

Л. Б. МАКАРЬЕВ, А. А. РАССОЛОВ, Э. В. МОРГУН, П. А. ЛЬВОВ (ВСЕГЕИ),
С. А. СЕРГЕЕВ (ВСЕГЕИ, Ин-т наук о Земле, СПбГУ),
Л. Н. ШАРПЕНОК (ВСЕГЕИ)

**Новые данные о возрасте и составе боргойского комплекса
и алентуй-соготинской вулcano-плутонической ассоциации
Западно-Забайкальского пояса
(Таширская площадь, Республика Бурятия)**

Обосновывается нижнепермский возраст формирования боргойского комплекса и алентуй-соготинской вулcano-плутонической ассоциации. Боргойский комплекс нефелиновых и щелочных сиенитов (субсинхронные Боргойский и Боцийский массивы), считавшийся нижнекарбовым, имеет более молодой возраст 280 ± 3 млн лет и является наиболее поздним в общей последовательности палеозойского магматизма на территории Западно-Забайкальского вулcano-плутонического пояса. Установленное близкое время формирования вулканических (292 ± 2 млн лет), субвулканических (289 ± 2 млн лет) образований алентуйской свиты и гранитоидов соготинского комплекса (286 ± 2 млн лет) подтверждает последовательность становления и комагматичность алентуй-соготинской вулcano-плутонической ассоциации.

Ключевые слова: *Западно-Забайкальский вулcano-плутонический пояс, боргойский комплекс нефелиновых и щелочных сиенитов, алентуй-соготинская вулcano-плутоническая ассоциация, U-Pb изотопное датирование, циркон, SIMS SHRIMP.*

L. B. MAKAREV, A. A. RASSOLOV, E. V. MORGUN, P. A. LVOV (VSEGEI),
S. A. SERGEEV (VSEGEI, IES SPSU),
L. N. SHARPENOK (VSEGEI)

**New data on the age and the composition of Borgoykiy complex
and Alentuy-Sogotinskaya volcano-plutonic association
of Western-Transbaikalian belt
(Tashirskaya Area, Republic of Buriatia)**

Early-Permian age for Borgoykiy complex and Alentuy-Sogotinskaya volcano-plutonic association are being substantiated on the newest geochronological data. Borgoykiy nepheline and alkaline syenite complex (subsynchronous Borgoykiy and Botziyskiy complexes), considered as Early-Carbonian, has a later age of 280 ± 3 million years and is the latest in Paleozoic magmatism general sequence in Western-Transbaikalian volcano-plutonic belt territory. The close determined forming time of Alentuy-Sogotinskaya formation volcanic (292 ± 2 million years) and subvolcanic (289 ± 2 million years) structures and also Sogotinskaya complex granitoids (286 ± 2 million years) is the evidence of forming sequence and comagmaticity of Alentuy-Sogotinskaya volcano-plutonic association.

Keywords: *Western-Transbaikalian volcano-plutonic belt, Borgoykiy nepheline and alkaline syenite complex, Alentuy-Sogotinskaya volcano-plutonic association, U-Pb isotopic dating, zircon, SIMS SHRIMP*

Введение. Приводятся новейшие данные о возрасте щелочных пород боргойского комплекса и алентуй-соготинской вулcano-плутонической ассоциации (ВПА), в совокупности характеризующие особенности позднепалеозойского (пермского) магматизма в пределах Западно-Забайкальского вулcano-плутонического пояса. Фактический материал получен по результатам полевых работ и лабораторно-аналитических исследований, проведенных авторами в 2015–2017 гг. в рамках ГДП-200 листов М-48-Х, XVI (Таширская площадь). В состав лабораторно-аналитических работ, выполненных во ВСЕГЕИ, входили петрохимические исследования, рентгеноспектральный флуоресцентный анализ (Б. А. Цимошенко), химический анализ методом

масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (В. А. Шишлов, В. Л. Кудряшов), выделение цирконов (В. А. Вакуленко) и их уран-свинцовое датирование (SIMS SHRIMP, по процедуре, принятой в ЦИИ ВСЕГЕИ [3]). В целом по 72 кристаллам из 7 проб проведено 76 локальных изотопных анализов. Их результаты представлены в таблице и на рис. 4–6, где также даны обозначения положения анализов на датированных зернах и графическое отображение результатов.

Общие сведения об объектах исследований. Объекты исследований располагаются в пределах листов М-48-Х, XVI (рис. 1) и включают в себя Наранский участок, Боргойский и Боцийский

массивы щелочных пород боргойского комплекса. Эти вулканические и плутонические сооружения – составляющие обширного Западно-Забайкальского вулканоплутонического пояса, сформированного на этапах позднепалеозойской–раннемезозойской тектоно-магматической активизации [1]. Рудопро- дущими и рудоносными на позднепалео- зойском этапе являются интрузии нефелиновых сиенитов боргойского комплекса (редкие земли, нефелин), гранитоидов соготинского и бичурского комплексов (молибден, уран, редкие металлы и др.), одной из рудоносных структур рассматривается Астайская вулcano-купольная структура.

Боргойский комплекс нефелиновых и щелочных сиенитов не имеет однозначных радиологических датировок. Соготинский и бичурский трехфазные комплексы, в соответствии с Селенгинской серийной легендой [2], – разновозрастные плутонические образования в составе единых алентуй-соготинской (Селенга-Джидинская СФЗ) и тамир-бичурской (Чикой-Тамирская СФЗ) ВПА. Пермский возраст бичурского комплекса и тамирской свиты имеет радиологическое и фаунистическое обоснование, однако отсутствуют радиологические данные о возрасте соготинского комплекса и вулканитов алентуйской свиты с наиболее выраженной рудоносностью на опорном Наранском участке.

С целью определения возраста и состава рассматриваемых в статье образований проведено геохронологическое опробование, минералого-петрографическое и петрохимическое изучение Боргойского, Боцийского массивов и Наранского участка.

Боргойский массив является петротипическим и вмещает одноименное нефелиновое месторождение. Размер массива в плане 1,2 × 2,5 км, он вытянут в северо-восточном направлении. Нефелиновые сиениты сложены калиево-натриевым полевым шпатом до 60 %, альбитом 5 %, нефелином 15–25 %, рибекитом, эгирин-авгитом до 10 % и биотитом 5–10 %. Акцессорные минералы – титан-авгит, циркон, сфен, апатит, монацит; вторичные – хлорит, либнерит. От массива отходят апофизы, сложенные тингуаитами, образующими также самостоятельные небольшие тела и дайки. Боргойский массив хорошо изучен, здесь проводились поисково-разведочные работы, были подсчитаны запасы нефелиновых руд. Породы рассматриваемого массива граничат на юго-западе с монцонитами бичурского комплекса, на севере – с вулканитами гунзанской свиты. Южный контакт Боргойского массива тектонический.

Боцийский массив также является источником нефелинового сырья, но в меньших масштабах. Массив с одноименным месторождением практически полностью перекрыт четвертичными отложениями, поэтому его истинные размеры имеют предпологаемый характер. Вблизи Боцийского массива среди монцонитоидов и щелочных сиенитов бичурского комплекса расположено более десятка малых тел нефелиновых сиенитов, в том числе с проявлением Нижне-Ичетуйским. Нефелиновые сиениты сложены микроклин-пертитом 40–60 %, нефелином 5–80 %, альбитом 5–20 %, эгирином до 10 % и рибекитом до 15 %. Акцессорные минералы – флюорит, циркон, сфен, апатит и рудные. Продукты замещения нефелина – либнерит и томсонит. Частые прослои так называемых либнеритовых сиенитов имеют рыжеватый оттенок и являются



Рис. 1. Объекты исследования на Таширской площади

1 – Наранский участок; 2 – массивы нефелиновых сиенитов (1 – Боргойский, 2 – Боцийский)

наиболее измененными разновидностями нефелиновых сиенитов. «Рудные» – тела порфировидных и пегматоидных эгириновых сиенитов.

Наранский участок (рис. 2) охватывает Астайскую вулcano-купольную структуру (ВКС) и прилегающие южные части Наранского и Урминского массивов.

Астайская ВКС площадью около 80 км² в краевых частях сложена перемежающимися покровами сферолитовых и флюидальных лав, реже лавобрекчий трахириолитов и трахитов (астайская свита). Центральную часть (4 × 7 км) занимает штокообразное тело сиенит-порфиров. Структуры этих пород и присутствие в них многочисленных обломков вмещающих вулканитов и пород фундамента указывают на экстрезивный (жерловый) характер образования. В фундаменте и обрамлении рассматриваемой ВКС развиты кристаллосланцы и мраморизованные известняки нижнекембрийской темникской свиты. Известное в Астайской ВКС гидротермальное урановое оруденение локализовано в лавах трахириолитов, а в зоне контакта трахириолитов с экструзивной сиенит-порфиров скважинами вскрыты трубообразные тела флюидоэксплозивных брекчий с полиметаллическим оруденением.

Наранский и Урминский массивы на участках работ (рис. 2) сложены преимущественно лейкогранитами третьей (заключительной) фазы соготинского комплекса. Массивы граничат с образованиями Астайской ВКС и юрской Северо-Боргойской вулcano-тектонической структуры, вмещающей месторождение Сланцевое и более мелкие урановые объекты. Непосредственно в лейкогранитах Наранского массива локализованы Наранское флюоритовое и Урминское уран-бериллиевое месторождения. Лейкограниты являются материнскими по отношению к ассоциирующим с ними фельдшатолитам с уран-бериллиевым оруденением.

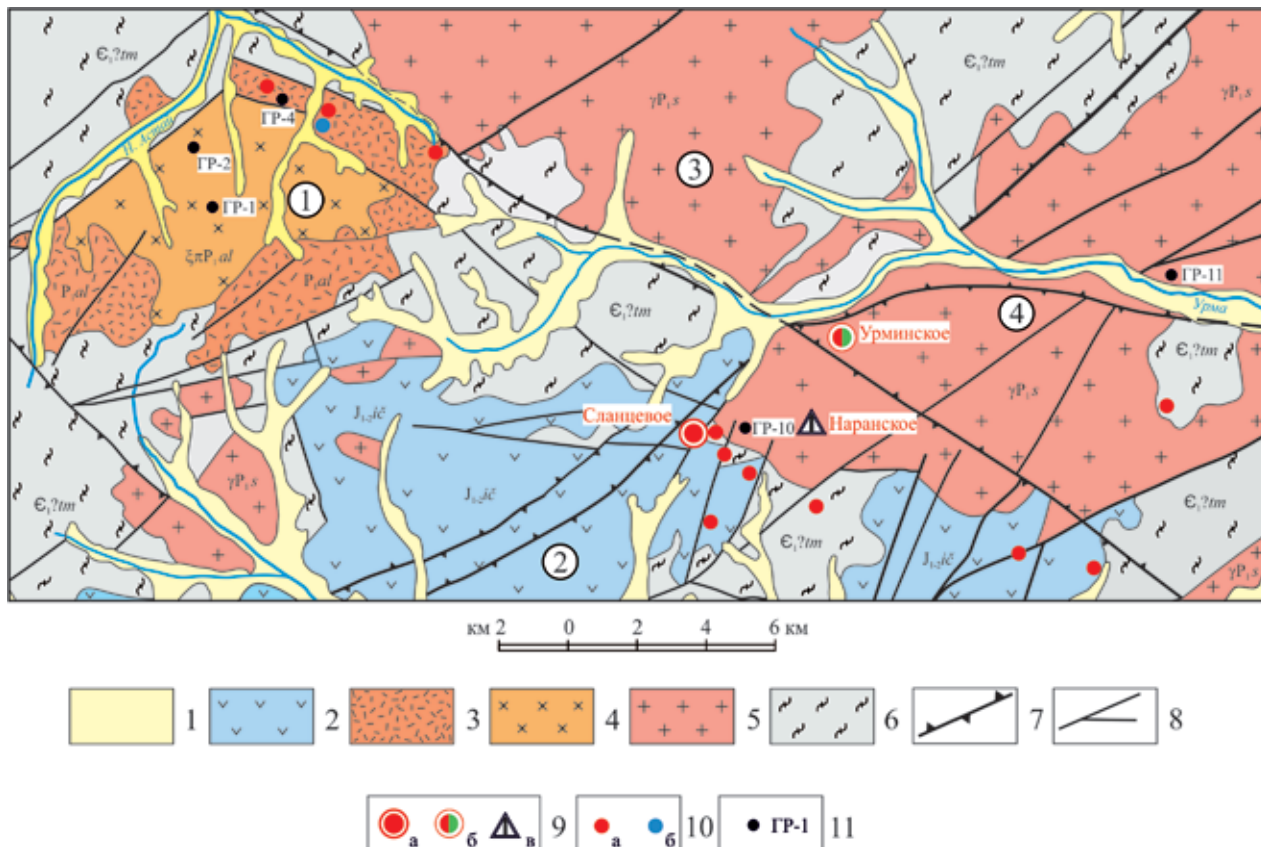


Рис. 2. Геологическая карта Наранского участка (по материалам авторов)

1 – нерасчлененные четвертичные отложения; 2 – ичетуйская свита: конгломераты, туфогравелиты, трахиандезиты ($J_{1-2}ic$); 3–5 – алентуй-соготинская ВПА: 3 – алентуйская свита: трахириолиты, трахиты и их лавобрекчии (P_{al}); 4 – субвулканические образования: сиенит-порфиры, монцонит-порфиры (ξmP_{al}); 5 – соготинский плутонический комплекс, третья фаза: граниты, лейкограниты, граносиениты ($\gamma P_{1,s}$); 6 – темнильская свита: кристаллические сланцы, мраморизированные известняки ($E_{1?tm}$); 7 – региональные разломы; 8 – прочие разрывные нарушения; 9 – месторождения урана (а), бериллия и урана (б), флюорита (в); 10 – рудопроявления урана (а) и полиметаллов (б); 11 – места отбора геохронологических проб и их номера. В кружках – основные вулcano-плутонические структуры: 1 – Астайская ВКС, 2 – Северо-Боргойская ВТС, 3 – Урминский массив, 4 – Наранский массив

Результаты изучения боргойского комплекса.

Петрографическое изучение Боргойского и Боцийского массивов показало, что в их составе преобладают крупнокристаллические нефелиновые сиениты, состоящие из нефелина, альбита и калиево-натриевого полевого шпата. Отмечаются новообразования гидрослюдистого агрегата и мелкопластинчатого канкринита по нефелину. Местами проявлены альбитизация (прозрачный эпигенетический альбит) и карбонатизация. Породы специализированы на редкие земли с преобладанием цериевых (до 640–800 г/т) при выраженной урановой специализации (U 5,4–10, Th 13 г/т, Th/U 2,4). На TAS-диаграмме (рис. 3) все проанализированные породы располагаются в поле щелочных и фойдовых сиенитов.

Датирование нефелиновых сиенитов боргойского комплекса осуществлялось по пробам, отобранным на петротипическом Боргойском (4064) и Боцийском (4022) массивах. Все выделенные акцессорные цирконы в минералогическом отношении представляют собой гомогенные популяции без признаков наличия ядер и вторичных оболочек. Отмечается повышенное содержание нерадиоактивного свинца, вероятно, за счет включений газовой-жидкой фазы.

В пр. 4064 цирконы желтые, с флюидными включениями в виде субидiomорфных призматических кристаллов. Длина кристаллов 100–300 мкм.

В катодоллюминесцентном изображении (КЛ) цирконы с ярким свечением, с тонкой и секториальной зональностью и ее следами. Содержание урана 141–1110, тория 133–768 г/т (ср. Th/U 1,1).

В пр. 4022 присутствуют желтоватые, прозрачные, идиоморфные короткопризматические кристаллы цирконов. Длина кристаллов 170–340 мкм. В КЛ изображении цирконы с ярким свечением, с тонкой и секториальной зональностью. Содержание урана 145–551, тория 168–427 г/т (ср. Th/U 1,0).

Уран-свинцовым методом определены конкордантные (истинные) значения возраста субсинхронной среднепермской магматической кристаллизации нефелиновых сиенитов $281,6 \pm 2,9$ и $278,1 \pm 3,5$ млн лет (рис. 4, таблица).

Результаты изучения алентуй-соготинской ВПА.

На примере Астайской ВКС она включает в себя алентуйский комплекс трахириолитовый вулканический, объединяющий алентуйскую свиту и субвулканические образования, и соготинский комплекс монцонит-сиенит-лейкогранитовый плутонический.

Вулканические образования алентуйской свиты в основной массе представлены трахириолитовыми порфирными и афировыми, среди которых встречаются кластолавы и витрокластические

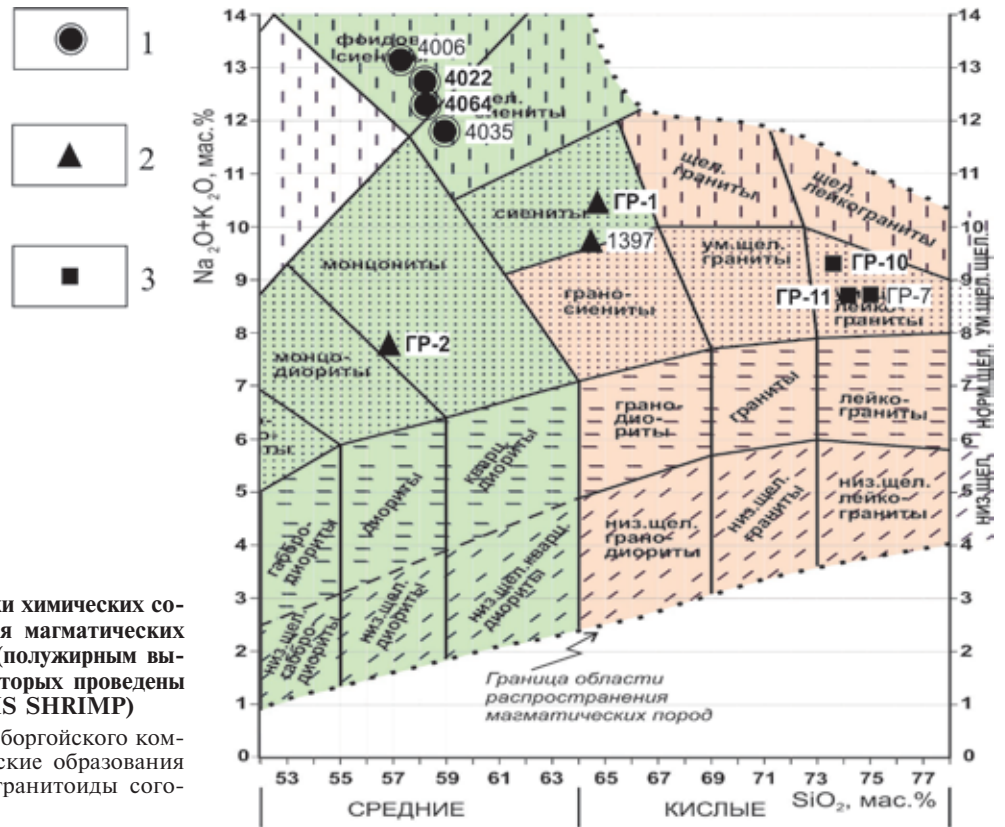


Рис. 3. Фигуративные точки химических составов анализировавшихся магматических пород на TAS-диаграмме (полуширным выделены номера проб, в которых проведены определения возраста SIMS SHRIMP)

1 – нефелиновые сиениты боргойского комплекса; 2 – субвулканические образования алентуйской свиты; 3 – гранитоиды соготинского комплекса

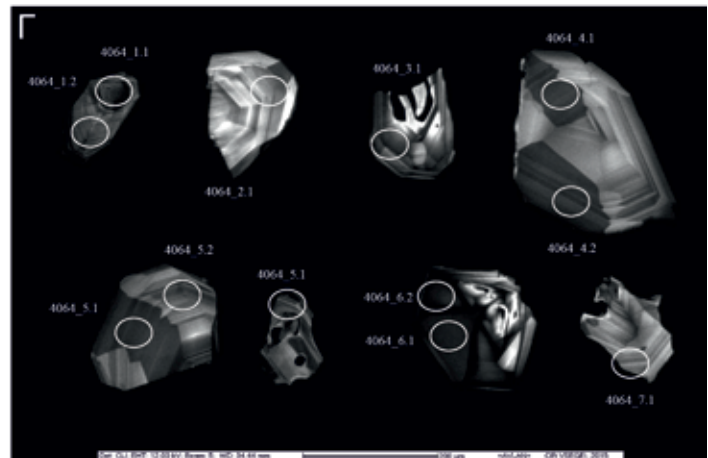
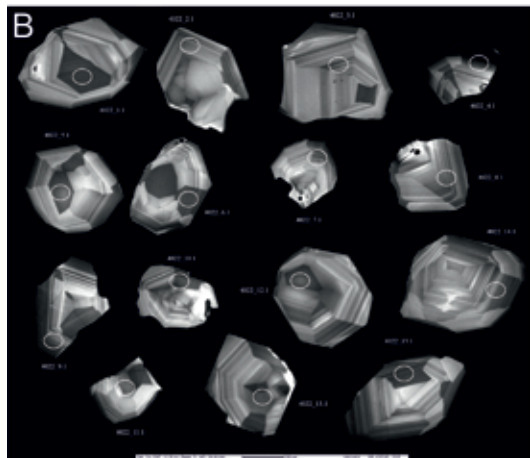
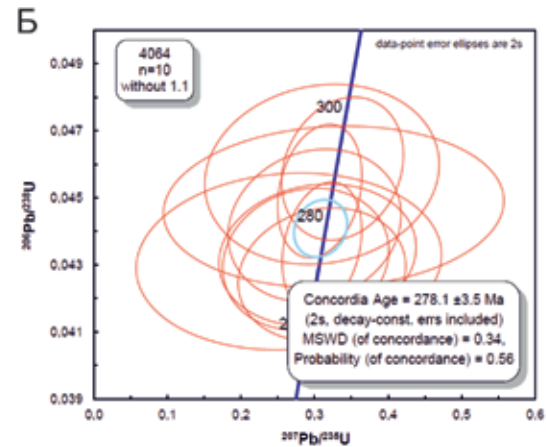
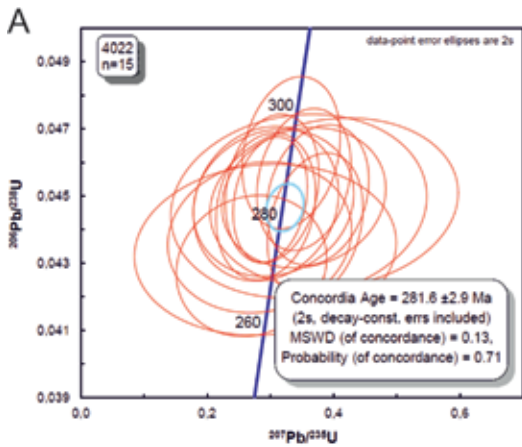


Рис. 4. Результаты изотопного датирования проб цирконов из нефелиновых сиенитов боргойского комплекса в U-Pb координатах Аренса-Везерилла (А, Б) и КЛ изображения датированных зерен цирконов с местами вторично-ионного пробоотбора, диаметр кратеров 25 мкм (В, Г)

U-Pb (SIMS SHRIMP) изотопные данные для цирконов из пород боргойского комплекса и алентуй-сотогинской ВПА

Кратер	$^{206}\text{Pb}_e$, %	U, ppm	Th, ppm	$^{206}\text{Pb}^*$, ppm	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	Возраст $^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{Pb}^*$, млн лет	$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{Pb}^*$	\pm , %	$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$	\pm , %	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	\pm , %	КК
пр. 4022, Боцыйский массив, нефелиновый сиенит													
4022_1.1	1,51	183	218	7,14	1,23	282,3 ± 5,9	0,0475	16,0	0,293	16,0	0,0448	16,0	0,133
4022_2.1	2,15	201	238	7,89	1,23	282,5 ± 5,7	0,0494	17,0	0,305	17,0	0,0448	17,0	0,122
4022_3.1	0,88	187	154	7,29	0,85	283,9 ± 5,4	0,0604	8,6	0,375	8,8	0,0450	8,8	0,218
4022_4.1	0,91	1110	768	43,20	0,72	283,1 ± 4,7	0,0485	7,9	0,300	8,0	0,0449	8,0	0,212
4022_5.1	2,98	122	125	4,84	1,06	281,8 ± 7,0	0,0560	24,0	0,345	24,0	0,0447	24,0	0,106
4022_6.1	1,10	189	216	7,60	1,18	291,7 ± 5,7	0,0522	9,3	0,333	9,5	0,0463	9,5	0,210
4022_7.1	1,21	216	220	8,51	1,05	285,1 ± 5,5	0,0486	9,8	0,303	10,0	0,0452	10,0	0,198
4022_8.1	1,13	231	250	9,01	1,12	283,4 ± 5,2	0,0570	14,0	0,353	15,0	0,0450	15,0	0,129
4022_9.1	2,03	297	249	11,20	0,87	270,9 ± 5,2	0,0456	18,0	0,270	18,0	0,0429	18,0	0,111
4022_10.1	2,45	212	275	8,12	1,34	273,8 ± 6,4	0,0490	29,0	0,292	29,0	0,0434	29,0	0,082
4022_11.1	1,15	141	133	5,49	0,97	282,4 ± 6,5	0,0650	20,0	0,401	20,0	0,0448	20,0	0,116
4022_12.1	3,10	195	233	7,57	1,23	276,1 ± 5,7	0,0470	21,0	0,283	21,0	0,0438	21,0	0,102
4022_13.1	1,54	237	206	9,25	0,90	281,8 ± 5,4	0,0475	11,0	0,293	11,0	0,0447	11,0	0,180
4022_14.1	1,24	231	194	9,14	0,87	286,8 ± 5,4	0,0563	8,3	0,353	8,6	0,0455	8,6	0,223
4022_15.1	0,96	219	243	8,37	1,15	278,3 ± 5,5	0,0610	8,0	0,371	8,3	0,0441	8,3	0,245
пр. 4064, Боргойский массив, нефелиновый сиенит													
4064_1.1	3,64	277	310	8,44	1,16	216,6 ± 4,7	0,0530	21,0	0,247	22,0	0,0342	22,0	0,103
4064_1.2	1,45	551	275	21,70	0,52	285,0 ± 4,9	0,0493	7,4	0,307	7,6	0,0452	7,6	0,233
4064_2.1	1,40	251	215	10,00	0,88	289,1 ± 5,5	0,0534	9,9	0,338	10,0	0,0459	10,0	0,193
4064_3.1	1,56	277	427	10,30	1,59	269,6 ± 5,1	0,0527	15,0	0,310	15,0	0,0427	15,0	0,127
4064_4.1	2,16	145	173	5,83	1,23	287,9 ± 6,7	0,0490	21,0	0,310	21,0	0,0457	21,0	0,111
4064_4.2	2,00	278	279	10,50	1,04	273,2 ± 5,3	0,0510	18,0	0,304	18,0	0,0433	18,0	0,113
4064_5.1	3,43	201	231	7,72	1,19	272,2 ± 6,5	0,0450	32,0	0,265	32,0	0,0431	32,0	0,077
4064_5.2	2,81	171	184	6,75	1,12	282,1 ± 6,0	0,0530	29,0	0,326	29,0	0,0447	29,0	0,076
4064_6.1	2,01	310	209	11,70	0,70	272,4 ± 5,2	0,0484	16,0	0,288	16,0	0,0432	16,0	0,125
4064_6.2	1,18	491	332	18,60	0,70	274,8 ± 4,8	0,0516	6,9	0,310	7,1	0,0436	7,1	0,249
4064_7.1	1,94	187	168	7,24	0,93	278,7 ± 5,8	0,0492	16,0	0,300	16,0	0,0442	16,0	0,135
пр. GR-1, сиенит-порфир													
GR-1_1.1	0,36	239	410	9,25	1,78	283,7 ± 3,2	0,0509	4,3	0,316	4,5	0,0450	4,5	0,262
GR-1_2.1	0,56	273	224	11,00	0,85	293,8 ± 3,3	0,0504	4,8	0,324	4,9	0,0466	4,9	0,231
GR-1_3.1	0,01	197	255	7,77	1,34	289,2 ± 3,4	0,0525	3,2	0,332	3,4	0,0459	3,4	0,352
GR-1_4.1	0,20	118	129	4,61	1,13	287,1 ± 4,0	0,0515	5,1	0,323	5,3	0,0455	5,3	0,267
GR-1_5.1	0,36	143	160	5,81	1,15	296,0 ± 4,2	0,0521	4,8	0,338	5,0	0,0467	5,0	0,287

GR-1_7.1	0,15	217	177	8,50	0,85	287,7 ± 3,3	0,0544	3,0	0,342	3,3	0,0456	1,2	0,361
GR-1_8.1	0,50	234	123	9,48	0,55	295,7 ± 3,4	0,0526	7,3	0,340	7,4	0,0469	1,2	0,158
GR-1_9.1	0,23	140	194	5,58	1,43	291,1 ± 3,8	0,0516	4,1	0,329	4,3	0,0462	1,3	0,304
GR-1_10.1	0,28	116	132	4,63	1,17	290,8 ± 4,0	0,0513	4,3	0,327	4,5	0,0461	1,4	0,310
пр. GR-2, монцониг-порфир													
GR-2_1.1	1,04	38	49	1,53	1,34	292,0 ± 5,5	0,0464	13	0,297	13,0	0,0464	1,9	0,144
GR-2_2.1	2,50	36	47	1,42	1,35	285,0 ± 7,0	0,0510	24	0,317	25,0	0,0452	2,5	0,102
GR-2_3.1	1,29	58	59	2,29	1,05	287,0 ± 5,4	0,0474	15	0,298	15,0	0,0455	1,9	0,124
GR-2_4.1	0,42	185	178	7,32	0,99	290,0 ± 4,2	0,0521	5,2	0,330	5,4	0,0460	1,5	0,272
GR-2_5.1	0,36	221	289	8,69	1,35	288,0 ± 4,0	0,0513	4,6	0,323	4,8	0,0456	1,4	0,295
GR-2_6.1	1,09	70	99	2,83	1,47	294,0 ± 5,6	0,0571	11	0,368	11,0	0,0467	2,0	0,176
GR-2_7.1	0,32	245	365	9,55	1,54	285,0 ± 3,9	0,0503	4,3	0,314	4,5	0,0453	1,4	0,309
GR-2_8.1	0,01	41	53	1,66	1,35	298,0 ± 5,8	0,0509	6,3	0,332	6,6	0,0473	2,0	0,302
GR-2_9.1	0,46	167	291	6,51	1,80	285,0 ± 4,0	0,0504	5,8	0,314	6,0	0,0452	1,4	0,242
GR-2_10.1	0,70	82	88	3,17	1,11	282,0 ± 4,7	0,0527	7,8	0,325	7,9	0,0447	1,7	0,213
пр. GR-4, трахиролит													
GR-4_1.1	0,11	1195	1002	47,90	0,87	293,8 ± 2,7	0,0524	1,4	0,337	1,7	0,0466	0,9	0,565
GR-4_2.1	0,01	744	441	29,90	0,61	294,8 ± 2,7	0,0516	1,5	0,337	1,7	0,0468	1,0	0,546
GR-4_3.1	0,01	622	408	24,20	0,68	285,3 ± 2,8	0,0518	1,6	0,323	1,9	0,0453	1,0	0,533
GR-4_4.1	0,08	899	663	36,10	0,76	294,6 ± 2,8	0,0517	1,5	0,333	1,8	0,0468	1,0	0,534
GR-4_5.1	0,03	1091	811	44,00	0,77	295,4 ± 2,6	0,0519	1,2	0,335	1,5	0,0469	0,9	0,611
GR-4_6.1	0,10	909	719	35,80	0,82	288,3 ± 2,6	0,0515	1,6	0,325	1,8	0,0457	0,9	0,507
GR-4_7.1	0,25	1000	766	39,20	0,79	287,2 ± 2,6	0,0527	2,4	0,331	2,6	0,0456	0,9	0,357
GR-4_8.1	0,12	730	544	29,40	0,77	295,0 ± 2,7	0,0517	1,8	0,334	2,0	0,0468	1,0	0,468
GR-4_9.1	0,01	675	351	26,50	0,54	288,2 ± 2,7	0,0522	1,6	0,329	1,8	0,0457	1,0	0,527
GR-4_10.1	0,13	1076	825	43,70	0,79	297,4 ± 2,7	0,0524	1,5	0,341	1,8	0,0472	0,9	0,521
пр. GR-10, лейкогранит													
GR-10_1.1	0,01	78	72	2,93	0,96	276,0 ± 4,2	0,0529	4,5	0,319	4,8	0,0437	1,6	0,329
GR-10_2.1	0,01	142	153	5,35	1,12	277,6 ± 3,5	0,0517	3,5	0,313	3,7	0,0440	1,3	0,351
GR-10_3.1	0,12	200	166	7,78	0,86	285,5 ± 3,3	0,0505	3,2	0,315	3,4	0,0453	1,2	0,346
GR-10_4.1	0,22	290	184	11,20	0,65	283,2 ± 3,0	0,0505	2,9	0,312	3,1	0,0449	1,1	0,353
GR-10_5.1	0,54	57	42	2,23	0,76	283,6 ± 4,9	0,0534	6,9	0,331	7,1	0,0450	1,8	0,250
GR-10_6.1	0,39	714	532	28,30	0,77	289,2 ± 2,8	0,0515	2,8	0,326	2,9	0,0459	1,0	0,336
GR-10_7.1	0,53	107	101	4,19	0,98	286,4 ± 5,7	0,0515	6,1	0,323	6,4	0,0454	2,0	0,317
GR-10_8.1	0,28	114	79	4,41	0,72	284,0 ± 3,9	0,0504	4,4	0,313	4,6	0,0450	1,4	0,300
GR-10_9.1	0,01	80	72	3,13	0,94	288,2 ± 4,8	0,0544	4,0	0,343	4,3	0,0457	1,7	0,398
GR-10_10.1	0,15	213	161	8,22	0,78	282,7 ± 3,3	0,0508	3,0	0,314	3,2	0,0448	1,2	0,369

Кратер	$^{206}\text{Pb}_e$, %	U, ppm	Th, ppm	$^{206}\text{Pb}^*$, ppm	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	Возраст $^{207}\text{Rb}^*/^{216}\text{Pb}^*$, млн лет	$^{207}\text{Rb}^*/^{216}\text{Pb}^*$	\pm , %	$^{207}\text{Rb}^*/^{235}\text{U}$	\pm , %	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	\pm , %	КК
						пр. ГР-11, лейкогранит							
GR-11_1.1	0,04	784	376	30,40	0,50	284,3 ± 2,6	0,0517	1,4	0,321	1,7	0,0451	1,0	0,571
GR-11_2.1	0,04	759	618	30,10	0,84	290,5 ± 2,8	0,0515	1,6	0,328	1,8	0,0461	1,0	0,538
GR-11_3.1	0,05	614	430	24,20	0,72	288,3 ± 2,8	0,0512	1,8	0,323	2,0	0,0457	1,0	0,486
GR-11_4.1	0,03	1020	636	40,70	0,64	292,3 ± 2,7	0,0519	1,3	0,332	1,6	0,0464	0,9	0,576
GR-11_5.1	0,76	730	968	29,40	1,37	292,9 ± 2,9	0,0523	3,1	0,335	3,3	0,0465	1,0	0,311
GR-11_6.1	0,22	875	610	34,50	0,72	288,4 ± 2,7	0,0517	2,0	0,326	2,2	0,0458	1,0	0,431
GR-11_7.1	0,15	1094	467	43,20	0,44	289,1 ± 2,6	0,0520	1,7	0,329	1,9	0,0459	0,9	0,489
GR-11_8.1	0,06	1446	787	56,50	0,56	286,6 ± 2,6	0,0520	1,4	0,326	1,7	0,0455	0,9	0,558
GR-11_9.1	0,28	338	502	13,30	1,54	288,7 ± 3,1	0,0516	3,4	0,326	3,6	0,0458	1,1	0,300
GR-11_10.1	0,14	772	454	30,00	0,61	285,1 ± 2,8	0,0523	1,9	0,326	2,1	0,0452	1,0	0,471

Примечание. Ошибки измерений – 1σ. Погрешность в калибровке стандарта 0,49 %. ^{206}Pb и $^{216}\text{Pb}^*$ – обыкновенный и радиогенный свинец. Изотопные отношения и содержание нерадиогенного Рb скорректированы по измеренному ^{204}Pb . КК – коэффициент корреляции между ошибками определения изотопных отношений $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ и $^{207}\text{Rb}/^{235}\text{U}$.

туфы того же состава. Проанализированная проба ГР-4 (рис. 2) – типичный афировый трахириолит с флюидальной текстурой и микрофельзитовой структурой, состоящий из калиевого полевого шпата, плагиоклаза (олигоклаза), кварца и мусковита. Отмечаются весьма слабая пелитизация калиевого полевого шпата и серицитизация плагиоклаза. Из аксессуарных минералов встречены мельчайшие зерна рудного минерала, титанита, а также апатита и циркона. По химическому составу трахириолиты идентичны лейкогранитам рассматриваемого ниже соготинского комплекса и принадлежат к группе кислых умереннощелочных пород (SiO_2 77,2, $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 8,5 %) с пониженным содержанием радиоэлементов (U 2,3, Th 10,7 г/т, Th/U 4,6).

В пр. ГР-4 трахириолитов цирконы представлены однородными коричневыми, полупрозрачными, идиоморфными призматическими кристаллами длиной 75–200 мкм с умеренным свечением и следами грубой и секториальной зональности в КЛ. Содержание урана 622–1195, тория 351–1002 г/т (ср. Th/U 0,7).

Субвулканические образования, слагающие центральную часть Астайской ВКС, – это однородные сиенит-порфиры с вкрапленниками таблитчатого калиевого полевого шпата и призматического плагиоклаза (андезин-олигоклаза) размером до 2–3 мм на фоне тонко-мелкозернистой основной массы, состоящей из калиевого полевого шпата, плагиоклаза (олигоклаза), кварца, микрографических сростаний полевого шпата с кварцем и чешуек зеленого биотита. Во вкрапленниках и основной массе проявлены пелитизация калиевого полевого шпата, серицитизация и карбонатизация плагиоклаза. Биотит повсеместно хлоритизирован и содержит включения эпидота и рудного минерала. Аксессуарные минералы – рудные и циркон. По химическому составу сиенит-порфиры относятся к группе умереннощелочных пород среднего состава (рис. 3), радиогеохимически неспециализированных (U 1,8, Th 9,7 г/т, Th/U 5,4).

На локальных участках субвулканического тела наблюдался постепенный (фациальный) переход сиенит-порфиров в монзонит-порфиры. Последние (пр. ГР-2, рис. 2) состоят из плагиоклаза 40–55 %, калиевого полевого шпата 10–15 %, темноцветных минералов около 25 % и кварца редко до 5 %. Вкрапленники (3–5 мм) представлены таблитчатым калиевым полевым шпатом и преобладающим призматическим плагиоклазом. Плагиоклаз характеризуется переменным составом – от зонального андезина (в наиболее крупных выделениях) до альбит-олигоклаза (в мелкозернистой массе). Полевые шпаты (иногда до полных псевдоморфоз) подвержены пелитизации, серицитизации, эпидотизации и карбонатизации. Из темноцветных минералов явно преобладает хлоритизированный красновато-коричневый биотит. Основная масса – мелкозернистый кварц-полевошпатовый агрегат с обильной рудной сыпью (магнетит, гематит) и призматическим цирконом.

Сиенит-порфир (пр. ГР-1) и монзонит-порфир (пр. ГР-2) характеризуются присутствием сходных однородных светло-коричневых, желтоватых, прозрачных, идиоморфных призматических кристаллов цирконов длиной 100–200 мкм, имеющих в КЛ яркое свечение с тонкой и секториальной зональностью. Содержание урана и тория 34–273 и 43–410 г/т (ср. Th/U 1,2–1,3).

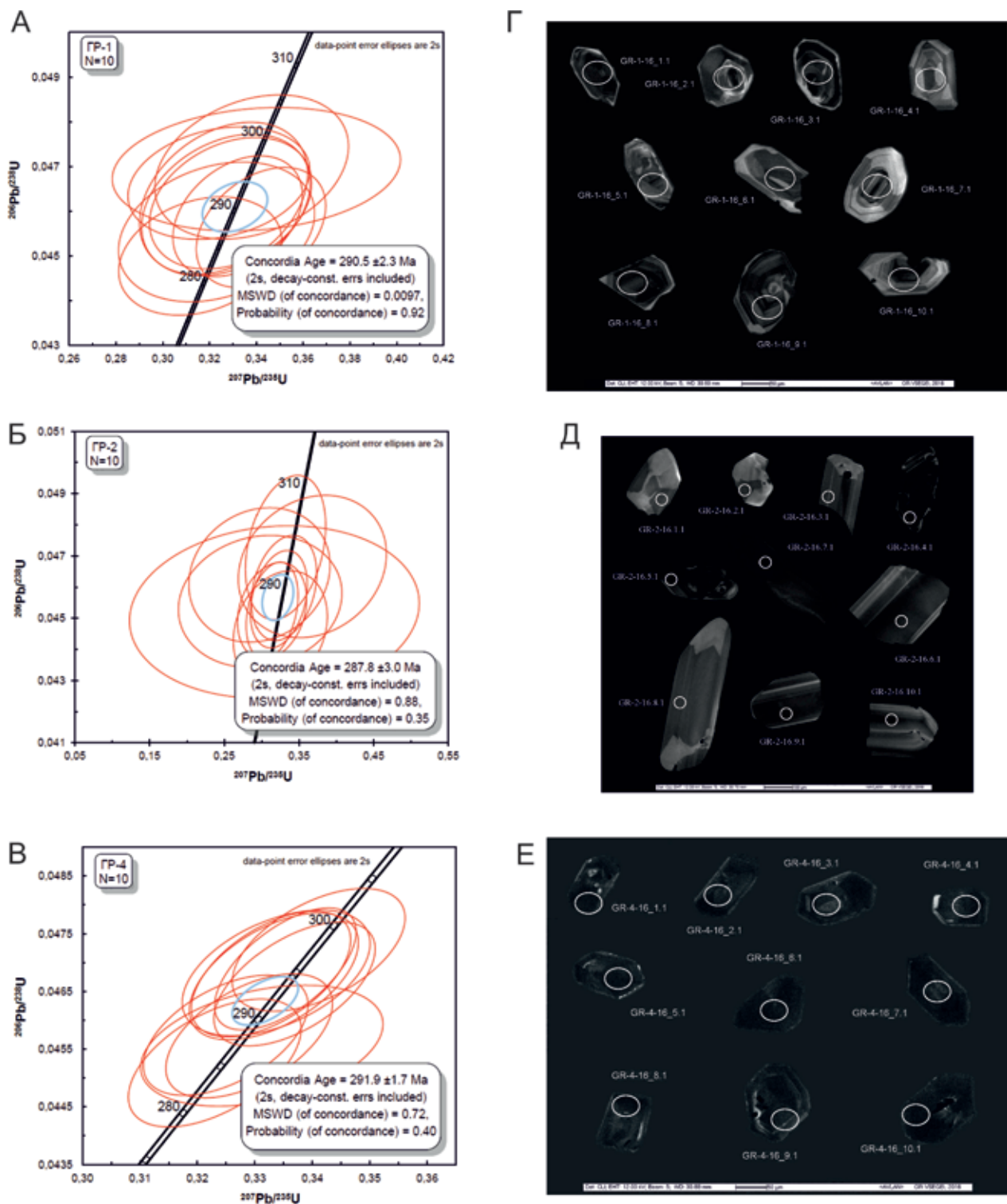


Рис. 5. Результаты изотопного датирования проб цирконов из вулканических (ГР-4) и субвулканических (ГР-1, ГР-2) образований аленгуйского вулканического комплекса в U-Pb координатах Аренса-Везерилла (А–В) и КЛ изображения датированных зерен цирконов с местами вторично-ионного пробоотбора, диаметр кратеров 25 мкм (Г–Е)

По пробам ГР-4, ГР-1, ГР-2 уран-свинцовым методом получены сходные конкордантные (ненарушенные) возрасты, соответствующие времени кристаллизации магматических пород $291,9 \pm 1,7$, $290,5 \pm 2,3$ и $287,8 \pm 3,0$ млн лет (рис. 5, таблица).

Плутонические образования соготинского комплекса в составе Наранского массива представлены лейкократовыми гранитами: калиевый полевоый шпат 60–65 %, кварц 30–35 % и биотит не более

5 %. Второстепенные – плагиоклаз (пр. ГР-11), роговая обманка (пр. ГР-10). Для калиевого полевоого шпата характерны крупные зерна сложных некристаллографических очертаний с ярко выраженным пертитовым распадом и широко проявленными пелитизацией и серицитизацией. Акцессорные минералы – рудный и циркон. Химический состав свидетельствует о принадлежности гранитоидов Наранского массива к лейкогранитам

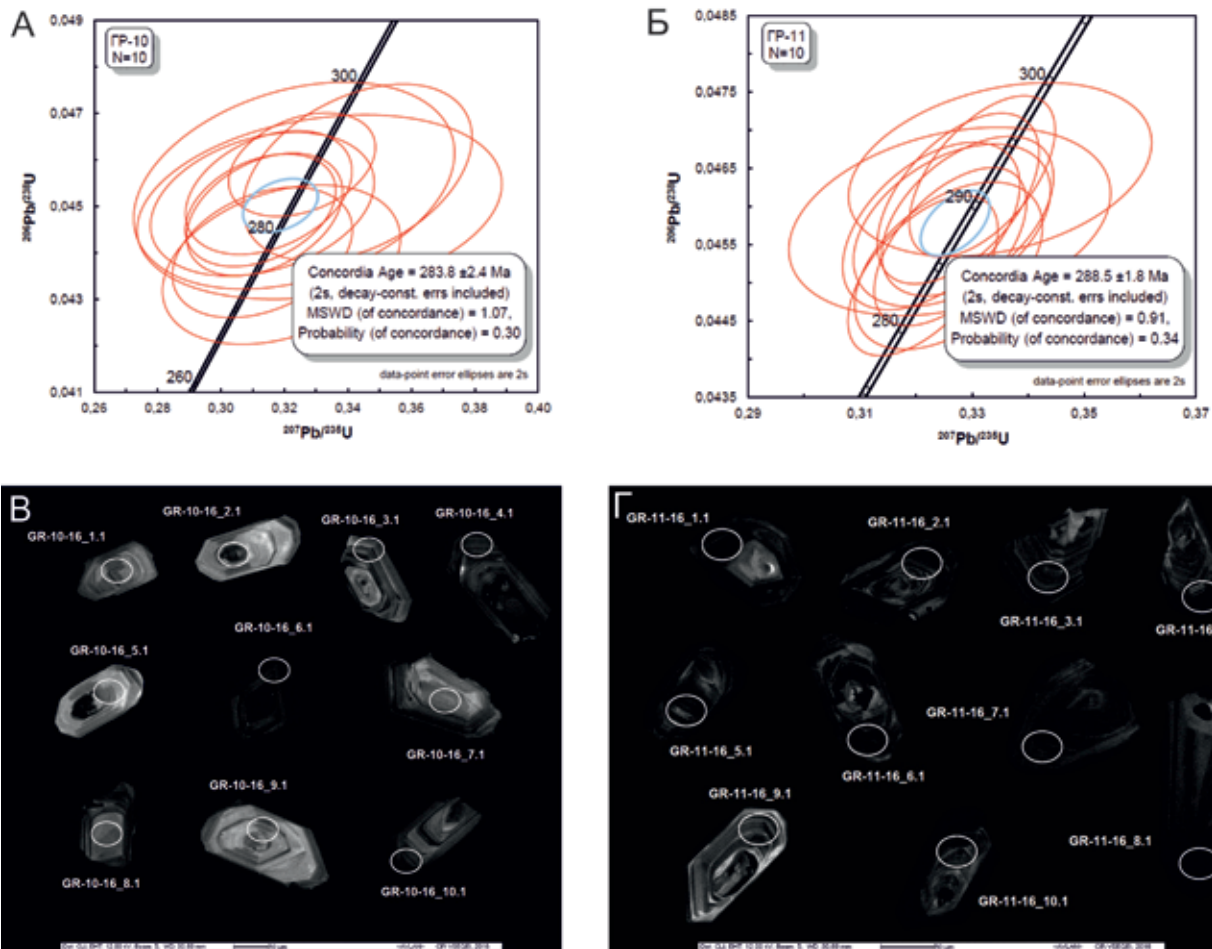


Рис. 6. Результаты изотопного датирования проб цирконов из лейкогранитов соготинского комплекса в U-Pb координатах Аренса-Везерилла (А, Б) и КЛ изображения датированных зерен цирконов с местами вторично-ионного пробоотбора, диаметр кратеров 25 мкм (В, Г)

умеренной щелочности калиевого типа (рис. 3). Их радиогеохимической особенностью является уран-ториевая (U 4,6, Th 43,9 г/т, Th/U 9,5) и существенно урановая (U 29,3, Th 36,3 г/т, Th/U 1,2) специализация.

В пробах GP-10, GP-11 присутствуют однотипные коричневато-желтые, прозрачные и полупрозрачные, идиоморфные и субидиоморфные призматические и длиннопризматические кристаллы цирконов длиной 70–400 мкм (коэффициент удлинения до 4,8) с содержанием урана 80–1446 и тория 184–1093 г/т (ср. Th/U 0,8–0,9). В КЛ цирконы с ярким и умеренно ярким свечением, в основном с тонкой и секториальной зональностью.

Уран-свинцовым методом для всех цирконов получены сопоставимые конкордантные возрасты $283,8 \pm 2,4$ и $288,5 \pm 1,8$ млн лет (рис. 6, таблица).

Выводы. 1. Детальное изучение кристаллов акцессорного циркона позволило выбрать достаточное количество участков (точек) для анализа, в максимальной степени отвечающих гомогенным, свободным от включений вторичных изменений и механических повреждений доменов зерен, соответствующих процессу магматической кристаллизации породы. Во всех продатированных цирконах отсутствует существенное воздействие вторичных процессов на уран-свинцовую изотопную систему, практически все полученные значения возраста

конкордантны (совпадают по независимым изотопным системам $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ и $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$).

2. На основании полученных данных боргойский комплекс нефелиновых и щелочных сиенитов (субсинхронные Боргойский и Боцийский массивы), считавшийся нижнекарбовым [2], имеет более молодой, нижепермский возраст 280 ± 3 млн лет. Это обстоятельство, а также геологические соотношения (правда, не всегда однозначные) позволяют рассматривать щелочные породы боргойского комплекса наиболее поздними в общей последовательности палеозойского магматизма на данной территории.

3. Установлено близкое и, очевидно, последовательное время формирования вулканических 292 ± 2 и субвулканических 289 ± 2 млн лет) образований алентуйской свиты, а также гранитоидов соготинского комплекса (286 ± 2 млн лет). Таким образом, дополнительно обоснована комагматичность алентуй-соготинской ВПА. Наши определения возраста лейкогранитов соготинского комплекса полностью соответствуют ранее полученным данным для пород разных фаз бичурского комплекса [1]. В серийной легенде оба эти комплекса рассматриваются позднепермскими [2], что противоречит имеющимся и изложенным в статье материалам.

4. Алентуйская свита рудоносна в пределах Астайской ВКС. Наблюдаемая пространственно-временная связь оруденения с охарактеризованной

вулcano-купольной структурой предполагает пермский, а не мезозойский (как считалось ранее) возраст вулканогенного уранового в аргиллизитах и полиметаллического оруденения в флюидоэксплозивных брекчиевых трубках. Это может иметь важное прогнозно-поисковое значение при оценке подобных домезозойских вулканоструктур Западно-Забайкальского вулcano-плутонического пояса на урановое, полиметаллическое и комплексное оруденение известных и новых типов.

Таким образом, на основе новейших геохронологических данных обоснованы нижнепермский возраст формирования боргойского комплекса алентуй-соготинской ВПА. Результаты будут учтены при внесении изменений и дополнений в Селенгинскую серийную легенду по ГДП-200 листов М-48-Х, XVI (Таширская площадь).

Работа выполнена по объекту ВСЕГЕИ «Проведение в 2017–2019 годах региональных геологосъемочных работ масштаба 1 : 200 000 на группу листов в пределах Сибирского федерального округа».

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Алдано-Забайкальская серия. Лист М-48 (Улан-Удэ).

Объясн. записка. – СПб.: Изд-во картфабрики ВСЕГЕИ, 2009. – 276 с.

2. Легенда Селенгинской серии листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1 : 200 000 (издание второе). – Улан-Удэ: ГФУП «Бурятгеоцентр», 1999. – 185 с.

3. *Schuth S., Gornyy V.I., Berndt J.* et al. Early Proterozoic U-Pb Zircon Ages from Basement Gneiss at the Solovetsky Archipelago, White Sea, Russia // *Intern. J. of Geosci.* 2012. Vol. 3. No 2. – P. 289–296.

1. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoj Federacii, mashtab 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie). Aldano-Zabajkal'skaya seriya. List M-48 (Ulan-Udeh). Ob'yasn. zapiska [State Geological Map of the Russian Federation, scale 1:1,000,000 (third generation). Aldan-Transbaikalian series. Sheet M-48 (Ulan-Ude). Explanatory note]. St. Petersburg: Izd-vo kartfabriki VSEGEI, 2009. 276 p.

2. Legenda Selenginskoj serii listov Gosudarstvennoj geologicheskoy karty Rossijskoj Federacii, mashtab 1 : 200 000 (izdanie vtoroje) [Legend of the Selenga series of sheets of the State Geological Map of the Russian Federation, scale 1:200,000 (second edition)]. Ulan-Udeh: GFUP «Buryatgeocentr», 1999. 185 p.

3. *Schuth, S., Gornyy, V.I., Berndt, J.* et al. 2012: Early Proterozoic U-Pb Zircon Ages from Basement Gneiss at the Solovetsky Archipelago, White Sea, Russia. *Intern. J. of Geosci.* Vol. 3. 2. 289–296.

Макарьев Леонид Борисович – канд. геол.-минер. наук, вед. специалист, ВСЕГЕИ¹. <Ogumr@vsegei.ru>

Рассолов Александр Александрович – геолог, ВСЕГЕИ¹. <Aleksandr_Rassolov@vsegei.ru>

Моргун Эрнест Владимирович – вед. геолог, ВСЕГЕИ¹. <Ernest_Morgun@vsegei.ru>

Львов Павел Алексеевич – науч. сотрудник, ВСЕГЕИ¹. <Pavel_Lvov@vsegei.ru>

Сергеев Сергей Андреевич – канд. геол.-минер. наук, директор, ЦИИ ВСЕГЕИ¹; доцент, Институт наук о Земле СПбГУ, кафедра изотопной геологии. <Sergey_Sergeev@vsegei.ru>

Шарпенюк Людмила Николаевна – доктор геол.-минер. наук, гл. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ¹. <Lyudmila_Sharpnenok@vsegei.ru>

Makarev Leonid Borisovich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Expert, VSEGEI¹. <Ogumr@vsegei.ru>

Rassolov Aleksandr Aleksandrovich – Geologist, VSEGEI¹. <Aleksandr_Rassolov@vsegei.ru>

Morgun Ernest Vladimirovich – Leading Geologist, VSEGEI¹. <Ernest_Morgun@vsegei.ru>

Lvov Pavel Alexeevich – Research Scientist, VSEGEI¹. <Pavel_Lvov@vsegei.ru>

Sergeev Sergey Andreevich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Director, Centre of Isotopic Research at VSEGEI¹; Docent, Institute of Earth Sciences St. Petersburg State University, Chair of Isotope Geology. <Sergey_Sergeev@vsegei.ru>

Sharpnenok Lyudmila Nikolaevna – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Chief Researcher, VSEGEI¹. <Lyudmila_Sharpnenok@vsegei.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.