

---

---

*С. А. Светов, А. И. Светова, Т. Н. Назарова*

**ВЕДЛОЗЕРСКО-СЕГОЗЕРСКИЙ  
ЗЕЛЕНОКАМЕННЫЙ ПОЯС ЦЕНТРАЛЬНОЙ КАРЕЛИИ –  
НОВЫЕ ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ  
И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ**

Гранит-зеленокаменные системы Карельского кратона представляют собой субдукционно-аккреционные комплексы, сформированные тектоническими фрагментами различной геодинамической природы, включающей породные ассоциации островных дуг, задуговых бассейнов, обдуцированных океанических плато, микроконтинентов и ассоциирующих с ними осадочных ансамблей (Кожевников, 2000; Светов, 2005).

В связи с тем что гранит-зеленокаменные пояса представлены разобщенными в пространстве и различающимися по сохранности отдельными фрагментами породных ансамблей, корректная реконструкция последовательности геодинамических событий в подобных комплексах Центральной Карелии требует детальных геохронологических исследований.

В данной работе нами приводятся последние результаты геохронологических исследований, проведенных для вулканических ассоциаций Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса, расположенного в юго-восточной части Карельского кратона, на западном обрамлении Ведлозерского блока, которые позволяют дополнить существующие ранее представления о литостратиграфической последовательности в пределах хаутаваарской серии, являющейся стратотипом мезоархея (лопия) Центральной Карелии.

Несмотря на то что в последнее время глобальные стратиграфические корреляционные построения как для архейских комплексов (в частности, зеленокаменных поясов), так и для палеопротероя проводятся с большой долей скептицизма, на наш взгляд, детальные литостратиграфические исследования ни в коей мере не утратили своей актуальности. Они необходимы при изучении отдельных стратотектонических ассоциаций (выделяемых ранее в качестве свит) и позволяют корректно проводить корреляционные построения в пределах геодинамически сходных палеогеографических обстановок (приуроченных к различным участкам единой конвергентной системы) и всеобъемлюще характеризовать событийную геологическую историю в

пределах крупных территорий (которыми являются, например, зеленокаменные пояса).

Переходя непосредственно к объекту исследования, напомним, что в геологическом строении Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса выделяется набор стратотектонических ассоциаций (СТА), представляющих контрастные геодинамические режимы формирования: островодужный БАДР-адакитовый (3,05–2,95 млрд лет), океанический коматиит-базальтовый (3,05–2,95 млрд лет) и окраинноконтинентальный дацит-риолит-адакитовый (2,90–2,85 млрд лет) комплексы (Светов, 2005, 2009).

Целью данной работы стало уточнение времени формирования не датированных ранее фрагментов выделенных СТА и основных метаморфических событий в регионе.

Исследования авторского коллектива опирались на детальную изученность территории и включали работы по отбору проб из наиболее изученных, но не датированных ранее объектов Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса. После отбора проб проводились выделение монофракций циркона и генерационный анализ монофракций в лаборатории технологической минералогии Института геологии (ИГ) КарНЦ РАН. После этого изучалась внутренняя структура зерен, их сохранность, наличие магматической зональности и состав минеральных включений на сканирующем электронном микроскопе VEGA II LSH (фирмы Tescan) с энергодисперсионным микроанализатором INCA Energy 350 (фирмы Oxford instruments) в ИГ КарНЦ РАН, что позволило отобрать отдельные зерна для последующего детального изучения и датирования.

Локальное датирование зерен циркона из монофракций проводилось на прецизионном вторично-ионном микрозонде высокого разрешения SHRIMP-II в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ.

В ходе данных работ нами было изучено пять проб из ключевых объектов (описание приводится ниже) Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса, для которых и проводилось прецизионное датирование.

Рассмотрим положение изучаемых стратотектонических ассоциаций в порядке от древних к более молодым.

Древнейшим в Ведлозерско-Сегозерском зеленокаменном поясе является островодужный комплекс, представленный реликтами палеовулканических построек, сложенных дифференцированной андезибазальт-андезит-дацит-риолитовой ассоциацией известково-щелочного ряда. Морфологически парагенез сформирован глыбовыми, агломератовыми, тонкими туфами в переслаивании с крупноподушечными, массивными, миндалекаменными лавами, лавобрекчиями и кластолавами общей мощностью до 2,5 км. Максимальная сохранность разрезов островодужного комплекса отмечается в юго-западной части террейна в пределах Хаутаваарской мегаструктуры (включающей Хаутаваарскую, Игнойльскую, Чалкинскую, Няльмозерскую палеовулканические структуры). Для ассоциации ключевым объектом является адакитовая вулканическая постройка Игнойльской структуры (Светов, 2009), для которой установлены U-Pb возрасты нека –  $2995 \pm 20$  млн лет (Сергеев, 1989), лав постройки –  $2945 \pm 19$  млн лет (Овчинникова и др., 1994) и детритовых цирконов из терригенных граувакк, перекрывающих постройку, –  $2947 \pm 13$  млн (Светов, 2009).

В рамках данного этапа исследований нами проводились детальные работы в Чалкинской структуре, где были отобраны пробы и выделены монофракции циркона из лав андезитов и субвулканического нека андезитов в районе Сарилампи.

Изученная ранее Sm-Nd систематика данного комплекса показала вариации  $\epsilon_{Nd} +0,8$  до  $+2,0$  в БАДР-серии, при модельных возрастах вулканитов – от 2979 до 3071 млн лет. По геологическим данным, комплекс стратиграфически коррелирует с Игнойльским, Хаутаваарским и Няльмозерским андезитовыми ансамблями (Светов, 2005, 2009).

Из лав толleitовых андезитов, находящихся в разрезе БАДР-адакитового комплекса (в переслаивании с туфами адакитового состава и андезитами известково-щелочного ряда), была отобрана проба (№ 111-10) весом около 15 кг, из которой удалось выделить 11 зерен цирконов удлиненного габитуса со сглаженными верхушками и ребрами. По цвету цирконы розовые, желтоватые, прозрачные и полупрозрачные. Размер зерен составляет от  $0,15 \times 0,10$  мм и менее, зональность присутствует. Th/U отношение в изученных цирконах варьирует от 0,15 до 0,97 (доминирует интервал значений 0,56–0,61). Включения представлены следующими минеральными фазами – апатитом, биотитом, мусковитом, хлоритом. По результатам измерений получены две изохроны –  $2804 \pm 31$  млн лет и для двух зерен –  $2971 \pm 59$  млн лет (рис. 1, а, 2, а; табл.).

Проба Св-05-13 отобрана из нека у оз. Сарилампи, секущего Чалкинскую вулканическую постройку. Объем пробы составил 10 кг, при этом из концентрата выделено 28 зерен циркона. Цирконы удлиненные (коэффициент удлинения от 2 до 4), светло-розовые

прозрачные, средней и низкой степени идиоморфизма. Имеют сглаженные верхушки и ребра. Размер зерен  $0,20 \times 0,05$ – $0,10 \times 0,05$  мм. В зернах слабо выражена зональность, присутствуют включения кварца, биотита, апатита, хлорита. Th/U отношение в цирконах 0,93–1,45 (рис. 1, б; табл.). По результатам измерений нами получена изохрона –  $2765 \pm 13$  млн лет, для одного зерна установлено значение  $2811 \pm 12$  млн лет (табл.; рис. 2, б).

Следует подчеркнуть, что полученные геохронологические значения вступают в серьезные противоречия с геологическими данными, по которым СТА Чалкинской структуры непосредственно коррелирует с Игнойльской палеовулканической постройкой, что позволяет предполагать время формирования комплекса на уровне 3,0–2,9 млрд лет.

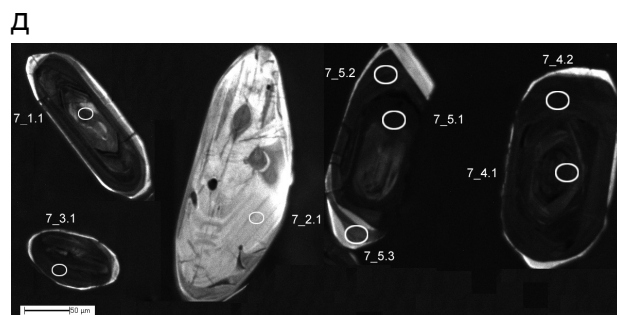
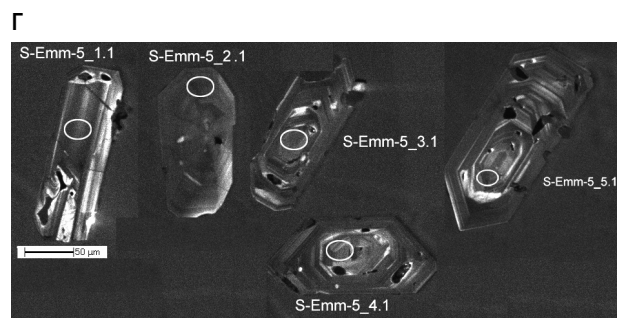
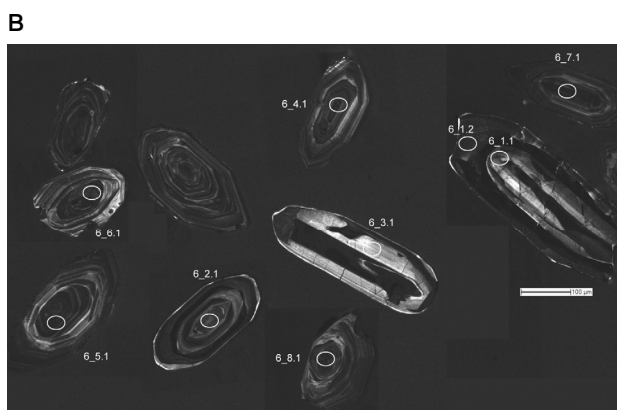
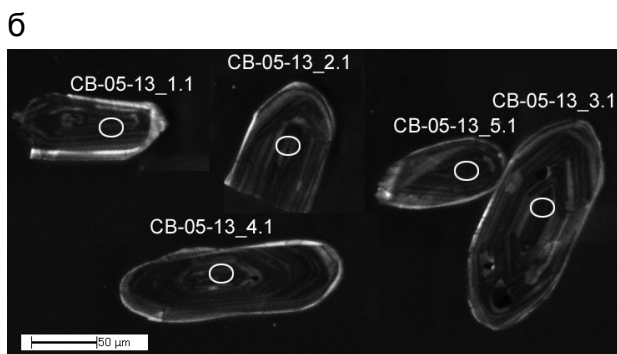
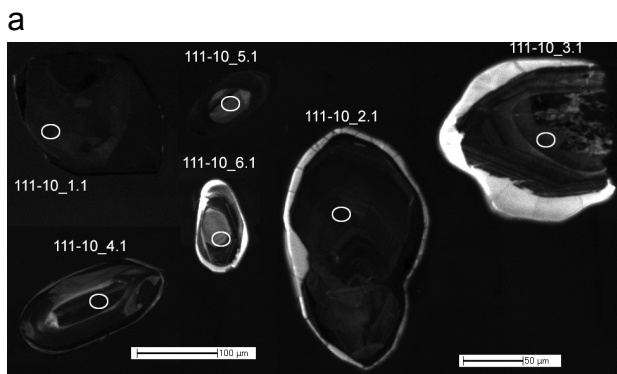
Большинство цирконов имеют Th/U отношение  $>0,5$ , что может быть аргументом в пользу их магматического происхождения. Возможно предполагать, что интервал 2,80–2,81 млрд лет является временем магматической реактивизации Чалкинской структуры, связанным с более поздним интервалом среднекислого вулканизма в пределах зеленокаменного пояса.

В случае подобной интерпретации цирконы с возрастными 2,971 млрд лет могли бы отражать время инициализации БАДР-адакитового вулканизма, цирконы с возрастными 2,80–2,81 млрд лет – время реактивизации структуры, а датировки в интервал 2,75–2,76 несомненно коррелируют с заключительным этапом развития зеленокаменного пояса на стадии формирования массивов гранодиоритов (санукитоидов).

Древнейший островодужный комплекс в разрезе хаутаваарской серии перекрывается мафитовым аллохтоном, представленным коматиит-базальтовой ассоциацией, наиболее полно сохранившейся в Хаутаваарской, Киндасовской, Койкарской, Паласельгинской, Семченской, Совдозерской, Остерской структурах с реконструированной мощностью разрезов до 2,5–2,8 км (Светов, 2005). Коматиит-базальтовые серии сформированы стратифицированными лавовыми (подушечными, массивными, вариолитовыми, дифференцированными) толщами с прослоями туфового, осадочного материала (туффиты, хемогенные силициты, граувакки).

Датирование коматиит-базальтовых ассоциаций на основе Sm-Nd систематики позволило получить возраст  $2921 \pm 55$  млн лет (Svetov et al., 2001), что коррелирует с U-Pb возрастом для секущих мафитовый комплекс даек дацитов, время формирования которых в Койкарской структуре –  $2935 \pm 15$  (Бибикова, Крылов, 1983) и  $2860 \pm 15$  млн лет (Самсонов и др., 1996).

На новом этапе работ основной акцент нами делался на изучение детритовых цирконов из осадочных прослоев (представленных мафитовыми туффитами и хемогенными силицитами) в лавовой пачке перидотитовых коматиитов (нижняя часть коматиитового разреза Хаутаваарской структуры).



**Рис. 1. Морфология зерен цирконов и положение точек датирования на вторично-ионном микрозонде высокого разрешения SHRIMP-II в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ:**

а – проба 111-10 из толеитовых андезитов Чалкинской структуры; б – проба CB-05-13 из нека андезитов оз. Сарилампи, Чалкинская структура; в – проба 6 из мафитовых туффов в разрезе коматит-базальтовой ассоциации Хаутаваарской структуры; г – проба S-Emm-5 из лав риолитов Эльмусской палеовулканической постройки; д – проба 7 из лапиллиевых туфов дацитов Масельгской палеовулканической постройки

Из слоя туффита мощностью 1,5 м была отобрана проба (№ 6) весом 10 кг, из которой удалось выделить около 20 зерен циркона. Цирконы присутствуют торпедовидные, копьевидные, гиацинтовые и изометричные (округлые или обломочные) розоватого, желтоватого или сероватого цвета. Размер зерен от 0,35×0,10 до 0,15×0,10 мм. Отдельные зерна выглядят слабо окатанными и корродированными. Микрозондовое изучение показало наличие включений ильменита, апатита, олигоклаза и фрагментарно сохраненное обрастание циркона каймами плагиоклаза (лабрадор-андезин). Для большинства зерен характерна магматическая зональность и хорошая сохранность ядерных частей кристаллов. Несколько зерен циркона имеют расположенные в краевой части кристаллов участки с включениями апатита, альбита, биотита, монацита и при этом однородное строение ядра кристалла, для них характерны значительные вариации Th/U отношения от 0,13 до 0,83

(проба 6, точки 6\_1.1, 6\_1.2 и 6\_2.1) (рис. 1, в, 2, в; табл.).

В результате проведенного датирования цирконов с магматическим обликом и Th/U отношением 0,42–1,32 получена изохрона – 2917,2 ± 8,7 млн лет (рис. 1, в). Это значение может рассматриваться как возможное древнее ограничение времени формирования высокомагнезиальной ассоциации Хаутаваарской структуры и хорошо коррелирует с имеющимися геологическими данными.

Для второго типа цирконов, скорее всего метаморфического генезиса, получена изохрона – 2679 ± 18 млн лет, которая отражает время значительных тектоно-метаморфических процессов в пределах Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса на заключительной стадии его развития в интервале 2,74–2,67 млрд лет, проходящих после пика санукитоидного магматизма на западном обрамлении Ведлозерского блока в период 2,74–2,71 млрд лет (Bibikova et al., 2005).

**U-Th-Pb изотопные данные для цирконов из ключевых комплексов**

Проба/Точка	% <sup>206</sup> Pb <sub>c</sub>	ppm U	ppm Th	<sup>232</sup> Th/ <sup>238</sup> U	ppm <sup>206</sup> Pb*	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U Age (1)		<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb Age (1)		<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th Age (1)		% Discordant
Лавы андезитов,												
111-10_1.1	0,27	90	84	0,97	40,4	2714	±41	2802	±24	2653	±79	3
111-10_2.1	0,09	217	125	0,60	101	2798	±29	2800	±12	2766	±53	0
111-10_3.1	0,00	120	17	0,15	50,8	2573	±36	2752	±19	2395	±110	7
111-10_4.1	0,09	232	126	0,56	106	2748	±32	2959	±13	3690	±110	8
111-10_5.1	0,00	70	41	0,61	26,8	2381	±45	2934	±42	2423	±75	23
111-10_6.1	-0,36	24	5	0,24	10,8	2767	±67	2789	±44	3251	±390	1
Некк андезитов Сарилампи,												
CB-05-13_1.1	0,00	265	239	0,93	125	2833	±29	2784	±12	2802	±48	-2
CB-05-13_2.1	0,00	253	228	0,93	118	2793	±32	2757	±12	2797	±49	-1
CB-05-13_3.1	0,00	378	342	0,93	161	2597	±25	2750	±9,9	2554	±63	6
CB-05-13_4.1	0,00	283	384	1,40	115	2500	±32	2811	±12	2569	±51	12
CB-05-13_5.1	0,00	446	624	1,45	204	2758	±26	2762,3	±9,3	2760	±44	0
Мафитовые туффиты,												
6_1.1	1,99	80	64	0,83	35,4	2640	±30	2691	±28	1946	±120	2
6_1.2	0,16	268	33	0,13	115	2596	±21	2674	±10	2099	±120	3
6_2.1	0,28	179	92	0,53	78,5	2655	±26	2704	±29	2337	±74	2
6_3.1	-0,09	40	16	0,42	19,7	2907	±40	2905	±20	2920	±110	0
6_4.1	0,08	238	183	0,79	124	3043	±24	2928,9	±9,2	2885	±83	-4
6_5.1	0,05	388	216	0,57	184	2833	±21	2907	±7,7	2588	±35	3
6_6.1	0,07	141	88	0,65	73,2	3040	±27	2934	±12	2864	±53	-3
6_7.1	0,02	509	651	1,32	251	2924	±21	2917,1	±6,9	2752	±29	0
6_8.1	0,07	260	218	0,87	128	2907	±23	2919,8	±8,9	2722	±46	0
Риолиты,												
S-Emm-5_1.1	0,04	194	146	0,78	92,8	2854	±25	2863	±10	2523	±42	0
S-Emm-5_2.1	0,05	191	114	0,61	90,9	2842	±25	2869	±10	2623	±43	1
S-Emm-5_3.1	0,23	124	74	0,61	58,7	2820	±28	2869	±16	2582	±67	2
S-Emm-5_4.1	-0,05	147	81	0,57	65,7	2695	±25	2856	±12	2433	±45	6
S-Emm-5_5.1	-0,25	117	75	0,66	56,7	2895	±29	2880	±16	2712	±75	0
Лапиллиевые туфы дацитов,												
7_1.1	0,00	113	92	0,85	54,8	2889	±35	2736	±16	3048	±84	-5
7_2.1	0,52	21	13	0,63	8,23	2424	±59	2365	±62	2534	±180	-2
7_3.1	0,03	282	32	0,12	122	2621	±27	2746	±11	3119	±82	5
7_4.1	0,07	403	93	0,24	186	2773	±26	2748	±10	2989	±62	-1
7_4.2	0,00	341	91	0,27	170	2957	±29	2738	±12	3192	±84	-7
7_5.1	0,01	527	16	0,03	229	2640	±25	2682	±17	3911	±280	2
7_5.2	0,09	255	51	0,21	112	2662	±28	2686	±13	2683	±80	1
7_5.3	0,00	91	5	0,06	39,9	2658	±35	2696	±26	3322	±190	1

Формирование следующего уровня андезидацитового вулканизма в пределах Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса проходило на уровне 2,9–2,8 млрд лет и связано с формированием дифференцированных андезит-дацит-риолит (АДР)-адакитовых серий. Имеющиеся данные по цирконометрии кислых вулканитов Койкарской (Янишской) палеовулканической постройки показывают возраст для лав – 2860 ± 15 млн лет (Самсонов и др., 1996), в Хаутаваарской структуре время формирования лав дацитов – 2854 ± 14 млн лет (Сергеев, 1989) и дайки дацитов – 2862 ± 45 млн лет (Овчинникова и др., 1994).

Нами проведены работы по датированию фрагмента Эльмусской палеовулканической постройки, представленной породами дифференцированной андезит-дацит-риолитовой (АДР) серии известково-щелочного ряда. Породный ансамбль относится к прижерловым фациям и окружен шлейфом тонкой пирокластики и вулканогенно-осадочных пород видимой мощностью до 1,5 км и простираем 10–15 км. Вулканиты с запада ограничены

гранитами, гнейсо-гранитами, а с востока и севера перекрываются сумийскими и сариолийскими отложениями.

Проба (S-Emm-5) нами взята из риолитовых лав вулканической постройки, ее объем составил 12 кг, при этом из пробы удалось выделить более 300 зерен циркона. Циркон характеризуется призматическим, дипирамидально-призматическим обликом с высокой степенью идиоморфизма. Часть зерен представлена обломками. По окраске циркон светло-розовый, желтоватый, полупрозрачный. Размер кристаллов от 0,30×0,05 до 0,1×0,03 мм, кристаллы достаточно однородны, магматическая зональность слабо проявлена. Включения в цирконах представлены биотитом, кварцем, апатитом, альбитом, хлоритом, паризитом (фторокарбонат с высоким содержанием редкоземельных элементов – Ca(Ce, La)<sub>2</sub>×[CO<sub>3</sub>]3F<sub>2</sub>), монацитом. Ядра имеют хорошую сохранность. Th/U отношение в краевых и ядерных частях зерен циркона составляет 0,57–0,78 (табл.; рис. 1, г). По результатам датирования

**Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса Центральной Карелии**

Total $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$	$\pm\%$	Total $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$\pm\%$	(1) $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}^*$	$\pm\%$	(1) $^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$	$\pm\%$	(1) $^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$	$\pm\%$	(1) $^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	$\pm\%$	егг согг
Чалкинская структура												
1,905	1,8	0,1994	1,3	1,911	1,8	0,197	1,5	14,22	2,3	0,5234	1,8	0,783
1,839	1,3	0,1976	0,73	1,84	1,3	0,1968	0,76	14,75	1,5	0,5434	1,3	0,862
2,038	1,7	0,1912	1,1	2,038	1,7	0,1912	1,1	12,93	2	0,4906	1,7	0,825
1,88	1,4	0,2179	0,78	1,882	1,4	0,2171	0,83	15,91	1,7	0,5315	1,4	0,863
2,238	2,2	0,2137	2,6	2,238	2,2	0,2137	2,6	13,17	3,4	0,447	2,2	0,652
1,872	3	0,1922	2,4	1,865	3	0,1955	2,7	14,45	4	0,536	3	0,741
Чалкинская структура												
1,812	1,3	0,1949	0,72	1,812	1,3	0,1949	0,72	14,82	1,4	0,5518	1,3	0,866
1,844	1,4	0,1917	0,71	1,844	1,4	0,1917	0,71	14,34	1,6	0,5423	1,4	0,895
2,016	1,2	0,1909	0,6	2,016	1,2	0,1909	0,6	13,06	1,3	0,496	1,2	0,891
2,11	1,6	0,1981	0,75	2,11	1,6	0,1981	0,75	12,94	1,7	0,4739	1,6	0,901
1,873	1,2	0,1923	0,56	1,873	1,2	0,1923	0,56	14,16	1,3	0,5339	1,2	0,899
Хаутаваарская структура												
1,937	1,3	0,202	0,9	1,976	1,4	0,1842	1,7	12,85	2,2	0,506	1,4	0,623
2,013	0,96	0,1838	0,55	2,017	0,97	0,1823	0,63	12,47	1,2	0,4959	0,97	0,838
1,956	1,2	0,1882	1,7	1,962	1,2	0,1856	1,7	13,05	2,1	0,5097	1,2	0,570
1,757	1,7	0,2091	1,2	1,755	1,7	0,2099	1,2	16,49	2,1	0,5697	1,7	0,811
1,656	0,98	0,2138	0,53	1,658	0,99	0,2131	0,57	17,72	1,1	0,6033	0,99	0,867
1,811	0,9	0,21061	0,45	1,812	0,9	0,21019	0,48	16	1	0,552	0,9	0,885
1,659	1,1	0,2143	0,69	1,66	1,1	0,2137	0,72	17,75	1,3	0,6024	1,1	0,842
1,742	0,88	0,2117	0,41	1,743	0,88	0,2115	0,42	16,73	0,98	0,5738	0,88	0,901
1,754	1	0,2124	0,53	1,755	1	0,2119	0,55	16,64	1,1	0,5697	1	0,877
Эльмусская структура												
1,795	1,1	0,2049	0,63	1,796	1,1	0,2045	0,64	15,71	1,2	0,5569	1,1	0,858
1,804	1,1	0,2058	0,62	1,805	1,1	0,2054	0,64	15,69	1,3	0,554	1,1	0,861
1,818	1,2	0,2074	0,81	1,823	1,2	0,2053	0,96	15,53	1,5	0,5487	1,2	0,786
1,927	1,2	0,2033	0,71	1,927	1,2	0,2037	0,72	14,58	1,4	0,5191	1,2	0,850
1,769	1,2	0,2045	0,76	1,764	1,2	0,2068	0,96	16,16	1,6	0,5668	1,2	0,788
Масельская структура												
1,768	1,5	0,1893	0,98	1,768	1,5	0,1893	0,98	14,76	1,8	0,5655	1,5	0,838
2,179	2,9	0,1563	2,6	2,19	2,9	0,1517	3,6	9,55	4,6	0,457	2,9	0,629
1,993	1,2	0,1907	0,68	1,994	1,2	0,1904	0,68	13,17	1,4	0,5016	1,2	0,875
1,859	1,2	0,1913	0,6	1,861	1,2	0,1907	0,61	14,13	1,3	0,5374	1,2	0,885
1,718	1,2	0,1895	0,74	1,718	1,2	0,1895	0,74	15,2	1,4	0,582	1,2	0,859
1,975	1,1	0,1834	1	1,976	1,1	0,1832	1	12,79	1,5	0,5061	1,1	0,752
1,954	1,3	0,1845	0,73	1,956	1,3	0,1837	0,77	12,95	1,5	0,5112	1,3	0,857
1,959	1,6	0,1847	1,6	1,959	1,6	0,1847	1,6	13	2,3	0,5104	1,6	0,723

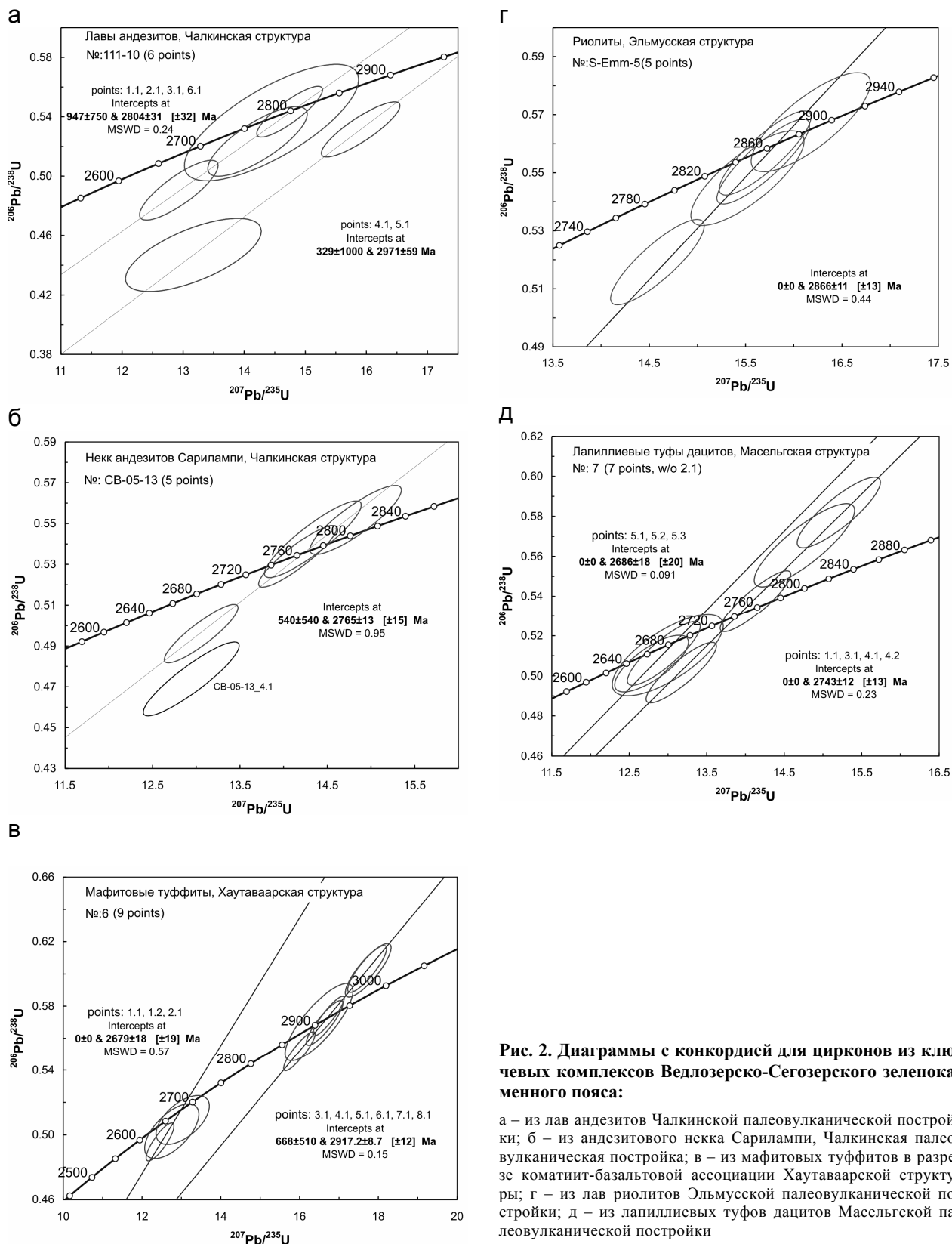
Примечание. Проба 111-10 – лавы андезитов, Чалкинская структура; проба СВ-05-13 – некк андезитов оз. Сарилампи, Чалкинская структура; проба 6 – мафитовые туффиты, Хаутаваарская структура; проба S-Emm-5 – риолиты, Эльмусская структура; проба 7 – лапиллиевые туфы дацитов, Масельская структура. Ошибка составляет 1σ;  $^{206}\text{Pb}_c$  и  $^{206}\text{Pb}^*$  – показывает общую и радиогенную часть Pb соответственно. Ошибка стандартной калибровки –0,54%. (1) – общий Pb скорректирован по измерению  $^{204}\text{Pb}$ .

цирконов получена изохрона –  $2866 \pm 11$  млн лет (рис. 2, г), что хорошо коррелирует с временем формирования АДР-серий в прочих структурах зеленокаменного пояса.

В южной части зеленокаменного пояса в Хаутаваарской мегаструктуре в 2 км западнее деревни Масельга ранее был выявлен реликт Масельской палеовулканической постройки (Светова, 1988) площадью около  $10 \text{ км}^2$ , сформированный вулканическими дацит-риолитового состава, относимыми к жерловым и прижерловым фациям. К сожалению, недостаточная обнаженность участка затрудняет проведение комплексных исследований, однако существующие коренные выходы позволили определить зональный характер распространения вулканических фаций, связанный с деятельностью локального эруптивного центра. Экструзивный некк размерами  $160 \times 35$  м был закартирован в поле агло-

мератовых туфов и лав дацитов, окаймляющих его с юга и востока.

Для геохронологических исследований нами была отобрана проба (№ 7) из лапиллиевых туфов дацитов прижерловой фации вулканической постройки объемом около 8 кг, выделено около 200 зерен циркона. Цирконы представлены удлиненными кристаллами торпедовидной, копьевидной, гиацинтовой формы, размер варьирует от  $0,30 \times 0,10$  до  $0,10 \times 0,10$  мм и менее. По цвету наиболее распространены розоватые, желтоватые разновидности. В отдельных зернах четко проявлена магматическая зональность. Включения – хлорита, альбита, биотита. В изученных зернах Th/U отношение <0,27 (табл.), что более сопоставимо с метаморфическими цирконами, за исключением 2 зерен, в которых оно составляло 0,63–0,85 (табл.), что свойственно магматическим разновидностям.



**Рис. 2. Диаграммы с конкордией для цирконов из ключевых комплексов Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса:**

а – из лав андезитов Чалкинской палеовулканической постройки; б – из андезитового некка Сарилампи, Чалкинская палеовулканическая постройка; в – из мафитовых туффитов в разрезе коматит-базальтовой ассоциации Хаутаваарской структуры; г – из лав риолитов Эльмусской палеовулканической постройки; д – из лапиллиевых туфов дацитов Масельгской палеовулканической постройки

Обработка результатов позволила получить две изохроны –  $2743 \pm 12$  млн лет, что идентично времени формирования близлежащего Чалкинского массива санукитоидов, и  $2686 \pm 18$  млн лет (рис. 1, д, 2, д) (подобные значения уже отмечались ранее в цирко-

нах из высокомагнезиального комплекса Хаутаваарской структуры).

Обе изохроны скорее всего могут отражать время значительных тектоно-метаморфических событий в регионе в интервале 2,74–2,67 млрд лет.

Насколько полученные данные позволяют определить время формирования Масельгского вулкана, ответить затруднительно, ибо они не соответствуют геологическим наблюдениям (Светова, 1988), по которым данный комплекс формировался в интервале 2,90–2,85 млрд лет.

Таким образом, на основании полученных результатов могут быть сделаны следующие выводы:

- Изучение терригенных цирконов из осадочных прослоев коматит-базальтовых ассоциаций является ключом к установлению времени существования ультраосновного вулканизма. Полученные данные, в сопоставлении с имеющимися датировками (Светов, 2005), показывают дискретный временной характер формирования высокомагнезиальных серий Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса в интервалах 3,05–2,95 и 2,95–2,91 млрд лет.

- Установлено время формирования андезит-дацит-риолитовой дифференцированной серии Эльмусской палеовулканической постройки, которое равно  $2866 \pm 11$  млн лет.

- Значительное присутствие метаморфических цирконов с возрастом 2,74–2,68 млрд лет во всех ассоциациях южной части зеленокаменного пояса отражает время крупных тектоно-метаморфических событий в пределах Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса на заключительной стадии его развития. Отмечаемые метаморфические события проходили после пика санукитоидного магматизма (Bibikova et al., 2005) на западном обрамлении Ведлозерского блока в интервале 2,74–2,67 млрд лет, что серьезно затрудняет корректные геохронологические исследования большинства мезоархейских комплексов данной территории.

Резюмируя, следует отметить, что полученные результаты позволяют дополнить событийную шкалу геологических процессов на западной оконечности Ведлозерского блока (рис. 3), которая существенно скорректирована за последние пять лет (Светов, 2005, 2009). Благодаря данным исследованиям в строении хаутаваарской серии (стратотипической для мезоархея Центральной Карелии)

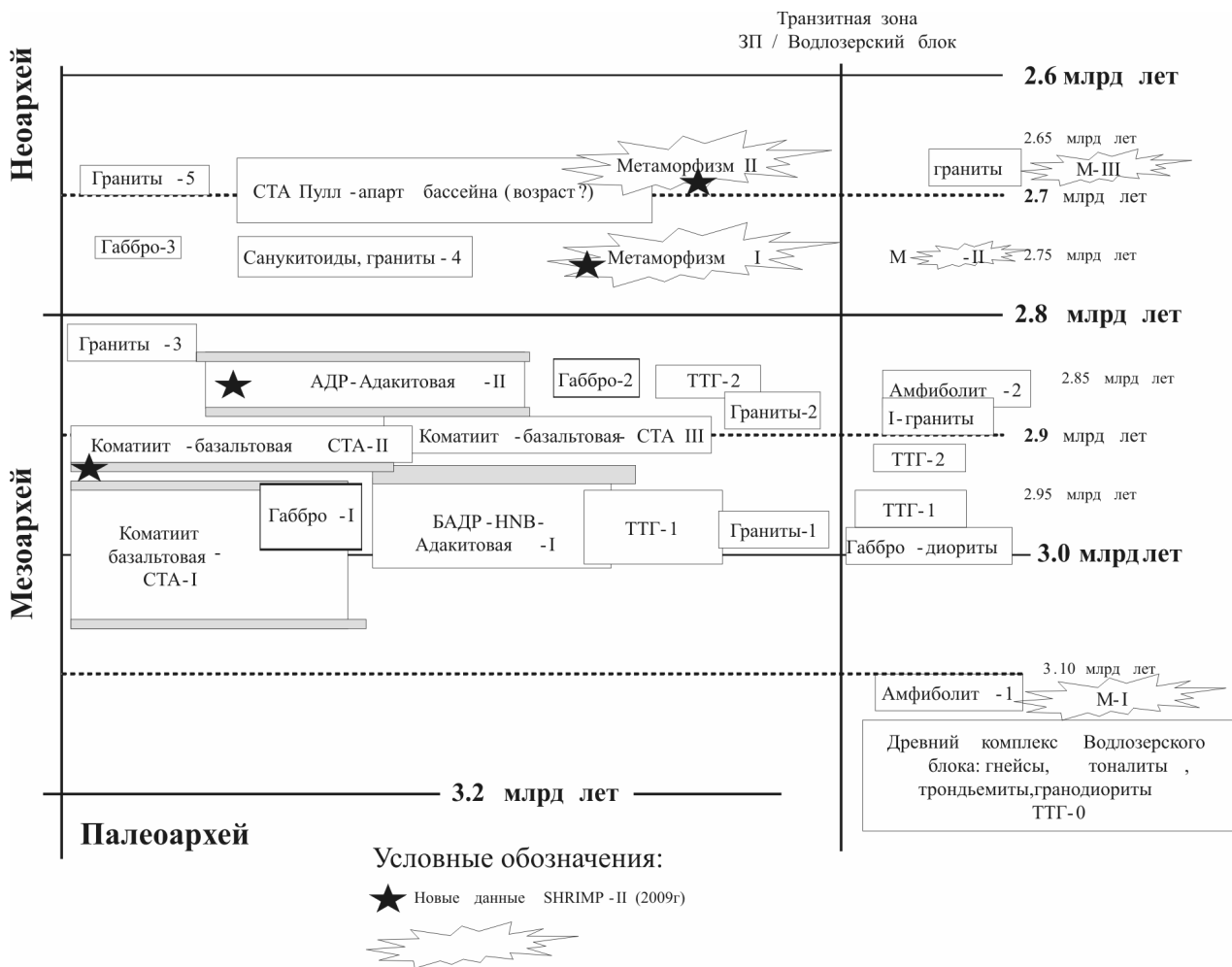


Рис. 3. Уточненная схема соотношения стратотектонических ассоциаций палео-, мезо- и неоархейского возраста в пределах зоны перехода океан – континент (Ведлозерско-Сегозерский зеленокаменный пояс – Ведлозерский блок). Геохронологические данные приведены на основе анализа материалов, доступных на 2009 г. (детально рассмотрены в работе: Светов, 2009)

разделены уровни высокомагнезиального вулканизма, откорректированы граничные интервалы андезитового (БАДР, АДР, адакитового) вулканизма, определены этапы основных метаморфических событий.

Кроме этого, выделены новые перспективные объекты для возможного геохронологического изучения коматиит-базальтовых комплексов, а именно: осадочные прослои в разрезах мафитовых ассоциаций – как важнейший поставщик геохронологической информации о времени завершения высокомагнезиального вулканизма.

## ЛИТЕРАТУРА

*Бибикова Е. В., Крылов И. Н.* Изотопный возраст кислых вулканидов Карелии // Докл. АН СССР. 1983. Т. 268, № 5. С. 1231–1235.

*Кожевников В. Н.* Архейские зеленокаменные пояса Карельского кратона как аккреционные орогены. Петрозаводск, 2000. 223 с.

*Овчинникова Г. В., Матреничев В. А., Левченков О. А. и др.* U-Pb и Pb-Pb изотопные исследования кислых вулканидов Хаутаваарской зеленокаменной структуры, Центральная Карелия // Петрология. 1994. Т. 2, № 3. С. 266–281.

*Самсонов А. В., Бибикова Е. В., Пухтель И. С.* Изотопные и геохимические различия кислых вулканических пород зеленокаменных поясов Карелии и их геотектоническое значение // Корреляция геологических комплексов Фенноскандии: Тез. докл. 1-й Междунар. конф. (Санкт-Петербург, 8–11 сент. 1996 г.). СПб., 1996. С. 74–75.

*Светов С. А.* Магматические системы зоны перехода океан – континент в архее восточной части Фенноскандинавского щита. Петрозаводск, 2005. 230 с.

*Светов С. А.* Древнейшие адакиты Фенноскандинавского щита. Петрозаводск, 2009. 115 с.

*Светова А. И.* Архейский вулканизм Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса Карелии. Петрозаводск, 1988. 148 с.

*Сергеев С. А.* Геология и изотопная геохронология гранит-зеленокаменных комплексов архея Центральной и Юго-Восточной Карелии: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. 1989. 24 с.

*Bibikova E. V., Petrova A., Claesson S.* The temporal evolution of sanukitoids in the Karelian Craton, Baltic Shield: an ion microprobe U–Th–Pb isotopic study of zircons // Lithos. 2005. 79. P. 129–145.

*Svetov S. A., Svetova A. I., Huhma H.* Geochemistry of the komatiite-tholeiite rock association in the Vedlozero-Segozero archean greenstone belt, Central Karelia // Geochemistry International. 2001. Vol. 39, Suppl. 1. P. s24–s38.