

ГЕОЛОГИЯ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГРАНИТОИДОВ ЧАШКОВСКОГО МАССИВА И ИХ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ

GEOLOGY AND PHYSICAL AND CHEMICAL CONDITIONS OF CHASHKOVSKY MASSIF GRANITOIDS FORMATION AND THEIR METALLOGENIC SPECIALIZATION

В. И. Сначёв

Vladimir I. Snachev

Институт геологии Уфимского
федерального исследовательского
центра Российской академии наук,
г. Уфа, Российская Федерация

Institute of Geology of the Ufa
Federal Research Centre of the
Russian Academy of Sciences,
Ufa, Russian Federation

А. В. Сначёв

Vladimir I. Snachev

Институт геологии Уфимского
федерального исследовательского
центра Российской академии наук,
г. Уфа, Российская Федерация

Institute of Geology of the Ufa
Federal Research Centre of the
Russian Academy of Sciences,
Ufa, Russian Federation

М. В. Рыкус

Mikhail V. Rykus

Уфимский государственный
нефтяной технический
университет,
г. Уфа, Российская Федерация

Ufa State Petroleum
Technological University,
Ufa, Russian Federation

В статье приводится описание геологического строения Чашковского мигматит-гнейсогранитного массива, расположенного в южной части Ильменогорско-Сысертского блока. Сложен он гранитоидами, образование которых происходило в два этапа: в первый из них сформировались мигматиты и гнейсограниты, а во второй — биотитовые, мусковитовые и двуслюдяные граниты. Массив залегает среди метаморфических пород еланчиковской, кыштымской толщ и верхнесайтовской свиты в двух с половиной километрах западнее озера Большой Еланчик.

На основе изучения гранат-биотитового парагенезиса, всесторонне исследованного экспериментально и широко представленного в гранитоидах Чашковского массива, получены температуры образования гнейсогранитов (510–530°C) и огнейсованных биотитовых гранитов (520–540°C), а также приблизительно оценена глубина формирования пород, соответствующая приповерхностной или гипабиссальной зонам (первые километры). Полученные данные по физико-химическим условиям становления пород массива позволили сделать вывод об их метасоматической природе и исключить магматический генезис.

Практически все анализы гранитоидов 1 и 2 этапов формирования Чашковского массива (мигматиты, гнейсограниты, биотитовые, двуслюдяные и мусковитовые граниты) укладываются в главный известково-щелочной тренд (СА) и располагаются в пределах либо известково-щелочного, либо субщелочного полей. Мусковитовые и двуслюдяные граниты второго этапа становления массива тяготеют к вольфрам-молибденовому и молибденовому металлогеническим трендам. Наибольший интерес на вольфрамовое оруденение представляют мусковитовые граниты, а на молибденовое — двуслюдяные их разновидности. Мигматиты и гнейсограниты первого этапа, а также биотитовые граниты второго, также имеют W-Mo металлогеническую специализацию.

Ключевые слова

Чашковский массив, граниты,
мигматиты, гнейсограниты,
биотит-гранатовый термометр,
металлогеническая специализация

The article describes the geological structure of the Chashkovsky migmatite-gneiss-granite massif, located in the southern part of the Ilmenogorsk-Sysertsy block. It is composed of granitoids, the formation of which took place in two stages: in the first of them migmatites and gneisso-granites were formed, and in the second - biotite, muscovite and two-mica granites were formed. The massif lies among the metamorphic rocks of the yelanchikovsky, kyshtymsky strata and the upper saitovsky suite in two and a half kilometers west of the Bolshoy Elanchik lake.

Based on a study of the garnet-biotite paragenesis, comprehensively studied experimentally and widely represented in the Chashkovsky granitoids, the formation temperatures of gneiss-granites (510–530 °C) and gneissic biotite granites (520–540 °C) were obtained, and the formation depth of rocks was estimated approximately corresponding to the near-surface or hypabyssal zones (first kilometers). The obtained data on the physicochemical conditions of the formation of rocks of the massif made it possible to conclude that they are metasomatic in nature and exclude the magmatic genesis.

Practically all analyzes of granitoids of the 1st and 2nd stages of the formation of the Chashkovsky massif (migmatites, gneiss-granites, biotite, two-mica and muscovite granites) belong to the main calc-alkaline trend (SA) and are located within either calc-alkaline or subalkaline fields. Muscovite and two-mica granites of the second stage of the massif formation belong to the tungsten-molybdenum and molybdenum metallogenic trends. Muscovite granites are of the greatest interest in tungsten mineralization, and their two-mica varieties in molybdenum. Migmatites and gneissic granites of the first stage, as well as biotite granites of the second stage, also have W-Mo metallogenic specialization.

Чашковский и Еланчиковский массивы входят в состав еланчиковского комплекса и расположены в южной части Ильменогорской зоны (рисунок 1). Согласно геолого-съёмочным работам, проведенным в 1997–2001 гг. сотрудниками ОАО «Челябинскгеосъёмка» (лист N-41-VII, Миасс, М 1:200 000), петротипом комплекса является Еланчиковский массив.

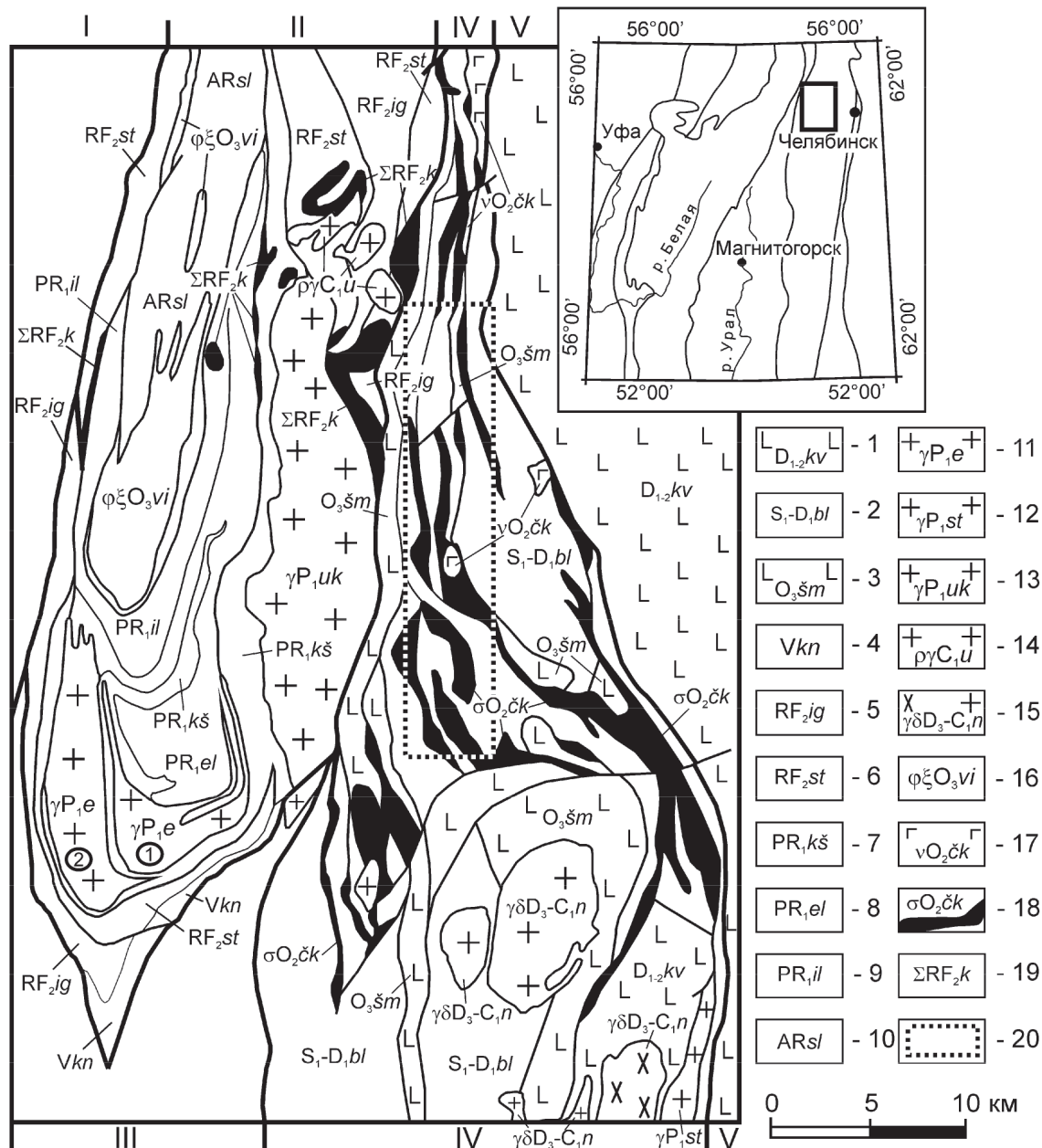
В современном рельефе Чашковский массив слагает субмеридиональную гряду Чашковских гор, которая протягивается между старой частью г. Миасса и Ильменским озером. Вмещающими породами для массива служат образования кыштымской, еланчиковской толщ и верхнесайтовской свиты. Массив сложен гнейсовидными гранитами и вытянут в меридиональном направлении на расстояние 16 км при ширине 3 км, его мощность составляет около 1,6 км. Для гранитов характерны мелкоочковая текстура и равномернозернистая структура основной массы. Их состав: плагиоклаз (альбит-олигоклаз), ортоклаз, участками микроклин, биотит, амфибол (роговая обманка). Аксессуарные минералы: гранат, апатит, сфен, ортит, циркон, магнетит, ильменит. Жильные породы представлены мелкозернистыми гнейсовидными гранитами, гранит-порфирами, широко развитыми к северу от массива в породах сайтовской серии. Они интенсивно расщеплены и будинированы.

Key words

Chashkovsky massif, granites, migmatites, gneiss-granites, biotite-garnet thermometer, metallogenic specialization

Радиогеохимическая специализация гранитов: K — 5%, Ra — $6 \cdot 10^{-4}$ %, Th — $9 \cdot 10^{-4}$ %, отношение Th/Ra составляет 1,5. Граниты обоих массивов имеют повышенную щелочность, на диаграмме SiO₂–K₂O они попадают в поля малокалиевых и калий-натриевых серий. Для них характерны повышенные содержания Al₂O₃, Ni, Cr, Cu. Граниты Чашковского массива обладают высокой железистостью и марганцовистостью, в них присутствует богатый кальцием гранат. На диаграмме Rb-Sr граниты занимают поле исходных магм орогенной андезитовой серии. На графике распределения РЗЭ видна характерная отрицательная Eu аномалия. По геохимическим особенностям предполагается их происхождение за счет метатерригенных пород и принадлежность к гранитам S-типа. Абсолютный возраст гранитов определен K-Ar методом по биотиту в 266–299 млн лет (Юрецкий и др., 1982). Возраст комплекса принят раннепермским.

По данным Г.Б. Ферштатера и др. [1], чашковские гранитоиды представлены в основном биотитовыми плагиогранитами, для которых характерна редкая для гранитов ассоциация высокоглиноземистой роговой обманки с гранатом, содержащим значительное количество кальция. Появление данного парагенезиса вышеуказанными авторами связывается с высокobarическим метаморфизмом грани-



1 — кулеувская толща (лавы и лавобрекчии базальтов, реже андезибазальтов); 2 — булатовская толща (сланцы углеродисто-кремнистые, углеродисто-глинисто-кремнистые); 3 — шеметовская толща (базальты, андезибазальты); 4 — кундравинская свита (метагравелиты, метапесчаники с прослоями мраморизованных известняков); 5 — игишская свита (кварциты графитистые, графитистые кварцито-сланцы); 6 — сайтовская свита (плагисланцы амфиболовые, гранат-биотит-амфиболовые); 7 — кыштымская толща (амфиболиты, гнейсы гранат-биотитовые); 8 — сланчиковская толща (гнейсы биотитовые, амфибол-биотитовые); 9 — ильменогорская толща (амфиболиты, плагигнейсы биотитовые); 10 — селянкинская свита (плагигнейсы биотитовые, гранат-биотитовые); 11 — еланчиковский комплекс гранитовый; 12 — степнинский комплекс монцодиорит-граносиенит-гранитовый; 13 — увильдинско-кисегачский комплекс монцодиорит-граносиенит-гранитовый; 14 — уразбаевский комплекс тоналит-плагиигранитовый; 15 — неплюевский комплекс диорит-гранодиорит-гранитовый; 16 — вишневогорско-ильменогорский комплекс карбонатит-миаскитовый; 17 — чебаркульско-казбаевский комплекс серпентинизированных дунитов, гарцбургитов; 18 — чебаркульско-казбаевский комплекс габбровый; 19 — каганский комплекс метаморфизованных ультрамафитов и габброидов; 20 — контур Непряхинского рудного узла.

Римскими цифрами показаны зоны:

I — Вознесенско-Присакмарская и Западно-Магнитогорская; II — Ильменогорско-Сысертская; III — Уйско-Новооренбургская; IV — Арамилско-Сухтелинская; V — Касаргино-Рефтинская; 1 — Еланчиковский гранитоидный массив; 2 — Чашковский гранитоидный массив

Рисунок 1. Геологическая карта Ильменогорско-Сысертского мегантиклинория и восточного его обрамления (составлена по материалам В.И. Петрова)

тов (с чем вряд ли можно согласиться), расположенных недалеко от зоны Главного уральского разлома. По своим петрогеохимическим особенностям породы массива относятся к водным палингенным гранитам. На классификационных диаграммах Rb-Sr и K-Rb они укладываются в области развития пород, производных толеитовых, континентальных и островодужных магм.

В период с 1996 г. по 2000 г. в пределах Чашковско-Еланчиковского массива Б.Н. Пермяковым [2] были проведены детальные работы, касающиеся петрологического изучения гранитоидов, стратиграфии южного замыкания Ильменогорского антиклинория, петрогеохимических особенностей пород, характера контактовых изменений вмещающих толщ, металлогенической специализации гранитоидов.

В результате этих исследований были сделаны следующие важные выводы, среди которых: 1) Еланчиковский и Чашковский массивы представляют собой единое гранитоидное тело и фиксируют собой ядра гранитно-гнейсовых куполов; 2) становление Чашковско-Еланчиковского массива происходило в два этапа, первый из которых включает гранитизацию исходных метаморфических пород (амфиболитов, амфибол-биотитовых и биотитовых плагиогнейсов) с образованием линзовидно-полосчатых мигматитов и порфиробластовых гнейсогранитов, а второй — метасоматическое преобразование и локальное плавление гранитоидов первого этапа с образованием биотитовых, мусковитовых и двуслюдяных гнейсогранитов и гранитов; 3) в контактовой зоне гранитоидных массивов с вмещающими метаморфическими породами кроме мигматизации последних возникают переходные петрографические разновидности пород, образование которых обусловлено гранитизирующими растворами; 4) гранитоиды Чашковско-Еланчиковского массива относятся преимущественно к известково-щелочному и щелочному рядам; 5) петрогеохимические особенности гранитоидов и вмещающих их пород очень близки, что указывает на унаследованность химического состава первых от субстрата.

Перечисленные выше выводы, полученные Б.Н. Пермяковым [2] по Чашковско-Еланчиковскому массиву, позволяют сопоставить его с гранитоидами Кочкарского антиклинория (Восточно-Уральское поднятие), где в 80-е годы прошлого столетия В.П. Муркиным

и др. (ОАО «Челябинскгеосъемка») были проведены детальные работы, включающие геологическую съемку масштаба 1:50 000 и большой объем колонкового бурения. В процессе проведенных геолого-съемочных и научно-исследовательских работ [3] были получены практически те же выводы, которые приводятся в монографии Б.Н. Пермякова [2] по Чашковско-Еланчиковскому массиву. Ряд скважин, пробуренных по профилю от Еремкинського до Борисовского гнейсо-мигматитовых куполов (Кочкарский антиклинорий), показали наличие постепенного перехода между гранитоидами и вмещающими метаморфическими породами еремкинской толщи. Граница массивов была проведена по 50 % доле в породе неосомы, что указывает на метасоматический генезис рассматриваемых гранитоидов.

С целью определения P-T условий образования гранитоидов Чашковского массива нами был использован биотит-гранатовый парагенезис, всесторонне изученный экспериментально [4, 5] и широко представленный как среди мигматитов и гнейсогранитов, так и биотитовых, мусковитовых и двуслюдяных гранитов. Составы минералов, отобранных из гнейсогранитов (обр. 5644-1, таблица 1) и биотитовых гранитов (обр. 5678), проанализированы И.А. Блиновым (ИМин УрО РАН, г. Миасс) на растровом электронном микроскопе Tescan Vega 3sbu с энерго-дисперсионным спектрометром Oxford Instruments X-act (ускоряющее напряжение 20 кВ, эталоны для биотита — биотит, для граната — пироп, андрадит и грюссуляр). Их формулы рассчитывались по известной методике И.Д. Борнеман-Старынкевич [6], а затем с помощью диаграммы фазового соответствия магнезиальностей парагенезиса биотит-гранат [4] получены температуры и приблизительно оценена глубина формирования пород. Следует отметить, что составы биотитов и гранатов из гнейсогранитов заметно отличаются от таковых из биотитовых гранитов. В гранате последних заметно меньше MnO (4,0–10,5 % против 17,3–17,9 %) и больше CaO (10,0–16,2 % против 1,80–1,81 %), чем в первых. При этом биотит содержит меньше K₂O (8,0–8,9 % против 9,0–9,1 %), MgO (4,7–5,2 % против 7,4–8,2 %) и Al₂O₃ (13,7–14,7 % против 17,00–18,01 %), но больше TiO₂ (3,3–3,9 % против 2,6–3,1 %), FeO (29,1–30,3 % против 22,0–22,1 %) и MnO (1,0–1,1 % против 0,75–0,80 %).

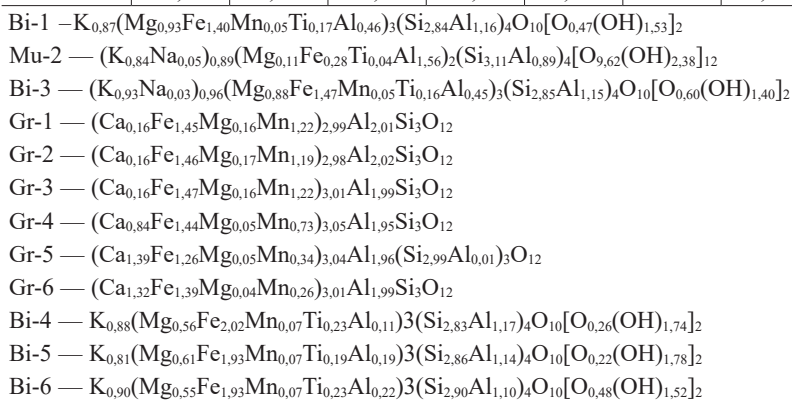
Обратимся к рисунку 2, на котором в координатах $X_{Mg} = Mg/(Mg+Fe+Mn)$ (значения мольных долей компонентов в биотите и гранате) вынесены точки составов для шести пар указанных минералов (1–3 для гнейсогранитов и 4–6 для биотитовых гранитов). Как

видим, все парагенетические ассоциации образуют два поля, первое из которых имеет параметр $X_{Mg}^{Bi} = 0,37–0,39$ (мусковит не рассматривается), а второе — $X_{Mg}^{Bi} = 0,21–0,23$.

Соответственно температуры их образования составляют 510–530 °С и 520–540 °С.

Таблица 1. Химический состав биотита (Bi), граната (Gr) и мусковита (Mu) из гранитоидов Чашковского массива (мас. %)

Минерал	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Сумма	X _{Mg} ^{Bi,Gr}
Bi-1	37,55	3,06	17,99	22,14	0,75	0	8,24	0	9,01	98,74	0,39
Mu-2	48,47	0,91	32,45	5,23	0	0	1,14	0,43	10,27	98,91	0,28
Bi-3	35,56	2,62	16,95	21,95	0,80	0	7,35	0,19	9,12	94,55	0,37
Gr-1	37,16	0	21,20	21,52	17,86	1,80	1,36	0	0	100,89	0,06
Gr-2	37,00	0	21,17	21,65	17,34	1,81	1,43	0	0	100,41	0,06
Gr-3	36,87	0	20,67	21,67	17,69	1,81	1,35	0	0	100,07	0,06
Gr-4	37,54	0	20,69	21,65	10,72	9,76	0,41	0	0	100,78	0,03
Gr-5	37,49	0	20,93	18,92	5,08	16,24	0,39	0	0	99,02	0,03
Gr-6	38,03	0	21,44	21,10	3,96	15,64	0,34	0	0	100,49	0,03
Bi-4	35,44	3,90	13,68	30,31	1,08	0	4,67	0	8,67	97,75	0,21
Bi-5	35,92	3,26	14,17	29,13	1,09	0	5,19	0	8,03	96,79	0,23
Bi-6	36,78	3,90	14,27	29,27	1,01	0	4,69	0	8,91	98,84	0,22

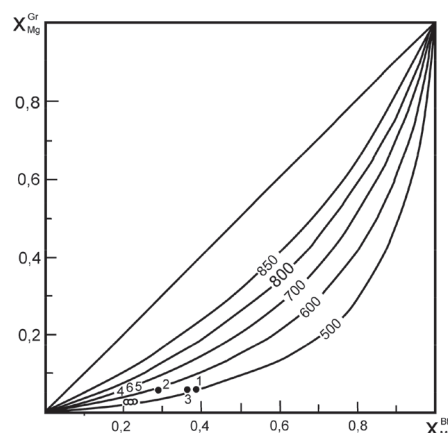


Примечания:

- Bi-1 — (номер пробы 5644-1, номер анализа 18467a);
- Mu-2 — (5644-1, 18467b); Bi-3 — (5644-1, 18467c);
- Gr-1 — (5644-1, 18467d); Gr-2 — (5644-1, 18467e); Gr-3 — (5644-1, 18467f);
- Gr-4 — (5678, 18475a); Gr-5 — (5678, 18475b); Gr-6 — (5678, 18475c);
- Bi-4 — (5678, 18475d); Bi-5 — (5678, 18475e); Bi-6 — (5678, 18475f)

Вместе с тем расчет давления по известной температуре и коэффициенту $\ln K$, где $K = X_{Mg}^{Gr} / X_{Mg}^{Bi}$ [5], оказался лишь приближительным в силу небольшой величины $\ln K$ — около $-1,6 \dots -2,0$. Определенно можно только говорить о небольшой глубине становления гранитоидов Чашковского массива, соответствующей приповерхностной или гипабиссальной зонам (первые километры). Полученные данные по физико-химическим условиям образования пород массива позволяют сделать вывод об их метасоматической природе и исключить магматический генезис.

Металлогенетическая специализация гранитоидов Чашковского массива наглядно демон-



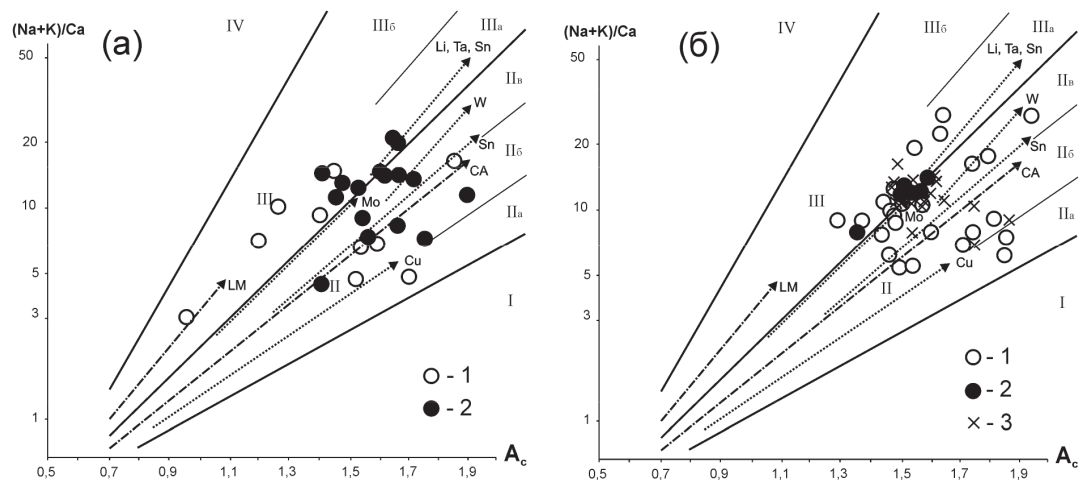
Номера точек (1–6) соответствуют таблице 1

Рисунок 2. Диаграмма фазового соответствия $X_{Mg}^{Gr}-X_{Mg}^{Bi}$ в гранитоидах Еланчиковского массива [5]

стрируется и классификационной диаграммой эталонных трендов рудогенных гранитоидных формаций, разработанной Л. С. Бородиным [7]. На этой диаграмме (рисунок 3) A_c — $(Na+K)/Ca$, основанной на данных силикатного анализа (таблицы 2, 3), где A_c — универсальный параметр кислотности-основности, учитывающий не только содержания, но и химическую активность породообразующих элементов, а $(Na+K)/Ca$ — параметр, характеризующий степень щелочности-известковистости, показаны типовые тренды редко-

металльных, оловорудных и медных провинций мира по отношению к S- и I-гранитам. Как видно из диаграммы (рисунок 3), W-Mo тренд располагается в поле Пв и соответствует субизвестково-щелочным лейкогранитам S-типа, образование которых связывается с завершающими этапами длительной эволюции мантийно-корового магматизма в коллизионных обстановках внутриконтинентальных или окраинно-континентальных орогенных поясов.

Практически все анализы гранитоидов 1 и 2 этапов формирования Чашковского массива



1–2 (для рисунка 3, а): 1 — мигматиты, 2 — гнейсограниты; 1–3 (для рисунка 3, б): 1 — биотитовые граниты, 2 — двуслюдяные граниты, 3 — мусковитовые граниты; классификационные поля: I — известковое; II — известково-щелочное (IIa — субизвестковистые, IIб — известково-щелочные, IIв — субизвестково-щелочные граниты); III — субщелочное (IIIa — субщелочные и щелочные граниты и лейкограниты, IIIб — щелочные агпайтовые граниты); IV — щелочное; эталонные тренды: CA — главный известково-щелочной; LM — латитовый (монзонитовый); эталонные тренды рудогенных гранитоидных формаций: Sn — оловянный; Cu — медно-порфировый; Mo — молибденовый; W — вольфрамовый; Li, Ta, Nb, Sn — литий-тантал-ниобий-оловянный

Рисунок 3. Диаграмма $(Na+K)/Ca$ — A_c для гранитоидов Чашковского массива с эталонными трендами рудогенных гранитоидных формаций [7]

Таблица 2. Химический состав гранитоидов 1-го этапа формирования Чашковско-Еланчиковского массива

№ п/п	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
1	60,34	0,92	17,61	1,61	3,85	2,48	4,10	4,85	2,87
2	66,55	1,05	15,22	1,13	2,77	2,09	1,82	4,77	3,45
3	67,30	0,26	13,98	1,09	4,14	0,45	1,35	4,20	4,90
4	71,82	0,37	15,07	0,54	1,61	0,95	1,66	3,82	3,26
5	71,16	0,24	15,63	0,07	1,48	0,59	2,35	4,68	1,91
6	71,27	0,28	14,55	0,48	1,23	0,50	1,45	4,00	5,18
7	71,10	0,53	13,78	1,02	1,25	0,50	0,88	2,60	7,00
8	71,71	0,12	16,10	0,52	0,45	0,05	0,25	6,12	3,87
9	74,35	0,10	14,83	0,28	0,58	0,10	1,85	6,24	1,00
10	73,78	0,16	13,71	0,95	2,16	1,53	1,92	5,00	0,32
11	74,00	0,30	11,94	1,35	5,54	0,49	0,54	4,00	1,20
12	68,37	0,54	15,43	1,44	2,03	1,23	2,41	4,40	2,10
13	69,33	0,57	11,60	2,40	3,45	1,96	2,69	2,65	2,50
14	73,12	0,28	13,19	1,42	1,80	0,74	1,39	4,75	1,14
15	71,34	0,23	13,25	0,79	2,31	0,40	1,03	4,10	4,00
16	70,67	0,27	13,60	1,92	1,70	0,26	1,13	3,70	5,10
17	72,70	0,20	14,79	0,13	1,69	0,48	1,26	3,00	4,20
18	71,53	0,37	14,18	1,77	1,92	0,28	1,29	4,00	3,64
19	72,24	0,36	13,86	0,39	1,13	0,25	0,99	4,10	5,80
20	71,98	0,49	13,89	0,81	1,19	0,37	1,01	3,50	5,70

№ п/п	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
21	73,90	0,16	13,50	0,85	1,08	0,48	1,69	4,26	3,87
22	74,03	0,14	13,24	1,01	1,47	0,77	0,85	5,28	2,24
23	74,84	0,18	13,24	1,20	1,53	0,34	0,85	5,05	2,14
24	74,54	0,18	12,86	0,38	2,09	0,18	0,84	3,60	4,60
25	74,72	0,18	13,27	0,58	1,10	0,10	0,90	4,50	4,10
26	74,36	0,24	13,00	1,01	1,29	0,53	0,60	4,20	3,90
27	75,04	0,06	12,30	1,01	0,82	0,25	0,64	3,80	5,10
28	76,61	0,12	11,95	0,54	1,10	0,22	0,94	3,20	4,20

Примечание: 1–11 — мигматиты; 12–28 — порфиروبластовые гнейсограниты. Анализы принадлежат Б.Н. Пермякову [2]

Таблица 3. Химический состав гранитов 2-го этапа формирования Чашковско-Еланчиковского массива

№ п/п	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
1	72,71	0,12	15,76	0,09	0,75	0,46	2,10	3,80	3,75
2	71,31	0,33	15,18	0,37	1,65	0,68	2,07	3,71	3,75
3	72,50	0,19	13,81	1,09	0,93	0,50	1,44	3,90	5,00
4	71,08	0,02	14,92	0,84	1,08	1,01	1,16	3,60	5,00
5	70,04	0,61	14,45	0,45	1,94	0,31	1,62	3,56	6,66
6	72,22	0,23	14,72	0,30	0,99	0,32	1,35	4,43	4,05
7	70,78	0,53	14,94	0,68	0,95	0,43	1,99	4,30	3,60
8	71,10	0,56	14,19	0,84	1,10	0,37	1,17	3,70	4,80
9	72,94	0,09	14,81	0,34	0,97	0,25	1,07	4,20	4,90
10	72,10	0,13	13,73	0,57	1,19	0,20	1,35	3,40	6,00
11	72,32	0,20	13,75	0,61	1,79	0,39	1,13	3,40	4,75
12	70,40	0,10	15,14	0,85	0,96	0,27	1,54	4,40	4,80
13	70,36	0,33	15,27	0,66	1,05	0,47	1,65	4,70	3,40
14	76,75	0,12	12,39	0,33	0,86	0,38	1,71	2,50	4,92
15	76,00	0,16	12,88	0,32	1,16	0,36	1,20	3,44	3,84
16	74,02	0,18	14,09	0,74	0,86	0,28	1,29	3,82	2,40
17	75,05	0,08	14,56	0,09	0,86	0,56	1,40	3,81	3,16
18	74,05	0,04	14,86	0,07	0,66	0,16	1,57	3,82	3,32
19	73,31	0,26	12,73	0,45	1,81	1,24	1,44	3,78	3,71
20	73,45	0,10	13,82	0,98	0,40	0,38	0,68	4,23	4,86
21	76,58	0,08	12,04	0,83	0,74	0,10	0,70	4,00	4,25
22	75,56	0,11	13,06	0,75	0,72	0,43	0,47	4,23	4,57
23	74,33	0,09	13,95	1,17	0,48	0	0,57	4,15	4,56
24	76,95	0,10	12,26	0,75	1,08	0,05	0,38	3,43	4,16
25	75,80	0,13	12,69	0,05	0,79	0,12	0,75	3,40	5,10
26	76,23	0,13	13,15	0,50	0,90	0,24	0,96	4,70	3,00
27	73,18	0,16	14,15	0,28	1,10	0,29	1,07	3,97	4,80
28	72,56	0,45	14,35	0,83	0,71	0,36	1,05	3,70	4,70
29	70,60	0,35	13,93	0,71	1,91	0,41	0,95	3,40	4,90
30	72,54	0,13	14,29	0,36	1,29	0,34	1,10	3,80	5,05
31	69,82	0,34	15,74	0,91	1,07	0,60	1,72	5,15	3,30
32	73,40	0,37	13,36	0,77	1,43	0,28	0,89	3,70	4,83
33	72,77	0,18	14,23	0,86	1,20	0,19	1,46	2,82	4,16
34	72,83	0,07	14,69	0,30	0,65	0,70	1,01	3,82	5,20
35	71,74	0,26	14,32	0,64	1,08	0,52	1,14	4,00	4,57
36	72,60	0,19	14,53	0,35	1,58	0,31	1,15	3,61	4,60
37	72,88	0,19	14,36	0,52	1,02	0,32	1,01	4,00	4,70
38	72,82	0,34	13,54	0,61	1,12	0,25	0,85	3,60	4,90
39	72,36	0,10	14,03	0,61	1,07	0,19	1,02	4,40	4,55
40	72,69	0,14	14,18	0,79	0,98	0,39	1,00	3,70	4,60
41	72,10	0,14	14,85	0,77	0,65	0,20	1,14	4,50	3,90
42	72,36	0,16	14,12	0,78	1,01	0,25	1,00	4,40	4,70
43	73,26	0,12	13,70	0,64	0,95	0,21	1,03	3,15	5,15
44	72,59	0,11	13,68	0,64	1,74	0,23	0,80	3,90	5,35
45	75,00	0,12	13,73	0,54	0,49	0,20	1,15	3,62	3,21
46	73,38	0,13	13,85	0,19	1,08	0,70	1,58	3,60	4,80
47	73,94	0,30	13,55	0,53	1,20	0,24	0,86	3,70	4,90
48	74,50	0,10	13,80	0,21	0,97	0,58	1,13	3,84	4,88
49	73,86	0,20	13,72	0,24	1,25	0,58	1,13	3,60	5,00
50	73,42	0,19	14,08	1,23	0,95	0,66	0,96	3,00	4,16

Примечание. 1–26 — биотитовые и лейкократовые гнейсограниты; 27–32 — двуслюдяные граниты; 33–50 — мусковитовые граниты. Анализы принадлежат Б.Н. Пермякову [2].

(мигматиты, гнейсограниты, биотитовые, двуслюдяные и мусковитовые граниты) укладываются в главный известково-щелочной тренд (СА) и, за исключением нескольких проб гранитов второго этапа, располагаются в пределах либо известково-щелочного (сектора IIб и IIв), либо субщелочного (сектор IIIа) полей. Из рисунка 3, б хорошо видно, что мусковитовые и двуслюдяные граниты второго этапа становления массива образуют компактную область, вытянутую вдоль границы раздела известково-щелочного и субщелочного полей, и тяготеют к вольфрам-молибденовому и молибденовому металлогеническим трендам. Наибольший интерес на вольфрамовое оруденение представляют мусковитовые граниты, а на молибденовое — двуслюдяные их разновидности.

Подтверждается это и результатами геолого-съёмочных работ В.И. Петрова и др. (ОАО «Челябинскгеосъёмка») в пределах листа N-41-VII (Миасс, М 1:200 000), которые указывают на присутствие в эндоконтактных зонах Еланчиковского и Чашковского массивов нескольких мелких проявлений W и Mo. Мигматиты и гнейсограниты первого этапа, а также биотитовые граниты второго, хотя и не образуют на диаграмме Ас — (Na+K)/Са отчетливого тренда, но укладываются в компактную область, охватывающую верхнюю половину молибденового тренда и нижнюю — вольфрамового. Они также имеют W-Mo металлогеническую специализацию.

Данный вывод хорошо согласуется с результатами исследований Б. Н. Пермякова [2] по оценке рудоносности гранитоидов Чашковско-Еланчиковского массива на основе серии других петрохимических диаграмм.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ферштатер Г.Б., Бородин Н.С., Рапопорт М.С., Осипова Т.А., Смирнов В.Н., Левин В.Я. Орогенный гранитоидный магматизм Урала. Свердловск: ИГГ УрО РАН, 1994. 250 с.
2. Пермяков Б.Н. Чашковско-Еланчиковский мигматит-гнейсогранитный массив (Южный Урал). Миасс: ИГЗ УрО РАН, 2000. 187 с.
3. Сначёв В.И., Муркин В.П. Новые данные по магматизму, метаморфизму и металлогении Кочкарской площади (Южный Урал). Уфа: Принт, 1989. 23 с.
4. Перчук Л.Л., Рябчиков И.Д. Фазовое соответствие в минеральных системах. М.: Недра, 1976. 287 с.
5. Термо- и барометрия метаморфических пород / Под ред. В.А. Глебовицкого. Л.: Наука, 1977. 207 с.
6. Борнеман-Старынкевич И.Д. Руководство по расчёту формул минералов. М.: Наука, 1964. 224 с.

Автором отмечается, что:

- 1) от ранних к более поздним петрографическим разностям пород увеличивается степень их потенциальной рудоносности;
- 2) мигматиты потенциально рудоносны на молибден, гнейсограниты — на вольфрам и, в меньшей мере, на молибден; биотитовые, мусковитовые и двуслюдяные граниты — на вольфрам;
- 3) в силу слабой магматической и эманационной дифференциации пород массива образование крупных концентраций редких металлов здесь ожидать не следует.

Выводы

1. Редкометальная специализация гранитоидов Ильменогорско-Сысертского блока не является специфической особенностью, характерной только для данной структурно-формационной зоны. Высокие содержания вольфрама и молибдена были отмечены нами ранее [8–10] в гранитоидах и во вмещающих их породах Суундукского, Ахуновского массивов, Белорецкого метаморфического купола.

2. Полученные по биотит-гранатовому термобарометру P-T условия формирования Чашковского гранитоидного массива (T = 510–540 °C, приповерхностно-гипабиссальная зона глубинности) позволили подтвердить вывод, сделанный ранее Б.Н. Пермяковым [2], о метасоматическом происхождении мигматитов и гнейсогранитов.

3. Анализ классификационной диаграммы эталонных трендов рудогенных гранитоидных формаций указывает на редкометальную (W-Mo) специализацию пород Чашковского массива.

7. Бородин Л.С. Модельная система петрогеохимических и металлогенических трендов гранитоидов как основа прогноза месторождений Sn, Li, Ta, Nb, W, Mo, Cu // Геология рудных месторождений. 2004. Т. 46. № 1. С. 3–26.

8. Демин Ю.И., Сначёв В.И. Тепловые поля Ахуновского гранитного массива и закономерности размещения в них оруденения // Доклады АН СССР. 1981. Том 261. № 1. С. 152–156.

9. Сначёв А.В., Сначёв В.И., Рыкус М.В. Перспективы рудоносности углеродистых отложений западного обрамления Суундукского гранитного массива // Нефтегазовое дело. 2010. Т. 8. № 2. С. 11–20.

10. Сначёв В.И., Сначёв А.В. Закономерности размещения золоторудных проявлений в углеродистых отложениях Белорецкого метаморфического комплекса (Южный Урал) // Вестник Воронежского государственного университета. Серия «Геология». 2014. № 2. С. 79–87.

REFERENCES

1. Fershtater G.B., Borodina N.S., Rapoport M.S., Osipova T.A., Smirnov V.N., Levin V.Ya. *Orogennyi granitoidnyi magmatizm Urala* [Orogenic Granitoid Magmatism of the Urals]. Sverdlovsk, IGG UrO RAN, 1994. 250 p. [in Russian].
2. Permyakov B.N. *Chashkovsko-Elanchikovskii migmatit-gneisogranitnyi massiv (Yuzhnyi Ural)* [Chashkovsko-Elanchikovskiy Migmatite-Gneissic Granite Massif (Southern Urals)]. Miass, IGZ UrO RAN, 2000. 187 p. [in Russian].
3. Snachev V.I., Murkin V.P. *Novye dannye po magmatizmu, metamorfizmu i metallogenii Kochkarskoi ploschadi (Yuzhnyi Ural)* [New Data on Magmatism, Metamorphism and Metallogeny of Kochkarskaya Area (South Ural)]. Ufa, Print Publ., 1989. 23 p. [in Russian].
4. Perchuk L.L., Ryabchikov I.D. *Fazovoe sootvetstvie v mineral'nykh sistemakh* [Phase Matching in Mineral Systems]. Moscow, Nedra Publ., 1976. 287 p. [in Russian].
5. *Termo- i barometriya metamorficheskikh porod* [Thermo- and Barometry of Metamorphic Rocks]. Leningrad, Nauka Publ., 1977. 207 p. [in Russian].
6. *Borneman-Starynkevich I.D. Rukovodstvo po raschetu formul mineralov* [Guidelines for the Calculation of Mineral Formulas]. Moscow, Nauka Publ., 1964. 224 p. [in Russian].
7. Borodin L.S. Model'naya sistema petrogeokhimicheskikh i metallogenicheskikh trendov granitoidov kak osnova prognoza mestorozhdenii Sn, Li, Ta, Nb, W, Mo, Cu [Model System of Petrogeochemical and Metallogenic Trends of Granitoids as a Basis for Forecasting Deposits of Sn, Li, Ta, Nb, W, Mo, Cu]. *Geologiya rudnykh mestorozhdenii — Geology of Ore Deposits*, 2004, Vol. 46, No. 1, pp. 3–26. [in Russian].
8. Demin Yu.I., Snachev V.I. Teplovye polya Akhunovskogo granitnogo massiva i zakonmernosti razmeshcheniya v nikh orudneniya [Thermal Fields of the Akhunov Granitic Massif and Patterns of Placement of Mineralization in Them]. *Doklady AN SSSR — Doklady AN SSSR*, 1981, Vol. 261, No. 1, pp. 152–156. [in Russian].
9. Snachev A.V., Snachev V.I., Rykus M.V. Perspektivy rudonosnosti uglerodistykh otlozhenii zapadnogo obramleniya Suundukskogo granitnogo massiva [Prospects of Ore-Bearing Carbonaceous Deposits of the Western Frame of the Suunduk Granite Massif]. *Neftegazovoe delo — Oil and Gas Business*, 2010, Vol. 8, No. 2, pp. 11–20. [in Russian].
10. Snachev V.I., Snachev A.V. Zakonomernosti razmeshcheniya zolotorudnykh proyavlenii v uglerodistykh otlozheniyakh Beloretskogo metamorficheskogo kompleksa (Yuzhnyi Ural) [Patterns of Placement of Gold Ore Manifestations in Carbonaceous Deposits of the Beloretsk Metamorphic Complex (South Urals)]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Geologiya» — Bulletin of the Voronezh State University. Series «Geology»*, 2014, No. 2, pp. 79–87. [in Russian].

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ABOUT THE AUTHORS

Сначёв Владимир Иванович, д-р геол.-минерал. наук, профессор, главный научный сотрудник, Институт геологии УФИЦ РАН, г. Уфа, Российская Федерация

Vladimir I. Snachev, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Chief Researcher, Institute of Geology UFRC RAS, Ufa, Russian Federation

e-mail: SAVant@inbox.ru

Сначёв Александр Владимирович, канд. геол.-минерал. наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией рудных месторождений, Институт геологии УФИЦ РАН, г. Уфа, Российская Федерация

Alexandr V. Snachev, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher, Head of Ore Field Laboratory, Institute of Geology UFRC RAS, Ufa, Russian Federation

e-mail: SAVant@rambler.ru

Рыкус Михаил Васильевич, канд. геол.-минерал. наук, доцент кафедры «Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Mikhail V. Rykus, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Assistant Professor of Geology and Oil and Gas Field Exploration Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: rykusmihail@mail.ru