

## КАШПАРСКИЙ КЕМБРО-ОРДОВИКСКИЙ ГАББРО-ДИОРИТ-КВАРЦМОНЦОДИОРИТ-СИЕНИТОВЫЙ КОМПЛЕКС – НОВОЕ ПЕТРОГРАФИЧЕСКОЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ НА ВОСТОЧНОМ СКЛОНЕ КУЗНЕЦКОГО АЛАТАУ

Н.А. Макаренко, А.Д. Котельников

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия*

На основе материалов, полученных при проведении геолого-съемочных работ по программе ГДП-200 на территории двух номенклатурных листов (N-45-XXIV и N-46-XIX), обоснована необходимость выделения нового для региона трехфазного кашпарского габбро-диорит-кварцмонцодиорит-сиенитового комплекса с авторскими уран-свинцовыми датировками в диапазоне от 472 до 487 млн лет ( $\text{C}_3\text{--O}_1$ ). Ранее эти образования, предшествующие становлению тигертышских гранитоидов, включались в состав когтахского габбро-монцодиорит-сиенитового комплекса с абсолютным возрастом более 500 млн лет ( $\text{C}_2$ ). Показано, что для пород когтахского комплекса характерно постоянное присутствие нормативного, а иногда и модалного нефелина, тогда как кашпарские магматиты отличаются заметным содержанием не только нормативного, но и модалного кварца в диоритоидах и сиенитах, что свидетельствует о разной степени насыщения кремнекислотой и щелочами исходных магматических расплавов. На изученной территории аттестованы 33 интрузива кашпарского комплекса общей площадью более 1 600 км<sup>2</sup> при доминировании диоритоидов второй фазы (1 340 км<sup>2</sup>) и более скромной роли ранних габброидов (250 км<sup>2</sup>) и поздних сиенитов (23,3 км<sup>2</sup>). Приведены краткие описания пяти представительных массивов, в том числе петротипического Кашпарского интрузива. Определены общие минералого-петрографические особенности, а именно: отсутствие модалного оливина в породах всех трех фаз, частое преобладание магнезиальной роговой обманки над клинопироксеном, появление небольших количеств модалного ромбического пироксена (гиперстена) в диоритоидах (до 5 %), осязательное присутствие кварца в породах второй и третьей интрузивных фаз. Впервые вводятся в научный оборот авторские данные о содержаниях петрогенных, редких и редкоземельных элементов в породах комплекса. Выявлен отчетливый высококалиевый уклон химизма почти всех образований в рамках известково-щелочной калиево-натриевой петрохимической серии. Установлено, что с увеличением степени дифференцированности от габброидов к сиенитам происходит уменьшение концентраций CaO, MgO,  $\text{FeO}_{\text{сумм.}}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  с параллельным ростом содержаний Rb, Zr, Nb, Th, U и  $\Sigma\text{REE}$ . В редкоземельных спектрах преобладают легкие REE ( $\text{La/Yb}_N=9\text{--}21$ ), для пород второй фазы характерна слабая европиевая аномалия ( $\text{Eu/Eu}^*=0,77$ ). Показано, что интрузивные породы комплекса на спайдер-диаграммах проявляют промежуточные геохимические характеристики между внутриплитными базальтами типа OIB и окраинно-континентальными типа IAB, что свидетельствует в пользу предположения о формировании магматических дифференциатов в сложной геодинамической обстановке. Металлогеническая специализация определяется приуроченностью к некоторым массивам (Балахчинский, Маганакский, Сырская группа) золоторудных месторождений и проявлений золото-сульфидно-кварцевого типа.

**Ключевые слова:** Кузнецкий Алатау, кашпарский и когтахский комплексы, представительные массивы, петрогенные, редкие и редкоземельные элементы, мультиэлементные диаграммы.

### Введение

Раннепалеозойские интрузивные образования АССО представлены преимущественно крупными гранитоидными батолитами. На восточном склоне Кузнецкого Алатау это Улень-Туимский, Тигертышский, Уйбатский, Аскизский и Саксырский плутоны, традиционно включаемые в состав среднекембрийского мартайгинского и позднекембрийско-раннеордовикского тигертышского комплексов. Их геологическая позиция, внутреннее строение, состав и возрастное положение всегда привлекали пристальное внимание исследователей. На ранних этапах изучения они рассматривались, согласно концепции Ю.А. Кузнецова [Кузнецов и др., 1971], в качестве представителей батолитов «пестрого состава», при этом генезис гранитоидных магм объяснялся с позиций воздействия гипотетических глубинных растворов на породы рамы с последующим выплавлением анатектических кислых расплавов.

В настоящее время установлено, что гранитоидные батолиты АССО имеют сложное полихронное и полиформационное строение и возникли в течение длительного времени на активной континентальной окраине Палеоазиатского океана в обстановке островодужного (570–520 млн лет) и аккреационно-коллизийного (510–440 млн лет) геодинамических режимов [Владимиров и др., 1999; Шокальский и др., 2000; Ярмолюк и др., 2003; Руднев и др., 2004].

Гранитоидные ассоциации часто сопровождаются субсинхронными проявлениями субщелочного базитового, реже щелочно-базитового магматизма [Руд-

нев и др., 2008; Врублевский, 2015]. Эти проявления на восточном склоне Кузнецкого Алатау вплоть до настоящего времени [Кривенко и др., 1979; Врублевский и др., 2017] включались в состав единого когтахского комплекса.

### Историческая справка

Когтахский комплекс с одноименным петротипическим массивом в верховьях р. Туим (окрестности пос. Шира) установлен и монографически описан в 1965 г. С.Л. Халфиным в виде трехфазного петрографического подразделения габбро-монцонит-сиенитового состава [Халфин, 1965]. В дальнейшем сиениты были исключены из состава комплекса ввиду представлений об их возможной связи с гранитоидным магматизмом. В более поздней работе комплекс был подробно охарактеризован как двухфазный в составе габбро-монцодиоритовой формации [Кривенко и др., 1979]. Лишь после проведения ГДП-200 [Государственная... 2000] на основе абсолютных датировок сиенитов Верхнетуимского массива он был включен в легенду Гостгеолкарты-200 Минусинской серии листов под названием **когтах-**

**ского габбро-монцодиорит-сиенитового комплекса** среднекембрийского возраста.

С самого начала изучения и до последнего времени интрузивные породы разных массивов комплекса рассматривались как однотипные и одновозрастные образования. Однако это не так.

На совмещенной TAS-диаграмме (рис. 1), составленной по опубликованным материалам [Кривенко и др., 1979] для двух наиболее изученных массивов комплекса (Когтахского и Балахчинского), отчетливо видно, что композиционные петрохимические поля этих массивов автономны (неоднотипны). В первом случае аналитические точки составов расположены в левой части диаграммы, тяготея к границе раздела высокощелочных (фойдолитовых) и умереннощелочных образований; во втором – они смещены вправо, располагаясь вблизи раздела нормальнощелочных и умереннощелочных магматитов. Таким образом, петрохимический облик двух массивов индивидуален. Для выяснения причин такой индивидуальности целесообразно провести пересчет анализов на нормативный состав (метод CIPW) и рассчитать значения средних содержаний типоморфных нормативных минералов (табл. 1, 2).

Таблица 1

Средние содержания типоморфных нормативных минералов (метод CIPW) в габброидах Когтахского и Балахчинского массивов по материалам [Кривенко и др., 1979], %

Table 1

Average contents of typomorphic normative minerals (CIPW method) in gabbros of the Kogtakh and Balahchin massifs according to [Krivenko et al., 1979], %

Нормативные минералы	Когтахский массив (n=33)		Балахчинский массив (n=4)
	Минеральные парагенезисы		
	Ne+Ol	Ol+Hy	Ol+Hy
Ne	2,47	–	–
Ol	9,76	5,95	9,30
Hy	–	2,05	6,61
Q	–	–	–
Количество анализов	30	3	4

Таблица 2

Средние содержания типоморфных нормативных минералов (метод CIPW) в диоритоидах Когтахского и Балахчинского массивов по материалам [Кривенко и др., 1979], %

Table 2

Average contents of typomorphic normative minerals (CIPW method) in dioritoids of the Kogtakh and Balachin massifs according to [Krivenko et al., 1979], %

Нормативные минералы	Когтахский массив (n=17)		Балахчинский массив (n=27)	
	Минеральные парагенезисы			
	Ne+Ol	Ol+Hy	Hy+Q	Ol+Hy
Ne	1,73	–	–	–
Ol	8,56	5,82	–	4,48
Hy	–	2,41	12,12	8,68
Q	–	–	3,21	–
Количество анализов	12	5	19	8



Как видно из табл. 1, подавляющее большинство проанализированных габброидов Когтахского массива (91 %) содержат нормативный нефелин (2,47 %) и оливин (9,76 %), а все базиты Балахчинского массива – «безнефелиновые», оливин-гиперстеновые (Ol – 9,3 %, Hy – 6,61 %).

Следовательно, габброиды Когтахского массива, согласно классификации Г.С. Иодера и К.Э. Тилли (1965) можно отнести к петрохимической группе **щелочных оливиновых базальтов (Ne+Ol)**, а Балахчинского – к группе **оливиновых толентов (Ol+Hy)**.

В диоритоидах Когтахского массива (табл. 2) доля нефелин-нормативных анализов составляет 71 %; 29 % являются оливин-гиперстеновыми (без примесей нормативного кварца или нефелина). Следовательно, лейкобазиты Когтахского массива (также как и базиты) критически недосыщены  $\text{SiO}_2$ . В противоположность этому диоритоиды Балахчинского массива насыщены  $\text{SiO}_2$ , что отражается в их нормативных составах. Так, в 70 % случаев они содержат нормативный кварц (3,21 %), лишь для одной трети случаев характерен «нейтральный» оливин-гиперстеновый нормативный минеральный парагенезис.

Эти петрохимические особенности впервые установлены Н.А. Макаренко и В.П. Парначевым, что позволило в совокупности с другими типоморфными признаками высказать предположение о возможном разделении единого комплекса на собственно «когтахский» критически недосыщенный  $\text{SiO}_2$  и «балахчинский» насыщенный  $\text{SiO}_2$  [Макаренко, Парначев, 2003]. Однако эта попытка не была реализована, главным образом из-за отсутствия достоверных изотопно-геохронологических данных.

Уран-свинцовые датировки, полученные авторами при проведении в 2008–2016 гг. ГДП-200 на площади двух номенклатурных листов (N-45-XXIV и N-46-XIX), позволили установить разный возраст пород «когтахского» ( $\text{Є}_2$ ) и «балахчинского» ( $\text{Є}_3\text{--O}_1$ ) петрохимических типов, что наряду с другими факторами дало основание выделить новый для региона трехфазный **кашпарский габбро-диорит-кварцмонцодиорит-сиенитовый комплекс** и провести расчленение габбро-монцодиоритовой формации восточного склона Кузнецкого Алатау на два комплекса (когтахский и кашпарский) с установлением конкретных диагностических признаков отличия внешне однотипных образований [Котельников, Макаренко, 2018].

### Геолого-петрографические особенности

На мелкомасштабную схему (рис. 2) вынесены контуры и площади распространения интрузивных массивов кашпарского комплекса (темный фон). Белый фон занимают гранитоиды Уйбатского, Тигертышского, Улень-Туимского и Саксырского плутонов, а также осадочные, вулканогенные и метаморфические породы рамы. Южнее географической па-

раллели  $54^\circ$  с.ш. расположены номенклатурные листы N-45-XXIV и N-46-XIX, севернее – N-45-XVIII и N-46-XIII. На врезках размещены детализированные схемы геологического строения четырех представительных массивов комплекса. Формы залегания интрузивов, судя по мелкомасштабной схеме разнообразны – линейные, дайкообразные, эллипсовидные, штокообразные, неправильные (порой причудливые). Соотношение габброидов и диоритоидов изменчиво, но не превышает 1:5, доля сиенитов минимальная (не более 1–2 %).

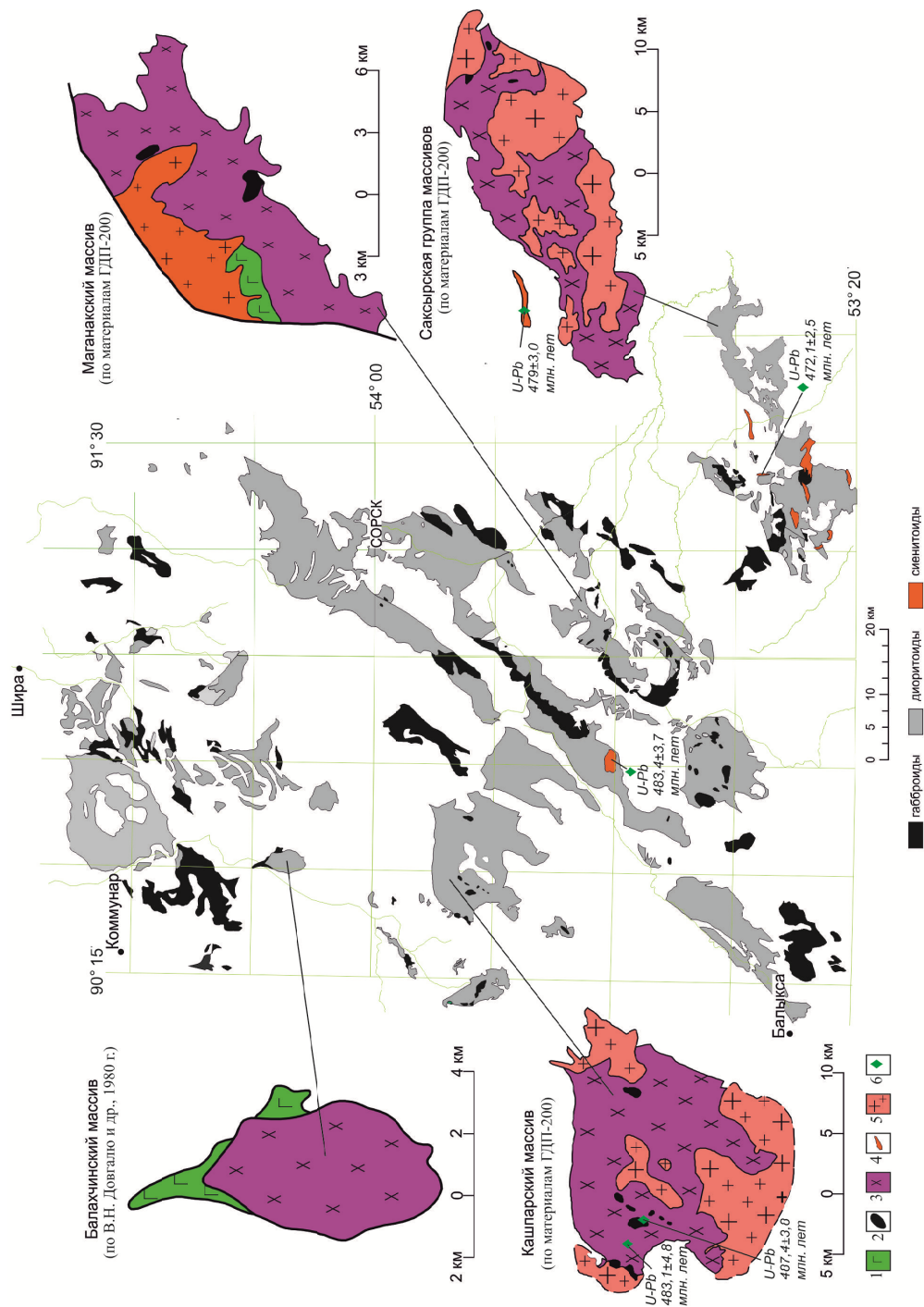
Авторские представления об объемах, составах и площадях распространения различных фаз комплекса в контурах конкретных массивов показаны в табл. 3, 4. Всего учтено 33 интрузива, при этом отдавалось предпочтение традиционным (укоренившимся) наименованиям массивов, которые применялись геологами на протяжении многих лет. Суммарная площадь выхода на современную эрозионную поверхность пород комплекса в контурах двух номенклатурных листов оценивается в  $1\,617\text{ км}^2$ , при доминировании диоритоидов второй фазы –  $1\,341\text{ км}^2$  (82,9 %), площадь габброидов первой фазы более скромная –  $253\text{ км}^2$  (15,7 %) и совсем небольшая доля приходится на сиениты третьей фазы –  $23,3\text{ км}^2$  (1,4 %).

Полное (трехфазное) строение отмечено в пяти случаях: для Каролиновского (Тамалыкского), Частайгинского, Ужунжуйского, Буланкульского (западный участок), Сырской группы массивов. Обычным является двухфазное строение при резко подчиненной роли габброидов, которые встречаются в виде реликтовых тел (ксенолитов), погруженных в доминирующие диоритоиды. Ряд интрузивов – Казырский, Казынашский, Куйсукский, Торадский, Карабашский, Аешинский, Хызылхаянский, Синявинский, Бордашевский и Базинский – сложены лишь габброидами первой фазы, а Казаныхский, Катыкский, Инейский, Иттойский, г. Кызель – диоритоидами второй фазы.

Ниже приведены краткие описания нескольких представительных массивов кашпарского комплекса.

*Кашпарский массив*, расположенный на территории номенклатурного листа N-45-XXIV, рассматривался предыдущими исследователями то в качестве составной части формации гранитоидных батолитов «пестрого состава» [Кузнецов и др., 1971], то включался в мартайгинский габбро-диорит-гранодиоритовый комплекс [Хомичев и др., 1999], то характеризовался как типичный представитель когтахского комплекса [Кривенко и др., 1979; Государственная... 2013; Врублевский и др., 2017]. По представлениям авторов, Кашпарский массив обладает всеми типоморфными геологическими, петрографо-минералогическими и петрогеохимическими диагностическими признаками, присущими для выделяемого нами нового габбро-диорит-кварцмонцодиорит-сиенитового комплекса, и может рассматриваться в качестве его петротипа.





**Рис. 2. Схемы геологического строения представительных массивов кашпарского комплекса**

1 – габброиды первой фазы; 2 – внемасштабные тела габброидов; 3 – диоритоиды второй фазы; 4 – диоритоиды третьей фазы; 5 – гранитоиды тигертышского комплекса разнотермные и среднетермные; 6 – пункты изотопного датирования U-Pb по цирконам (SHRIMP II; Государственная... 2013).  
*Примечание.* На мелкомасштабной схеме не показаны (удалены) массивы котгашского габбро-монзодиорит-сиенитового комплекса

**Fig. 2. Schemes of the geological structure of representative massifs of the Kashpar complex**

1 – gabbroids of the first phase; 2 – extra-scale bodies of gabbroids; 3 – dioritoids of the second phase; 4 – dioritoids of the third phase; 5 – granitoids of the Tigrish complex are heterogeneous and medium-grained; 6 – points for isotope dating of U-Pb for zircons (SHRIMP II; Gosudarstvennaya... 2013).  
*Note.* Arrays of Kogtah gabbro-monodiorite-syenite complex are not shown (removed) on a small-scale scheme

Таблица 3

## Массивы кашпарского комплекса, лист N-45-XXIV

Table 3

## Massifs of the Kashpar complex, sheet N-45-XXIV

Массив	Площадь массива, км <sup>2</sup>			
	Общая	1-я фаза	2-я фаза	3-я фаза
Туралыгский	38,1	4,2	33,9	—
Кашпарский	199,9	3,9	196,0	—
Казаныхский	41,9	—	41,9	—
Катыкский	28,6	—	28,6	—
Инейский	100,8	—	100,8	—
Каролиновский (Тамалыкский)	154,5	28,5	120,9	5,1
Казырский	33,9	33,9	—	—
Гольцовый	8,6	0,6	8,0	—
Теренсинский	122,4	0,7	121,7	—
Казынашский	43,5	43,5	—	—
Частайгинский	114,8	4,6	109,2	1,0
Куйсукский	5,0	5,0	—	—
Торадский	1,5	1,5	—	—
Карабашский	15,3	15,3	—	—
Иттуйский	2,8	—	2,8	—
г. Кызель	3,4	—	3,4	—
Ужунжуский	27,1	11,5	14,3	1,3
Малосырский	11,2	3,4	—	7,8
<i>Общая площадь</i>	<i>953,3</i>	<i>156,6</i>	<i>781,5</i>	<i>15,2</i>

Таблица 4

## Массивы кашпарского комплекса, лист N-46-XIX

Table 4

## Massifs of the Kashpar complex, sheet N-46-XIX

Массив	Площадь массива в км <sup>2</sup>			
	Общая	1-я фаза	2-я фаза	3-я фаза
Казырганский	50,6	0,3	50,3	—
Усть-Бюрский	155,2	6,2	149,0	—
Аешинский	16,9	16,9	—	—
Каролиновский (Тамалыкский) северо-восточное окончание	27,8	5,4	22,4	—
Сартыгойский	12,7	0,4	12,3	—
Маганакский	70,7	8,3	62,4	—
г. Квасхоты	34,6	6,9	27,7	—
Хызылхаянский	11,5	11,5	—	—
Темирский	24,3	2,4	21,9	—
Синявинский	4,1	4,1	—	—
Бордашевский	17,7	17,7	—	—
Усть-Ужунжуский	14,9	6,8	8,1	—
Буланкульский западный участок	3,9	0,1	3,6	0,3
Сырская группа	101,2	3,4	90,0	7,8
Саксырская группа	112,7	1,0	111,7	—
Базинский	5,0	5,0	—	—
<i>Общая площадь</i>	<i>663,8</i>	<i>96,4</i>	<i>559,4</i>	<i>8,1</i>

Кашпарский петротипический массив приурочен к восточной экзоконтактовой зоне центрального блока Тигертышского плутона. Географически массив расположен в истоках одноименной реки, левого притока р. Харатас, и представляет собой почти изометричное штокообразное тело со сложными, извилистыми контактами общей площадью в 200 км<sup>2</sup> (см. рис. 2). На севере интрузив прорывает карбо-

натные отложения биджинской свиты венда. Массив почти полностью состоит из бескварцевых и кварцевых неотчетливо трахитоидных монцодиоритов и монцонитов второй фазы (196 км<sup>2</sup>), связанных между собой постепенными взаимопереходами, в которые включена цепочка реликтовых тел габброидов первой фазы северо-восточного простираения общей площадью 4 км<sup>2</sup>.

На западе, юге и частично на востоке наблюдается контакт диоритоидов с гранитами Тигертышского плутона, которые также закартированы в самом центре Кашпарского массива в виде небольшого ( $15 \text{ км}^2$ ) линейного тела северо-восточного простирания с активными рвущими контактами. Граниты встречаются также в виде маломощных дайковых тел, пронизывающих диоритоиды. На контактах возникают зоны постмагматической амфиболитизации (актинолитизации), окварцевания и калишпатизации.

В габброидах первой фазы распространены лабрадор –  $\text{An}_{50}$  (38–52 %), клинопироксен и роговая обманка, при преобладании последнего минерала (35–50 %), биотит (до 5–7 %), акцессорные минералы – магнетит, апатит, титанит (в сумме до 5–6 %).

Среди диоритоидов преобладают бескварцевые и кварцевые биотит-клинопироксеновые и биотит-клинопироксен-роговообманковые монцодиориты, встречаются «пятна» монцонитов, иногда отмечаются образцы с заметной примесью ромбического пироксена (до 5 %). Доминирующим минералом является плагиоклаз –  $\text{An}_{28-38}$  (50–55 %), содержатся также калиево-натриевый полевой шпат (5–20 %), клинопироксен (3–15 %), амфибол (2–10 %), биотит (5–10 %), примесь ромбического пироксена (в среднем 0,5 %), акцессории – магнетит, апатит, титанит – до 5–6 %. Отметим, что количество модального кварца очень изменчиво – от полного отсутствия и акцессорного содержания (0,1–3 %) до 10 % за счет уменьшения общего количества плагиоклаза, снижения его основности ( $\text{An}_{22-25}$ ) и увеличения доли калиево-натриевого полевого шпата. При этом в локальных зонах появляются участки кварцевых сиенитов.

*Балахчинский массив* общей площадью в  $40 \text{ км}^2$ , расположенный на территории листа N-45-XVIII в междуречье рек Андат и Тюхтерек, притоков р. Б. Июс, прорывает карбонатные отложения рифея и нижнего кембрия. Он на 90 % состоит из диоритов и монцодиоритов, остальные 10 % приходится на мезо- и лейкократовые габбро. Форма залегания эллипсоидная, вытянутая с элементами воронкообразного (желобовидного) строения. Биотит-амфиболовые габбро не содержат даже акцессорной модальной примеси оливина, биотит-пироксеновые диориты и монцодиориты часто, наряду с доминирующим клинопироксеном, содержат примесь ортопироксена (в среднем 3,4 %), роговой обманки (1,6 %) и кварца (1,8 %).

*Саксырская группа массивов* входит в состав одноименного полиформационного плутона, состоящего из сочетания предгранитных диоритоидов и габброидов кашпарского комплекса с более поздними тигертышскими гранитоидами. Судя по распределению в пространстве пород комплекса, они первоначально (до внедрения гранитов) формировали цепочку сближенных относительно неболь-

ших двухфазных (габброиды и диоритоиды) интрузивных массивов, ориентированных грубо параллельно субширотному Ужунжуйскому глубинному разлому. Эти массивы впоследствии были прорваны и «сшиты» поздними гранитами в единую геологическую структуру мозаично-пятнистого строения.

Породы кашпарского комплекса почти на 100 % состоят из диоритоидов второй фазы, занимая на современной эрозионной поверхности  $111,7 \text{ км}^2$ . Доля габброидов первой фазы очень незначительна ( $1,0 \text{ км}^2$ ), и встречаются они в виде мелких останцов и ксенолитов «внутри» диоритоидов, редко в гранитоидах, в трех пространственно разобщенных участках – на крайнем северо-востоке (район р. Сухой Уйбат), в центре и на крайнем западе (левобережье р. Камышта).

Диоритоиды прорывают и метаморфизуют карбонатные отложения мартюхинской свиты венда и разнообломочные терригенно-вулканогенные породы азырталской свиты нижнего–среднего кембрия. Они перекрыты вулканогенно-осадочными и терригенно-карбонатными породами нижнего и среднего девона, а в зонах соприкосновения с тигертышскими гранитами и лейкогранитами местами превращены в гибридные породы с неустойчивыми структурно-текстурными особенностями и с явными признаками вторичного происхождения некоторых минералов (актинолита, калиево-натриевого полевого шпата, кварца, возможно, сфена). В районе Камыштинских озер диоритоиды через задернованный интервал соприкасаются с Каратагскими габброидами когтагского комплекса, но из-за условий обнаженности непосредственные взаимоотношения между ними не установлены.

Габброиды Саксырской группы массивов состоят из плагиоклаза –  $\text{An}_{40-61}$  (50–60 %), клинопироксена и роговой обманки примерно в равных соотношениях (в сумме 30–36 %), биотита (до 5 %), акцессорных минералов (до 5–7 %); в некоторых образцах отмечается примесь калиево-натриевого полевого шпата (до 5 %).

Диоритоиды второй фазы представлены бескварцевыми роговообманковыми диоритами, габбродиоритами и монцогаббродиоритами, значительно реже кварцевыми монцонитами и монцодиоритами с постепенными взаимопереходами. В составе бескварцевых разновидностей присутствуют плагиоклаз –  $\text{An}_{23-50}$ , в среднем  $\text{An}_{40}$  (50–60 %), амфибол (22–33 %, в среднем 29 %), биотит (5%), калиево-натриевый полевой шпат (до 10 %), магнетит, апатит, циркон, титанит (в сумме до 3 %). В некоторых образцах много титанита (3–5 %). В 30 % образцах наблюдается присутствие интерстициального кварца в виде мелких зернышек между кристаллами плагиоклаза и мирмекитов на границе полевых шпатов. Характерная черта – почти полное отсутствие клинопироксена, ко-

торый встречается редко в виде реликтов, почти полностью замещенных роговой обманкой. Кроме роговой обманки в породах много актинолита, вторичный характер которого не вызывает сомнений.

В кварцевых монцодиоритах и монцонитах преобладающим минералом является плагиоклаз –  $An_{16-44}$ , в среднем  $An_{31}$  (45–55 %). Амфибол и биотит в среднем составляют 20 % (с вариациями от 12 до 30 %). Содержание калиево-натриевого полевого шпата в среднем 15 % (с размахом колебаний от 8 до 20 %). Количество модального кварца не превышает 8–10 %, в среднем 8,5 %. Среди аксессуаров выделяется титанит, остальных минералов (магнетит, апатит, циркон) мало (1–3 %).

*Маганакский массив* представлен линейным телом двухфазного строения северо-восточного простирания с извилистыми, причудливыми границами общей площадью в 70,7 км<sup>2</sup>. Расположен в междуречье Бейка и Ниня. Прорывает нерасчлененные отложения нижнего кембрия и прорван гранитами тигертышского комплекса ( $E_3-O_1$ ). Доминируют диоритоиды (88,3 %), габброиды первой фазы встречаются в виде небольших тел (в сумме 11,7 %), включенных в диоритоиды. В составе габброидов присутствуют плагиоклаз  $An_{49-53}$  (50–60 %), клинопироксен и роговая обманка (25–35 %), биотит (до 10 %), акцессорные минералы – апатит, магнетит – до 3 %, иногда встречается калиево-натриевый полевой шпат (5–7 %).

Диоритоиды (монцогаббродиориты и монцониты) представлены как бескварцевыми, так и кварцсодержащими разновидностями. В минералогическом составе преобладает плагиоклаз  $An_{11-40}$  (55–65 %), присутствуют калиево-натриевый полевой шпат (до 20 %), роговая обманка и биотит (20–25 %), реликтовый пироксен (до 10 %), количество кварца невысокое (до 5–7 %), акцессорных минералов

мало – до 1,5 %. В отдельных образцах отмечены явления катаклаза (дробление, рассланцовка) и интенсивного метасоматоза – темноцветные минералы хлоритизированы и эпидотизированы, плагиоклаз замещен серицитом, частично альбитизирован.

*Западный участок Буланкульского массива*, общей площадью 3,9 км<sup>2</sup>, сложен преимущественно монцогаббродиоритами, диоритами и монцонитами с редкими ксенолитами габбро первой фазы. Интрузивные породы участка прорывают карбонатные отложения биджинской свиты венда. Количество минералогический состав диоритоидов следующий: плагиоклаз ( $An_{27-30}$ ) – 50–60 %, калиево-натриевый полевой шпат – до 10 % (в монцонитах до 20 %), клинопироксен – 5–7 %, биотит – 6–8 %, роговая обманка – 15–25 %, акцессорные минералы (магнетит, апатит) – до 1–1,5 %. В отдельных образцах установлен интерстициальный кварц (до 1,5–2 %). Сиениты третьей фазы образуют линейное тело субмеридионального простирания, прорывающего как диоритоиды, так и карбонатные породы биджинской свиты венда, и имеют следующий количественный минеральный состав: полевые шпаты – 85–90 %, амфибол и биотит – до 10 %, кварц – 2,5–10 %, акцессорные минералы (apatит, магнетит, циркон) – 1,5–2 %.

Обобщая вышеизложенные материалы, подчеркнем, что для пород кашпарского комплекса вне зависимости от их принадлежности к тем или иным массивам характерны общие минералого-петрографические типоморфные признаки, а именно: отсутствие модального оливина в породах всех трех фаз, частое преобладание роговой обманки над клинопироксеном, появление небольшого количества модального ортопироксена (гиперстена) в диоритоидах (до 5 %), ошутимое присутствие кварца в породах второй и третьей фаз (табл. 5).

Средние содержания порообразующих минералов в интрузивных породах кашпарского комплекса, %  
Table 5

Average content of rock-forming minerals in intrusive rocks of the Kashpar complex, %				
Минерал	Габброиды	Диоритоиды		Сиениты
		Бескварцевые	Кварцевые	Двуполевошпатовые сиениты и кварцевые сиениты
Плагиоклаз	51,6	55,6	53,5	15,0
Клинопироксен	13,5	9,1	7,2	3,0
Ортопироксен	–	Доли %	Доли %	–
Оливин	–	–	–	–
Амфибол	24,2	13,8	12,3	7,0
Биотит	6,0	6,3	4,3	1,5
Калишпат	1,1	11,0	10,0	64,0
Кварц	–	До 1,5	8,2	6,5
Акцессорные минералы	3,6	2,9	4,5	3,0
% Ap	52	39	30	13
Количество подсчетов	14	21	15	7

*Примечание.* Для сиенитов в графе «калишпат» помещена сумма содержаний щелочных полевых шпатов (K–Na полевой шпат + альбит).

*Note:* for syenite in the column "Калишпат" placed the sum of the contents of alkaline feldspar (K–Na feldspar + albite).

### Аналитические методы

Содержания петрогенных (в мас. %) и редких (в г/т) элементов измерены методами рентгенофлуоресцентного анализа (РФА, энергодисперсионный спектрометр Oxford ED2000) и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP–MS, масс-спектрометр высокого разрешения Agilent 7500cx) соответственно в ЦКП «Аналитический центр геохимии природных систем» Томского государственного университета (ТГУ, Томск).

Химические анализы породообразующих минералов выполнены в «Аналитическом центре геохимии природных систем» ТГУ методом рентгено-спектрального микроанализа на растровом электронном микроскопе Tescan Vega II LMU, оборудованном энергодисперсионным спектрометром Oxford INCA Energy (с детектором Si(Li) Standard) и волнодисперсионным спектрометром Oxford INCA Wave 700.

U-Pb-изотопный анализ акцессорного циркона, выделенного для возрастного датирования, выполнен на ионном микрозонде SHRIMP-II в ЦИИ ВСЕГЕИ им. А.П. Карпинского (Санкт-Петербург) по стандартной методике [Williams, 1998]. Обработка данных осуществлялась по программе SQUID [Ludwig, 2000] с нормированием по стандарту TEMORA. Погрешности для изотопных отношений и возрастов оценивались в интервале  $\pm 2\sigma$ . При построении графиков с конкордией применялась программа ISOPLOT/Ex [Ludwig, 1999].

### Минералогические особенности

Химические составы породообразующих минералов определены Т.В. Козулиной [Котельников, Макаренко, 2018] в «Аналитическом центре геохимии природных систем» ТГУ. Изучены составы клинопироксенов, амфиболов и темных слюдов.

Средний компонентный состав **клинопироксенов** габброидов отвечает авгиту –  $\text{Wo}_{40}\text{En}_{46}\text{Fs}_{14}$  (6 определений); бескварцевых и кварцевых диоритоидов салиту –  $\text{Wo}_{45}\text{En}_{38}\text{Fs}_{17}$  (2 определения) и  $\text{Wo}_{46}\text{En}_{40}\text{Fs}_{14}$  (6 определений) соответственно; сиенитов диопсид-геденбергиту –  $\text{Wo}_{47}\text{En}_{24}\text{Fs}_{29}$  (11 определений).

**Амфиболы** в габброидах и диоритоидах относятся к магнезиальной роговой обманке. В первой (габброидной) фазе роговая обманка присутствует во всех 13 образцах (21 определение), лишь в одной пробе наряду с магнезиальной роговой обманкой установлен эденит. Во второй (диоритоидной) фазе она встречается в семи (из девяти) образцов и лишь в двух пробах зафиксирован магнезиогастингсит.

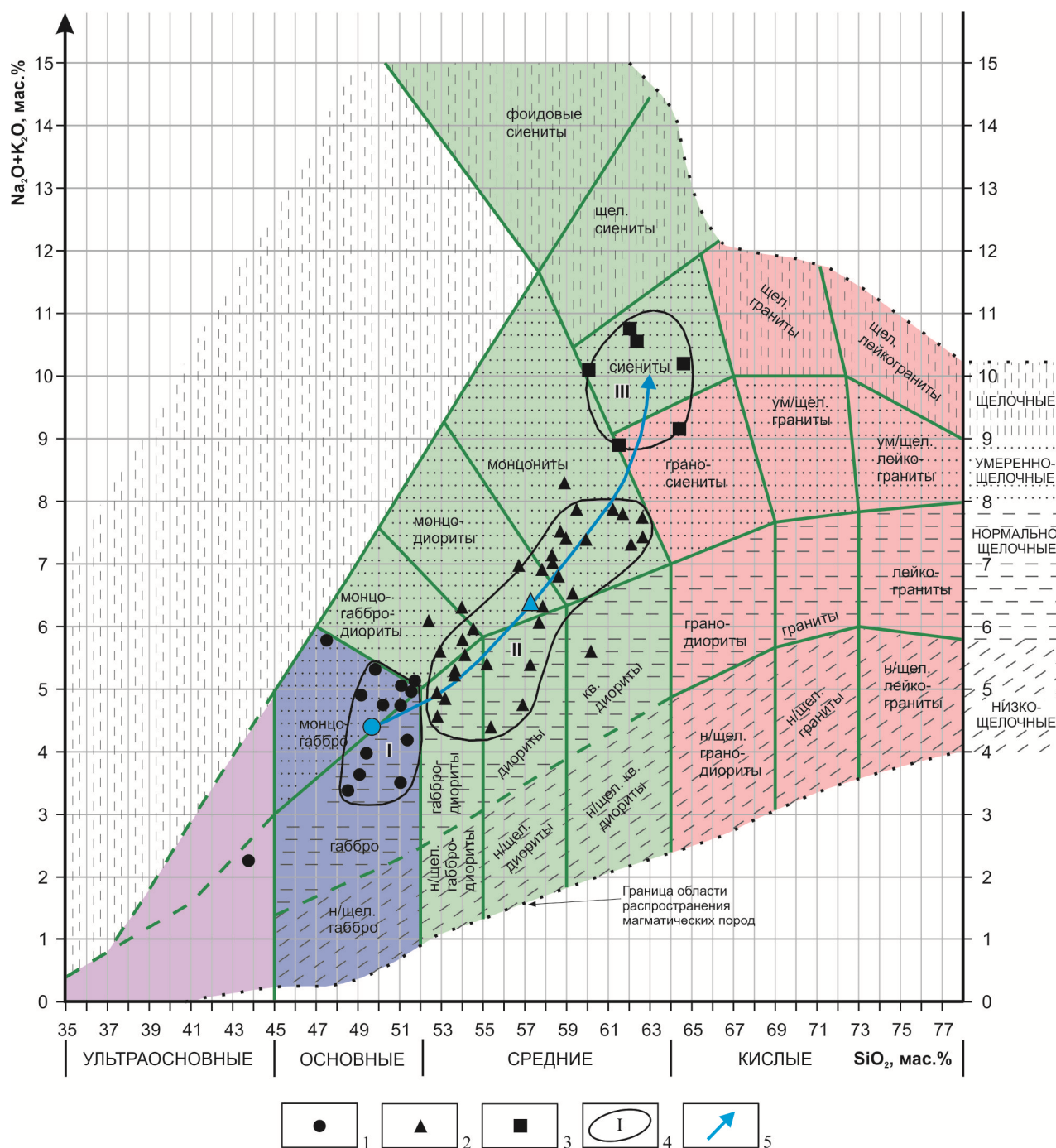
В химическом составе магнезиальных роговых обманок средние содержания оксидов составляют (мас. %):  $\text{SiO}_2$  – 48,9,  $\text{TiO}_2$  – 1,1,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 6,3,  $\text{FeO}_{\text{сумм.}}$  – 13,5,  $\text{MgO}$  – 14,4,  $\text{CaO}$  – 11,9, сумма щелочей – 1,7. Характерны постоянные примеси Cl (десятые доли %) и Mn, реже V, Cr. Железистость роговых обманок в габброидах и диоритоидах практически одинакова и колеблется от 43 до 66 % (в среднем 52 %). В породах третьей (сиенитовой) фазы наряду с преобладающей магнезиальной роговой обманкой встречаются ферроэденит и магнезиогастингсит с низкими содержаниями  $\text{SiO}_2$  (в среднем 40,9 мас. %), с повышенной титанистостью ( $\text{TiO}_2$  от 1,9 до 2,4 мас. %) и щелочностью (средняя сумма щелочей – 3,8 мас. %).

**Состав слюд** в габброидах и диоритоидах по единичным определениям соответствует биотиту (в мас. %):  $\text{SiO}_2$  – 36,  $\text{TiO}_2$  – 4,4,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 13,9,  $\text{FeO}_{\text{сумм.}}$  – 19,9,  $\text{MgO}$  – 11,2,  $\text{K}_2\text{O}$  – 9,3. В сиенитах отмечен лепидомелан с высоким содержанием  $\text{FeO}_{\text{сумм.}}$  и низким  $\text{MgO}$ .

### Петрогеохимические особенности

Химические составы петрогенных элементов пород кашпарского комплекса (54 пробы – 14 габброидов, 34 диоритоидов и 6 сиенитов), выполненные методом РФА, использованы для построения сводной петрохимической TAS-диаграммы (рис. 3). В табл. 6 приведены содержания петрогенных оксидов в породах представительных массивов комплекса (28 анализов). Почти все проанализированные образцы принадлежат калиево-натриевому петрохимическому типу и характеризуются отчетливо выраженным высококалиевым уклоном химизма в рамках известково-щелочной петрохимической серии (рис. 4). Аналитические точки составов умеренно- и высокоглиноземистых габброидов и диоритоидов группируются на TAS-диаграмме вдоль линии, разделяющей умереннощелочные и нормальнощелочные петрохимические разновидности (композиционные поля I–II), демонстрируя относительно медленное накопление содержаний  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  (от ~ 3 до 8 мас. %) по мере роста кремнекислотности ( $\text{SiO}_2$  ~ 47–63 мас. %) и лишь на завершающей стадии петрохимической эволюции для высокоглиноземистых сиенитов (поле III) наблюдается заметное возрастание общей щелочности (до ~ 11 мас. %) при относительно узком диапазоне кремнекислотности ( $\text{SiO}_2$  ~ 60–65 мас. %). С увеличением степени дифференцированности от габброидов к сиенитам наряду с увеличением содержаний  $\text{SiO}_2$  и суммы щелочей происходит постепенное уменьшение концентраций  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}_{\text{сумм.}}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ .





**Рис. 3. Распределение аналитических точек составов горных пород кашпарского комплекса на сводной TAS-диаграмме (по авторским химическим анализам, 2008–2015 гг.)**

1 – габброиды; 2 – диоритоиды; 3 – сиениты; 4 – композиционные поля фигуративных точек горных пород и их номера (I–III); 5 – петрохимический тренд эволюции составов.

*Примечание.* Крупными знаками обозначены средние составы горных пород в контурах выделенных полей.

**Fig. 3. The distribution of the analytical points of the rock compositions of the Kashpar complex on the summary TAS-diagram (according to the author's chemical analyzes, 2008–2015)**

1 – gabbroids; 2 – dioritoids; 3 – syenites; 4 – composite fields of the figurative points of rocks and their numbers (I–III); 5 – petrochemical trend of composition evolution.

*Note.* Large signs indicate the average composition of rocks in the contours of the selected fields.



Таблица 6

Содержания петрогенных (мас. %), редких и редкоземельных (г/т) элементов  
в породах представительных массивов кашпарского комплекса (листы N-46-XIX и N-45-XXIV)

Table 6

The contents of petrogenic (wt. %), rare and rare-earth (ppm) elements in the rocks of the representative massifs  
of the Kashpar complex (sheets N-46-XIX and N-45-XXIV)

Кашпарский габбро-диорит-кварцмонцодиорит-сиенитовый комплекс								
Массив	Кашпарский							
№ пробы	1761	1765	1769	1770	1773	1763	1768	1771
Название породы	монцогаббро	монцодиорит	монцодиорит	монцодиорит кварцсодерж.	кварцевый диорит	монцонит	монцонит	монцонит
SiO <sub>2</sub>	49,16	58,01	57,68	57,82	59,68	58,90	58,61	60,26
TiO <sub>2</sub>	1,34	1,08	1,17	0,59	1,08	1,13	0,94	0,91
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,76	17,06	15,83	23,21	15,28	17,79	17,09	15,76
FeO <sub>сумм.</sub>	10,31	7,02	7,79	3,54	7,41	6,05	6,96	6,05
MnO	0,15	0,11	0,12	0,05	0,12	0,10	0,11	0,10
MgO	6,02	4,09	4,74	2,64	4,55	2,76	4,01	3,23
CaO	8,84	5,57	5,50	3,72	4,39	4,10	4,91	4,64
Na <sub>2</sub> O	3,16	4,48	3,73	4,01	2,86	4,94	4,08	5,21
K <sub>2</sub> O	1,75	2,20	2,34	2,90	2,97	3,35	2,72	2,30
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,74	0,48	0,53	0,12	0,45	0,28	0,42	0,41
LOI	0,75	0,43	0,35	0,55	0,95	0,25	0,53	0,30
Сумма	98,97	100,52	99,78	99,15	99,74	99,65	100,38	99,17
Li	7,16	11,86	24,14	14,33	13,85	25,48	31,94	14,93
Cs	0,33	1,45	1,81	1,09	1,99	1,77	1,91	1,40
Rb	36,52	64,62	77,19	58,96	114,02	83,85	67,99	81,33
Ba	597,63	827,56	1276,04	1075,65	805,19	2329,16	1226,35	673,55
Sr	705,66	726,22	1115,73	1335,61	618,17	1207,31	1205,50	654,50
Cr	62,77	48,32	107,66	43,57	70,48	90,47	59,51	75,24
V	116,22	124,45	220,47	115,79	119,41	119,56	183,98	104,07
Co	19,32	19,86	35,21	9,94	20,79	20,47	29,69	17,54
Ni	53,24	61,54	49,19	12,82	38,33	30,33	33,60	30,07
Sc	24,18	13,80	24,67	5,18	14,45	13,97	18,78	11,67
Ga	29,26	58,52	39,28	31,25	58,97	36,32	21,98	51,99
Cu	30,25	44,18	113,56	56,64	49,55	61,40	60,52	70,10
Zn	46,31	72,03	122,01	30,78	71,42	74,65	97,38	58,95
Pb	4,52	10,52	14,76	14,51	11,32	22,80	17,86	11,72
Sb	—	—	—	—	—	—	—	—
Bi	—	—	—	—	—	—	—	—
Sn	—	—	—	—	—	—	—	—
Be	1,05	2,65	3,71	4,80	2,79	4,63	4,79	2,89
W	0,08	0,88	1,21	0,78	1,09	1,68	1,34	47,56
Mo	<0,29	1,83	6,32	3,41	1,19	7,26	6,02	2,16
Zr	27,95	35,05	122,04	60,29	25,02	159,04	105,60	67,39
Nb	9,44	18,64	36,88	17,63	23,35	29,73	31,69	20,11
Hf	0,52	1,18	3,57	1,20	0,95	3,68	2,15	1,91
Ta	0,41	1,47	2,57	1,27	1,77	2,17	2,15	1,50
U	0,33	1,60	2,84	1,42	2,95	4,82	3,82	1,62
Th	1,07	8,32	11,18	6,98	11,04	14,11	11,00	10,24
Y	10,67	18,22	40,75	15,06	20,40	32,32	37,25	18,13
La	21,01	36,93	47,01	31,57	41,25	48,68	48,82	40,12
Ce	42,39	75,23	125,21	82,53	82,84	128,08	132,26	78,86
Pr	4,84	8,57	14,12	7,82	8,62	14,01	14,75	8,68
Nd	18,94	31,95	54,48	27,54	34,52	51,61	54,63	31,35
Sm	3,43	5,64	9,82	4,31	6,05	8,58	9,59	5,32
Eu	1,01	1,41	2,32	2,15	1,15	2,20	2,33	1,18
Gd	2,92	4,63	9,04	4,13	4,90	8,01	8,62	4,34
Tb	0,41	0,66	1,21	0,49	0,72	1,03	1,12	0,64
Dy	2,17	3,56	6,42	2,43	3,90	5,25	5,77	3,48
Ho	0,42	0,69	1,25	0,47	0,77	1,01	1,14	0,70
Er	1,06	1,85	3,35	1,19	2,07	2,67	3,06	1,85
Tm	0,15	0,28	0,53	0,19	0,30	0,40	0,49	0,27
Yb	0,90	1,71	3,21	1,06	1,94	2,34	2,78	1,69
Lu	0,13	0,26	0,47	0,17	0,29	0,35	0,42	0,25

Кашпарский габбро-диорит-кварцмонцодиорит-сиенитовый комплекс							
Массив	Маганакский					Буланкульский (западный участок)	
№ пробы	22071-1	42092-1	42095	42097	52060-1	12086	53099-1
Название породы	монцогаббро	монцогаббро	монцогаббро	монцогаббро-диорит	монцонит	монцогаббродиорит	диорит пироксеновый
SiO <sub>2</sub>	48,84	49,83	51,05	54,13	60,39	54,01	56,71
TiO <sub>2</sub>	0,98	0,67	0,65	0,39	0,55	0,89	1,07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,82	21,08	17,1	22,18	19,62	16,8	15,99
FeO <sub>сумм.</sub>	9,51	6,17	6,01	4,62	4,13	6,49	2,39
MnO	0,13	0,1	0,1	0,09	0,07	0,13	0,12
MgO	6,68	7,41	9,92	5,48	4,29	6,99	6,36
CaO	7,37	6,38	7,72	4,8	1,24	6,69	10,79
Na <sub>2</sub> O	3,13	3,7	3,35	3,79	7,62	3,4	4,26
K <sub>2</sub> O	1,41	1,61	1,39	1,75	0,3	2,38	1,06
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,05	0,3	0,33	0,24	0,4	0,84	0,5
LOI	1,96	2,16	1,62	2,06	1,32	1,07	1,67
<i>Сумма</i>	<i>98,87</i>	<i>99,41</i>	<i>99,23</i>	<i>99,53</i>	<i>99,94</i>	<i>99,69</i>	<i>100,93</i>
Li	—	—	—	—	—	—	17,05
Cs	0,21	0,26	0,13	0,38	0,06	1,56	1,43
Rb	39,87	39,14	28,14	44,92	4,91	82,57	45,43
Ba	561,66	414,77	427,87	468,13	51,3	941,77	260,86
Sr	1638,78	1126,53	1079,85	1446,5	525,42	1324,63	1267,71
Cr	7,79	24,83	221,08	15,84	19,25	71,95	28,01
V	235,62	137,42	126,7	103,52	91,47	189,8	230,97
Co	30,74	25,58	31,02	16,56	9,05	23,68	6,45
Ni	6,9	31,21	155,8	38,37	13,44	38,05	11,36
Sc	15,37	15,24	17,21	10,18	3,87	16,05	28,88
Ga	20,16	16,09	15,67	15,37	7,55	21,51	18,08
Cu	35,91	30,18	9,6	16,4	6,17	40,68	9,83
Zn	93,15	66,72	55,42	66,06	47,73	93,65	108,31
Pb	8,52	5,91	5,73	24,44	2,71	10,45	57,57
Sb	—	—	—	—	—	—	1,23
Bi	—	—	—	—	—	—	0,15
Sn	2,57	0,74	1,82	3,77	1,08	4,27	5,12
Be	1,42	1,23	1,33	1,48	1,1	2,18	2,17
W	—	—	—	—	—	—	1,24
Mo	1,43	0,59	<0,08	0,96	0,44	1,61	2,42
Zr	68,46	17,71	26,97	14,96	39,68	25,82	82,32
Nb	11,25	9,06	8,09	6,74	7,03	12,31	8,69
Hf	2,24	0,98	1,21	0,9	1	1,29	2,43
Ta	0,63	0,59	0,65	0,47	0,35	0,51	0,52
U	1,51	0,68	0,8	1,24	0,92	3,58	9,28
Th	3,44	0,68	3,75	2,38	3,84	6,62	7,89
Y	23,7	17,22	12,83	13,18	7,94	20,68	22,77
La	50,07	18,19	23,4	14,29	33,98	51,25	53,29
Ce	102,66	42,25	51,39	34,6	65,67	101,27	93,25
Pr	13,21	5,61	5,53	4,31	6,63	12	9,76
Nd	48,9	22,49	21,39	17,62	24,05	45,87	35,47
Sm	8,95	4,34	4,03	3,58	3,77	7,99	6,47
Eu	2,6	1,55	1,29	1,13	1,39	2,17	1,83
Gd	7,09	3,79	3,36	3,17	2,81	6,35	5,67
Tb	0,98	0,57	0,48	0,48	0,37	0,85	0,82
Dy	4,98	3,32	2,56	2,72	1,81	4,31	4,48
Ho	0,94	0,68	0,49	0,55	0,32	0,8	0,89
Er	2,4	1,86	1,3	1,53	0,82	2,03	2,4
Tm	0,33	0,28	0,19	0,23	0,11	0,28	0,35
Yb	1,96	1,82	1,14	1,38	0,68	1,73	2,2
Lu	0,28	0,27	0,16	0,21	0,1	0,26	0,34

Продолжение табл. 6

Кашпарский габбро-диорит-кварцмонцодиорит-сиенитовый комплекс							
Массив	Буланкульский (западный участок)			Саксырская группа массивов			
№ пробы	53101	12091-1	12092	53044	53032	53038	23071
Название породы	монцит роговообманковый	сиенит	сиенит	габбро	габбро	габбро порфировидное	монцогаббро
SiO <sub>2</sub>	59,48	64,06	64,60	49,08	49,41	51,37	51,45
TiO <sub>2</sub>	0,86	0,7	0,29	0,79	0,5	1,11	1,02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,58	20,67	19,79	18,06	17,34	17,27	16,84
FeO <sub>сумм.</sub>	5,61	1,67	2,37	8,64	6,59	9,69	9,8
MnO	0,1	0,02	0,07	0,12	0,13	0,17	0,13
MgO	4,2	0,11	0,16	9,57	10,93	6,66	7,37
CaO	3,93	1,09	0,94	8,64	9,6	6,7	7,12
Na <sub>2</sub> O	4,57	4,84	4,57	2,59	2,97	2,91	3,55
K <sub>2</sub> O	3,3	5,76	5,63	1,05	1,01	1,28	1,49
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,46	0,17	0,18	0,16	0,19	0,42	0,37
LOI	0,74	0,37	0,37	1,46	1,7	2,47	1,32
<i>Сумма</i>	<i>100,83</i>	<i>99,47</i>	<i>98,96</i>	<i>100,16</i>	<i>100,37</i>	<i>100,04</i>	<i>100,46</i>
Li	36,42	—	—	11,06	39,7	72,91	30,36
Cs	2,07	0,69	3,27	1,25	6,95	4,55	5,09
Rb	97,32	90,68	139,01	32,44	22,5	51,18	36,99
Ba	842,38	1023,52	719,35	325,8	418	489,02	581,02
Sr	702,7	379,27	329,21	961,81	1050,7	871,72	899,19
Cr	35,82	28,38	6,57	23,43	172,23	39,93	72,85
V	123,54	48,04	31,42	269,21	186,67	304,77	345,81
Co	16,24	2,09	3,22	100,39	36,26	33,3	34,25
Ni	12,4	4,34	1,83	48,25	57,07	14,59	39,07
Sc	10,55	1,99	1,97	18,52	35,99	23,61	26,37
Ga	24,34	17,51	20,28	19,97	17,59	22,44	19,57
Cu	20,31	13,02	10,46	29,51	23,57	68,11	106,38
Zn	74,85	23,71	57,53	77,4	80,7	89,8	70,33
Pb	19,88	26,5	36,76	12,09	7,48	10,96	7,26
Sb	0,47	—	—	0,33	0,15	0,94	0,37
Bi	0,1	—	—	0,07	0,07	0,14	0,07
Sn	5,43	7,79	3,48	0,6	1,77	0,7	0,72
Be	3,92	1,02	5,16	0,72	0,82	0,95	1,18
W	0,96	—	—	0,7	0,42	1,81	1,35
Mo	1,83	1,87	4,06	1,02	0,53	0,35	1,21
Zr	78,16	199,23	320,83	26,85	61,31	41,76	47,2
Nb	23,84	70,02	33,68	5,62	3,28	5,93	5,24
Hf	2,51	7,45	6,98	1,91	1,67	2,56	1,62
Ta	1,61	7,95	2,56	0,49	0,23	0,39	0,33
U	4,07	2,97	5,92	1,01	0,72	1,16	1,55
Th	13,58	10,19	22,14	2,47	1,94	2,16	3,63
Y	25,14	58,15	21,74	12,65	14,43	22,58	16,44
La	54,32	66,15	48,41	18,05	15,13	21,89	21
Ce	119,11	200,29	99,91	37,1	34,88	51,56	46,44
Pr	12,26	28,53	11,03	4,12	4,49	6,85	5,96
Nd	44,5	109,51	38,8	16,37	19,74	28,98	25,21
Sm	7,81	19,61	6,38	3,42	4,34	5,92	5,54
Eu	1,75	3,36	1,35	1,19	1,3	2,09	1,64
Gd	6,17	15,45	4,96	3,11	3,71	5,34	4,51
Tb	0,92	2,36	0,76	0,46	0,54	0,79	0,63
Dy	4,89	13,15	4,26	2,59	2,95	4,49	3,44
Ho	0,95	2,54	0,87	0,51	0,57	0,9	0,66
Er	2,66	6,83	2,56	1,36	1,49	2,44	1,75
Tm	0,4	0,98	0,41	0,19	0,22	0,35	0,23
Yb	2,6	5,39	2,61	1,18	1,31	2,18	1,45
Lu	0,39	0,66	0,4	0,17	0,2	0,32	0,22

Кашпарский габбро-диорит-кварцмонцодиорит-сиенитовый комплекс						
Саксырская группа массивов						
Массив						
№ пробы	23071-1	53034-2	13183	23089-1	12056-2	43083
Название породы	монцогаббро-диорит	габбродиорит порфировидный	монцогаббро-диорит	монцодиорит	монцодиорит	монцит кварцевый
SiO <sub>2</sub>	51,9	53,93	52,93	54,34	57,86	61,22
TiO <sub>2</sub>	1,46	1,21	0,89	0,93	1,07	0,87
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,68	15,97	15,87	17,05	18,3	18,74
FeO <sub>сумм.</sub>	8,89	10,83	8,17	7,72	6,75	4,80
MnO	0,14	0,19	0,15	0,16	0,09	0,11
MgO	6,59	5,81	8,06	5,94	1,2	2,35
CaO	5,4	6,69	6,96	5,9	4,24	3,86
Na <sub>2</sub> O	4,24	3,29	4,29	4,6	4,22	5,42
K <sub>2</sub> O	1,96	1,36	1,32	2,04	2,1	2,45
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,44	0,49	0,4	0,56	0,56	0,48
LOI	1,66	1,04	1,44	1,4	3,27	0,62
Сумма	100,36	100,81	100,46	100,62	99,66	100,92
Li	47,99	36,18	22,33	32,39	–	22,39
Cs	4,76	1,17	3,32	1,66	0,91	1,57
Rb	65,96	40,65	36,87	53,32	21,26	52,05
Ba	765,92	523,18	443,61	662,62	944,48	1247,88
Sr	880,65	568,57	744,5	742,41	363,53	615,99
Cr	12,82	36,3	92,98	23,16	14,05	15,85
V	275,85	262,3	190,19	175,41	82,31	74,15
Co	31,26	26,6	23,33	20,88	8,54	8,74
Ni	2,59	17,62	15,47	15,15	3,45	4,97
Sc	26,19	25,97	21,05	17,94	13,42	6,36
Ga	20,62	20,61	19,04	19,41	22,92	21,34
Cu	24,43	50,2	27,55	20,22	13,46	12,31
Zn	86,18	101,21	52,91	90,12	68,41	64,13
Pb	6,9	7,2	4,43	9,51	14,07	11,36
Sb	10,5	0,37	0,3	0,43	–	0,19
Bi	0,07	0,03	0,05	0,05	–	0,03
Sn	2,21	2,45	1,26	2,31	3,64	2,08
Be	1,41	1,15	1,37	1,29	2,13	2,47
W	1,83	0,59	1,6	1,15	–	0,41
Mo	1,08	1,41	2,16	0,55	1,9	1,46
Zr	34,03	100,98	52,61	74,76	56,5	22,96
Nb	8,16	9,17	8,38	11,76	19,17	14,90
Hf	2,06	2,73	1,79	2,04	1,97	0,87
Ta	0,52	0,61	0,52	0,71	1,2	0,77
U	1,41	1,52	1,25	1,54	1,62	1,45
Th	4,49	4,12	3,77	4,03	3,23	5,06
Y	24,15	29,53	20,64	23,39	30,14	24,43
La	29,18	23,01	20,84	27,94	31,38	40,36
Ce	63,78	52,66	43,94	57,16	70,95	88,91
Pr	8,41	6,79	5,57	7,32	8,65	9,86
Nd	35,77	29,26	22,85	29,42	36,06	38,17
Sm	7,84	6,49	4,91	6,02	7,59	7,02
Eu	2,41	1,65	1,34	1,57	2,09	2,07
Gd	6,76	6,3	4,56	5,41	6,91	5,85
Tb	0,94	0,97	0,7	0,81	1,06	0,88
Dy	5,03	5,63	4,04	4,57	6,52	4,90
Ho	0,98	1,17	0,83	0,93	1,35	0,98
Er	2,45	3,24	2,26	2,51	3,78	2,67
Tm	0,33	0,48	0,32	0,36	0,58	0,38
Yb	2,12	3,03	2,06	2,28	3,77	2,36
Lu	0,31	0,45	0,31	0,33	0,57	0,35

*Примечание.* Анализы выполнены в ТГУ в «Аналитическом центре геохимии природных систем»: на рентгено-флуоресцентном спектрометре Oxford ED-2000 (аналитики Е.М. Асочакова, Е.Д. Агапова); на квадрупольном ICP MS спектрометре серии Agilent 7500 (аналитики Ю.В. Аношкина, Е.И. Никитина). Прочерк – содержание элемента не определялось.

*Note.* The e[aminations of samples were performed on the equipment of Analytic Center of Natural Systems Geochemistry of Tomsk State University: Oxford ED-2000 X-ray fluorescence spectrometer (analyst: E.M. Asochakova, E.D. Agapova); ICP MS spectrometer Agilent 7500 series (analysts: Yu.V. Anoshkina, E.I. Nikitina). Dash – the content of the element was not determined.

Нормативные пересчеты (метод CIPW) показывают, что габброиды комплекса не содержат нормативных примесей кварца или нефелина, а диоритоиды в 86 % случаев включают нормативный кварц (в среднем 6,5 %). В породах комплекса нет анализов с нормативным нефелином, который доминирует в «когдахских» образованиях. Эти петрохимические особенности наглядно демонстрируют насыщенный (по отношению к  $\text{SiO}_2$ ) характер исходных магматических расплавов.

В распоряжении авторов имеются 52 анализа микроэлементных составов горных пород кашпарского комплекса, выполненных методом ICP-MS. В табл. 6 помещены содержания редких и редкозе-

мельных элементов в породах представительных массивов комплекса (28 анализов). По мере увеличения содержаний  $\text{SiO}_2$  происходит рост средних концентраций Rb, Zr, Nb, Th, U и возрастают средние суммы REE (от 121,1 г/т в габброидах до 162,3 г/т в сиенитах).

На спектрах распределения REE (рис. 5) фиксируется преобладание легких REE над тяжелыми ( $\text{La/Yb}_N=9-21$ ). Породы второй фазы отличаются от ранних габброидов более высоким уровнем концентрации REE, слабыми положительными аномалиями Ce, Nd, Gd, Tm и незначительными европиевыми аномалиями (среднее значение  $\text{Eu/Eu}^*=0,77$ ).

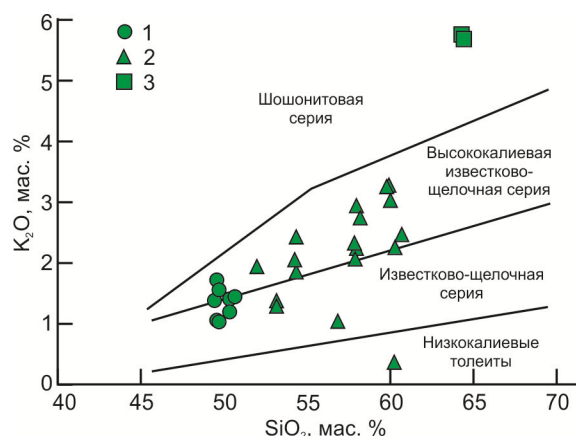


Рис. 4. Диаграмма  $\text{SiO}_2\text{--K}_2\text{O}$ , по [Peccherillo, Taylor, 1976]

1 – габброиды; 2 – диоритоиды; 3 – сиениты

Fig. 4. Diagram of  $\text{SiO}_2\text{--K}_2\text{O}$ , according [Peccherillo, Taylor, 1976]

1 – gabbroids; 2 – dioritoids; 3 – syenite

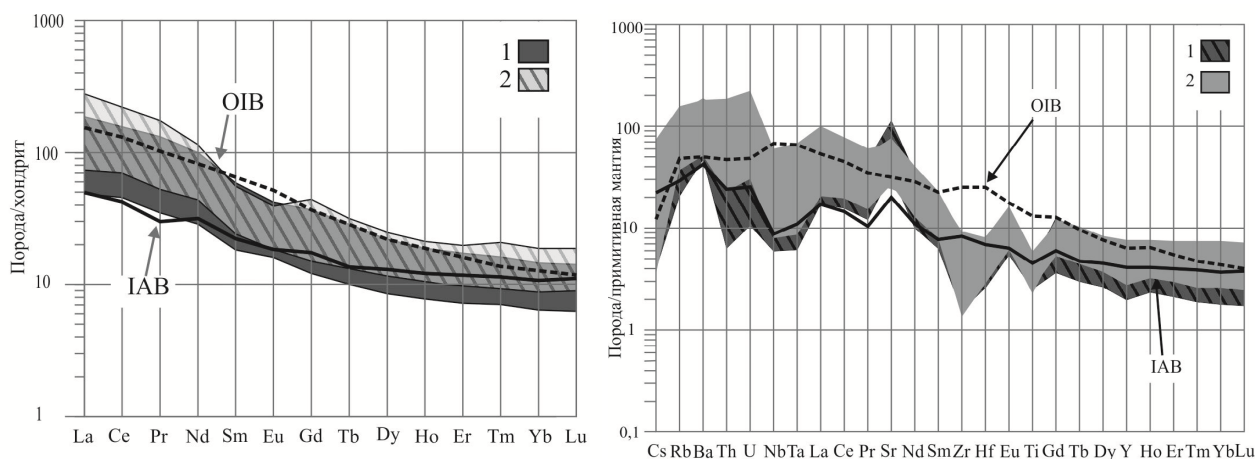


Рис. 5. Распределение микроэлементов в породах кашпарского комплекса

1 – габброиды; 2 – диоритоиды. Составы примитивной мантии и OIB – по [Sun, McDonough, 1989]; состав IAB – по [Kelemen et al., 2003]

Fig. 5. Distribution of microelements in the rocks of the Kashpar complex

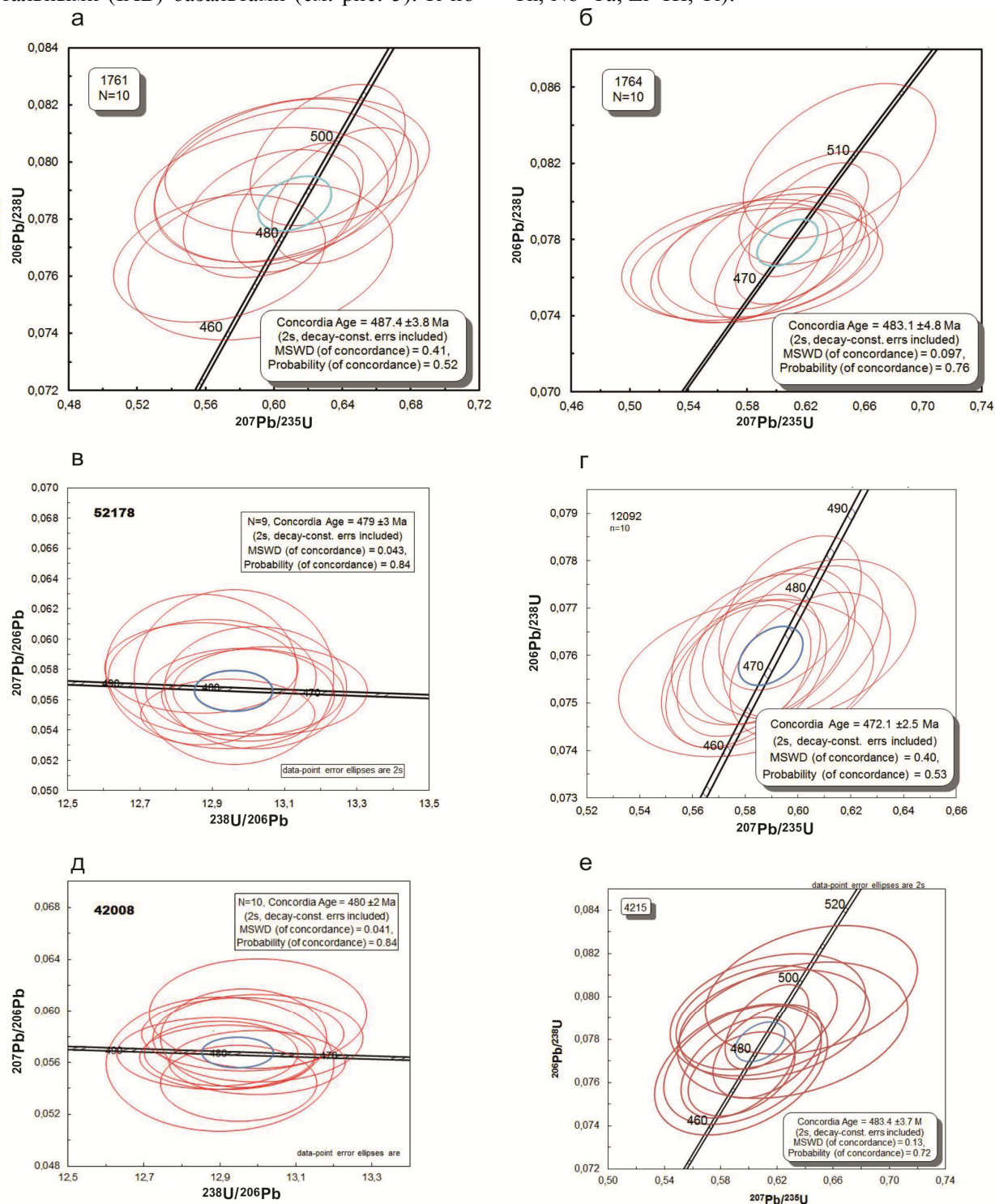
1 – gabbroids; 2 – dioritoids. Compositions of primitive mantle and OIB according to [Sun, McDonough, 1989]; Composition IAB – according to [Kelemen et al., 2003]

На мультиэлементной диаграмме породы комплекса характеризуются значительным обогащением LILE (Rb, Ba, U), La, резкими максимумами Sr, неглубокой Nb–Ta аномалией, явной отрица-

тельной аномалией Zr–Hf, резкой положительной аномалией Eu, глубокой отрицательной аномалией Ti и небольшой отрицательной аномалией Y. Таким образом, изученные породы имеют промежу-

точные геохимические характеристики между внутримитными (OIB) и окраинно-континентальными (IAB) базальтами (см. рис. 5). К по-

следним мультиэлементные спектры близки по распределению HFSE (спектральные минимумы Th, Nb-Ta, Zr-Hf, Ti).



**Рис. 6. Диаграммы U-Pb (SHRIMP-II) датирования по цирконам кашпарского комплекса**

а – габбро первой фазы; б – кварцевые монцодиориты второй фазы (Кашпарский массив); в – кварцевые сиениты третьей фазы (Саксырская группа массивов); г – двуполовошпатовые кварцевые сиениты третьей фазы (Западно-Буланкульский участок); д – кварцсодержащие сиениты третьей фазы (Усть-Бюрьский массив); е – сиениты г. Каскылах (Каролиновский массив)

**Fig. 6. Diagram of U-Pb (SHRIMP-II) dating on zircons of the Kashpar complex**

а – gabbro of the first phase; б – quartz monzodiorites of the second phase (Kashpar massif); в – quartz syenites of the third phase (Saksyr group of arrays); д – double-stranded quartz syenites of the third phase (West-Bulankul site); е – quartz-containing syenites of the third phase (Ust-Byur array), ф – syenites Kaskiyah mountain (Karolinov massif)



Значительное обогащение пород Rb и Sr, а также легкими REE (La и Ce) отражает влияние внутримантийного магматического источника типа OIB, а высокие концентрации U и Ba, возможно, связаны с влиянием вещества континентальной коры. Промежуточные геохимические признаки свидетельствуют об участии разнородного материала (со свойствами OIB и IAB) в магнезиальном образовании. Комплементарность геохимических спектров редких элементов в породах ранних и поздних фаз комплекса может объясняться эффектом фракционной кристаллизации.

### U–Pb изотопно-геохронологические исследования

Уран-свинцовым датированием (SHRIMP-II) пород петротипического Кашпарского массива авторами получены следующие цифры: для габброидов первой фазы –  $487,4 \pm 3,8$  млн лет (см. рис. 6, а); для кварцевых монцодиоритов второй –  $483,1 \pm 4,8$  млн лет (рис. 6, б). К этим цифрам близки датировки кварцевых монцонитов Улень-Туимского ( $486 \pm 4$  млн лет) и диоритов Саксырского ( $486 \pm 3$  млн лет) плутонов [Бабин и др., 2008]. В результате датирования сиенитов третьей фазы кашпарского комплекса при проведении ГДП-200 получены четыре даты:  $479 \pm 3$  млн лет для кварцевых сиенитов Саксырской группы массивов (рис. 6, в);  $472,1 \pm 2,5$  млн лет для двуполевошпатовых кварцевых сиенитов западного участка Буланкульского массива (рис. 6, г);  $480 \pm 2$  млн лет для кварцсодержащих сиенитов Усть-Бюрского массива (рис. 6, д) и  $483,4 \pm 3,7$  млн лет для сиенитов г. Каскылах Каролинского массива (рис. 6, е).

Таким образом, изотопные датировки трехфазного кашпарского комплекса (**472–487** млн лет) свидетельствуют о его **позднекембрийско-раннеордовикском** ( $\text{Є}_3\text{–O}_1$ ) возрасте. Эти даты заметно отличаются от установленных авторами цифр для монцодиоритов петротипа когтахского комплекса –  **$500 \pm 4,3$**  и  **$500,8 \pm 4,6$**  млн лет [Врублевский и др., 2015].

### Заключение

Вышеизложенные материалы свидетельствуют в пользу правомерности объединения умереннощелочных, умереннокремнекислых габброидов, диоритоидов и сиенитов в новый для региона трехфазный **кашпарский габбро-диорит-кварцмонцодиорит-**

**сиенитовый комплекс** позднекембрийско-раннеордовикского ( $\text{Є}_3\text{–O}_1$ ) возраста.

**Первая фаза** комплекса состоит из клинопироксен-роговообманковых и роговообманковых безоливиновых мезо- и лейкократовых, редко меланократовых, габброидов сопровождаемых дайками микрогаббро. Абсолютный U–Pb возраст соответствует  $487,4 \pm 3,8$  млн лет.

**Вторая фаза** включает в себя габбродиориты, диориты, кварцевые и бескварцевые монцодиориты и монцониты биотит-клинопироксеновые, двупироксеновые, биотит-роговообманковые, клинопироксен-рогово-обманковые, роговообманковые; дайки диорит-порфиров, микродиоритов; кварцевые жилы. В некоторых диоритоидных интрузивах (Балахчинский массив) известны крупные золоторудные месторождения и проявления золото-сульфидно-кварцевого типа. Абсолютный U–Pb возраст соответствует  $483,1 \pm 4,8$  млн лет.

**Третья фаза** представлена сиенитами двуполевошпатовыми, кварцевыми сиенитами (с переходом в граносиениты), нередко интенсивно альбитизированными или калишпатизированными. Отмечены дайки микросиенитов. Абсолютный U–Pb возраст:  $483,4 \pm 3,7$ ;  $480 \pm 2$ ;  $479 \pm 3$ ;  $472,1 \pm 2,5$  млн лет.

Резюмируя, отметим, что магматические образования кашпарского комплекса по совокупности геологических, минералого-петрографических, петрогеохимических и изотопных особенностей имеют четко выраженный самостоятельный характер. Они предшествуют становлению гранитоидов тигертышского комплекса и не могут быть включены в состав гранитоидных ассоциаций, как это неоднократно предпринималось в течение длительного времени – от ранних представлений эпохи батолитов «пестрого состава» до современных петрологических предположений, допускающих возможную принадлежность кашпарских диоритоидов к первой фазе тигертышского комплекса, а сиенитов – к более поздним (ордовик-силурийским и даже раннедевонским) образованиям.

*Работа выполнена в рамках государственных контрактов № 10 от 03.06.2008 г. «ГДП-200 листа N-45-XXIV (Усинская площадь)» и № 16 от 23.03.2012 г. «ГДП-200 листа N-46-XIX (Уйбатская площадь)» с Федеральным агентством по недропользованию «Роснедра» Министерства природных ресурсов РФ.*

### ЛИТЕРАТУРА

- Бабин Г.А., Шокальский С.П., Владимиров А.Г. и др. Раннепалеозойский гранитоидный магматизм западной части Алтае-Саянской складчатой области и молибденовое оруденение // Геодинамическая эволюция Центрально-Азиатского подвижного пояса : материалы совещания. Иркутск : Ин-т земной коры СО РАН, 2008. Вып. 6, т. 1. С. 27–31.
- Владимиров А.Г., Гибшер А.С., Изох А.Э., Руднев С.Н. Раннепалеозойские гранитоидные батолиты Центральной Азии: масштабы, источники и геодинамические условия формирования // Доклады Академии наук. 1999. Т. 369, № 6. С. 795–798.

**Врублевский В.В.** Источники и геодинамические условия петрогенезиса Верхнепетропавловского щелочно-базитового интрузивного массива (средний кембрий, Кузнецкий Алатау, Сибирь) // Геология и геофизика. 2015. Т. 56 (3). С. 488–515.

**Врублевский В.В., Котельников А.Д., Макаренко Н.А. и др.** Геодинамическая природа и магматические источники Когтахского габбро-монцодиоритового плутона позднего кембрия, Кузнецкий Алатау // Петрография магматических и метаморфических горных пород : материалы XII Всерос. петрографического совещания с участием зарубежных ученых. Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2015. С. 126–128.

**Врублевский В.В., Котельников А.Д., Изох А.Э.** Геодинамические условия и магматические протолиты раннепалеозойской габбро-монцодиорит-монцонитовой ассоциации Кузнецкого Алатау // Геология и минералогия Северной Евразии : материалы совещания, приуроченного к 60-летию Института геологии и геофизики СО РАН. 3–5 окт. 2017 г. Новосибирск, Россия. Новосибирск, 2017. С. 53–54.

**Государственная** геологическая карта РФ масштаба 1 : 200 000. 2-е изд. Лист N-45-XVIII (Шира) / М.Н. Секретарев, А.П. Липишанов, В.В. Михайленко и др. Объяснительная записка. СПб. : ВСЕГЕИ, 2000. 151 с.

**Государственная** геологическая карта РФ масштаба 1:200 000. 2-е изд. Лист N-45-XXIV (Балыкса) / А.Д. Котельников, С.В. Максиков, А.Г. Дербан и др. Объяснительная записка. СПб. : ВСЕГЕИ, 2013. 261 с.

**Иодер Г.С., Тилли К.Э.** Происхождение базальтовых магм: (Результаты экспериментального изучения природных образований и синтетических систем) / пер. с англ. Г.Н. Мухитдинова. М. : Мир, 1965. 248 с.

**Котельников А.Д., Макаренко Н.А.** О критериях расчленения нижнепалеозойской габбро-монцодиоритовой формации Кузнецкого Алатау на когтахский и кашпарский интрузивные комплексы // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. Новосибирск : СНИИГГиМС, 2018. № 2. С. 49–60.

**Кривенко А.П., Поляков Г.В., Богнибов В.И. и др.** Габбро-монцодиоритовая формация Кузнецкого Алатау // Базитовые и ультрабазитовые комплексы Сибири. Новосибирск : Наука, СО АН СССР, 1979. С. 5–95.

**Кузнецов Ю.А., Богнибов В.И., Дистанова А.Н. и др.** Раннепалеозойская гранитоидная формация Кузнецкого Алатау. М. : Наука, 1971. 350 с.

**Макаренко Н.А., Парначев В.П.** Типоморфные особенности когтахского комплекса (Кузнецкий Алатау) // Проблемы геологии и географии Сибири : материалы науч. конф., посв. 125-летию основания Томского государственного университета и 70-летию образования геолого-географического факультета 2–4 апреля 2003 г. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2003. № 3 (I). С. 106–108.

**Руднев С.Н., Владимиров А.Г., Пономарчук В.А., Крук Н.Н., Бабин Г.А., Борисов С.М.** Раннепалеозойские гранитоидные батолиты Алтае-Саянской складчатой области (латерально-временная зональность, источники) // Доклады Академии наук. 2004. Т. 396, № 3. С. 369–373.

**Руднев С.Н., Борисов С.М., Бабин Г.А. и др.** Раннепалеозойские батолиты северной части Кузнецкого Алатау: вещественный состав, возраст и источники // Петрология. 2008. Т. 16, № 4. С. 421–448.

**Халфин С.Л.** Петрология когтахского габбро-монцонит-сиенитового комплекса. Новосибирск : Наука, СО АН СССР, 1965. 92 с.

**Хомичев В.Л., Единцев Е.С., Кужельная Е.В.** Эталон саксырского габбро-гранитоидного комплекса (Кузнецкий Алатау). Новосибирск : СНИИГГиМС, 1999. 250 с.

**Шокальский С.П., Бабин Г.А., Владимиров А.Г. и др.** Корреляция магматических и метаморфических комплексов западной части Алтае-Саянской складчатой области / под ред. А.Ф. Морозова. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2000. 187 с.

**Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Ковач В.П. и др.** Геодинамика формирования каледонид Центрально-Азиатского складчатого пояса // Доклады Академии наук. 2003. Т. 389, № 3. С. 354–359.

**Kelemen P.B., Hanghoj K., Greene A.R.** One view of the geochemistry of subduction-related magmatic arcs, with emphasis on primitive andesite and lower crust // Treatise on Geochemistry the Crust. University of Maryland, USA, 2003. V. 3. P. 593–659.

**Ludwig K.R.** User's manual for Isoplot/Ex, Version 2.10 A geochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronology Center Special Publication, 1999. V. 1. 46 p.

**Ludwig K.R.** SQUID 1.00. A User's Manual. Berkley Geochronology Center Special Publication, 2000. № 2.

**Peccerillo A., Taylor S.R.** Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from Kastamonu area, Northern Turkey // Contributions to Mineralogy and Petrology. 1976. V. 58. P. 63–81.

**Sun S.-s., McDonough W.F.** Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes // Spec. Publ. Vol. Geol. Soc. Lond. 1989. № 42. P. 313–345.

**Williams I.S.** U–Th–Pb geochronology by ion microprobe. Applications of microanalytical techniques to understanding mineralization processes // Rev. Econ. Geol. 1998. V. 7. P. 1–35. DOI: 10.1144/GSL.SP.1989.042.01.19

#### Авторы:

**Макаренко Николай Андреевич**, кандидат геолого-минералогических наук, геолог, Научно-исследовательская лаборатория «Геокарт», геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия.

**Котельников Алексей Дмитриевич**, заведующий лабораторией, Научно-исследовательская лаборатория «Геокарт», геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия. E-mail: geokart@ggf.tsu.ru

**THE KASHPAR CAMBRIAN-ORDOVIC GABBRO-DIORITE-QUARTZMONTSDIORITE-SYENITE COMPLEX –  
NEW PETROGRAPHY DEPARTMENT ON THE EASTERN SLOPE  
OF THE KUZNETSK ALATAU**

**N.A. Makarenko, A.D. Kotelnikov**

*National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia*

On the basis of material obtained during the geological survey works on the state GDP-200 on the territory of two nomenclature sheets (N-45-XXIV и N-46-XIX) substantiated of the allocation of a new for the region three-phase Kashpar gabbro-diorite-quartz monodiorite-syenitic complex with the author's U-Pb dating in the range from 472 to 487 Ma ( $C_3-O_1$ ). Previously, these formations preceding the formation of Tigertysh granitoids were included in the composition of the Kogtach gabbro-montsodiorite-syenite complex with an absolute age of more than 500 Ma ( $C_2$ ). It has been shown that the permanent presence of normative, and sometimes modal nepheline is characteristic of the rocks of the Kogtach complex, while Kashpar magmatites are distinguished by a noticeable content of not only normative, but also modal quartz in dioritoids and syenites, which indicates a different degree of saturation with silicic acid and alkalis of the initial magmatic melts. In the study area was attested 33 intrusions of the Kashpar complex with a total area of more than 1,600 km<sup>2</sup> with the dominance of dioritoidov second phase (1,340 km<sup>2</sup>) and the more modest role of early gabbroids (250 km<sup>2</sup>) and late syenite (23,3 km<sup>2</sup>). Brief descriptions of five representative arrays, including the petrotypic Kashpar intrusive, are given. The common mineralogical and petrographic features were identified, namely: the absence of modal olivine in the rocks of all three phases, the frequent predominance of magnesian hornblende over clinopyroxene, the appearance of small amounts of modal orthorhombic pyroxene (hypersthene) in dioritoids (up to 5 %), the presence of quartz in the second rocks and third intrusive phases. For the first time, the author's data on the contents of petrogenic, rare and rare-earth elements in the rocks of the complex are introduced into scientific circulation. Revealed a distinct high-potassium bias of the chemism of almost all of the formations in the framework of the calc-alkaline potassium-sodium petrochemical series. It was established that with an increase in the degree of differentiation from gabbroids to syenites, there is a decrease in concentrations CaO, MgO, FeO<sub>сумм.</sub>, TiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> with parallel growth of contents of Rb, Zr, Nb, Th, U и  $\sum REE$ . In the rare-earth spectra light dominates REE (La/Yb<sub>N</sub>=9–21), a weak europium anomaly is characteristic of the second phase rocks (Eu/Eu\*=0,77). It is shown that the intrusive rocks of the complex on the spider-diagrams exhibit intermediate geochemical characteristics between intraplate basalts of the type OIB and marginal continental type IAB, which is evidence in favor of the assumption of the formation of magmatic differentiates in a complex geodynamic setting. Metallogenic specialization is determined by the confinement to some of the massifs (Balakhchin, Maganak, Syra group) of gold deposits and manifestations of gold-sulfide-quartz type.

**Keywords:** Kuznetsk Alatau, Kashpar and Kogtach complexes, representative massif, petrogenetic composition, rare elements, REE, multi-element diagram.

### References

- Babin G.A., Shokal'skiy S.P., Vladimirov A.G. i dr. *Rannepaleozoyskiy granitoidnyy magmatizm zapadnoy chasti Altaye-Sayanskoy skladchatoy oblasti i molibdenovoye orudeneniye* [Early Paleozoic granitoid magmatism of the western part of the Altai-Sayan folded region and molybdenum mineralization] // *Geodinamicheskaya evolyutsiya Tsentral'no-Aziatskogo podvizhnogo poyasa. Mat. soveshch.*, vyp.6, T.1. Irkutsk: In-t zemnoy kory, SO RAN, 2008. pp. 27–31. In Russian
- Vladimirov A.G., Gibsher A.S., Izokh A.E., Rudnev S.N. *Rannepaleozoyskiye granitoidnyye batolity Tsentral'noy Azii: masshtaby, istochniki i geodinamicheskiye usloviya formirovaniya* [Early Paleozoic granitoid batholiths of Central Asia: Abundance, sources, and geodynamic formation conditions] // *Doklady Earth Sciences*, 1999. V. 369, № 6. pp. 795–798. In Russian
- Vrublevskii V.V. Sources and geodynamic setting of petrogenesis of the Middle Cambrian Upper Petropavlovka alkaline basic intrusive pluton (Kuznetsk Alatau, Siberia) // *Russian Geology and Geophysics*. 2015. V. 56(3), pp. 379–401.
- Vrublevskii V.V., Kotel'nikov A.D., Makarenko N.A. i dr. *Geodinamicheskaya priroda i magmaticheskkiye istochniki Kogtakh-skogo gabbro-montsodioritovogo plutona pozdnego kembriya, Kuznetskiy Alatau* [Geodynamic nature and magmatic sources of the Kogtach gabbro-monzodiorite pluton of the late Cambrian, Kuznetsk Alatau] // *Petrografiya magmaticheskikh i metamorficheskikh gornykh porod. Mat. XII Vseros. Petrograficheskogo soveshch. s uchastiyem zarubezhnykh uchenykh*. Petrozavodsk: Ka-rel'skiy nauchnyy tsentr RAN, 2015. pp. 126–128. In Russian
- Vrublevskii V.V., Kotel'nikov A.D., Izokh A.E. *Geodinamicheskiye usloviya i magmaticheskkiye protolity rannepaleozoyskoy gabbro-montsodiorit-montsonitovoy assotsiatsii Kuznetskogo Alatau* [Geodynamic conditions and magmatic protoliths of the Early Paleozoic gabbro-montsodiorite-monzonite association of the Kuznetsk Alatau] // *Geologiya i minerageniya Severnoy Evrazii. Mat. soveshchaniya, priurochennogo k 60-letiyu Instituta geologii i geofiziki SO RAN*. 3-5 okt. 2017 g. Novosibirsk, Rossiya. Novosibirsk: 2017. pp. 53–54. In Russian
- Gosudarstvennaya geologicheskaya karta RF masshtaba 1:200 000 (izdaniye 2-e)* [State geological map of the Russian Federation in scale 1: 200 000 (2nd edition)]. List N-45-XVIII (SHira) // Sekretar'ev M.N., Lipishanov A.P., Mikhaylenko V.V. i dr. *Ob'yasnitel'naya zapiska*. St.Petersburg: VSEGEI, 2000. 151 p. In Russian
- Gosudarstvennaya geologicheskaya karta RF masshtaba 1:200 000 (izdaniye 2-e)* [State geological map of the Russian Federation in scale 1: 200 000 (2nd edition)]. List N-45-XXIV (Balyksa) // Kotel'nikov A.D., Maksikov S.V., Derban A.G. i dr. *Ob'yasnitel'naya zapiska*. St.Petersburg: VSEGEI, 2013. 261 p. In Russian
- Yoder H.C. Jr, Tilley C.E. Origin of basalt magmas. An experimental study of natural and synthetic rock system // *Journal of Petrology*. 1962. V. 3, No 3. pp. 342–532
- Kotelnikov A.D., Makarenko N.A. On criteria for differentiation of the Lower-Paleozoic gabbro-monzodiorite formation of the Kuznetsk Alatau in the Kogtach and Kashpar intrusive complexes of the Kuznetsk Alatau // *Geology and mineral resources of Siberia*. Novosibirsk: SNIIGiMS, 2018. №. 2. pp. 49–60. In Russian

- Krivenko A.P., Polyakov G.V., Bognibov V.I. i dr. *Gabbro-montsodioritovaya formatsiya Kuznetskogo Alatau* [Gabbro-monzodiorite formation of the Kuznetsk Alatau] // *Bazitovyye i ul'trabazitovyye komplekсы Sibiri*. Novosibirsk: Nauka, SO AN SSSR, 1979. pp. 5–95. In Russian
- Kuznetsov YU.A., Bognibov V.I., Distanova A.N. i dr. *Rannepaleozoyskaya granitoidnaya formatsiya Kuznetskogo Alatau* [Early Paleozoic granitoid formation of the Kuznetsk Alatau]. Moscow : Nauka, 1971. 350 p. In Russian
- Makarenko N.A., Parnachëv V.P. *Tipomorfnyye osobennosti kogtakhskogo kompleksa (Kuznetskiy Alatau)* [Typomorphic features of the Kogtakh complex (Kuznetsky Alatau)] // *Problemy geologii i geografii Sibiri : materialy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 125-letiyu osnovaniya Tomskogo gosudarstvennogo universiteta i 70-letiyu obrazovaniya geologo-geograficheskogo fakul'teta* 2–4 aprelya 2003 g Tomsk : Izdatel'stvo Tomskogo gosudarstvennogo universiteta, 2003. № 3(I). pp. 106–108. In Russian
- Rudnev S.N., Vladimirov A.G., Kruk N.N., Ponomarchuk V.A., Babin G.A., Borisov S.M. Early Paleozoic granitoid batholiths of the Altai-Sayan folded region (lateral-temporal zoning and sources) // *Doklady Earth Sciences*, 2004. V. 396, No 3. pp. 492–495.
- Rudnev S.N., Borisov S.M., Babin G.A., Levchenkov O.A., Makeev A.F., Plotkina Yu.V., Serov P.A., Matukov D.I. Early Paleozoic batholiths in the northern part of the Kuznetsk Alatau: composition, age, and sources // *Petrology*. 2008. V.16, No 4. pp. 421–448.
- Khalfin S.L. *Petrologiya kogtakhskogo gabbro-montsonit-siyenitovogo kompleksa* [Petrology of the Kogtakh gabbro-monzonite-syenite complex]. Novosibirsk: Nauka, SO AN SSSR, 1965. 92 p. In Russian
- Khomichev V.L., Edintsev E.S., Kuzhelnaya E.V. *Etalon saksyrskogo gabbro-granitoidnogo kompleksa (Kuznetskiy Alatau)* [The standard of the Saksyrsky gabbro-granitoid complex (Kuznetsky Alatau)]. Novosibirsk: SNIIGiMS. 1999. 250 p. In Russian
- Shokalsky S.P., Babin G.A., Vladimirov A.G. et al. *Korrelatsiya magmaticheskikh i metamorficheskikh kompleksov zapadnoy chasti Altaye-Sayanskoy sklachatoy oblasti* [Correlation of magmatic and metamorphic complexes of the western part of the Altai-Sayan folded region] (pod red. A.F. Morozova). Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2000. 187 p. In Russian
- Yarmolyuk V.V., Kovalenko V.I., Kovach V.P., Kozakov I.K., Kotov A.B., Sal'nikova E.B.. Geodynamics of caledonides in the central Asian foldbelt // *Doklady Earth Sciences*. 2003. V. 389, №3. pp. 311–316
- Kelemen P.B., Hanghoj K., Greene A.R. One view of the geochemistry of subduction-related magmatic arcs, with emphasis on primitive andesite and lower crust // *Treatise on Geochemistry the Crust*. University of Maryland, USA, 2003. V. 3, pp. 593–659.
- Ludwig K.R. User's manual for Isoplot/Ex, Version 2.10 A geochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronology Center Special Publication, 1999. V. 1, 46 p.
- Ludwig K.R. SQUID 1.00. A User's Manual. Berkley Geochronology Center Special Publication, 2000. №2.
- Peccerillo A., Taylor S.R. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from Kastamonu area, Northern Turkey // *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 1976. V. 58, pp. 63–81
- Sun S.-s., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: *Magmatism in the ocean basins* (In Saunders A.D., Norry M.J. eds.), Spec. Publ. Vol. Geol. Soc. Lond., 1989. № 42, pp. 313–345.
- Williams I.S. U–Th–Pb geochronology by ion microprobe. Applications of microanalytical techniques to understanding mineralizing processes / Eds. M.A. McKibben, W.C. Shanks, W.I. Ridley // *Rev. Econ. Geol.*, 1998, V. 7, pp. 1–35.

#### Authors:

**Makarenko Nikolay A.**, Cand. Sci. (Geol.-Miner.), geologist, Research Laboratory Geokart, Geology and Geography Faculty, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.

**Kotelnikov Aleksey D.**, Director, Research Laboratory Geokart, Geology and Geography Faculty, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia. E-mail: geokart@ggf.tsu.ru