

УДК 551.2.03:551.71:552.3

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ГЕОЛОГИЧЕСКОМ СТРОЕНИИ И ДОКЕМБРИЙСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ ГОРНОГО ОБРАМЛЕНИЯ ЗАПАДНОГО БОРТА ЛЕДНИКА ДЕНМАНА (ВОСТОЧНАЯ АНТАРКТИДА): ПЕРВЫЙ ПАЛЕОАРХЕЙСКИЙ ВОЗРАСТ ПЛАГИОГНЕЙСОВ

© 2023 г. В. А. Маслов^{1,*}, академик РАН В. Д. Каминский¹, Н. В. Родионов², Д. М. Воробьев³

Поступило 06.06.2023 г.

После доработки 03.07.2023 г.

Принято к публикации 04.07.2023 г.

Горное обрамление ледника Денмана является малоизученным и вместе с тем ключевым регионом Восточной Антарктиды в контексте изучения докембрийской геологической истории и геодинамической эволюции архейских протократонов Антарктического щита и их сопоставления с корообразующими событиями архея других регионов Земли. Освещены результаты геологических, U–Pb-изотопно-геохронологических исследований метаморфических и интрузивных пород западного борта ледника Денмана и их геотектоническая интерпретация. Впервые в этом секторе Антарктики получен палеоархейский возраст кристаллизации магматического протолита тоналитовых ортогнейсов гранито-гнейсового комплекса Дейвис — 3355 ± 5.4 млн лет. Палеоархейский протократон Дейвис на архейском отрезке развития был подвержен многостадийному полиметаморфизму в интервалах ~3100–3000, 2900–2800 млн лет назад. С поздним этапом связано растяжение земной коры, которое маркируется синтетектоническим внедрением ультрабазитовых даек и силлов пироксенитов (2827 ± 6 млн лет). Формирование гранитных жил и плутонов субшелочных гранитоидов отвечает времени тектоно-термальной Пан-Африканской активизации в интервале 550–510 млн лет, характерной для Рейнерской провинции Восточной Антарктиды. Кратонный террейн Дейвис демонстрирует значительное сходство во времени становления и эволюции геодинамических процессов с палео-мезоархейскими протократонами Восточной Антарктиды, а также Индии и Австралии.

Ключевые слова: Восточная Антарктида, горное обрамление ледника Денмана, палеоархей, тектоническое строение, геодинамика, геохронология докембрия, уран-свинцовый возраст, цирконы

DOI: 10.31857/S2686739723601424, **EDN:** DWEBJM

ВВЕДЕНИЕ

Регион охватывает горные районы крупнейшей системы ледников Денмана-Скотта в пределах Земли Королевы Мэри (ЗКМ) Восточной Антарктиды. Это — отдельные мелкие острова, плоские плато, изолированные утесы и нунатаки западного борта на полуостровах Мелба, Дейвис и южнее в истоках ледника до 140 км к югу. А также отделенные ледником в восточном борту, зна-

чительные по площади холмы Обручева и оазис Бангера (рис. 1).

Западное горное обрамление ледника, в силу географической удаленности и малодоступности, до последнего времени оставалось практически не изученным. В 2018 г. были осуществлены авиадесантные геологические работы на п-овах Мелба и Дейвис (о. Хиппо, Безымянное плато (название авторов), г. Уотсон, о. Чугунова).

В пределах значительного по площади региона нами выделены три крупные структурно-тектонические области (рис. 1):

— гранулит-гнейсовая субпровинция Шарко (1600–900 млн лет ?), простирающаяся к западу до ст. Мирный, выступает как самостоятельный блок в пределах крупнейшей протерозойской Рейнерской провинции, которая представляет собой долгоживущий Циркум-Антарктический подвижный пояс, структура которого сформирована из палеопротерозойских террейнов и архейских блоков с амальгамацией их в единый конти-

¹Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана им. И.С. Грамберга, Санкт-Петербург, Россия

²Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

³Полярная морская геологоразведочная экспедиция, Ломоносов, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: massev@gmail.com

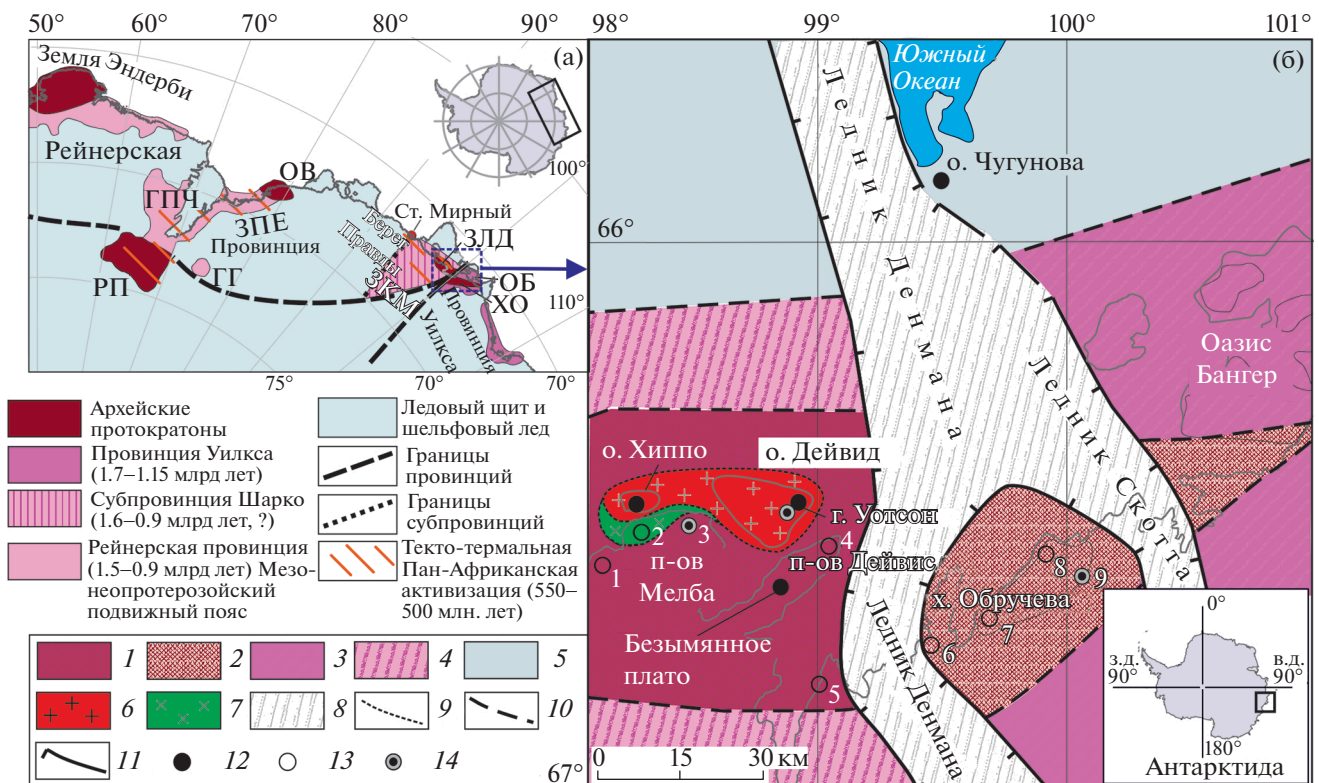


Рис. 1. Структурно-тектонические схемы Восточно-Антарктического кратона и горного обрамления ледника Денмана. (а) – Общая схема тектонического районирования восточного сектора Антарктического щита. Сокращения: РП – Рукерская провинция, ГПЧ – Горы Принс-Чарльз, ГГ – Горы Гров, ЗПЕ – Земля Принцессы Елизаветы, ОВ – Оазис Вестфолль, ЗКМ – Земля Королевы Мэри, ЗЛД – Западная часть ледн. Денмана, ОБ – Оазис Бангера, ХО – Холмы Обручева; (б) – Структурно-тектоническая схема горного обрамления ледника Денмана ЗКМ: 1 – палео-мезоархейский гранито-гнейсовый комплекс Дейвис (тоналитовые ± Рх-ортогнейсы, Рх–Аmf–Вt-кристаллосланцы, метасульфидиты); 2 – неоархей-палеопротерозойский комплекс Обручева (неоархейские пироксеносодержащие, амфибол-биотитовые тоналитовые гнейсы, палеопротерозойские Sill–Grt–Вt-гнейсы, Вt–Нb-гнейсы); 3 – провинция Уилкса (протерозойский подвижный пояс), оаз. Бангера; 4 – предполагаемая область развития субпровинции Шарко; 5 – недифференцированные области под шельфовым ледником Шеклтона, 6 – эдиакарско-кембрийские субшелочные гранитоиды; 7 – раннекембрийские (?) габброиды; 8 – область развития выводного ледника Денмана; 9 – предполагаемые геологические границы; 10 – предполагаемые границы провинций и комплексов (террейнов); 11 – предполагаемые границы рифтовой системы ледника Денмана; 12 – посещенные горные объекты, 2018 г. (о. Чугунова представлен флювиогляциальными, делювиальными отложениями); 13 – горы и острова в пределах региона (1 – скалы Джонс, 2 – м. Делей-Пойнт, 3 – м. Шарко, 3 – м. Жерлаша, 5 – скалы Поссеши, м. Харрисон, 6 – м. Джонс, 7–9 – холмы Обручева: холмы Крайние, м. Ходли; 14 – объекты с U–Pb-датировками горных пород по [3, 7, 12]).

нентальный массив на рубеже 1050–1000 млн. лет назад в процессе становления суперматерика Родиния [1, 2, 4, 9–11].

Субпровинция Шарко включает палео-мезоархейский комплекс (террейн) Дейвис (3400–3000 млн лет) в западном борту ледника Денмана, охватывающий площади полуостровов Мелба и Дейвис, выделенный авторами на основе новых геологических и геохронологических данных;

– неоархейский гранито-гнейсовый комплекс Обручева (2690–2641 млн лет [1, 4, 6]), расположенный на холмах Обручева и достигающий южной окраины оазиса Бангер (восточный борт лед. Денмана);

– провинция Уилкса – крупный аккреционно-коллизийный энсиматический подвижный

пояс палео-мезопротерозойского возраста (1700–1150 млн лет), протягивающийся на восток от оазиса Бангера до островов Уиндмилл и включающий мезопротерозойский вулканогенно-осадочный комплекс Бангер [1, 11].

Для определения геологических этапов формирования континентальной коры террейна Дейвис, а также сопоставления эволюции геодинамических процессов с известными палео-мезоархейскими кратонными блоками Восточной Антарктики, Индии и Австралии, были оценены возраста кристаллизации и тектоно-термальной переработки протолитов метаморфических пород и интрузивных гранитоидных образований, ранее не датированных.

Выделенный авторами гранито-гнейсовый комплекс Дейвис представляет собой архейский протократон, подобный другим гранит-гранулит-гнейсовым ядрам ранней консолидации Восточной Антарктиды. Этот террейн и области под мощным ледовым покровом к юго-западу и западу, ранее определялись, в силу крайне малой изученности, как “Ортогнейсы мыса Шарко” или “кратон Шарко”, на основе единственной датировки тоналитового ортогнейса с одноименного мыса и возрастом кристаллизации протолита 3003 ± 8 млн лет с последующим метаморфизмом 2889 ± 9 млн лет назад (U-Pb, SHRIMP, [3]).

Блоки архейского протократона Дейвис представлены в отдельных коренных выходах п-овов Мелба, Дейвис и сложены полосчатыми, мигматитовыми ($\pm Px$)—Bt—Amf-гнейсами, плагиогнейсами до послейных мигматитов с субсогласными прослоями и лентами апопироксенитовых амфиболитов, кристаллосланцев и метаультрабазитов. Жильный материал мигматитов обычно отвечает по составу лейкократовым плагиогранитам, а субстрат представлен амфиболитами или пироксенсодержащими гнейсами. Ультрабазитовые и базитовые часто будинированные силлы, линзы (длиной до первых десятков метров) представлены ($\pm Ol$)—Orх-метагорнблендитами, оливинсодержащими метавебстеритами и также установлены в составе метаморфических толщ на ск. Джонс, м. Шарко [4, 6, 7]. Все породы секутся жилами и дайками раннекембрийских гранитоидов, варьирующих по составу от нормальных лейкогранитов — гранитов до субщелочных граносиенитов.

Кристаллы циркона были изучены в пяти образцах горных пород метаморфического комплекса и прорывающих его магматических интрузий: лейкократовом мусковитсодержащем биотитовом ортогнейсе (плагиогнейс), оливинсодержащем метапироксените и трех гранитоидах (из секущей гнейсы жилы и двух крупных плутонов) — биотитовый лейкогранит, биотит-амфиболовый гранодиорит, пироксенсодержащий амфиболовый граносиенит.

Исследования зерен циркона были проведены на электронном сканирующем микроскопе SamScan и методом U—Pb ВИМС (вторично-ионная масс-спектрометрия, SIMS SHRIMP-II) во Всероссийском Научно-исследовательском Геологическом Институте им. А.П. Карпинского (ЦИИ ФГБУ ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург). U—Th—Pb-изотопные измерения выполнялись на высокоразрешающем микрозонде SHRIMP-II в одноколлекторном режиме с использованием вторичного электронного умножителя [5]. Значения полученных конкордантных возрастов и пересечений дискордий в тексте приведены в доверительном ин-

тервале 2 сигма. Результаты измерений приведены в таблицах (табл. 1).

АРХЕЙСКИЕ ОРТОГНЕЙСЫ КОМПЛЕКСА ДЕЙВИС

Безымянное плато, п-ов Дейвис. Впервые исследованное плато (координаты: $66^{\circ}31.67'$ ю.ш., $98^{\circ}50.65'$ в.д.) названо авторами как Безымянное. Породы представлены мигматизированными, неоднородными, полосчатыми, лейкократовыми биотитовыми гранитогнейсами и плагиогнейсами (обр. 63868-1a), с субсогласными пластообразными и лентовидными телами амфибол-биотитовых кристаллосланцев и двупироксеновых метапироксенитов (обр. 63868-2), и секущими метаморфиты жилами палеозойских гранитоидов (лейкогранитов, аплитов, 63868-3).

По химическому составу изученный плагиогнейс отвечает плутоническому плагиограниту (табл. 2). Минеральный состав: олигоклаз 40–50%, кварц 25–30%, ортоклаз 10–15%, биотит 2–3%, ед. зерна мусковита, акцессорный апатит и циркон.

Метаультрабазит представлен оливин-плагиоклазсодержащим, Bt—Hbl-метапироксенитом с совмещением гетерогранобластовой структуры наложенной на магматическую аллотриоморфнозернистую. Минеральный состав: ортопироксен 50–55%, клинопироксен 35–40%, роговая обманка 6–8%, биотит 3–4%, плагиоклаз ~1%, ед. зерна оливина, акцессорный циркон и рудный минерал.

Образец 63868-1a представлен лейкократовым мусковитсодержащим Bt-плагиогнейсом. Среди цирконов преобладают прозрачные слабоокрашенные зерна, главным образом, призматические со значительно скругленными гранями пирамид или изометричного габитуса ($K_{удл} > 2$ (2.5–5)). Католюминесценция (КЛ) выявила сложную структуру зерен с наличием ядер и кайм различной морфологии (рис. 3 а). Ядра в большинстве обладают призматическим габитусом, с ограничением из сочетаний скругленных дипирамид, иногда частично окатанны или расколоты. Для ядер характерна отчетливая осцилляторная концентрическая зональность, свидетельствующая о магматическом генезисе цирконов. Отмечается два типа метаморфических кайм (внутренние — темно-серые, иногда с концентрической структурой; внешние светло-серые), как результат перекристаллизации магматического циркона. Отношение Th/U в случае зональных ядер весьма типично для циркона магматического генезиса и имеет среднее значение ~0.6. Тогда как для однородных, темных ядер, а также для большинства изученных кайм (исключая второй тип) представленных цирконов величина Th/U-отношения,

Таблица 1. Результаты U–Th–Pb (SHRIMP-II)-геохронологических исследований циркона из ортогнейсов и гранитоидов комплекса Дейвис западного борта ледника Денмана

№ п/п	Номер точки	%	Содержания, ppm				²³² Th/ ²³⁸ U	возраст, млн. лет				D, %	²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb*	± %	²⁰⁷ Pb*/ ²⁰⁶ Pb*	± %	²⁰⁷ Pb*/ ²³⁵ U	± %	²⁰⁶ Pb*/ ²³⁸ U	± %	
			U	Th	²⁰⁶ Pb*	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U		±	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±											
Лейкократовый мусковитсодержащий, биотитовый плагиогнейс, обр. 63868-1a (Безыманное плато)																					
1	868-1A_12.1	0.05	289	67	60.7	0.24	1408	20	2388	14	70	4.095	1.6	0.15380	0.8	5.177	1.8	0.2442	1.6	0.9	
2	868-1A_5.1	0.18	112	66	41	0.60	2281	16	2779	16	22	2.356	0.8	0.19430	1.0	11.37	1.3	0.4244	0.8	0.7	
3	868-1A_14.1	0.06	158	82	70.7	0.53	2698	15	2886	11	7	1.924	0.7	0.20750	0.7	14.87	0.9	0.5198	0.7	0.7	
4	868-1A_36.2	0.69	212	222	95.2	1.08	2694	15	2890	13	7	1.927	0.7	0.208	0.8	14.88	1.0	0.5188	0.7	0.6	
5	868-1A_6.1	0.44	117	71	45	0.	2375	15	2896	14	22	2.245	0.8	0.20880	0.9	12.83	1.2	0.4454	0.8	0.7	
6	868-1A_8.1	0.01	785	124	384	0.16	2905	35	2929	33	1	1.757	1.5	0.21310	2.1	16.73	2.5	0.5693	1.5	0.6	
7	868-1A_28.1	0.02	785	387	382	0.51	2891	24	2945	9	2	1.767	1.0	0.2151	0.6	16.79	1.2	0.566	1.0	0.9	
8	868-1A_2.1	0.02	266	89	136	0.35	3012	83	2982	7	−1	1.679	3.4	0.22010	0.5	18.07	3.5	0.5950	3.4	1.0	
9	868-1A_25.2	0.03	309		154	0.21	2946	14	2988	7	1	1.726	0.6	0.22102	0.4	17.65	0.7	0.5793	0.6	0.8	
10	868-1A_18.1	0.11	92	182	45.1	2.04	2909	24	3010	13	3	1.753	1.0	0.22410	0.8	17.62	1.3	0.5704	1.0	0.8	
11	868-1A_30.1	0.01	1554	28	746	0.02	2862	7	3036	21	6	1.7893	0.3	0.2277	1.3	17.55	1.4	0.5589	0.3	0.2	
12	868-1A_35.1	0.01	1028	141	514	0.14	2958	7	3059	14	3	1.7178	0.3	0.2311	0.9	18.55	0.9	0.5821	0.3	0.3	
13	868-1A_33.1	0.01	1396	167	6	0.12	2835	7	3070	10	8	1.8102	0.3	0.2326	0.6	17.72	0.7	0.5524	0.3	0.4	
14	868-1A_20.1	0.00	4250	290	2240	0.07	3089	6	3077	8	0	1.6269	0.2	0.23360	0.5	19.8	0.6	0.6147	0.2	0.4	
15	868-1A_9.1	0.01	267	214	141	0.83	3078	15	3082	7	0	1.4	0.6	0.23430	0.4	19.77	0.7	0.6120	0.6	0.8	
16	868-1A_21.1	0.00	384	136	205	0.37	3123	11	3101	6	−1	1.6046	0.4	0.23709	0.4	20.37	0.6	0.6232	0.4	0.8	
17	868-1A_24.1	0.01	1028	460	565	0.46	3188	71	3112	60	−2	1.5	2.8	0.2388	3.8	21.07	4.7	0.64	2.8	0.6	
18	868-1A_10.1	0.00	1939	741	1050	0.39	3142	6	3131	13	0	1.5922	0.3	0.24170	0.9	20.93	0.9	0.6280	0.3	0.3	
19	868-1A_37.1	0.05	239	81	127	0.35	3099	14	3152	16	2	1.6201	0.6	0.2448	1.0	20.84	1.1	0.6173	0.6	0.5	
20	868-1A_7.1	0.01	1733	124	869	0.07	2964	7	3162	7	7	1.7129	0.3	0.24640	0.5	19.84	0.5	0.5838	0.3	0.6	
21	868-1A_34.1	0.02	2018	692	900	0.35	2695	6	3170	11	18	1.9269	0.3	0.2477	0.7	17.72	0.8	0.519	0.3	0.3	

Таблица 1. Продолжение

№ п/п	Номер точки	%	Содержания, ppm			$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	возраст, млн. лет				$^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}^*$	± %	$^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$	± %	$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$	± %	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	± %	Rho
			U	Th	$^{206}\text{Pb}^*$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	±	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	±									
22	868-1A_13.1	0.00	2125	257	1180	0.12	3209	6	3171	18	1.5502	0.2	0.24780	1.1	22.04	1.2	0.6451	0.2	0.2
23	868-1A_11.1	0.05	200	115	107	0.59	3112	15	3196	8	1.6114	0.6	0.25190	0.5	21.55	0.8	0.6206	0.6	0.8
24	868-1A_36.1	0.01	2274	652	1100	0.30	2877	6	3218	4	1.7775	0.3	0.25532	0.3	19.805	0.4	0.5626	0.3	0.7
25	868-1A_21.2	0.00	3781	1474	1980	0.40	3066	9	3228	2	1.6419	0.4	0.25694	0.1	21.576	0.4	0.6091	0.4	0.9
26	868-1A_1.1	0.02	777	396	313	0.53	2477	8	3239	16	2.1345	0.4	0.25880	1.0	16.72	1.1	0.4685	0.4	0.3
27	868-1A_4.1	0.01	1324	621	617	0.48	2793	7	3243	10	1.8444	0.3	0.25930	0.6	19.39	0.7	0.5422	0.3	0.4
28	868-1A_27.1	0.06	872	1109	420	1.31	2869	8	3256	9	1.7836	0.4	0.2616	0.6	20.22	0.7	0.5607	0.4	0.5
29	868-1A_38.1	0.01	5706	4042	2930	0.73	3020	5	3260	3	1.6732	0.2	0.26216	0.2	21.603	0.3	0.5976	0.2	0.7
30	868-1A_32.1	0.02	1189	69	714	0.06	3416	8	3279	3	1.4308	0.3	0.2654	0.2	25.575	0.4	0.6989	0.3	0.9
31	868-1A_23.1	0.00	1476	2158	835	1.51	3260	23	3280	23	1.519	0.9	0.2656	1.5	24.1	1.7	0.6582	0.9	0.5
32	868-1A_26.1	0.00	1350	695	793	0.53	3359	14	3292	10	1.4622	0.5	0.2675	0.7	25.23	0.8	0.6839	0.5	0.6
33	868-1A_18.2	0.05	647	717	316	1.15	2901	10	3296	5	1.7595	0.4	0.26821	0.3	21.02	0.5	0.5683	0.4	0.8
34	868-1A_29.1	0.02	1151	573	652	0.51	3263	8	3301	15	1.5174	0.3	0.2692	1.0	24.46	1.0	0.659	0.3	0.3
35	868-1A_15.1	0.00	1722	249	992	0.15	3307	8	3315	3	1.4918	0.3	0.27148	0.2	25.092	0.4	0.6703	0.3	0.9
36	868-1A_22.1	0.00	721	483	414	0.69	3302	10	3325	10	1.4949	0.4	0.27330	0.7	25.2	0.8	0.6689	0.4	0.5
37	868-1A_25.1	0.01	14	1766	844	1.25	3313	7	3326	2	1.4885	0.3	0.27342	0.2	25.327	0.3	0.6718	0.3	0.9
38	868-1A_17.1	0.00	1652	667	947	0.42	3294	7	3333	3	1.4992	0.3	0.27471	0.2	25.265	0.3	0.6670	0.3	0.8
39	868-1A_19.1	0.00	1420	828	824	0.60	3327	8	3339	3	1.4807	0.3	0.27571	0.2	25.673	0.4	0.6753	0.3	0.9
40	868-1A_31.1	0.01	444	300	212	0.70	2849	10	3341	12	1.7994	0.4	0.276	0.7	21.15	0.9	0.5557	0.4	0.5
41	868-1A_3.1	0.02	459	1	270	0.37	3361	12	3353	5	1.4612	0.5	0.27824	0.3	26.25	0.6	0.6844	0.5	0.8
42	868-1A_16.1	0.02	1144	127	677	0.11	3379	30	3354	22	1.451	1.1	0.27840	1.4	26.45	1.8	0.6891	1.1	0.6

Таблица 1. Продолжение

№ п/п	Номер точки	% ²⁰⁶ Pb _c	Содержания, ppm			²³² Th/ ²³⁸ U	возраст, млн. лет				D, %	²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb*	± %	²⁰⁷ Pb*/ ²⁰⁶ Pb*	± %	²⁰⁷ Pb*/ ²³⁵ U	± %	²⁰⁶ Pb*/ ²³⁸ U	± %	Rho
			U	Th	²⁰⁶ Pb*		²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±										
Оливинсодержащий, биотит-амфибол-двутироксеновый метатриоксенит, обр. 63868-2 (Безымянное плато)																				
1	868-2-8.1	0.00	369	202	27.9	0.57	543.5	5	527	29	-3	11.37	0.91	0.05793	1.3	0.703	1.6	0.08797	0.91	.561
2	868-2-17.1	0.00	937	417	72.2	0.46	553.9	5	536	18	-3	11.14	0.86	0.05816	0.84	0.719	1.2	0.08973	0.86	.716
3	868-2-27.1re	0.00	504	392	39.4	0.80	560.7	5	536	24	-4	11	0.91	0.05816	1.1	0.729	1.4	0.09087	0.91	.646
4	868-2-12.1	0.00	1268	527	97.5	0.43	552.5	4	540	14	-2	11.17	0.83	0.05828	0.66	0.719	1.1	0.08948	0.83	.782
5	868-2-26.1re	0.00	340	207	26	0.63	550.5	5	650	60	18	11.22	0.94	0.0613	2.8	0.754	3	0.08916	0.94	.315
6	868-2-2.1	0.02	2670	147	478	0.06	1219	9	1199.5	5.4	-2	4.804	0.79	0.0801	0.27	2.299	0.84	0.2082	0.79	.945
7	868-2-1.1	0.02	1604	360	308	0.23	1299.4	9	1296	6.6	0	4.478	0.79	0.08415	0.34	2.591	0.86	0.2233	0.79	.919
8	868-2-10.1	0.23	175	32	24.6	0.19	973	10	2183	63	124	6.136	1.1	0.1365	3.6	3.07	3.8	0.163	1.1	.296
9	868-2-24.1	0.07	140	38	21.8	0.28	1074	11	2427	17	126	5.517	1.1	0.1573	0.98	3.93	1.5	0.1812	1.1	.747
10	868-2-19.1	0.16	294	43	54.5	0.15	1257	11	2478	89	97	4.644	0.95	0.1621	5.3	4.81	5.3	0.2153	0.95	.178
11	868-2-16.1	0.02	792	98	173	0.13	1461	18	2518	67	72	3.933	1.3	0.166	4	5.82	4.2	0.2543	1.3	.321
12	868-2-6.1	0.12	199	58	57.9	0.30	1879	24	2546	39	35	2.955	1.5	0.1688	2.3	7.88	2.8	0.3384	1.5	.541
13	868-2-21.1	0.00	1232	278	331	0.23	1752	12	2687	10	53	3.202	0.81	0.1837	0.61	7.91	1	0.3123	0.81	.800
14	868-2-11.1	0.02	927	81	207	0.09	1487	11	2695	17	81	3.855	0.84	0.1847	1	6.604	1.3	0.2594	0.84	.9
15	868-2-13.1	0.03	249	526	97.6	2.19	2424	18	2824.4	6.7	17	2.19	0.89	0.19979	0.41	12.58	0.98	0.4565	0.89	.907
16	868-2-7.1	0.00	794	82	351	0.11	2673	29	2826.4	3.5	6	1.946	1.3	0.20002	0.22	14.17	1.3	0.514	1.3	.987
17	868-2-25.1	0.03	168	250	74.5	1.54	2677	21	2830.3	7.7	6	1.943	0.94	0.20051	0.47	14.23	1.1	0.5147	0.94	.892
18	868-2-9.1	0.00	940	188	371	0.21	2439	35	2832	67	16	2.175	1.7	0.2007	4.1	12.73	4.4	0.4598	1.7	.385
19	868-2-5.1	0.00	1157	95	494	0.08	2602	17	2849	14	9	2.011	0.81	0.2028	0.88	13.9	1.2	0.4972	0.81	.675
20	868-2-28.1re	0.02	238	269	96.6	1.16	2490	19	2851	29	15	2.122	0.94	0.2031	1.8	13.2	2	0.4714	0.94	.461
21	868-2-23.1re	0.05	335	32	72.4	0.10	1445	12	2853	51	97	3.981	0.91	0.2033	3.1	7.04	3.3	0.2512	0.91	.278

Таблица 1. Продолжение

№ п/п	Номер точки	%	Содержания, ppm			$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	возраст, млн. лет				D, %	$^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}^*$	± %	$^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$	± %	$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$	± %	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	± %	Rho
			U	Th	$^{206}\text{Pb}^*$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	±	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	±										
22	868-2-22.1re	0.01	856	74	328	0.09	2380	16	2880	19	21	2.239	0.83	0.2067	1.2	12.73	1.4	0.4465	0.83	.583
23	868-2-22.1	0.01	736	85	283	0.12	2387	17	2883	24	21	2.231	0.85	0.2071	1.5	12.8	1.7	0.4482	0.85	.490
24	868-2-4.1	0.03	221	358	99.8	1.67	2727	21	2883	22	6	1.899	0.94	0.2071	1.3	15.04	1.6	0.5265	0.94	.575
25	868-2-20.1	0.01	989	171	462	0.18	2797	21	2898	44	4	1.841	0.91	0.209	2.7	15.65	2.8	0.5432	0.91	.321
26	868-2-15.1	0.09	257	69	91.2	0.28	2226	17	2914.2	6.9	31	2.425	0.92	0.21112	0.43	12	1	0.4124	0.92	.907
27	868-2-14.1	0.15	122	108	53.2	0.92	29	23	2924	30	11	1.977	1.1	0.2124	1.9	14.82	2.1	0.5059	1.1	.499
28	868-2-18.1	0.01	1409	232	515	0.17	2284	15	2935.4	6.8	29	2.352	0.8	0.21392	0.42	12.54	0.9	0.4251	0.8	.886
29	868-2-4.1re	0.07	195	154	89.1	0.82	2746	21	2944	37	7	1.883	0.92	0.215	2.3	15.75	2.5	0.5311	0.92	.370
30	868-2-23.1	0.10	348	29	60.8	0.09	1192	28	2959	180	148	4.92	2.6	0.217	11	6.08	12	0.2032	2.6	.225
31	868-2-3.1	0.01	729	137	327	0.19	2710	18	2966	16	9	1.914	0.83	0.218	1	15.7	1.3	0.5225	0.83	.6
32	868-2(2)-3.1	0.00	524	175	39.6	0.34	543.8	4	539	47	—1	11.36	0.78	0.0582	2.1	0.707	2.3	0.08801	0.78	.339
33	868-2(2)-2.1	0.00	1068	1029	81.1	1.00	545.7	4	560	18	3	11.32	0.73	0.05881	0.81	0.71	1.1	0.08833	0.73	.670
34	868-2(2)-8.1	0.00	340	195	25.8	0.59	546.4	4	528	34	—3	11.31	0.83	0.05796	1.5	0.707	1.7	0.08846	0.83	.476
35	868-2(2)-1.1	0.00	665	528	50.8	0.82	549.7	4	559	26	2	11.23	0.75	0.05877	1.2	0.721	1.4	0.08901	0.75	.532
36	868-2(2)-9.1	0.00	714	426	54.7	0.62	550.3	4	538	41	—2	11.22	0.78	0.0582	1.9	0.715	2	0.08911	0.78	.386
37	868-2(2)-11.1	0.09	479	286	37.3	0.62	559.4	4	570	30	2	11.03	0.79	0.05908	1.4	0.739	1.6	0.09066	0.79	.494
38	868-2(2)-14.1	0.00	413	221	32.2	0.55	560.6	4	552	30	—2	11.00	0.8	0.05859	1.4	0.734	1.6	0.09086	0.8	.509
39	868-2(2)-15.1	0.03	529	3	41.1	0.71	558.3	4	565	30	1	11.05	0.78	0.05896	1.4	0.735	1.6	0.09046	0.78	.495
40	868-2(2)-6.1	0.09	216	120	16.9	0.58	5.4	5	562	45	0	10.95	0.9	0.0589	2	0.741	2.2	0.09133	0.9	.404
41	868-2(2)-5.1	0.04	725	60	198	0.09	1776	30	2685	15	51	3.153	1.9	0.1835	0.9	8.03	2.1	0.3172	1.9	.904
42	868-2(2)-4.1	0.27	183	69	53	0.39	1864	14	2795	11	50	2.982	0.89	0.1962	0.69	9.07	1.1	0.3354	0.89	.792
43	868-2(2)-13.1	0.21	244	185	101	0.78	2532	89	2685	11	6	2.078	4.2	0.1835	0.67	12.18	4.3	0.481	4.2	.988
44	868-2(2)-12.1	0.02	654	84	301	0.13	2765	17	2984	56	8	1.867	0.75	0.2205	3.5	16.28	3.6	0.5356	0.75	.208
45	868-2(2)-10.1	0.12	225	72	105	0.33	2791	19	2968	13	6	1.845	0.85	0.2182	0.83	16.31	1.2	0.5419	0.85	.716
46	868-2(2)-7.1	0.17	161	43	78.4	0.28	2891	20	2876	12	—1	1.767	0.86	0.2062	0.74	16.09	1.1	0.5658	0.86	.759

Таблица 1. Продолжение

№ п/п	Номер точки	%	Содержания, ppm			²³² Th/ ²³⁸ U	возраст, млн. лет				D, %	²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb*	%	²⁰⁷ Pb*/ ²⁰⁶ Pb*	± %	²⁰⁷ Pb*/ ²³⁵ U	± %	²⁰⁶ Pb*/ ²³⁸ U	± %	Rho
			U	Th	²⁰⁶ Pb*		²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±										
Лейкогранит, обр. 63868-3 (Безымянное плато)																				
1	868_1.1	0.09	262	352	20	1.39	547.4	2.9	533	31	-3	11.284	0.56	0.0581	1.4	0.71	1.5	0.0886	0.56	.369
2	868_2.1	0.03	146	53	78.7	0.38	3144	13	2985.5	8.4	-5	1.591	0.52	0.2207	0.52	19.12	0.74	0.6285	0.52	.704
3	868_2.2	0.28	128	90	9.61	0.73	540.1	4.2	591	53	9	11.442	0.81	0.0597	2.4	0.719	2.6	0.0874	0.81	.316
4	868_3.1	0.07	149	111	11.3	0.77	546.3	3.9	566	41	4	11.307	0.75	0.059	1.9	0.719	2	0.0884	0.75	.369
5	868_4.1	0.00	4462	466	2030	0.11	2743.9	7	2985.6	1.7	9	1.8847	0.31	0.2207	0.1	16.143	0.33	0.5306	0.31	.948
6	868_4.2	0.18	133	80	10	0.62	540.3	4.2	580	48	7	11.437	0.8	0.0594	2.2	0.716	2.3	0.0874	0.8	.343
7	868_5.1	0.22	119	71	8.89	0.62	536.4	4.4	537	52	0	11.525	0.85	0.0582	2.4	0.696	2.5	0.0868	0.85	.334
8	868_6.1	0.03	964	182	70.6	0.20	527.3	1.9	503	16	-5	11.731	0.37	0.0573	0.73	0.6735	0.82	0.0852	0.37	.450
9	868_7.1	0.26	174	148	13.2	0.88	543.6	4.3	558	55	3	11.365	0.82	0.0587	2.5	0.713	2.6	0.0880	0.82	.308
10	868_8.1	0.01	501	243	36.9	0.50	529.7	2.5	503	22	-5	11.676	0.49	0.0573	10	0.6766	1.1	0.0856	0.49	.442
11	868_9.1	0.15	252	250	19.1	1.03	545.2	3.1	5	35	3	11.331	0.59	0.0589	1.6	0.717	1.7	0.0883	0.59	.342
12	868_10.1	0.03	129	76	67	0.61	3050	16	2996	26	-2	1.653	0.64	0.2222	1.6	18.53	1.7	0.6049	0.64	.369
13	868_10.2	0.23	154	112	11.7	0.75	546.2	3.9	565	47	3	11.308	0.75	0.0589	2.2	0.719	2.3	0.0884	0.75	.327
14	868_11.1	0.10	148	107	74.2	0.75	2960	14	2962	18	0	1.716	0.6	0.2175	1.1	17.48	1.3	0.5828	0.6	.462
15	868_11.2	0.98	1343	230	90.1	0.18	480.2	1.4	453	72	-6	12.932	0.31	0.056	3.2	0.597	3.3	0.0773	0.31	.095
16	868_12.1	0.03	243	282	18.5	1.20	548.2	3.2	567	31	3	11.265	0.61	0.059	1.4	0.722	1.6	0.0888	0.61	.388
17	868-3_13.1	0.10	133	105	10.3	0.82	552.3	4.1	523	71	-5	11.179	0.78	0.0578	3.3	0.713	3.3	0.0895	0.78	.232
18	868-3_14.1	0.51	98	64	7.3	0.67	533.5	4.7	521	110	-2	11.59	0.92	0.0578	4.8	0.687	4.9	0.0863	0.92	.189
19	868-3_15.1	0.07	254	358	19.5	1.46	551.2	3.4	467	52	-15	11.203	0.64	0.0564	2.4	0.694	2.4	0.0893	0.64	.2
20	868-3_16.1	0.08	161	66	65.2	0.43	2493	11	2913	11	17	2.118	0.55	0.2109	0.68	13.73	0.87	0.472	0.55	.627
21	868-3_17.1	0.38	127	93	9.71	0.76	548.8	4.1	453	95	-17	11.253	0.79	0.056	4.3	0.686	4.3	0.0889	0.79	.181
22	868-3_17.2	0.03	272	131	138	0.50	2985	11	29.6	7.7	-1	1.6979	0.47	0.2177	0.48	17.68	0.67	0.589	0.47	.702
23	868-3_18.1	0.89	110	64	8.5	0.60	550.2	4.6	646	110	17	11.224	0.86	0.0612	5.1	0.752	5.2	0.0891	0.86	.167
24	868-3_18.2	0.09	127	93	9.72	0.76	549.9	3.9	498	70	-9	11.23	0.74	0.0572	3.2	0.702	3.2	0.0891	0.74	.229
25	868-3_19.1	0.47	116	74	9.06	0.66	559.4	4.3	480	95	-14	11.031	0.8	0.0567	4.3	0.709	4.4	0.0907	0.8	.183
26	868-3_3.2	0.71	217	119	40.9	0.57	1271.5	6.4	2574	17	100	4.586	0.56	0.1716	10	5.16	1.1	0.218	0.56	.487
27	868-3_2.3	0.08	165	70	89.9	0.43	3159	12	3009.7	8.5	-5	1.5815	0.5	0.224	0.53	19.53	0.73	0.23	0.5	.685
28	868-3_6.2	0.03	232	106	102	0.47	2670	11	2943	16	10	1.9489	0.5	0.2149	1	15.2	1.1	0.5131	0.5	.443
29	868-3_20.1	0.20	132	95	10.3	0.74	559.4	3.9	515	72	-8	11.031	0.73	0.0576	3.3	0.72	3.4	0.0907	0.73	.215
30	868-3_20.2	0.43	99	90	7.33	0.94	529.7	4.4	462	100	-13	11.68	0.87	0.0562	4.6	0.664	4.7	0.085	0.87	.186
31	868-3_21.1	0.27	125	94	9.77	0.78	560.5	4	527	74	-6	11.009	0.75	0.0579	3.4	0.726	3.4	0.0908	0.75	.217
32	868-3_21.2	0.02	444	148	207	0.34	2795.9	8.2	2971.1	5.5	6	1.8417	0.36	0.2187	0.34	16.37	0.5	0.543	0.36	.726

Таблица 1. Продолжение

№ п/п	Номер точки	% ²⁰⁶ Pb _c	ppm U	ppm Th	ppm ²⁰⁶ Pb*	²³² Th/ ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	возраст млн лет	²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb*	%	²⁰⁷ Pb*/ ²⁰⁶ Pb*	%	²⁰⁷ Pb*/ ²³⁵ U	%	²⁰⁶ Pb*/ ²³⁸ U	%	Rho
Биотит-амфиболовый гранодиорит. обр. 63867-1 (остров Хиппо)																	
1	867-1_21.1	0.00	212	532	14.8	2.59	505	3	12.273	0.7	0.0588	2.1	0.661	2.2	0.0815	0.7	0.3
2	867-1_22.1	0.00	269	593	18.9	2.28	505	3	12.262	0.6	0.0576	1.9	0.647	2	0.0816	0.6	0.3
3	867-1_16.1	0.18	348	973	24.5	2.89	506	3	12.245	0.6	0.0578	2.2	0.651	2.3	0.0817	0.6	0.3
4	867-1_2.1	0.05	1383	2798	97.4	2.09	508	3	12.204	0.5	0.058	1.1	0.6552	1.2	0.08194	0.5	0.4
5	867-1_9.1	0.00	360	26	25.4	0.08	509	3	12.176	0.7	0.0584	2.0	0.662	2.1	0.08213	0.7	0.3
6	867-1_19.1	0.00	285	683	20.2	2.47	509	3	12.161	0.6	0.0585	1.8	0.663	1.9	0.0822	0.6	0.3
7	867-1_4.1	0.05	1136	1735	80.5	1.58	511	2	12.122	0.4	0.057	1.2	0.6482	1.3	0.08250	0.4	0.3
8	867-1_10.1	0.00	286	612	20.3	2.21	512	4	12.108	0.8	0.0579	2.2	0.66	2.3	0.08259	0.8	0.3
9	867-1_17.1	0.00	264	655	18.8	2.56	513	4	12.078	0.7	0.057	1.8	0.65	2	0.0828	0.7	0.4
10	867-1_20.1	0.00	259	633	18.4	2.52	513	4	12.076	0.7	0.0586	1.9	0.669	2	0.0828	0.7	0.4
11	867-1_23.1	0.08	770	1044	54.8	1.40	513	2	12.073	0.4	0.0574	1.4	0.6558	1.4	0.0828	0.4	0.3
12	867-1_25.1	0.00	174	326	12.4	1.94	513	4	12.072	0.8	0.0587	2.3	0.671	2.4	0.0828	0.8	0.3
13	867-1_24.1	0.00	520	977	37	1.94	513	3	12.07	0.5	0.0572	1.4	0.6533	1.5	0.0829	0.5	0.4
14	867-1_12.1	0.04	1320	2721	94	2.13	513	2	12.067	0.4	0.0568	1.1	0.6485	1.2	0.08287	0.4	0.3
15	867-1_11.1	0.26	280	347	20	1.28	514	4	12.049	0.8	0.058	3.3	0.664	3.4	0.08299	0.8	0.2
16	867-1_13.1	0.00	184	271	13.1	1.52	514	5	12.04	1.0	0.0557	2.8	0.638	3.0	0.08305	1.0	0.3
17	867-1_18.1	0.00	215	396	15.4	1.90	515	3	12.037	0.7	0.0574	2	0.657	2.2	0.0831	0.7	0.3
18	867-1_14.1	0.00	238	277	17	1.20	516	4	12	0.8	0.0588	2.4	0.675	2.6	0.08334	0.8	0.3
19	867-1_1.1	0.00	307	740	22	2.49	517	5	11.99	1.0	0.0566	2.1	0.652	2.3	0.08342	1.0	0.4
20	867-1_15.1	0.00	439	926	31.5	2.18	517	3	11.983	0.7	0.0591	2.0	0.68	2.1	0.08345	0.7	0.3
21	867-1_6.1	0.00	223	29	16.1	0.13	520	5	11.91	1.0	0.0583	2.8	0.674	3.0	0.08396	1.0	0.3
22	867-1_3.1	0.00	288	705	20.8	2.53	521	4	11.87	0.9	0.0567	2.2	0.658	2.4	0.08422	0.9	0.4
23	867-1_8.1	0.00	508	1011	36.8	2.06	522	3	11.864	0.7	0.0581	1.7	0.675	1.8	0.08429	0.7	0.4
24	867-1_5.1	0.00	325	447	23.5	1.42	522	4	11.852	0.8	0.0574	2.2	0.668	2.3	0.08437	0.8	0.3
25	867-1_7.1	0.68	147	342	10.8	2.41	526	6	11.77	1.1	0.057	6.5	0.667	6.6	0.08495	1.1	0.2

Таблица 1. Продолжение

№ п/п	Номер точки	‰ ²⁰⁶ Pb _c	ppm U	ppm Th	²³² Th/ ²³⁸ U	ppm ²⁰⁶ Pb*	возраст млн лет		D, %	²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb	%	²⁰⁷ Pb*/ ²⁰⁶ Pb*	%	²⁰⁷ Pb*/ ²³⁵ U	%	²⁰⁶ Pb*/ ²³⁸ U	%	Rho		
							²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb												
Граносиенит. обр. 63Watson (Гора Уотсон)																				
1	9.1	0.00	7111	4228	0.61	537	543.3	9.2	493.1	8.8	-9	11.37	1.8	0.05704	0.4	0.692	1.8	0.0879	1.8	.976
2	12.1	0.00	7018	2107	0.31	520	533	9	510.4	9	-4	11.6	1.8	0.05749	0.41	0.683	1.8	0.0862	1.8	.974
3	2.1	0.00	6543	4134	0.65	474	521.4	8.8	490.3	9.5	-6	11.87	1.8	0.05697	0.43	0.662	1.8	0.0842	1.8	.971
4	1.1	0.02	6049	1047	0.18	431	513.4	8.7	511.3	10	0	12.06	1.8	0.05751	0.45	0.657	1.8	0.0829	1.8	.969
5	4.1	0.05	5243	250	0.05	383	526.5	8.9	495	13	-6	11.75	1.8	0.0571	0.59	0.67	1.9	0.0851	1.8	.948
6	5.1	0.00	453	336	0.76	31.9	507.8	9.2	531	36	5	12.2	1.9	0.05802	1.6	0.656	2.5	0.082	1.9	.754
7	3.1	0.00	363	92	0.26	26.1	519.2	9.5	525	40	1	11.92	1.9	0.0579	1.8	0.669	2.6	0.0839	1.9	.725
8	14.1	0.40	617	366	0.61	44.1	514	9.1	549	44	7	12.05	1.8	0.0585	2	0.669	2.7	0.083	1.8	.676
9	8.1	0.00	216	441	2.11	15.5	519	9.4	539	45	4	11.93	1.9	0.0583	2	0.673	2.8	0.0838	1.9	.680
10	1.2	0.16	328	189	0.60	23.1	507.8	9.2	539	47	6	12.2	1.9	0.0582	2.2	0.658	2.9	0.082	1.9	.655
11	6.1	0.00	139	160	1.19	10.2	527.6	9.9	492	56	-7	11.73	2	0.057	2.5	0.67	3.2	0.0853	2	.612
12	2.2	0.18	234	96	0.42	17	523.3	9.7	515	57	-1	11.83	1.9	0.0576	2.6	0.672	3.2	0.0846	1.9	.597
13	13.1	0.26	235	123	0.54	17.3	527	9.5	514	60	-2	11.74	1.9	0.0576	2.7	0.676	3.3	0.0852	1.9	.569
14	12.2	0.27	204	107	0.54	14.6	512.9	9.4	548	60	7	12.08	1.9	0.0585	2.7	0.668	3.3	0.0828	1.9	.570
15	11.1	0.23	150	193	1.33	11	525	10	499	66	-5	11.79	2	0.0572	3	0.669	3.6	0.0848	2	.556
16	10.1	0.81	280	195	0.72	20.6	524.9	9.4	539	79	3	11.79	1.9	0.0582	3.6	0.681	4.1	0.0848	1.9	.461
17	7.1	0.44	190	251	1.36	13.8	519	9.5	471	80	-9	11.93	1.9	0.0565	3.6	0.653	4.1	0.0838	1.9	.465

Погрешности в пределах 1σ; Pb* и Pb* обозначает обыкновенный и радиогенный свинец соответственно; Rho — коэффициент корреляции отношений ²⁰⁷Pb/²³⁵U — ²⁰⁶Pb/²³⁸U; D — коэффициент дискордантности.

Таблица 2. Силикатный состав изученных ортогнейсов и гранитоидов комплекса Дейвис западного борта ледника Денмана (содержание элементов на абс.-сухое вещество в %)

№ п/п	Горный объект	№ образца	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	ППП	Σ
1	Плато Бызымянное	63868-1a	67.07	15.96	0.32	1.77	1.91	0.05	2.45	1.77	3.40	4.74	0.14	0.39	99.97
2	Плато Бызымянное	63868-2	48.23	6.27	0.84	7.10	9.41	0.28	11.04	11.02	1.73	3.19	0.12	1.02	100.2
3	Плато Бызымянное	63868-3	73.31	13.84	0.20	0.81	1.54	0.03	2.70	0.93	2.01	3.53	0.06	0.55	99.51
4	о. Хиппо	63867-1	54.88	14.64	1.68	1.19	8.14	0.13	6.01	3.95	3.35	3.17	1.13	1.45	99.73
5	г. Уотсон	63watson	68.31	15.12	0.70	1.46	2.67	0.06	1.57	0.41	5.30	3.61	0.14	0.54	99.90

как правило, не превышает 0.2–0.3, что типично для метаморфических цирконов.

Всего было выполнено 42 анализа по различным частям 30 зерен, из них 13 значений оказались дискордантными. По остальным 14 анализам зональных ядер и 15 по новообразованным цирконам и каймам был оценен возраст плагиогнейса. По 14 и 5 измерениям зональных ядер были построены линии регрессии. В первом случае верхнее пересечение отвечает возрасту $3317 \pm \pm 21$ млн лет, когда по 5 значениям в верхнем пересечении формируется субконкордантный кластер с возрастом 3347 ± 11 млн лет, и интерпретируется как возраст кристаллизации протолита, а нижнее, отвечающее значению 2461 ± 410 млн лет, может указывать на потерю зернами циркона радиогенного Pb в палеопротерозое и увязываться с метаморфизмом, известным в регионах западнее исследуемой площади [2, 10].

По 2 ядрам зерен получен конкордантный возраст 3355 ± 5.4 млн лет, подобный верхнему пересечению, который интерпретируется как максимальное время кристаллизации магматического протолита ортогнейсов. Замеры по 15 каймам и метаморфическим зернам дали $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -возраст в пределах 2886–3131 млн лет. По 14 анализам построена линия регрессии с верхним пересечением в 3094 ± 40 млн лет. По 2 значениям получены аналогичные конкордантные возраста — 3082 ± 24 млн лет и 3084.6 ± 5 млн лет и интерпретируются как время мезоархейского тектоно-термального события.

В образце 63868-2 (Bt–Hbl-метапироксенит) в выборке 46 цирконов преобладают прозрачные слабоокрашенные изометричные зерна или со слабо выраженной огранкой округленных дипирамид, поверхность гладкая, без следов механической абразии, $K_{\text{удл}} = 1\text{--}4$. Снимки КЛ выявляют несколько типов зональности роста: широкополосную концентрическую, блочную (мозаичную)

и секториальную (рис. 3 б). Внешние каймы КЛ — яркие, осцилляторные, переменной толщины, выявлены лишь на части зерен. Морфология и внутренняя структура большинства цирконов (исключая несколько зерен) предполагает его метаморфогенную природу.

По ядрам зерен получены значения $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -возраста в широком временном интервале $1296 \pm 6.6\text{--}2984 \pm 16$ млн лет. Все значения оказались дискордантными, по 16 и 7 анализам построены линии регрессии с верхними пересечениями в 2874 ± 24 и 2827 ± 6 млн лет соответственно, которые интерпретируются как время синтектонического внедрения протолитов метапироксенитов (перекристаллизации унаследованных зерен циркона, кристаллизации магматического протолита). 14 измерений, выполненные по внешним каймам и метаморфическим зернам, сформировали конкордантную группу с возрастом 552 ± 2.3 млн лет, соотносимым со временем Пан-Африканского тектоно-термального события.

КОМПЛЕКС ПОЗДНЕЭДИАКАРСКО-РАННЕКЕМБРИЙСКИХ ГРАНИТОИДОВ

Безымянное плато, п-ов Дейвис. По **обр. 63868-3**, представляющему жилу биотитсодержащего лейкогранита, секущую метаморфические породы, выполнено 32 анализа по 21 циркону. Исходя из морфологии кристаллов в породе присутствуют преимущественно цирконы магматического генезиса. Это прозрачные, бледно-розовые, коротко-среднепризматические зерна циркона, (суб-)идиоморфные, без трещин, главным образом с секториальной зональностью. Также отмечено 10 унаследованных ядер, заключенных в широкие зональные оболочки. Ядра незональные и темные в КЛ, либо с мозаичной зональностью (рис. 3 в).

По 18 анализам (с учетом унаследованных ядер) была построена линия регрессии с верхним пересечением в значении 2978 ± 14 млн лет и нижним рубежом 541.1 ± 4 млн лет (рис. 1 г).

Для группы из 9 значений по унаследованным ядрам, был получен конкордантный U–Pb-возраст 2978.8 ± 7.2 млн лет, аналогичный значению верхнего пересечения, и рассматривается как возраст перекристаллизации цирконов протолита. Эта датировка может сопоставляться с конкордантными возрастами метаморфизма для ортогнейса (3082–3084 млн лет, обр. 63868-1а) и, возможно, отвечать финальному импульсу данного тектоно-термального этапа. Из 23 значений магматических цирконов и оболочек 18 оказались конкордантными и образовали компактный кластер с возрастом кристаллизации лейкогранита — 548 ± 2.5 млн лет, что аналогично значению группы анализов метаморфических цирконов из метапироксенита.

Остров Хиппо, Гора Уотсон. В пределах северной оконечности полуострова Мелба интрузии гранодиоритов-граносиенитов о. Хиппо и Дейвид совместно с установленными ранее выходами габбродиоритов и лейконоритов (к северу, м. Делей-Пойнт и Кеннеди, [8]), представляют собой экспонированные блоки крупного сложного многофазного интрузивного массива габбро-диорит-гранодиоритовой магматической формации (рис. 1).

О. Хиппо представляет собой протяженную грядку (~1 км) высотой 200 м и сложен ассоциацией Amf–Bt–монцодиоритов-граносиенитов, с узкими (до 0.5 м) секущими жилами светло-розовых лейкоплагиогранитов (ранее на острове предполагалось развитие мезоархейских гнейсов [8]). Гору Уотсон составляет однородный граносиенит-сиенитовый плутон площадью ~0.7 км².

Изученные цирконы о. Хиппо, г. Уотсон представлены главным образом (суб-)идiomорфными длиннопризматическими ($K_{удл} = 2–4.5$) кристаллами с осцилляторной, иногда широкополосной зональностью. Зерна прозрачны, слабо окрашены, часто с отчетливыми гранями дипирамид. Морфологические и структурные характеристики цирконов типичны для зерен магматической природы (рис. 2 г–ж, рис. 3).

В амфибол-биотитовом монцодиорите **63867-1** (о. Хиппо) все выполненные 25 анализов зерен циркона оказались конкордантными и сформировали компактную группу с возрастом 512.6 ± 1.4 млн лет, который интерпретируется как время кристаллизации магмы. В образце биотитового граносиенита (г. Уотсон, обр. Н.В. Боровкова, ФГБУ “ВНИИОкеангеология”) было выполнено 17 анализов. По 12 конкордантным значениям идиоморфных зерен получен возраст кристаллизации гранитоидных магм — 518.8 ± 5.4 млн лет.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Установленное время кристаллизации протолитов ортогнейсов Дейвис (~3355 млн лет) на *плато Безымянном* дает существенное удревление возраста формирования протократона, а также увеличивает область развития палео-мезоархейских тоналитовых гнейсов террейна Дейвис к востоку от м. Шарко минимум на 27 км.

Представленный комплекс Дейвис — это палео-мезоархейский протократон, близкий в своем становлении другим гранито-гнейсовым ядрам ранней консолидации Восточной Антарктиды, и в геологическом развитии во многом синхронен и сингенетичен с архейской гранит-зеленокаменной Рукерской областью юга ледника Ламберта, гранулит-чарнокит-эндербитовым Нейпирским блоком Земли Эндерби или оазисом Вестфолль [2, 10].

Интерпретация полученных данных позволяет провести временную, структурно-формационную корреляцию с вышеперечисленными террейнами Восточной Антарктики, а также архейских доменов Индии и Австралии, сопоставляемых при тектонических реконструкциях в рамках проблемы становления и распада древних суперконтинентов. Так, широко дискуссионным остается вопрос о геодинамических моделях формирования протерозойско-раннекембрийских террейнов в пределах палеоконтинентов Родинии и Гондваны, рассматриваемых как блоки сочленения индо-антарктической или австрало-антарктической коры.

Известно, что Рейнерская орогения в Восточной Антарктиде делится на два близких этапа тектоно-термальной активности в интервалах 1300–1150 и 1200–900 млн лет [1–3, 11]. Эта асинхронность тектоно-магматических процессов, отмеченная многими исследованиями позволила позднее выделить (к востоку и западу от системы ледников Денмана-Скотта) в пределах Циркум-Антарктического подвижного пояса самостоятельные провинции: Уилкса и Рейнерскую, отвечающие Австрало-Антарктическому и Индо-Антарктическому блокам соответственно и различающимся историей геологического развития на протерозойско-раннекембрийском этапе [1, 4, 9, 11].

Присутствие раннекембрийских гранитоидов также значимо отличает комплекс Дейвис от террейнов восточного борта ледника Денмана (холмы Обручева, оазис Бангера), где в метаморфитах и интрузивных образованиях до сих пор не установлено свидетельств поздних, Пан-Африканских тектоно-термальных событий, за исключением нескольких датировок по дайкам долеритов [1, 8]. Можно предполагать что домены Шарко и Уилкса на позднепротерозойско-раннекембрийском этапе геологического развития занимали различные уровни земной коры и/или претерпе-

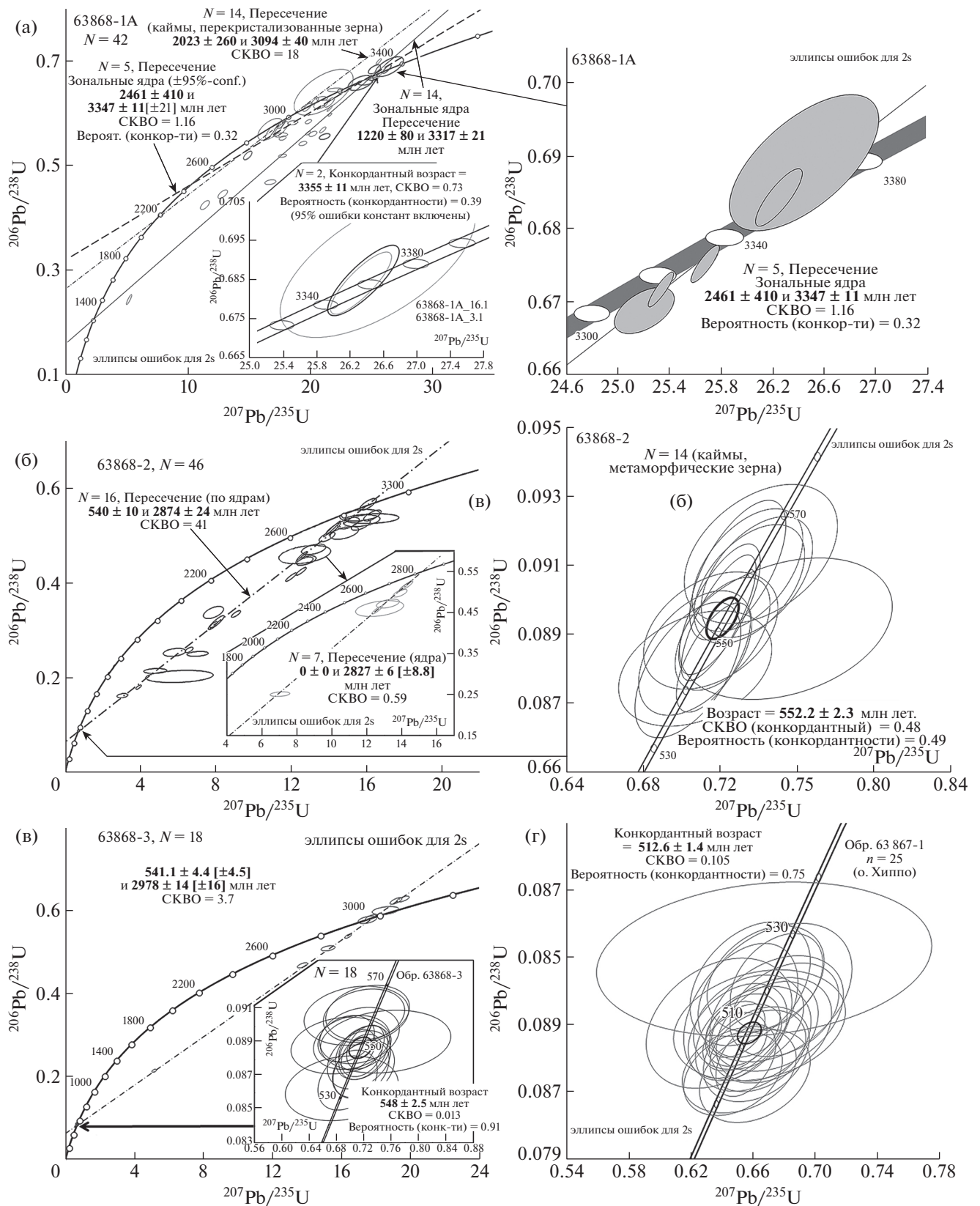


Рис. 2. Геохронологическая характеристика изученных цирконов метаморфических и интрузивных пород западного обрамления ледника Денмана. Изотопные U–Pb-диаграммы с конкордией (а–г). См. рис. 2 д–ж.

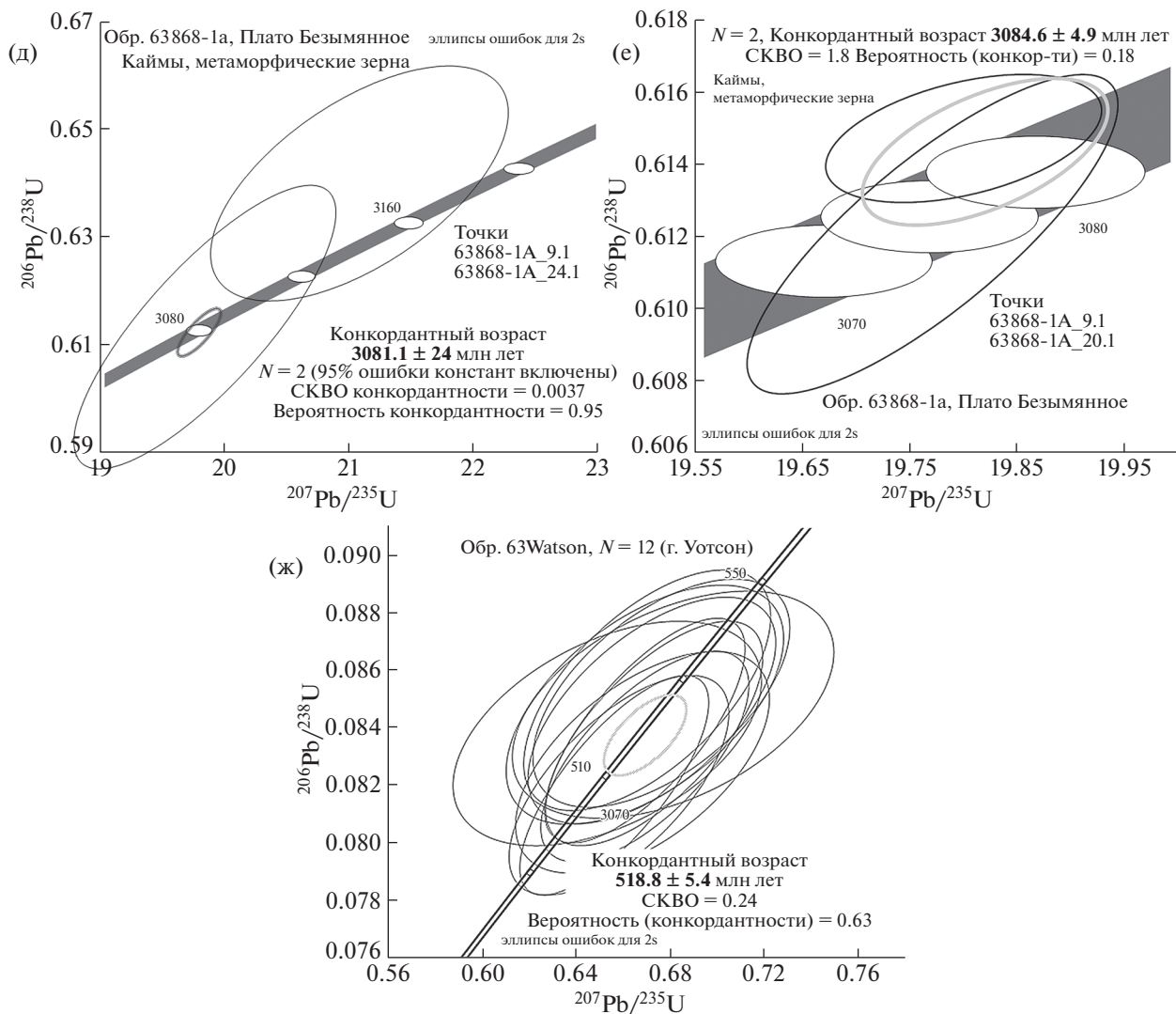


Рис. 2. Окончание.

вали противоположные режимы напряжений в независимых геодинамических условиях изолированно друг от друга.

Таким образом, в результате исследований установлено следующее:

1. Наиболее древние породы палео-мезоархейского комплекса Дейвис представлены палеоархейскими плагиогнейсами, возраст кристаллизации магматического протолита которых составляет 3355 ± 5.4 млн лет. Метаморфические зерна и каймы цирконов тоналитовых ортогнейсов Дейвис, а также унаследованные ядра циркона из раннепалеозойской гранитной жилы (2978.8 ± 7.2 млн лет) демонстрируют возрастной интервал древнего мезоархейского метаморфического события 3100–3000 млн лет.

2. Минимальное время кристаллизации магматического протолита при синтетектоническом

внедрении оливинсодержащих метапироксенитов оценивается в 2827 ± 6 млн лет, которое может сопоставляться с возрастом гранулитового метаморфизма и деформаций ортогнейсов мыса Шарко (2889 ± 9 млн лет, [3]).

3. Наличие в составе террейна Дейвис метаморфизованных ультраосновных-основных пород характерно для областей с развитием дивергентных процессов и говорит о возможном рифтогенезе палеоархейской коры на рубеже мезо-неоархея (2900–2800 млн лет), как предполагается для некоторых архейских блоков Восточной Антарктики [2, 10].

4. Формирование жильных гранитоидов и граносиенит-гранодиоритовых плутонов с возрастом кристаллизации циркона в интервале 550–510 млн лет сопоставляется со временем проявле-

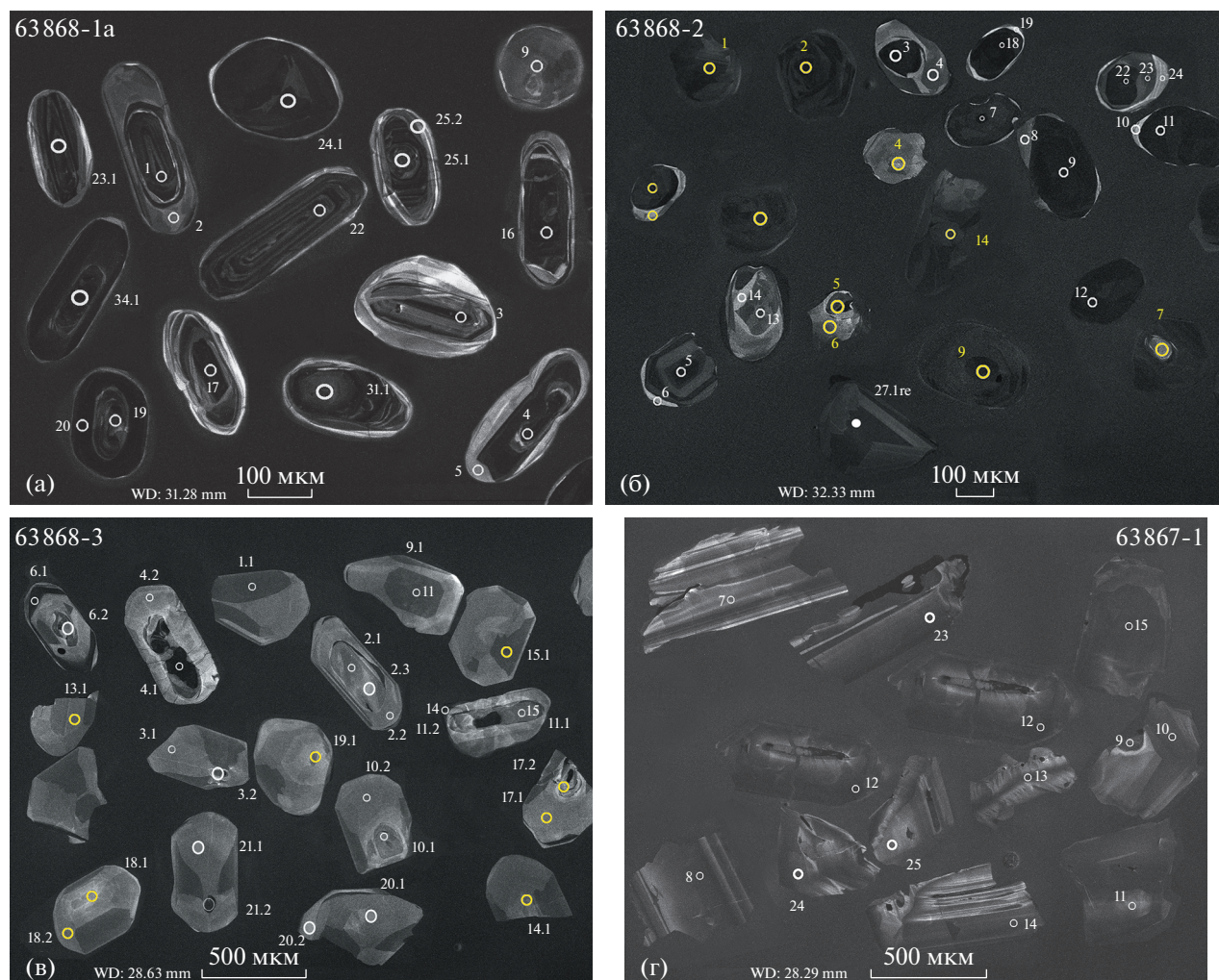


Рис. 3. Фото кристаллов цирконов в режиме катодолуминесценции. Виды характерных морфологических типов цирконов изученных пород (а, б). Фото кристаллов цирконов в режиме катодолуминесценции. Виды характерных морфологических типов цирконов жильного лейкогранита (в) плато Безымянное, и гранодиорита о. Хиппо (г). Кружки с номерами – точки замеров (1 этап измерений – тонкая линия, меньший диаметр; 2 этап – жирная или желтая линия, больший диаметр).

ния Пан-Африканского (позднеэдиакарско-кембрийского) тектоно-термального события.

5. Комплекс Дейвис представляет собой гранито-гнейсовую область палеоархейского заложения (палеоархейский протократон) с возрастными реперами, указывающими как минимум на три этапа гранулитового и амфиболитового метаморфизма (3100–3000, 2900–2800, 550–510 млн лет).

6. Палеоархейский возраст протократона Дейвис весьма близок времени становления древних ядер протоконтинентальной коры Индии и Австралии. Полученные данные позволяют сопоставлять этапы геологического развития региона с эволюцией раннеархейских кратонных блоков Сингхбум, Бастар и Пилбара, Йилгарн, в том числе на стадиях формирования суперконтинентов

Родинии в неопротерозое (~1 млрд лет) и Гондваны в кембрии (~500 млн лет).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Tucker N.M., Hand M., Clark C.* The Bunger Hills: 60 years of geological and geophysical research // *Antarctic Science*. 2020. № 32 (2). P. 85–106.
2. *Каменев Е.Н., Маслов В.А., Семенов В.С., Куринин Р.Г., Михайлов В.М., Алексеев Н. Л., Каменев И.А., Семенов С.В.* Структура и метаморфизм Антарктического щита // *Геотектоника*. 2013. № 2. С. 58–75.
3. *Black L.P., Sheraton J.W., Tingey R.J., McCulloch M.T.* New U–Pb zircon ages from the Denman Glacier area, East Antarctica, and their significance for Gondwana reconstruction // *Antarctic Science*. 1992. № 4. P. 447–460.

4. *Daczko N.R., Halpin J.A., Fitzsimons I.C.W., Whittaker J.M.* A cryptic Gondwana-forming orogen located in Antarctica // *Scientific Reports*. 2018. №8: 8371.
5. *Rodionov N.V., Belyatsky B.V., Antonov A.V., Kapitonov I.N., Sergeev S.A.* Comparative in-situ U-Th-Pb geochronology and trace element composition of baddeleyite and low-U zircon from carbonatites of the Palaeozoic Kovdor alkaline-ultramafic complex, Kola Peninsula, Russia // *Gondwana Research*. 2012. № 21. Iss. 4. P. 728–744.
6. *Nockolds S.R.* Petrology of rocks from Queen Mary Land // *Australasian Antarctic Expedition Scientific Reports*. 1940. Series A. Volume IV. Part 2.
7. *Sheraton J.W., Tingey R.J., Oliver R.L., Black L.P.* Geology of the Bunger Hills–Denman Glacier region, East Antarctica // *Australian Geological Survey Organisation Bulletin*. 1995. V. 244. 124 p.
8. *Sheraton J.W., Tingey R.J., Black L.P., Oliver R.L.* Geology of the Bunger Hills area, Antarctica: implications for Gondwana correlations // *Antarct. Sci.* 1993. № 5. 85–102 p.
9. *Fitzsimons I.C.W.* A review of tectonic events in the East Antarctic Shield, and their implications for Gondwana and earlier supercontinents // *J. African Earth Sci.* 2000. V. 31. P. 3–23.
10. *Маслов В.А.* Докембрийская эволюция и структура Рукерской гранит-зеленокаменной области Восточно-Антарктического кратона: возраст и источники архейского гранитоидного магматизма // *Геотектоника*. 2022. № 6. С. 25–58.
11. *Михальский Е.В.* Основные этапы и геодинамические режимы формирования земной коры Восточной Антарктиды в протерозое – раннем палеозое // *Геотектоника*. 2008. № 6. С. 3–25.
12. *Алексеев Н.Л., Зингер Т.Ф., Капитонов И.Н.* Возраст чарнокитового магматизма холмов Обручева, район Бангер-Денман (Восточная Антарктида) // *ДАН*. 2011. Т. 440. № 3. С. 371–377.

NEW DATA ON THE GEOLOGICAL STRUCTURE AND PRECAMBRIAN EVOLUTION OF THE DENMAN GLACIER WEST SIDE MOUNTAIN FRAME (EAST ANTARCTICA): FIRST PALEOARCHEAN AGE FOR PLAGIOGNEISES

V. A. Maslov^{a, #}, Academician of the RAS V. D. Kaminsky^a, N. V. Rodionov^b, and D. M. Vorobiev^c

^a*I.I Gramberg All-Russian Scientific Research Institute of Geology and Mineral Resources of the World Ocean, Saint-Petersburg, Russian Federation*

^b*A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute, Saint-Petersburg, Russian Federation*

^c*Polar Marine Geosurvey Expedition, Lomonosov, Saint-Petersburg, Russian Federation*

[#]*E-mail: massev@gmail.com*

Mountain frame of the Denman Glacier is a little explored and at the same time an most essential region of East Antarctica in the context of studying the Precambrian geological history and geodynamic evolution of the Archean protocratons of East Antarctica. Present paper provides original U–Pb isotope geochronology data from zircons of metamorphic and intrusive rocks sampled from the Denman Glacier western flank outcrops. Geodynamic interpretation of geochronology data are also presented. For the first time, for such East Antarctic location, crystallization time (3355 ± 5.4 Ma) for plagiogneisses magmatic protolith was obtained. The Davis Paleoproterozoic protocraton in the Archean time interval of evolution was subject to multistage poly-metamorphism in the intervals ~3100–3000, 2900–2800 Ma ago. The late stage is associated with crustal extension, which is marked by syntectonic intrusion of ultramafic dikes and pyroxenite sills (2827 ± 6 Ma). The formation time of granite veins and subalkaline granitoid plutons corresponds to the time of tectono-thermal activation in the interval of 550–510 Ma traced also along significant part of East Antarctic (the Pan-African tectono-thermal event). The Davis terrane shows a significant similarity in the time of formation and evolution of geodynamic processes with the Paleo-Mesoproterozoic protocratons of East Antarctica, as well as India and Australia.

Keywords: East Antarctica, mountain frame of the Denman Glacier, Paleoproterozoic, geodynamics, geochronology of the Precambrian, U–Pb age, zircons