейсы иенгрской серии. Измерения проводились на

вторично-ионном масс-спектрометре SHRIMP II по аксессуарным цирконам и Sm-Nd методом по породе в целом (табл. 2). Распределение редких и редкоземельных элементов в цирконе изучалось на ионном микрозондовом анализаторе Cameca IMS-4f (ЯФ ФТИАН) по стандартным методикам.

Получены следующие результаты Sm-Nd анализа дунитов из обр. G-19/4 (коллекция А. Н. Тимашкова): Sm (ppm) – 0,018; Nd (ppm) – 0,063; $^{147}Sm/^{144}Nd$ – 0,1767; $^{143}Nd/^{144}Nd$ – 0,512085; 2сигма – 25; $t_{DM}(MA)$ – 4350; $t_{DM2}(1600)$ – 2690; $t_{DM2}(1800)$ – 2810; $t_{DM2}(2400)$ – 3170.

Предпринята попытка определения модельного Sm-Nd возраста дунитов. Для пр. G-19/4 значение модельного возраста по одностадийной модели 4350 млн лет, что явно завышено. Это часто наблюдается в породах с $^{147}Sm/^{144}Nd > 0,12$, претерпевших значительные изменения за время своего существования. Расчет модельного возраста по двухстадийному варианту дает значение от 2690 до 3170 млн лет.

Результаты датирования, характеристика и состав цирконов. Цирконы из дунитов Инаглинского массива (пр. G-19/4) представлены светло-розовыми прозрачными и полупрозрачными субидiomорфными кристаллами призматического облика, среди них преобладают обломки (рис. 3–6, табл. 3, 4). Длина зерен от 50 до 150 мкм. Коэффициент удлинения 1,8–2,0. В режиме КЛ цирконы тонко- и грубозональные с умеренным свечением. Самые древние зерна 5 и 8. По аналитическим точкам 5.4, 8.1, 5.3 получен возраст 2690–2697 млн лет, степень дискордантности этих значений не превышает 1 %. Содержание U 143–239, Th 127–187 г/т, Th/U 0,81–0,92. Содержание Hf 8212–8460, Y 946–2085, Gd 58–5, Yb 245–634 г/т. По геохимическим характеристикам цирконы магматического генезиса отвечают породам среднего состава.

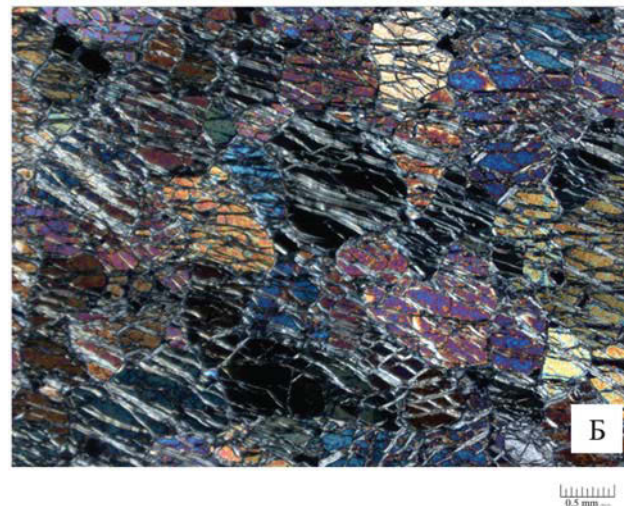
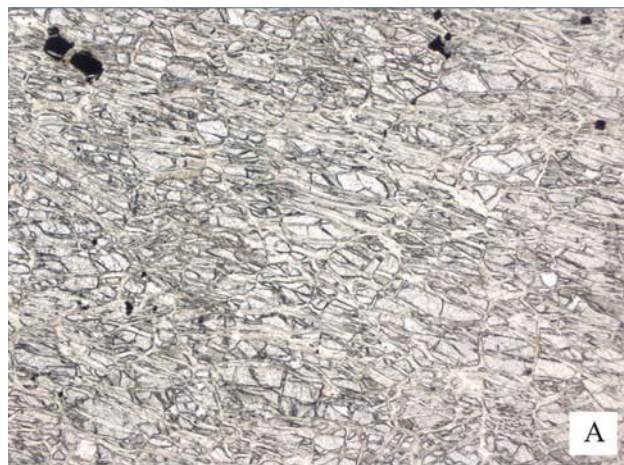


Рис. 2. Фотография шлифа G-19/4. Неизмененные дуниты Инаглинского массива, серпентинизированные по плоскостям расщепления, динамометаморфизованные без новообразований других минералов

A – в проходящем свете, B – в скрещенных николях

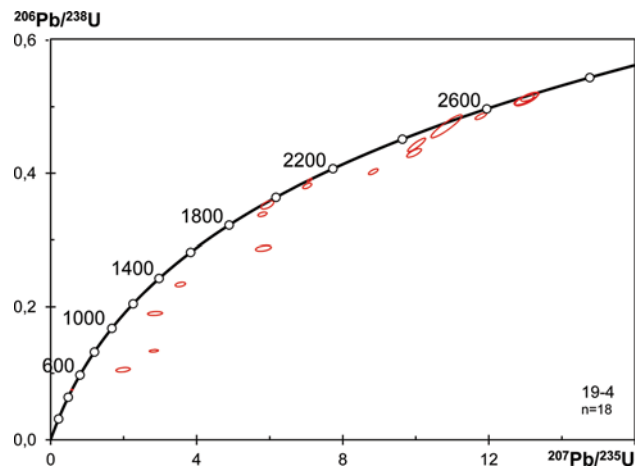


Рис. 3. Диаграмма с конкордией для цирконов из дунитов Инаглинского массива

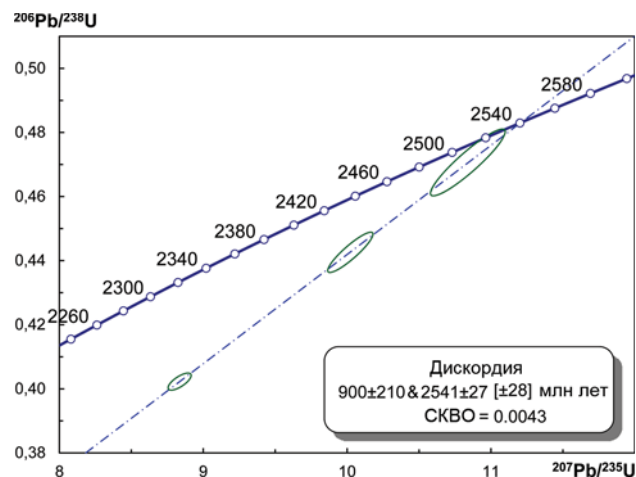


Рис. 4. Диаграмма с конкордией для цирконов из дунитов Инаглинского массива (фрагмент дискордии)

Таблица 1

Химический состав (%) дунитов Инаглинского массива (пр. 19/1–19/5) и вмещающих его гнейсов васильевской свиты (пр. G-21)

Элемент	Номер пробы					
	19/1	19/2	19/3	19/4	19/5	G-21
SiO ₂	37,8	36,8	37,2	37,4	37,8	61,9
Al ₂ O ₃	0,5	0,6	0,6	<0,100	<0,100	18,1
TiO ₂	0,4	0,016	0,1	0,012	0,015	1,27
Fe ₂ O ₃ (общ.)	6,6	7,65	6,95	6,5	6,31	12,4
FeO	2,85	3,92	2,85	2,85	3,0	7,73
MnO	0,13	0,16	0,13	0,12	0,12	0,19
MgO	46,1	45,9	46,4	47,9	47,0	3,08
CaO	0,36	0,29	0,34	0,25	0,3	0,36
Na ₂ O	<0,200	<0,200	<0,200	<0,200	<0,200	0,27
K ₂ O	0,11	0,17	0,1	0,033	0,067	1,38
P ₂ O ₅	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,051
п.п.п.	8,13	8,36	8,07	7,39	8,12	0,81
Сумма	99,9	100	100	99,2	99,8	99,9
V	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,018
Cr	0,17	0,13	0,089	0,53	0,27	0,025
Ba	<0,010	<0,010	0,031	0,02	<0,010	0,05

Результаты количественного минералогического анализа дунитов (%) Инаглинского массива (пр. G-19/4)

Минералы	кл. +0,25 мм э/м фр. P = 0,29 г = 2,3 %	кл -0,25 +0,1 мм э/м фр. P = 0,5 г = 4,0 %	кл -0,1 мм э/м фр. P = 11,65 г = 93,0 %	м/фр P = 0,09 г = 0,7 %	Всего
Оливин	2,3	4	90,6		96,9
Мартит	р.з.	р.з.	0,4		0,4
Мон. амфибол	ед.з.	ед.з.	ед.з.		ед.з.
Эпидот	ед.з.				ед.з.
Муассанит	ед.з.				ед.з.
Ильменит	ед.з.		р.з.		р.з.
Хромшпинелид		ед.з.	2	0,1	2,1
Циркон			ед.з.		ед.з.
Ставролит			ед.з.		ед.з.
Альмандин			ед.з.		ед.з.
Магнетит				0,6	0,6
Хлоритиз.л.фр.	ед.з.				ед.з.
Агрегаты	ед.з.	ед.з.	р.з.		р.з.
Магн. корки	р.з.				р.з.
Всего	2,3	4	93	0,7	100

Примечание: вес тяж. фр. 12,53 г; агрегаты – эпидот + серпентин + оливин двух генераций, кроме форстерита (осн. масса) в ед.з. собственно оливин.

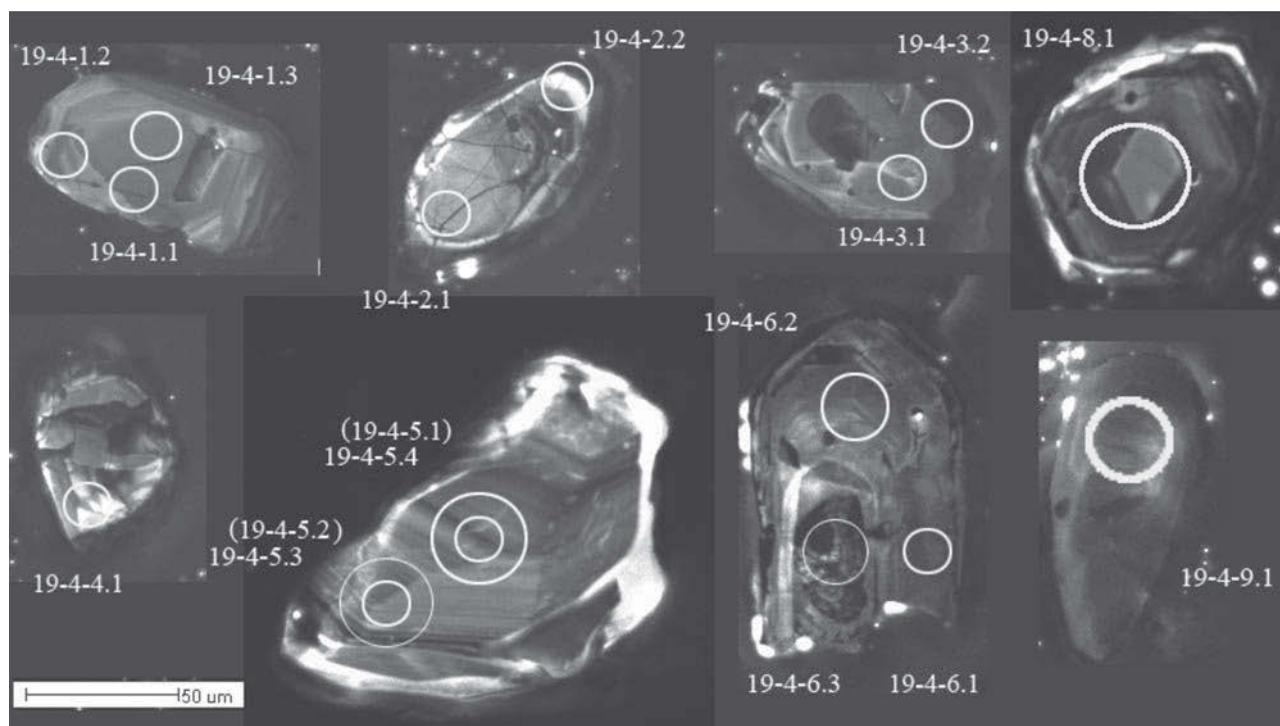


Рис. 5. Катодолюминесцентное изображение цирконов с точками измерения изотопов U, Th, Pb из дунитов (пр. 19/4) Инаглинского массива позднего архея (коллекция А. Н. Тимашкова)

По аналитическим точкам 5.1, 1.2, 1.1 построена дискордия с верхним пересечением 2529 ± 32 млн лет. Содержание U 176–378, Th 136–389 г/т, Th/U 0,6–1,1, Hf 8320–8434, Y 1300–2500, Gd 26–64, Yb 355–615 г/т. Циркон также магматический.

По аналитической точке 9.1 со степенью дискордантности 2 % получен возраст 1987 г/т 18 млн лет. Аналитическая точка 6.3 с конкордантным

возрастом 2125 ± 5 млн лет, в точке 6.1 со степенью дискордантности 8 % получено дискордантное значение возраста 2020 ± 14 млн лет. В точках 6.1 и 6.3 наблюдается повышенное содержание U 1660–543, Hf 8900–11618, Y 800–3936, Gd 97–111, Yb 315–1042 г/т. Вероятно, этот циркон имеет метасоматический генезис. Дискордантное значение возраста по аналитическим точкам 3.1, 3.2, 7.1,

Результаты U-Pb SIMS SHRIMP изотопных анализов в цирконах

Номер пробы	²⁰⁶ Pb _c , %	U, г/т	Th, г/т	²³² Th/ ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb*, г/т	(1) ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U		(1) ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb		D, %	(1) ²⁰⁷ Pb* / ²⁰⁶ Pb*	
						млн лет	±	млн лет	±			
19-4.7.1	0,38	1223	205	0,17	79,5	468	2	464	46	-1	0,0563	
19-4.3.1	4,44	202	161	0,83	34,5	1121	6	1785	51	59	0,1091	
19-4.3.2	1,16	343	129	0,39	69,8	1354	7	1803	27	33	0,1102	
19-4.9.1	0,19	167	61	0,38	50,7	1947	12	1987	18	2	0,1221	
19-4.6.1	0,38	543	372	0,71	158	1879	6	2020	14	8	0,1244	
19-4.6.3	0,11	1660	1310	0,82	556	2121	5	2125	5	0	0,1320	
19-4.6.2	0,14	378	389	1,06	124	2080	8	2148	10	3	0,1338	
19-4.2.2	8,86	571	198	0,36	56,7	646	8	2184	65	238	0,1366	
19-4.4.1	1,26	189	231	1,26	47,4	1630	9	2310	23	42	0,1469	
19-4.2.1	3,84	284	103	0,37	33,9	810	4	2382	29	194	0,1532	
19-4.1.1	0,08	250	128	0,53	86,6	2179	8	2448	7	12	0,1593	
19-4.1.2	0,02	193	92	0,49	73,5	2362	19	2500	8	6	0,1642	
19-4.5.1	0,04	176	136	0,80	71,1	2486	30	2528	10	2	0,1670	
19-4.1.3	0,09	247	143	0,60	91,6	2308	12	2534	9	10	0,1677	
19-4.5.2	0,03	226	239	1,10	94,2	2552	9	2615	6	2	0,1759	
19-4.5.3	0,02	171	134	0,81	75,1	2659	13	2690	10	1	0,1841	
19-4.5.4	0,03	239	187	0,81	106	2678	12	2696	9	1	0,1848	
19-4.8.1	0,04	143	127	0,92	62,7	2662	17	2697	11	1	0,1849	

Результаты U-Pb SIMS SHRIMP изотопных анализов в цирконах из гнейсов гранат-кварц-кордиеритовых вмещающих плутон из дунитов Инаглинского

Номер пробы	²⁰⁶ Pb _c , %	U, г/т	Th, г/т	²³² Th/ ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb*, г/т	(1) ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U		(1) ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb		D, %	(1) ²⁰⁷ Pb* / ²⁰⁶ Pb*	
						млн лет	±	млн лет	±			
G-21.5.2	0,04	693	18	0,03	205	1905	26	1889	9	-1	0,1156	
G-21.17.1	0,00	750	42	0,06	220	1890	26	1890	7	0	0,1157	
G-21.16.1	0,04	938	43	0,05	279	1914	26	1894	8	-1	0,1159	
G-21.1.2	0,06	1112	29	0,03	331	1914	26	1900	7	-1	0,1163	
G-21.2.1	0,03	1061	56	0,05	321	1946	26	1917	6	-1	0,1174	
G-21.12.1	0,00	791	47	0,06	249	2009	27	1987	7	-1	0,1221	
G-21.14.1	0,08	720	52	0,08	228	2022	27	1999	8	-1	0,1229	
G-21.1.1	0,13	599	30	0,05	191	2031	27	2001	9	-1	0,1231	
G-21.5.1	0,14	396	117	0,31	125	2014	27	2002	8	-1	0,1231	
G-21.10.1	0,08	709	264	0,39	222	2000	27	2011	8	1	0,1238	
G-21.8.1	0,03	797	117	0,15	257	2055	28	2026	7	-1	0,1248	
G-21.7.1	0,04	583	100	0,18	185	2021	27	2030	8	0	0,1251	
G-21.4.1	0,04	1067	79	0,08	347	2070	28	2081	7	1	0,1288	
G-21.6.1	0,09	649	132	0,21	232	2237	30	2319	7	4	0,1477	
G-21.11.1	0,06	383	147	0,40	144	2341	31	2360	19	1	0,1513	
G-21.9.1	0,05	693	222	0,33	266	2381	31	2448	12	3	0,1593	
G-21.3.1	0,08	293	85	0,30	117	2448	33	2514	17	3	0,1656	
G-21.15.1	0,06	310	332	1,10	130	2559	34	2587	9	1	0,1730	
G-21.13.1	0,09	369	135	0,38	159	2624	35	2705	16	3	0,1857	

Примечание к табл. 3 и 4. Погрешности единичных анализов (отношений и возрастов) приведены на уровне 1σ; Pb_c и Pb* – обыкновенный и радиогенный свинец; ошибка калировки стандарта не превышает 0,5 %; (1) – поправка на обыкновенный свинец проведена по измеренному ²⁰⁴Pb; K – коэффициент корреляции ошибок отношений ²⁰⁷Pb/²³⁵U – ²⁰⁶Pb/²³⁸U; D – коэффициент дискордантности: $100 \times [(1 - (\text{возраст } ^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U})) / (\text{возраст } ^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})]$.

Таблица 3

из дунитов Инаглинского массива

	±%	(1) $^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$	±%	(1) $^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	±%	К
	2,1	0,585	2,1	0,0753	0,4	0,169
	2,8	2,859	2,9	0,1900	0,6	0,212
	1,5	3,553	1,6	0,2337	0,6	0,362
	1,0	5,935	1,2	0,3525	0,7	0,592
	0,8	5,800	0,9	0,3383	0,4	0,454
	0,3	7,091	0,4	0,3895	0,3	0,745
	0,6	7,025	0,7	0,3809	0,4	0,607
	3,8	1,985	4,0	0,1054	1,3	0,321
	1,4	5,826	1,5	0,2877	0,6	0,399
	1,7	2,827	1,8	0,1338	0,5	0,302
	0,4	8,835	0,6	0,4023	0,4	0,728
	0,4	10,020	1,0	0,4426	0,9	0,904
	0,6	10,840	1,6	0,4706	1,5	0,923
	0,5	9,953	0,8	0,4305	0,6	0,754
	0,4	11,780	0,5	0,4857	0,4	0,756
	0,6	12,960	0,9	0,5105	0,6	0,728
	0,6	13,120	0,8	0,5151	0,5	0,696
	0,6	13,030	1,0	0,5112	0,8	0,769

Таблица 4

васильевской свиты,
массива

	±%	(1) $^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$	±%	(1) $^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	±%	К
	0,5	5,48	1,7	0,3439	1,6	0,951
	0,4	5,43	1,6	0,3407	1,6	0,968
	0,5	5,53	1,6	0,3458	1,6	0,960
	0,4	5,54	1,6	0,3458	1,6	0,970
	0,3	5,71	1,6	0,3524	1,6	0,978
	0,4	6,16	1,6	0,3658	1,6	0,973
	0,4	6,25	1,6	0,3685	1,6	0,966
	0,5	6,29	1,6	0,3704	1,6	0,956
	0,4	6,22	1,6	0,3666	1,6	0,965
	0,4	6,21	1,6	0,3638	1,6	0,964
	0,4	6,46	1,6	0,3754	1,6	0,973
	0,4	6,35	1,6	0,3682	1,6	0,963
	0,4	6,72	1,6	0,3786	1,6	0,968
	0,4	8,45	1,6	0,4149	1,6	0,971
	1,1	9,13	1,9	0,4379	1,6	0,816
	0,7	9,81	1,7	0,4467	1,6	0,911
	1,0	10,55	1,9	0,4619	1,6	0,852
	0,6	11,62	1,7	0,4872	1,6	0,946
	1,0	12,87	1,9	0,5024	1,6	0,850

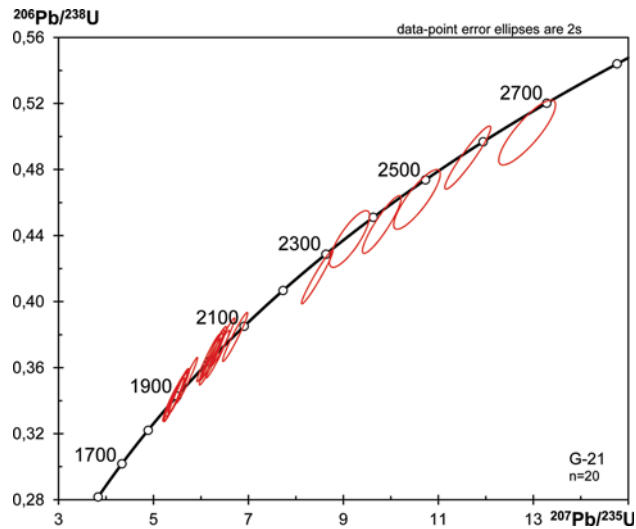


Рис. 6. Диаграмма с конкордией для цирконов из вмещающих гнейсов гранат-кварц-кордиеритовых иенгской серии архея

2,2 меньше 1,8 млрд лет. Содержание U 202–223, Th 129–205 г/т, Th/U 0,17–0,36.

В цирконах из кварц-гранат-кордиеритовых сланцев и гнейсов условно валидной васильевской свиты иенгской серии позднего архея из пр. G-21 весом около 2 кг выделено около 100 зерен. Фракция состоит из округлых светло-коричневых и бесцветных цирконов размером от 70 до 130 мкм с коэффициентом удлинения 1,0–1,7. В режиме КЛ цирконы состоят из мелких ядер (30–80 мкм) обломочной формы и широких черных оболочек. Ядра слабо-зональные, измененные, со слабым и умеренным свечением. По результатам U-Pb датирования получено несколько возрастных групп (рис. 7):

– по ядрам циркона – аналитические точки 13.1, 15.1, 3.1, 9.1, 11.1 со степенью дискордантности 1–3 % располагаются вдоль конкордии. Возрастные значения от 2700 до 2360 ± 33 млн лет. В режиме КЛ эти ядра имеют слабое свечение и нарушенную зональность. Вероятно, большая часть ядер омоложена под воздействием протерозойского высокотемпературного метаморфизма гранулитовой фации. Содержание U 293–693, Th 85–222 г/т, Th/U 0,30–0,40–1,10;

– по измененным ядрам – аналитические точки 6.1, 4.1, 7.1, 8.1, степень их дискордантности 1–4 %. Возрастные значения 2319–2026 млн лет. В режиме КЛ ядра со слабым свечением и без свечения, со следами зональности. Содержание U 583–1067, Th 79–132 г/т, Th/U 0,08–0,21;

– по измененным ядрам с повышенным содержанием урана – аналитические точки 0.1, 5.1, 1.1, 14.1, 12.1, конкордантный возраст 2002 ± 8 млн лет. Содержание U 396–791, Th 30–264 г/т, Th/U 0,05–0,39;

– по черным метаморфическим оболочкам с высоким содержанием урана – аналитические точки 2.1, 1.2, 16.1, 17.1, 15.1, 5.2, конкордантный возраст 1894 ± 8 млн лет. Содержание U 693–1112, Th 18–43 г/т, Th/U 0,03–0,06.

Обсуждение результатов. Ранее проведенное датирование (2015 г.) дунитов Инаглинского массива [4] не дало однозначного ответа на вопрос о возрасте массива. Полученный меловой возраст цирконов

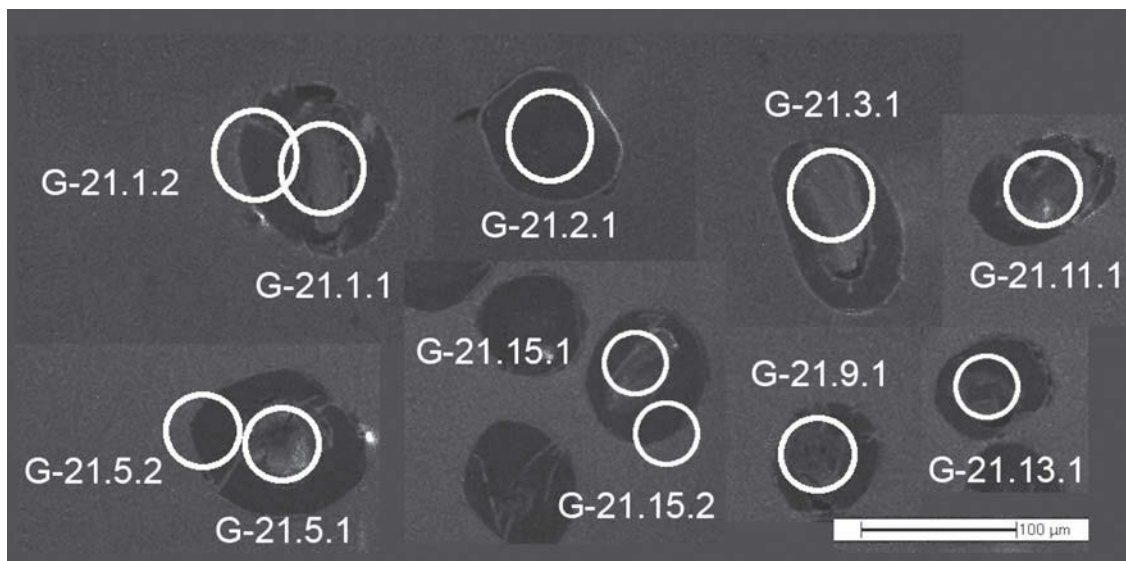


Рис. 7. Катодолюминесцентное изображение цирконов из гнейсов гранат-кварц-кордиеритовых иенгской серии, вмещающих плутон дунитов Инаглинского массива

из дунитов массива свидетельствует о контакто-вом воздействии сиенитов на его краевую часть и новообразовании кристаллов циркона и оболочек, отвечающих возрасту кристаллизации сиенитов алданского комплекса 133 ± 1 млн лет. Полученные по ядрам и центральным частям цирконов древние конкордантные значения составляют 2624 ± 37 , 2068 ± 14 , 1955 ± 27 млн лет [4] и хорошо согласуются с полученными нами значениями дунитов пр. G-19/4. Существуют два подхода к интерпретации возрастных данных по платиноносным дунитовым массивам. Большая часть исследователей считает эти образования полигенными, а полученные возрастные кластеры связывает с этапами становления и преобразования массивов [1, 5, 6]. Другие полагают, что широкие вариации возраста в дунитах свидетельствуют о контаминации их коровым материалом [10].

Самые древние значения возраста дунитов пр. G-19/4, составляющие 2690–2697 млн лет, получены нами по циркону с магматическими характеристиками: торий-урановым отношением 0,81–0,92 и содержанием гафния 8212–8460 г/т. Однако среди них не обнаружено циркона с низким содержанием Hf 5000–6000 г/т, характерным для этого минерала из пород основного и ультраосновного состава [9]. Предполагаем, что древние цирконы захвачены из вмещающих коровых пород. Метаморфизм гранулитовой фации с возрастом 27 млн лет в Нимнырском блоке обнаружен лишь косвенно присутствием унаследованных ядер в цирконах диатектических гранитоидов [3]. Можно было бы предположить, что дискордия с верхним пересечением 2541 ± 27 млн лет отражает нарушение U-Pb системы, связанное со взаимодействием ксеногенных цирконов с породами ультраосновного состава. С другой стороны, протерозойские возрастные значения, полученные по высокоурановым цирконам (6.1, 6.3) дунитов и оболочкам цирконов из вмещающих пород (пр. G-21) с возрастом 19–20 млн лет, свидетельствуют о проявлении гранулитового метаморфизма 20 млн лет. Проявление протерозойского метаморфизма гранулитовой фации было установлено

ранее в интервале 2036–1936 млн лет, в породах нестратифицированного фундамента и в супракрустальных породах верхнеалданской свиты [3]. Возможно, породы массива испытали протерозойский гранулитовый метаморфизм совместно с вмещающими гнейсами. Учитывая минимальный возраст 2,690 млн лет, полученный Sm-Nd методом, не исключаем, что для времени образования дунитового ядра Инаглинского массива возможно значение 2541 ± 27 млн лет. В пользу докембрийского возраста дунитов говорит и то, что в пр. G-19/4 отсутствуют цирконы с мезозойскими датировками. С другой стороны, породы дунитового ядра не несут признаков метаморфического воздействия, и в осадочных породах юдомской свиты (нижнего кембрия) обнаружены самородки платиноидов (устн. сообщ. Л. П. Карсакова). Поэтому дуниты Инаглинского массива не могут быть моложе нижнекембрийского возраста.

Более вероятным временем образования дунитов Инаглинского массива следует считать не юрско-меловое время, как это изображено на карте масштаба 1 : 1 000 000 [2], а докембрий. Тем более что на карте под ред. Е. П. Миронюка масштаба 1 : 1 000 000 [8] Инаглинский массив выделяется как рифейский.

Выражаем признательность за техническую помощь в подготовке статьи к печати аспиранту ВСЕГЕИ А. Г. Шарипову.

1. Баданина И.Ю., Белоусова Е.А., Малич К.Н. Изотопный состав гафния цирконов дунитов Нижнетагильского и Гулинского массивов (Россия) // Докл. РАН. 2013. Т. 448. № 1. — С. 59–63.

2. Беляев Г.М. и др. Государственная геологическая карта РФ. Масштаб 1 : 1 000 000. Лист О-51 — Алдан. — СПб.: ВСЕГЕИ, 2016.

3. Глебовицкий В.А., Седова И.С., Бережная Н.Г. и др. Новые данные о возрасте ультраметаморфогенных гранитоидов Алданского гранулитового ареала (Восточная Сибирь), последовательности процессов метаморфизма и возможностях региональных корреляций геологических

событий // Стратиграфия. Геологические корреляции. 2012. Т. 20. № 2. — С. 27–54.

4. Ибрагимова Э.К., Радков А.В., Молчанов А.В. и др. Результаты U-Pb (SHRIMP II) датирования цирконов из дунитов массива Инагли (Алданский щит) и проблема генезиса концентрически-зональных комплексов // Регион. геология и металлогения. 2015. № 62. — С. 64–78.

5. Краснобаев А.А., Ферштатер Г.Б., Бушарина С.В. Цирконология дунитов Южного Урала (Сахаринский, Восточно-Хабарнинский массивы) // Докл. РАН. 2009. Т. 426. № 4. — С. 523–527.

6. Малич К.Н., Ефимов А.А., Баданина И.Ю. О возрасте дунитов Кондерского массива (Алданская провинция, Россия): первые U-Pb изотопные данные // Докл. РАН. 2012. Т. 446. № 3. — С. 308–312.

7. Миронюк Е.П. и др. Геология западной части Алданского щита. — М.: Недра, 1971. — 237 с.

8. Миронюк Е.П., Тимашков А.Н. и др. Государственная геологическая карта РФ. Масштаб 1 : 1 000 000. Лист О-(50), 51 — Алдан. — СПб.: ВСЕГЕИ, 1999.

9. Савельева Г.Н., Батанова В.Г., Бережная Н.Г. и др. Полихронное формирование мантийных комплексов офиолитов (Полярный Урал) // Геотектоника. 2013. № 3. — С. 43–57.

10. Bea F., Fershtater G.B., Montero P. et al. Recycling of continental crust into the mantle as revealed by Kytlym dunitite zircons, Ural Mts, Russia // Terra Nova. 2001. Vol. 13. No 6. — P. 407–412.

1. Badanina I.Yu., Belousova E.A., Malich K.N. Zircon Hf isotope composition of Nizhny Tagil dunitite and Guli massives (Russia). *Dokl. RAN*. 2013. Vol. 448. No 1, pp. 59–63. (In Russian).

2. Belyaev G.M. i dr. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta RF. Masshtab 1 : 1 000 000. List O-51 — Aldan [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:1,000,000. Sheet O-51 — Aldan]. St. Petersburg. 2016.

3. Glebovitskii V.A., Sedova I.S., Berezhnaya N.G., Larionov A.N., Samorukova L.M. New data on the age of ultrametamorphic granitoids of the Aldan granulite area (Eastern Siberia), consequences of metamorphic processes and possibilities of regional correlations of geological events. *Stratigrafiya. Geologicheskie korrelyacii*. 2012. Vol. 20. No 2, pp. 139–165. (In Russian).

4. Ibragimova E.K., Radkov A.V., Molchanov A.V., Shatova N.V., Shatov V.V., Lepekhina E.N., Antonov A.V., Tolmacheva E.V., Solovyov O.L., Terekhov A.V., Horohorina E.N. The results of U-Pb (SHRIMP II) dating of zircons from dunitites of the Inagli Massif (Aldan Shield) and the problem of the genesis of concentric-zonal complexes. *Region. geologiya i metallogeniya*. 2015. No 62, pp. 64–78. (In Russian).

5. Krasnobayev A.A., Fershtater G.B., Busharina S.V. Zirconolite dunitites of the South Urals (Sharinsky, Eastern Kabardinsky arrays). *Dokl. RAN*. 2009. Vol. 426. No 4, pp. 523–527. (In Russian).

6. Malich K.N., Efimov A.A., Badanina I.Yu. About age dunitite Konder Massif (Aldan Province, Russia): the first U-Pb isotope data. *Dokl. RAN*. 2012. Vol. 446. No 3, pp. 308–312. (In Russian).

7. Mironyuk E.P. et al. Geologiya zapadnoy chasti Aldanskogo shchita [Geology of the western part of the Aldan Shield]. Moscow: Nedra. 1971. 237 p.

8. Mironyuk E.P., Timashkov A.N. i dr. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta RF (novaya seriya), masshtab 1 : 1 000 000. Karta dochetvertichnykh obrazovaniy: O-(50), 51 — Aldan [State Geological Map of the Russian Federation (new series), scale: 1:1,000,000. Map of pre-Quaternary formations: O-(50), 51 — Aldan]. St. Petersburg: VSEGEI. 1999.

9. Savelieva G.N., Batanova V.G., Berezhnaya N.G. i dr. Polychronous formation of mantle complexes in ophiolites (Polar Urals). *Geotektonika*. 2013. No 3. pp. 43–57. (In Russian).

10. Bea, F., Fershtater, G.B., Montero, P. et al. 2001: Recycling of continental crust into the mantle as revealed by Kytlym dunitite zircons, Ural Mts, Russia. *Terra Nova*. Vol. 13. 6. 407–412.

Тимашков Александр Николаевич — науч. сотрудник, ВСЕГЕИ ¹. Тел. (+7 812) 328-92-64.

Бережная Наталья Георгиевна — канд. геол.-минер. наук, зав. сектором, ВСЕГЕИ ¹. <nataliaber@mail.ru>

Лепехина Елена Николаевна — науч. сотрудник, ВСЕГЕИ ¹. <Elena_Lepekhina@vsegei.ru>

Богомолов Евгений Сергеевич — вед. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ ¹. <Evgeniy_Bogomolov@vsegei.ru>

Скублов Сергей Геннадьевич — доктор геол.-минер. наук, вед. науч. сотрудник, Институт геологии и геохронологии докембрия РАН (ИГГД РАН). Наб. Макарова, д. 2, Санкт-Петербург, 199034, Россия; профессор, Санкт-Петербургский горный университет (СПГУ). 21-я линия, 2, Санкт-Петербург, 199106, Россия. <skublov@yandex.ru>

Балашова Юлия Сергеевна — вед. инженер, ВСЕГЕИ ¹. <yulia_balashova@rambler.ru>

Timashkov Aleksandr Nikolayevich — Researcher, VSEGEI ¹. Tel. (+7 812) 328-92-64.

Berezhnaya Natal'ya Georgiyevna — Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Head of Sector, VSEGEI ¹. <nataliaber@mail.ru>

Lepekhina Yelena Nikolayevna — Researcher, VSEGEI ¹. <Elena_Lepekhina@vsegei.ru>

Bogomolov Evgeniy Sergeevich — Leading Researcher, VSEGEI ¹. <Evgeniy_Bogomolov@vsegei.ru>

Skublov Sergey Gennad'yevich — Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher, RAS Institute of the Precambrian Geology and Geochronology (IPGG RAS). 2 Naberezhnaya Makarova, St. Petersburg, 199034, Russia; Professor, Saint-Petersburg Mining University (SPMU). 21st Line, St. Petersburg, 199106, Russia. <skublov@yandex.ru>

Balashova Yuliya Sergeyevna — Leading Engineer, VSEGEI ¹. <yulia_balashova@rambler.ru>

¹ Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106, Россия.

A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). 74 Sredny Prospect, St. Petersburg, 199106, Russia.