

УДК 550.4:551.72 (571.56)
DOI 10.25587/SVFU.2023.29.1.010

А.А. Кравченко¹, В.И. Березкин¹, Н.В. Попов², Я.П. Шепелева³

¹Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, Якутск, Россия

²Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Россия

³Северо-Восточный федеральный университет, г. Якутск, Россия

E-mail: freshrock@yandex.ru

E-mail: beryozkin2003@list.ru

E-mail: popovNV@ipggsbras.ru

E-mail: shepelevayap@mail.ru

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И ТЕКТОНИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ МАГМАТИТОВ УНГРИНСКОГО КОМПЛЕКСА АЛДАНО-СТАНОВОГО ЩИТА

Аннотация. Описание и интерпретация вещественного состава магматических серий раннего докембрия способствует реконструкции геодинамических обстановок формирования фундамента древних платформ. Центральная часть Алдано-Станового щита Сибирской платформы характеризуется разнообразием магматических комплексов со сложной и длительной историей формирования. В связи с наложенными процессами метаморфизма, изменившими первоначальный облик пород, проблема расчленения и корреляции комплексов, геодинамического районирования на вещественной основе далека от решения. В этой статье описаны вещественные характеристики унгринского магматического комплекса близкого по возрасту образования к палеопротерозойской надсубдукционной обстановке. Рассмотрены его вероятные аналоги среди других магматических комплексов и нерасчленённых ортопород, уточнена площадь распространения. Сделан вывод о внедрении комплекса после аккреционных событий.

Ключевые слова: Алдано-Становой щит, магматические комплексы, петрохимия, известково-щелочная серия, районирование.

A.A. Kravchenko¹, V.I. Beryozkin¹, N.V. Popov², Ya.P. Shepeleva³

¹Diamond and Precious Metal Geology Institute, SB RAS, Yakutsk, Russia

²Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, SB RAS

³M.K. Ammosov NEFU, Yakutsk.

Novosibirsk, Russia

E-mail: freshrock@yandex.ru

E-mail: beryozkin2003@list.ru

E-mail: popovNV@ipggsbras.ru

E-mail: shepelevayap@mail.ru

MATERIAL COMPOSITION AND TECTONIC POSITION OF DIFFERENTIATED MAGMATITES OF THE UNGRINSKY COMPLEX OF THE ALDAN-STANOVY SHIELD

Abstract. The article presents a description and interpretation of the material composition of the magmatic series of the Early Precambrian which contributes to the reconstruction of geodynamic conditions for the formation of the ancient platforms foundation. The central part of the Aldan-Stanovoy shield of the Siberian Platform is characterized by a variety of magmatic complexes and a complex and long history of formation. Due to the superimposed processes of metamorphism that have changed the original appearance of rocks, the problem of dismemberment and correlation of complexes, geodynamic zoning on a material basis is far from being solved. This article describes the material characteristics of the Ungrinsky magmatic complex associated with the Paleoproterozoic suprasubduction environment. Its probable material analogues among other magmatic complexes and undifferentiated orthopods are considered, the area of distribution is specified. The conclusion is made about the introduction of the complex after accretion events.

Keywords: Aldan-Stanovoy shield, magmatic complexes, petrochemistry, calc-alkaline series, zoning.

Введение

В начальные годы изучения фундамента Алдано-Станового щита метаморфические породы, за исключением гранитов и гипербазитов, относились к стратифицированным образованиям – сериям и свитам. Амфиболиты и плагиогнейсы одной из свит вблизи устья р. Унгра, притока Алдана, впервые были оконтурены в виде массивов метагаббро и диоритов [1]. В результате последовавших геолого-съёмочных и научно-исследовательских работ количество видов пород и география их сильно расширились и метагаббро, и диориты в роли главных входят в состав унгринского габбро-диорит-плагиогранитного дифференцированного комплекса [2]. Согласно современным представлениям [3] гранитоиды унгринского комплекса совместно с ортогнейсами тимптонского комплекса входят в группу с возрастом 2.06 – 2.01 млрд лет, формирование которой связано с надсубдукционной геодинамической обстановкой [4, 5].

Материалы и аналитические методы

Авторы статьи и другие исследователи неоднократно проводили полевые работы в районах обнажения пород этого комплекса, накопили значительное количество силикатных анализов и элементов-примесей, которые с геологическими и географическими привязками, петрографическими данными, опубликованы в информационном сборнике [6]. После этого выпуска продолжено накопление аналитических данных. Силикатные анализы пород выполнялись в основном ИГАБМ СО РАН рентгенофлюоресцентным и химическим методами. Диагностика минералов произведена на оптическом микроскопе и контролировалась на сканирующем электронном микроскопе JSM-6480LV с приставкой INCA Energy-350 Oxford Instruments при напряжении 20 кв.

Дополнительно привлечены силикатные анализы из опубликованных работ, фондов и архивов геолого-съёмочных работ, проводившихся под руководством Г.Н. Киселева и А.С. Княжева.

Геологическое положение

По современным представлениям Алдано-Становой щит сложен террейнами и разделяющими их зонами тектонического меланжа [7]. Массивы и мелкие тела унгринского комплекса находятся в восточной окраине Амгинской зоны тектонического меланжа (АЗТМ) в трех районах: в приустьевой части р. Унгра в пределах Унгринского тектонического клина (петротипический район); восточнее клина в Дес-Леглиерской синклинойной структуре с охватом западной окраины Нимнырского террейна; южнее этих структур в зоне перехода от АЗТМ к Каларской зоне тектонического меланжа (рис. 1).

Наибольший вклад в изучении северных районов внесли В.Л. Дук с соавторами [2]. На геологических картах этих геологов массивы унгринского комплекса в петротипе окружены гранито-гнейсами инфракомплекса, породами курумканской и амедичинской толщ и прорваны палеопротерозойскими гранитами, а Восточные массивы в основном породами федоровской толщи, местами гранито-гнейсами, гнейсами и сланцами амедичинской толщи и прорваны теми же гранитами. В Унгринском клине они установили сложную структурно-метаморфическую эволюцию. Наряду с прогрессивным метаморфизмом высокоградиентной амфиболитовой фации [8] они показали достаточно широкие проявления бластомилонитизации в условиях амфиболитовой, эпидот-амфиболитовой и зеленосланцевой фаций, наложенных не только на породах унгринского комплекса, но и на окружающие породы. Эти бластомилониты локализованы обычно в пограничных зонах разломов. Амфиболитовые бластомилониты ранее в состав унгринского комплекса не включались, а относились к самостоятельной кудуликанской эффузивной толще. Эти авторы окончательно подтвердили присутствие реликтовых структур и текстур интрузивных пород в непереработанных амфиболитах, описанных [1, 9], а также представили первое определение U-Pb возраста цирконов 2050 млн. лет [4]. В южном районе предполагаемый аналог унгринского комплекса был выделен И.Н. Гусаковой описан под названием хончегринского комплекса в одноименном массиве, который ранее относился к одному из нескольких массивов бурпалинского комплекса. Однако В.Л. Дук считал хончегринский комплекс более древним ($v_{3.4} \ v\delta_{3.4}$), чем унгринский ($v_4 \ v\delta_4$) [10], а другие геологи эти массивы полагали разновозрастными [7, 5].

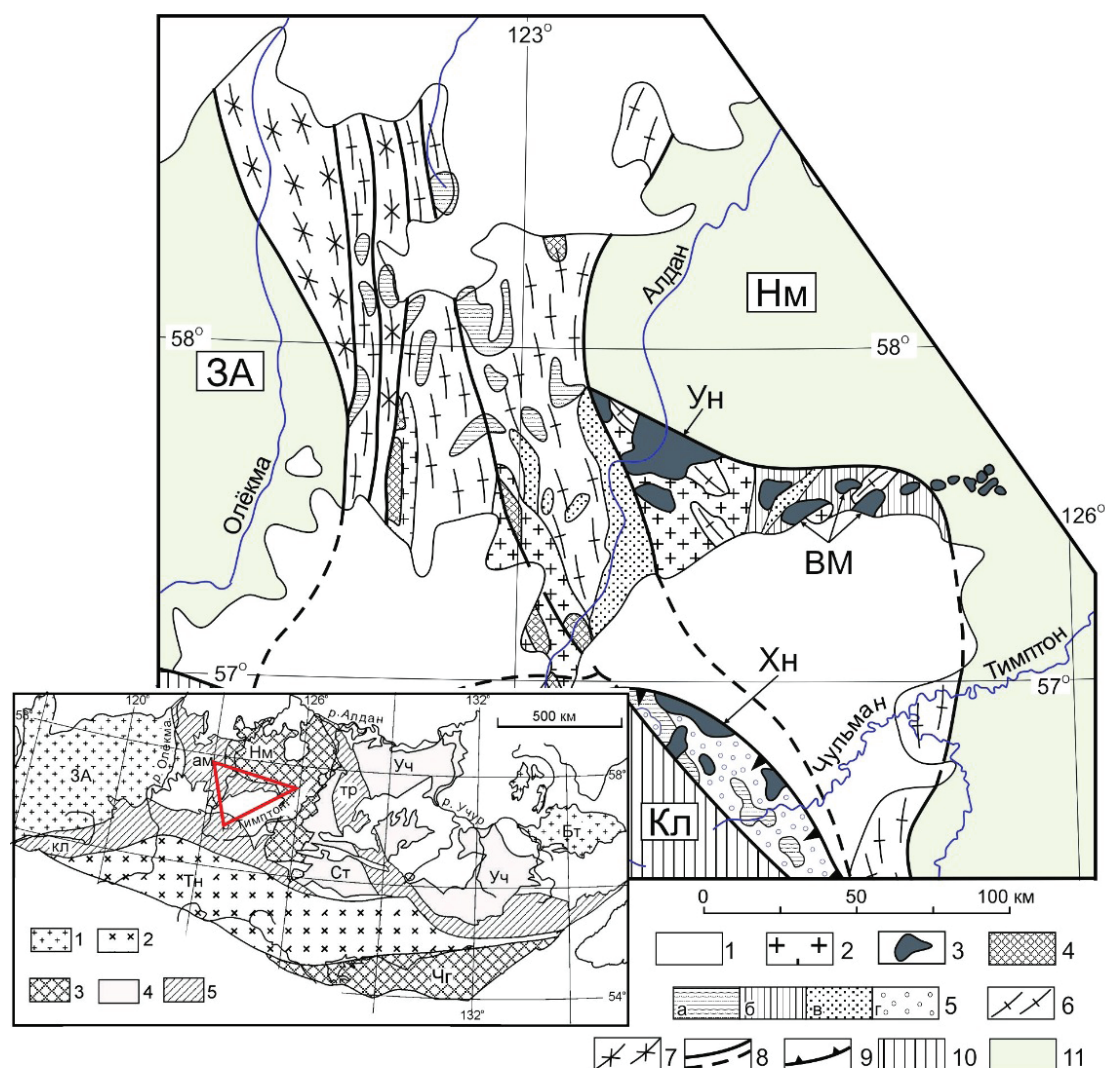


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Амгинской зоны тектонического меланжа (Ам)
[7 с упрощениями и изменениями].

1 – чехол Сибирской платформы; 2 – сшивающие палеопротерозойские граниты; 3 – *массивы унгринского комплекса* (Ун – петротипического района, ВМ- Восточных массивов, Хн- хончегринского массива); 4 – тектонические фрагменты (клинья) палеопротерозойских и неoarхейских зеленокаменных поясов; 5 – Палеопротерозойские и неoarхейские гранулитовые и амфиболитовые гнейсовые образования: чугинская (а), федоровская (б), амедичинская (в), зверевская (г) толщи. 6-7 – архейские и палеопротерозойские гранитоиды: 6 – гранито-гнейсы, гнейсовидные граниты; 7 – тоналит-трондьемитовые гнейсы (олекминский комплекс); 8 – разломы; 9 – надвиги; 10 – Каларская (Кл) зона тектонического меланжа; 11 – террейны (ЗА – Западно – Алданский, Нм – Нимнырский).

На врезке **Карта террейнов Алдано-Станового щита** (Смелов и др. 2001). 1 – 4 – террейны: 1 – гранит-зеленокаменные (ЗА – Западно-Алданский, Бт – Батомгский), 2 – тоналит-трондьемито-гнейсовые (Тн – Тындинский), 3 – гранулит-ортогнейсовые – (Нм – Нимнырский, Чг – Чогарский), 4 – гранулит-парагнейсовые (Ст – Сутамский, Уч – Учурский). 5 – зоны тектонического меланжа (ам – Амгинская, кл – Каларская, тр – Тыркандинская).

Fig. 1. Schematic geological map of the Amga zone of tectonic melange (Am)
[7 with simplifications and changes].

1 – cover of the Siberian platform; 2 – crosslinking Paleoproterozoic granites; 3 – massifs of the Ungrin complex (Un – petrotypical area, VM- Eastern massifs, Khn – Khonchegrin massif); 4 – tectonic fragments

(wedges) of Paleoproterozoic and Neoarchean greenstone belts; 5 – Paleoproterozoic and Neoarchean granulite and amphibolite gneiss formations: Chuginskaya (a), Fedorovskaya (b), amedichinskaya (c), Zverevskaya (d) strata. 6-7 – Archean and Paleoproterozoic granitoids: 6 – granite-gneiss, gneiss-like granites; 7 – tonalite-trondjemite gneisses (Olekminsky complex); 8 – faults; 9 – thrusts; 10 – Kalarskaya (Kl) zone of tectonic melange; 11 – terranes (ZA – Zapadno – Aldansky, Nm – Nimnyrsky).

On the inset Map of the Aldan-Stanovoy Shield terranes (Smelov et al. 2001). 1 – 4 – terranes: 1 – granite-greenstone (ZA – Zapadno-Aldansky, Bt – Batomsky), 2 – tonalite-trondjemite-gneiss (Tn – Tyndinsky), 3 – granulite-orthogneiss – (Nm – Nimnyrsky, Chg – Chogarsky), 4 – granulite-paragneiss (Ct – Sutamsky, Uch – Uchursky). 5 – zones of tectonic melange (am – Amginskaya, kl – Kalarskaya, tr – Tyrkandinskaya).

В.Л. Дук окружающие породы массивов отнес к чугинской и зверевской толщам (рис. 1). Геологическая изученность хончегринского комплекса несравненно слабее, чем изученность северных массивов. Это даже следует из того, что соседние с Хончегринским массивом тела остались неопробованными. К сожалению, И.Н. Гусакова, единственная изучавшая все три района, не завершила свои исследования.

В обобщающих геологическое строение и геохронологию Алдано-Станового щита работах формирование унгринского комплекса приходится на палеопротерозой в интервале 1,99-2,01 млрд. лет [7, 5].

Петрохимия

Изучение докембрия Алдано-Станового щита начиналось в эпоху господства гипотезы региональной гранитизации, когда широко распространенным гранитогнейсам и гранитам приписывалось метасоматическое происхождение из любых пород, в том числе амфиболитов и кристаллосланцев. В настоящее время преобладает концепция изохимичности метаморфизма. Вместе с тем, не отрицаются некоторые локальные незначительные изменения. Такие изменения, иногда переходящие в заметные в метабазах, от зеленосланцевых до гранулитовых, выявлены нами в разных частях Алдано-Станового щита [10, 11, 12, 13]. Чаще и с наибольшей достоверностью устанавливаются привнос K_2O и/или Na_2O (ощелачивание) до 2-3 % в сумме, реже сопряженный вынос CaO до 3-5 %. Изменения имеют петрографические подтверждения – биотитизация, реже калишпатизация, раскисления плагиоклаза.

Унгринские породы по вопросу о сохранности – измененности их составов не изучены. Л.М. Реутов [14] на основе далеко непредставительного количества анализов унгринский комплекс рассматривал как щелочно-габбровую формацию, а В.Л. Дук и др. [2] пришли к выводу, что «комплекс в целом относится к известково-щелочной серии с некоторым уклоном составов габбро в щелочную область». Нами было высказано мнение, что предполагаемый щелочной уклон вызван наложенным привносом щелочей при метаморфизме на породы известково-щелочной серии [6]. Ниже материалы представлены с целью в том числе доказать это.

Общее расчленение пород комплекса соответствует *Классификация и номенклатура* магматических горных пород [15] и амфиболиты и плагиогнейсы комплекса названы в интрузивной терминологии (Табл., 1,2,3; рис. 2,3). Из-за значительного разнообразия составов габброидов, особенно по содержаниям Al_2O_3 и MgO , считающихся инертными при метаморфизме и характерных для дифференцированных комплексов, они расчленены на умеренно и высокоглиноземистые. Последние в свою очередь, разделены на высоко-, умеренно-, и низкомagneзиальные виды. Сильные вариации содержаний в некоторых видах пород щелочей, считающихся наиболее подвижными при метаморфизме, позволяют выделять условно неизменные (не ошелоченные и слабо ошелоченные) и ошелоченные подвиды, если обнаружены достаточное количество анализов таких пород.

Высокие суммы щелочей могут быть связаны как с повышенными содержаниями Na_2O и K_2O или одного из них до аномально высокого. В последнем случае содержание другого оксида, как правило, очень низкое (вынос). Такие аномально ошелоченные породы очень редки.

Редки также пробы с аномально низкими суммами щелочей. Представляется, что неустойчивые содержания и соотношения щелочей подтверждают проявления наложенных изменений, поскольку в магматических сериях (комплексах) соотношения $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ являются важным классификационным признаком для выделения Na, K-Na и Na серий (комплексов) [15]. В этой работе использованы определения Na-ощелачивание, K-ощелачивание в смысле преобладания предполагаемой привнесенной доли щелочей.

Петротипический район характеризуется наибольшим разнообразием видов пород с большей представительностью количества их анализов (табл. 1). Только в петротипе встречаются гипербазиты и анортозиты.

Гипербазиты (периidotиты). Наиболее крупный выход ($\approx 1\cdot 0,4$ км) в амфиболовых блатомилонитах по габброидам в зоне Кэннэнэйского разлома, ограничивающего Унгринский клин с северо-востока, назван был Кэннэнэйским массивом синийского возраста [1]. Позднее в связи с обнаружением сходных пород в совместных развалах с габбро-амфиболитами в других участках клина гипербазиты включили в состав унгринского комплекса [2]. Породы сложены оливином, роговой обманкой в основном в виде реликтов в серпентиновой массе с актинолитом, иногда со шпинелью. Наложенные изменения химического состава гипербазитов при метаморфизме, за исключением летучих, не отмечены.

Анортозиты, обнаруженные нами [17] в коллекции И.Н. Гусаковой, предыдущими авторами описаны, возможно, под названием плагиоклазитов. Они, по-видимому, очень редко образуют маломощные слои в габбро-амфиболитах. Анализированы только 3 пробы анортозитов с широкими колебаниями содержаний Na_2O и CaO при низких K_2O . Точки анализов двух проб оказались в поле умереннощелочных пород, одна – в поле пород нормальной щелочности, а среднее из трех – на границе полей пород разной щелочности (табл. 1, выборка 5, рис. 2). Микрозондом определены плагиоклазы с основностью от битовнита до олигоклаза. Таким образом, повышенные содержания Na_2O и пониженные CaO скорее всего обусловлены с раскислением плагиоклаза (привнесом Na_2O , выносом? CaO).

Пироксениты и горнблендиты наблюдаются (редко) в виде мелких тел (будин) в габброидах. Главнейший минерал – роговая обманка, редкие – моноклинный пироксен и плагиоклаз. Колебания содержаний этих минералов обуславливает достаточно разнообразный химический состав пород бедных щелочами, средние химические составы находятся в поле пород нормальной щелочности (Табл. 1, рис. 2, выборка 2). В них заметные наложенные изменения не предполагаются.

Габброиды – преобладающее семейство пород в комплексе – расчленены на 7 видов (подвидов) по особенностям химического состава, хотя петрографически представлены амфиболитами с разной меланократовостью. В обнажениях наблюдаются переходы амфиболитов разной меланократовости в друг друга и к меланократовым плагиогнейсам (диоритам). В петротипе количественные соотношения габброидов и диоритов почти сопоставимы, возможно габброиды несколько преобладают. В Унгринском клине В.Л. Дук и др. [2] показали обширное поле (~ 300 км²) преобладания габброидов – Усть-Унгринский массив. В этом же поле в подчинении встречаются диориты и кварцевые диориты, а также рассмотренные гипербазиты и анортозиты. К западу и к северо-западу выделено несколько мелких полей, сложенных диоритами с подчиненными габброидами.

Таблица 1 – Средние химические составы пород унгринского комплекса петрогитического района

Семейства пород	Перидотиты	Пироксениты горнблендиты	Габброиды						
№ № выборки	1	2	3а	3б	4а	4б	4в	4г	5
SiO ₂	43,41 41,15-46,77	48,62 44,45-52,2	49,07 45,45-50,98	50,46 48,59-52,07	46,21 43,15-49,44	48,96 43,32-53,2	50,11 45,13-53,1	48,82 43,71-52,77	48,22 47,42-49,56
TiO ₂	0,07 0,02-0,17	0,37 0,11-0,91	0,42 0,12-0,95	0,79 0,33-1,01	0,28 0,09-0,80	0,75 0,15-1,50	0,68 0,35-0,92	0,90 0,74-1,24	0,15 0,03-0,31
Al ₂ O ₃	6,75 4,31-8,30	8,94 4,78-14,02	15,12 14,36-16,11	13,86 12,71-14,65	19,1 16,40-22,38	18,78 16,51-23,52	21,14 18,81-23,45	18,23 16,23-19,62	28,34 26,25-30,12
TFeO	15,54 12,9-18,08	11,34 8,48-15,39	10 8,95-11,74	10,50 7,30-12,85	8,4 5,24-11,23	10,33 5,55-13,43	9,31 7,00-12,79	10,74 7,52-15,57	2,79 1,16-3,90
MnO	0,20 0,14-0,23	0,19 0,09-0,29	0,18 0,16-0,21	0,21 0,16-0,29	0,14 0,10-0,20	0,16 0,01-0,24	0,15 0,08-0,23	0,17 0,11-0,22	0,05 0,04-0,07
MgO	28,22 24,23-30,63	16,58 11,45-22,79	11,15 8,97-14,58	7,04 5,49-7,87	9,86 8,17-12,26	6,19 5,08-8,03	3,56 2,10-4,94	6,27 4,97-8,10	2,42 1,50-2,88
CaO	5,23 2,75-7,69	12,48 9,34-18,45	11,46 9,52-12,54	13,18 11,90-15,18	13,62 11,21-16,32	10,77 7,34-14,75	9,99 7,79-13,84	9,61 7,50-11,71	14,19 12,33-15,17
Na ₂ O	0,44 0,37-0,62	1,04 0,2-1,43	1,93 1,48-2,44	2,96 2,23-3,72	1,81 0,97-2,72	3,16 1,75-4,99	4,01 2,60-4,96	3,19 1,39-5,08	3,24 1,89-3,95
K ₂ O	0,13 0,08-0,20	0,4 0,03-0,83	0,63 0,37-0,81	0,81 0,60-1,08	0,56 0,20-0,91	0,77 0,27-1,29	0,82 0,48-1,22	1,82 1,32-2,87	0,58 0,34-0,82
P ₂ O ₅	0,01 0,01-0,02	0,04 0,01-0,2	0,03 0,01-0,06	0,19 0,00-0,47	0,03 0,01-0,10	0,14 0,01-0,40	0,24 0,08-0,44	0,26 0,08-0,75	0,02 0,01-0,03
n	6	16	5	3	13	79	15	15	3

Окончание таблицы 1

Семейства пород	Диориты		Кварцевые диориты					Гранитоиды	
№ № выборок	6а	6б	7а	7б	7в	7г	8а	8б	
SiO ₂	54,64 53,19-57,11	55,64 53,66-57,78	59,37 57,66-62,96	60,46 57,32-63,87	60,78 57,5-63,71	62,00 58,86-64,64	66,51 65,68-67,49	71,76 68,46-76,16	
TiO ₂	<u>0,72</u> 0,37-1,15	<u>0,75</u> 0,51-1,05	<u>0,80</u> 0,70-1,01	<u>0,67</u> 0,18-1,12	<u>0,48</u> 0,29-0,68	<u>0,65</u> 0,56-0,86	<u>0,41</u> 0,30-0,55	<u>0,26</u> 0,02-0,48	
Al ₂ O ₃	<u>18,28</u> 16,12-21,69	<u>18,11</u> 16,28-20,58	<u>15,50</u> 14,59-16,01	<u>17,41</u> 16,11-24,08	<u>19,78</u> 17,58-21,54	<u>17,34</u> 16,60-18,59	<u>17,02</u> 16,21-17,66	<u>14,99</u> 12,91-16,71	
TFeO	<u>7,94</u> 5,99-9,40	<u>7,65</u> 5,75-9,62	<u>8,00</u> 6,00-9,91	<u>6,40</u> 2,56-8,84	<u>4,18</u> 2,14-7,14	<u>6,34</u> 4,68-8,36	<u>4,24</u> 3,35-5,31	<u>2,88</u> 0,65-4,62	
MnO	<u>0,12</u> 0,06-0,23	<u>0,10</u> 0,01-0,17	<u>0,18</u> 0,12-0,34	<u>0,10</u> 0,04-0,15	<u>0,05</u> 0,02-0,09	<u>0,07</u> 0,03-0,13	<u>0,05</u> 0,01-0,10	<u>0,03</u> 0,01-0,06	
MgO	<u>4,48</u> 2,55-5,92	<u>3,74</u> 2,50-4,64	<u>3,96</u> 2,13-4,75	<u>2,93</u> 1,45-3,75	<u>1,60</u> 0,88-2,44	<u>2,53</u> 1,65-3,10	<u>1,26</u> 0,94-1,41	<u>0,84</u> 0,08-2,08	
CaO	<u>7,88</u> 6,39-9,54	<u>6,24</u> 5,08-9,15	<u>6,41</u> 5,26-7,40	<u>5,87</u> 4,40-7,62	<u>5,34</u> 3,52-6,36	<u>3,74</u> 0,67-5,68	<u>3,84</u> 3,22-4,37	<u>3,14</u> 1,53-4,49	
Na ₂ O	<u>4,51</u> 3,45-5,48	<u>4,73</u> 2,66-5,86	<u>4,20</u> 3,76-4,54	<u>4,63</u> 3,06-5,42	<u>6,58</u> 5,55-8,65	<u>3,65</u> 1,86-4,68	<u>5,16</u> 4,34-5,5	<u>4,64</u> 3,80-5,56	
K ₂ O	<u>1,20</u> 0,60-1,76	<u>2,70</u> 1,61-7,44	<u>1,37</u> 0,90-1,77	<u>1,34</u> 0,62-2,4	<u>0,93</u> 0,44-1,69	<u>3,51</u> 2,56-6,26	<u>1,33</u> 0,97-1,94	<u>1,36</u> 0,60-2,35	
P ₂ O ₅	<u>0,23</u> 0,06-0,63	<u>0,34</u> 0,17-0,65	<u>0,21</u> 0,16-0,27	<u>0,20</u> 0,02-0,32	<u>0,28</u> 0,09-0,65	<u>0,17</u> 0,00-0,44	<u>0,17</u> 0,1-0,26	<u>0,09</u> 0,01-0,22	
n	28	20	5	30	10	7	4	23	

Пояснения к табл. 1. 1 – перидиориты, 2 – пироксениты, горблендиориты. Габброиды (3-5): умеренноглинозёмистые (3а – высокомагнезиальные, 3б – умеренномагнезиальные); высокоглинозёмистые (4а – высокомагнезиальные, 4б – умеренномагнезиальные, 4в – низкомагнезиальные, 4г – К-ощелоченные умеренномагнезиальные), 5 – анортозиты. Диориты (6а – высокоглинозёмистые, 6б – те же К-ощелоченные), 6в – те же К-ощелоченные), 6г – умеренноглинозёмистые, 7а – умеренноглинозёмистые, 7б – высокоглинозёмистые, 7в, 7г – те же Na- и К-ощелоченные). Гранитоиды (8 – тоналиты, 9 – трондземиты). Во многих выборках Na-ощелоченные подвиды, в целом преобладающие над К-ощелоченными не выделены из-за недостаточности количественного анализа проб дана в тексте и видно на рис. 2.

Средние химические составы пород (числители) и пределы колебаний оксидов (знаменатели) рассчитаны по химическим анализам проб, пересчитанным на 100 % без учета летучих. n – количества проб в выборках.

Таблица 2 – Средние химические составы пород унгринского комплекса Восточных массивов

№ № выборок	Горнблендиты				Габброиды							
	1а	1б	2а	2б	3а	3б	3в	3г				
SiO ₂	49,78 46,37-52,95	48,21 47,9-48,66	50,08 45,24-52,87	51,82 49,53-52,52	49,01 47,58-51,44	48,42 45,22-50,21	50,38 46,3-53,25	51,32 50,65-51,92				
TiO ₂	0,71 0,58-0,98	0,57 0,51-0,64	0,72 0,40-1,25	0,77 0,19-1,15	0,47 0,2-1,1	0,66 0,46-1,08	0,68 0,26-1,06	0,97 0,45-1,25				
Al ₂ O ₃	9,04 6,43-11,58	10,41 9,41-10,95	14,06 11,26-15,78	14,7 12,86-15,73	17,3 16,18-18,97	17,58 16,23-19,72	17,69 16,23-20,1	17,9 16,28-21,21				
TFeO	9,71 7,36-14,44	10,63 9,78-11,34	10,16 8,15-11,82	10,46 8,77-13,09	8,51 7,05-9,69	9,69 8,04-11,92	10,13 8,01-13,05	10,74 8,58-12,94				
MnO	0,14 0,05-0,34	0,25 0,15-0,29	0,17 0,05-0,30	0,17 0,13-0,29	0,14 0,11-0,2	0,2 0,17-0,26	0,14 0,07-0,2	0,14 0,11-0,19				
MgO	16,97 11,90-19,52	16,17 13,34-18,03	10,32 8,11-14,65	7,23 6,61-7,94	9,49 8,71-10,31	9,07 8,17-10,53	6,63 5,36-8	4,4 3,59-4,99				
CaO	11,30 10,10-12,17	9,67 8,28-12,29	10,87 9,03-14,81	10,46 9,41-11,76	12,2 10,07-13,61	9,77 7,39-10,98	10,59 8,68-12,67	9,26 8,31-10,49				
Na ₂ O	1,87 0,55-2,37	1,05 0,82-1,33	2,80 1,72-4,08	3,47 2,11-4,15	2,26 1,1-4,81	2,49 0,93-3,28	2,88 1,66-4,38	4,02 3,18-4,79				
K ₂ O	0,4 0,1-1,02	2,76 1,76-3,72	0,71 0,21-1,03	0,8 0,15-1,22	0,52 0,18-0,71	1,99 1,07-4,82	0,76 0,51-1,02	0,84 0,29-1,31				
P ₂ O ₅	0,07 0,01-0,2	0,27 0,19-0,36	0,11 0,02-0,26	0,12 0,02-0,27	0,08 0,03-0,18	0,14 0,04-0,45	0,12 0-0,26	0,4 0,08-0,62				
n	10	4	13	13	6	5	10	8				

Окончание таблицы 2

№ № выборок	Диориты			Кварцевые диориты			Гранитоиды			
	4а	4б	4в	5а	5б	5в	6	7	8	9
SiO ₂	54,57 53,4-57	54,88 53,19-56,51	55,32 53,45-57,51	60,72 57,72-63,6	59,57 57,07-62,79	59,73 57,54-63,81	64,53 64,2-64,86	65,3 64,16-66,44	65,87 64,28-66,76	73,72 69,53-77,3
TiO ₂	0,77 0,56-1,23	0,79 0,01-1,19	0,84 0,12-1,17	0,81 0,48-1,08	0,75 0,33-0,98	0,75 0,45-1,1	0,69 0,67-0,71	0,82 0,82-0,82	0,64 0,5-0,89	0,21 0,05-0,53
AlO ₃	15,1 13,07-15,69	17,99 16,12-23,38	17,27 16,2-19,31	15,51 14,99-15,91	17,22 16,05-20	17,73 15,86-20,92	16,71 15,86-17,55	15,97 15,79-16,14	16,06 15,4-17,27	14,02 12,84-15,08
TFeO	8,31 6,82-9,76	7,91 2,9-10,57	8,34 7,81-10,94	6,84 5,67-8,12	6,53 3,6-8,57	6,33 3,8-8,39	3,12 2,42-3,82	4,37 3,64-5,1	4,18 3,76-5,03	1,5 0,88-2,92
MnO	0,11 0,07-0,14	0,11 0,01-0,22	0,12 0,07-0,15	0,1 0,07-0,13	0,09 0,04-0,12	0,08 0,01-0,11	0,05 0,03-0,06	0,05 0,01-0,08	0,05 0,03-0,07	0,01 0,01-0,03
MgO	6,12 3,92-7,49	4,4 1,13-7,03	4,28 2,75-6,94	3,42 2,56-4,69	3,06 1,74-4,39	2,55 1,08-4,23	2,18 1,86-2,5	1,76 0,87-2,64	1,15 0,01-1,54	0,4 0,01-1,35
CaO	9,89 8,59-13,96	8,48 6,83-9,9	7,3 6,04-8,56	6,47 4,47-8,16	6,58 5,43-9,11	5,37 3,76-6,78	5,37 4,75-6	4,71 4,1-5,33	3,86 2,6-5,24	4 2,49-6,44
Na ₂ O	3,79 3,18-4,3	4,25 2,44-5,34	4,09 3,36-5,55	4,22 2,45-5,51	4,31 2,79-5,51	4,3 3,19-5,57	5,68 4,8-6,56	4,53 4,21-4,85	4,61 4,14-5,13	4,95 4,34-5,19
K ₂ O	1,06 0,57-1,46	0,94 0,47-1,61	2,1 1,89-3,03	1,67 0,94-2,39	1,61 0,61-2,53	2,9 1,35-4,58	1,25 1,1-1,4	2,34 2,25-2,43	3,35 3,04-3,78	1,1 0,51-2,12
P ₂ O ₅	0,27 0,11-0,49	0,25 0,01-0,61	0,34 0,14-0,63	0,23 0,07-0,42	0,28 0,04-0,74	0,25 0,18-0,41	0,42 0,2-0,65	0,16 0-0,32	0,23 0,18-0,4	0,08 0-0,3
n	8	26	13	11	27	11	2	2	5	6

Пояснения к табл. 2. 1а – горнблэндиты, 1б – они же К-ощелоченные. Габброиды (2-3): умеренноглинозёмистые (2а – высокомагнезиальные, 2б – умеренномагнезиальные); высокоглинозёмистые (3а – высокомагнезиальные, 3б – они же К-ощелоченные, 3в – умеренномагнезиальные, 3г – низкомагнезиальные). Диориты (4а – умеренноглинозёмистые, 4б – высокоглинозёмистые, 4в – они же К-ощелоченные). Кварцевые диориты (5а – умеренноглинозёмистые, 5б – высокоглинозёмистые, 5в – они же К-ощелоченные). Гранитоиды (6-9): 6 – тоналиты, 7 – гранодиориты (?), 8 – граносениты (?), 9 – трондьемиты. Другие пояснения см. табл. 1.

Таблица 3 – Средние химические составы пород Хончегринского массива

Семейства пород	Горнблендиты	Габброиды							Диориты		
		2а	2б	3а	3б	3в	3г	4а	4б	4в	4в
№ № выборок	1										
SiO ₂	49,37 48,88-49,66	51,93	52,83 52,18-53,18	49,26	50,77 48,65-52,62	50,92 47,45-53,01	51,22 48,97-52,95	53,96 53,31-56,00	54,84 53,07-57,04	55,97 54,69-57,11	
TiO ₂	1,09 0,99-1,28	0,89	0,78 0,69-0,87	0,85	0,93 0,76-1,16	0,95 0,61-1,13	0,91 0,83-0,95	0,82 0,70-1,00	0,89 0,56-1,38	0,85 0,72-1,04	
Al ₂ O ₃	9,89 7,97-11,37	13,26	14,65 13,69-15,39	16,44	17,66 16,35-20,65	19,61 16,86-24,08	19,91 19,59-20,57	15,19 14,35-15,80	17,61 16,06-20	17,23 16,13-19,3	
TFeO	13,61 12,33-14,98	10,66	9,11 8,54-9,62	10,12	9,87 8,11-12,2	9,5 4,77-11,17	9,53 8,02-12,23	8,84 8,18-9,39	8,26 5,13-10,46	7,97 7,03-8,98	
MnO	0,21 0,15-0,27	0,14	0,15 0,13-0,16	0,14	0,16 0,11-0,19	0,14 0,07-0,24	0,13 0,09-0,15	0,13 0,11-0,16	0,12 0,05-0,18	0,12 0,09-0,17	
MgO	9,67 9,3-10,22	8,11	6,36 6,16-6,55	8,28	5,82 5,17-6,72	4,15 2,77-4,86	4,12 3,71-4,57	5,56 4,03-6,32	4,18 2,46-5,8	3,91 3,35-4,82	
CaO	12,43 11,85-13,43	9,08	10,88 10,22-11,39	9,55	9,68 8,8-11,69	9,23 7,75-13,05	8,72 7,34-9,7	9,67 7,44-10,96	8,1 6,41-9,79	6,94 4,99-7,93	
Na ₂ O	2,59 2,04-3,11	4,92	4,21 3,64-4,75	4,31	4,23 3,62-4,89	4,16 2,7-5,05	3,71 2,46-4,65	4,49 3,61-5,45	4,62 2,72-5,91	4,57 3,99-5,53	
K ₂ O	0,84 0,8-0,91	0,92	0,96 0,88-1,08	0,39	0,61 0,21-1,06	0,94 0,53-1,32	1,52 1,41-1,66	1,22 0,62-1,65	1,14 0,61-1,81	2,16 1,87-3,2	
P ₂ O ₅	0,3 0,08-0,69	0,10	0,08 0,05-0,10	0,09	0,27 0,06-0,38	0,38 0,05-1,39	0,24 0,08-0,36	0,11 0,03-0,26	0,25 0,03-0,46	0,27 0,22-0,31	
n	3	1	4	1	8	16	4	11	29	11	

Окончание таблицы 3

Семейства пород	Кварцевые диориты		Гранитоиды			
№ № выборок	5а	5б	6	7	8	
SiO ₂	59,85 57,21-63,76	61,32 57,93-63,63	67,02 66,68-67,36	65,8 64,16-68,06	69,94 68,08-73,21	
TiO ₂	0,72 0,59-0,84	0,58 0,25-0,76	0,42 0,39-0,45	0,51 0,47-0,56	0,43 0,27-0,55	
Al ₂ O ₃	17,82 16,23-19,43	17,76 15,78-22,8	16,11 15,7-16,52	16,6 15,31-17,59	15,67 14,94-16,83	
TFeO	6,52 4,79-8,1	5,66 3,07-7,12	4,46 4,27-4,64	4,54 3,37-5,58	3,41 2,87-4,21	
MnO	0,15 0,05-1,12	0,09 0,04-0,13	0,06 0,04-0,07	0,06 0,02-0,09	0,05 0,03-0,06	
MgO	2,76 1,16-3,74	2,07 1,32-3,17	1,56 1,35-1,77	1,43 0,7-2,06	0,98 0,43-1,73	
CaO	5,97 4,56-6,79	5,09 3,87-6,66	4,19 3,76-4,61	3,6 2,59-4,75	3,2 1,52-4,18	
Na ₂ O	4,43 3,78-5,01	4,75 3,8-6,34	4,41 4,17-4,66	4,85 3,99-5,79	4,44 4,04-5,09	
K ₂ O	1,53 0,81-2,48	2,49 1,22-3,1	1,63 1,32-1,94	2,47 2,26-2,6	1,76 1,15-2,2	
P ₂ O ₅	0,26 0,16-0,36	0,19 0,06-0,28	0,15 0,13-0,17	0,14 0,07-0,17	0,12 0,11-0,14	
n	17	10	2	5	5	

Пояснения к табл. 3. 1 – *горнблендиты*. *Габброиды*(2-3): умеренноглиноземистые (2а – высокомагнезиальные, 2б – умеренномагнезиальные); высокоглиноземистые (3а – высокомагнезиальные, 3б – умеренномагнезиальные, 3в – низкомагнезиальные, 3г – те же К – ошелоченные; 4 – *диориты* (4а – умеренноглиноземистые, 4б – высокоглиноземистые, 4в – те же К – ошелоченные); 5а – *кварцевые диориты* высокоглиноземистые, 5б – те же К – ошелоченные. *Гранитоиды*(6-8): 6 – тоналиты, 7 – гранодиориты (?), 8 – трондьемиты. Другие пояснения см. Табл.1.

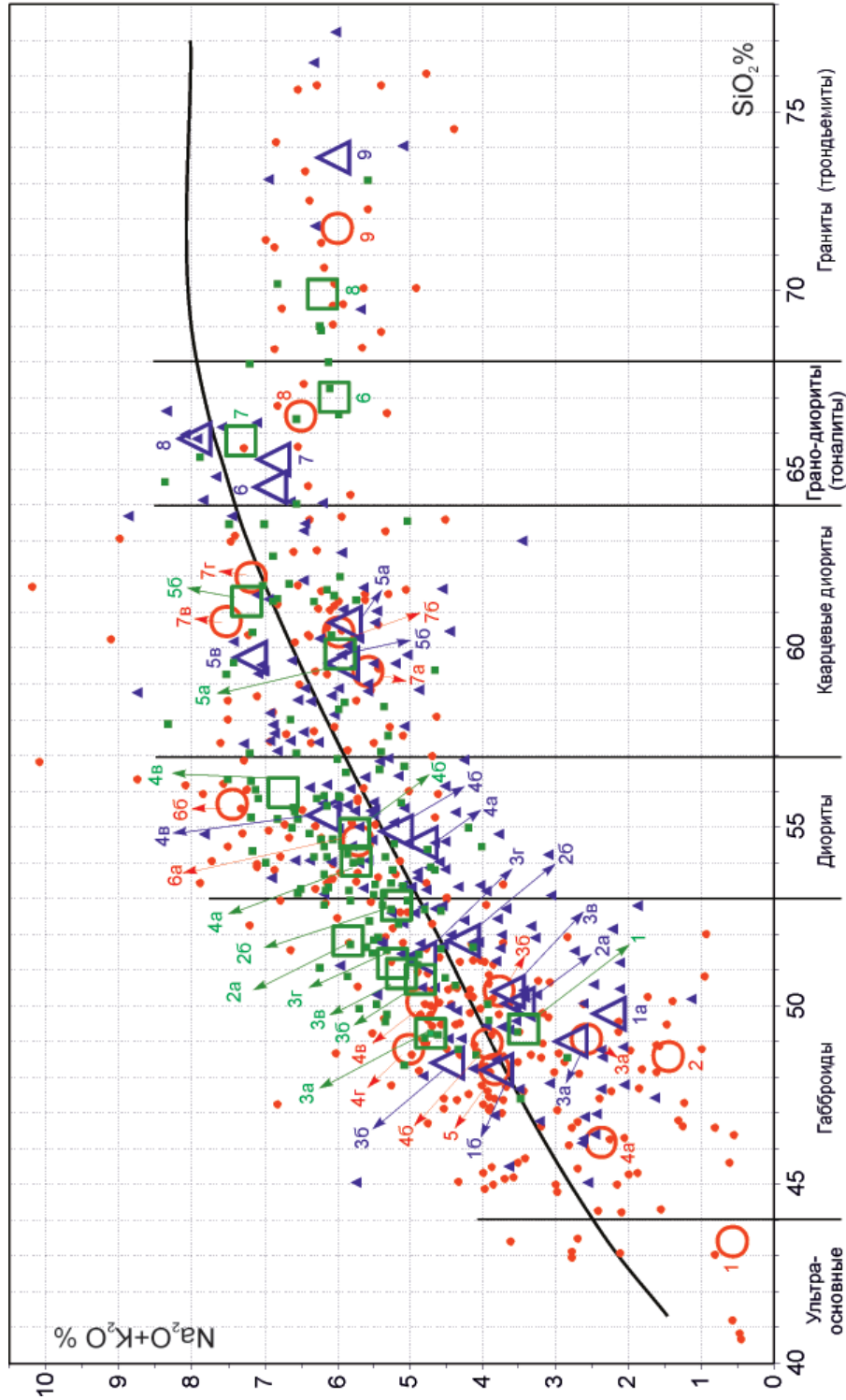


Рис. 2. Распределение фигуративных точек анализов пород унгринского комплекса на упрощенной классификационной диаграмме магматических пород (Классификация ..., 1981). Наклонная линия разделяет поля пород нормального и умереннощелочных рядов, а вертикальные линии ограничивают поля их семейств. Круги фиксируют средние химические составы видов или подвидов пород петротипического района, треугольники – Восточных массивов, квадратики – Хончегринского массива. Точки каждого среднего состава подписаны такими же номерами, что и в Таблицах: 1, 2, 3. Такими же, но мелкими значками отмечены единичные аналази пород.

Fig. 2. Distribution of figurative points of analyses of rocks of the Unginsky complex on a simplified classification diagram of igneous rocks (Classification ..., 1981). An inclined line separates the fields of rocks of normal and moderately alkaline series, and vertical lines limit the field of their families. Circles record the average chemical compositions of species or subspecies of the petrotypical region, triangles – the Honhegrin massif. The points of each medium composition are signed with the same numbers as in the Tables: 1, 2, 3. The same, but small icons are marked with single analazi rocks.

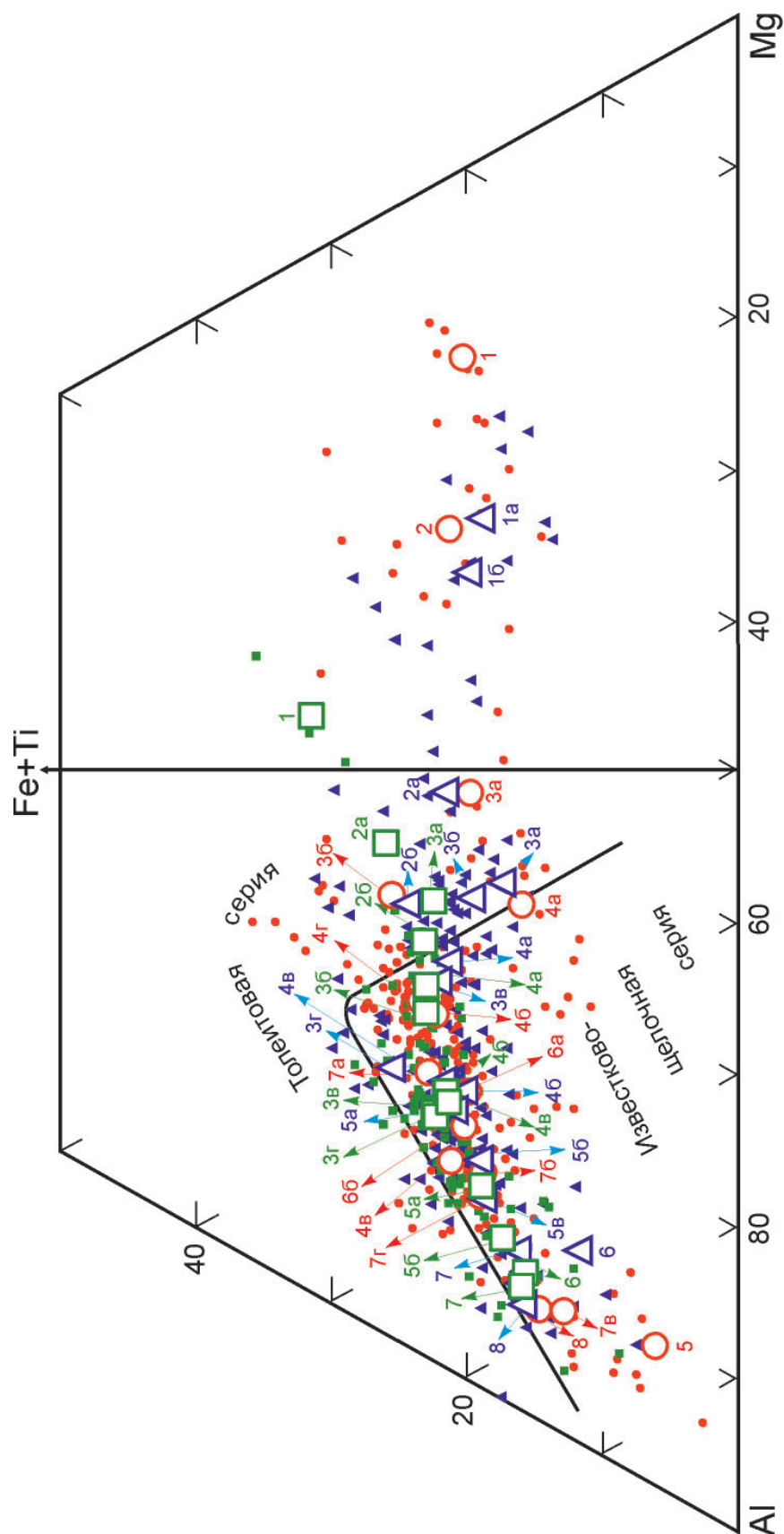


Рис. 3. Распределение фигуративных точек анализов пород унгринского комплекса на упрощенной диаграмме Al-(Fe+Ti)-Mg [16]. Ломаная линия разделяет поля толеитовой и известково-щелочной серий. Остальные обозначения те же, что и на рис. 2.

Fig. 3. Distribution of figurative points of analysis of rocks of the Unginsky complex on a simplified diagram of Al-(Fe+Ti)-Mg [16]. A polyline separates the fields of tholeiitic and lime-alkaline series. The other symbols are the same as in Fig. 2.

Средние составы весьма редких умеренноглиноземистых высоко- и умеренно магнезиальных видов (3а и 3б в табл. 1) и высокоглиноземистого и высокомагнезиального вида (4а) находятся в поле пород нормальной щелочности (рис. 2). То есть, можно заключить, что выборки сложены в подавляющем большинстве неизменными и слабоизмененными габбро. Точки анализов высокоглиноземистых и умеренномагнезиальных габбро 4б главного вида пород ($n = 79$) почти поровну распределились в полях нормально- и умеренно- Na-щелочных пород, среднее находится на линии раздела полей (рис. 2). Точки анализов высокоглиноземистых низкомагнезиальных габбро (4в) в большем количестве попадают в поле умеренно- Na-щелочных пород, благодаря повышенным Na_2O (привнос). Точки анализов выборки (подвида) 4г – К-ощелоченные высокоглиноземистые умеренно магнезиальные габбро с преобладающим привносом K_2O и меньше Na_2O , попадают в основном в поле умеренно-щелочных пород, имея самую высокую сумму щелочей в среднем составе этого вида (рис. 2). Судя по весьма близким содержаниям других оксидов, кроме K_2O и CaO , с видом 4б, породы 4г являются К-ощелоченными аналогами подвида 4б, наиболее широко распространенного в петротипе. В таблице 1 видно, что в 4г CaO меньше чем в 4б на 1,16 %. То же самое можно увидеть в табл. 1 В.Л. Дука с соавторами [2], где в бластомилонитах по метагаббро и метадiorитам (ранее «кудуликанская толща») среднее содержание щелочей особенно, K_2O больше, а CaO меньше, чем в сохранивших реликтовые структуры и текстуры исходных габбро и диоритов, хотя на это авторы и не акцентировали внимание. Предполагаемые наложенные изменения подтверждаются петрографическими и микрозондовыми данными. Еще В.И. Кицул и К. А. Лазебник [9] обнаружили прямую зональность плагиоклазов в габбро-амфиболитах, а по неопубликованным данным И.Н. Гусаковой (1990) на основе микрозондовых анализов плагиоклазов габброидов разделила их на реликтовые магматические ($\text{An} = 55-90 \%$), амфиболовой фации (40-45 %) и зеленосланцевой фации (альбиты). Нами на микрозонде в пределах отдельных шлифов габброидов и диоритов определены плагиоклазы от лабрадора (битовнита) до олигоклаза и альбита. В табл. 1 можно проследить прямую зависимость ощелачиваемости от содержания Al_2O_3 и обратную зависимость от содержания MgO в ряду ультрабазиты – габброиды.

В связи с рассмотрением наложенных химических изменений в габброидах необходимо вспомнить то, что в книге [15] семейство умереннощелочных габброидов, из-за крайней редкости их представителей, не выделяется.

Диориты по химическому составу совершенно постепенно переходят из высокоглиноземистых габбро. Подавляющее количество точек их анализов разместилось в поле умеренно щелочных пород и лишь единичные анализы оказались в поле пород нормальной щелочности (рис. 2). Последние и пробы с содержанием K_2O меньше 1,6-1,7 % объединены в выборку ба, а пробы с K_2O больше 1,6-1,7 % в выборку бб. Это позволило выявить, что среди диоритов преобладают породы с Na- ошелачиванием, меньше К-Na ошелачиванием, редко сохранились неизменные породы. Проба с аномально высоким $\text{K}_2\text{O} = 7,44 \%$ сопровождается самым низким $\text{Na}_2\text{O} = 2,65 \%$. Средние обеих выборок на рис. 2 находятся в достаточно далеких полях друг от друга из-за более высоких содержаний $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ и SiO_2 . Эти выборки отличаются также по содержаниям CaO и P_2O_5 . Породы б б соответствуют монцонитам и субщелочным диоритам. Калийсодержащие минералы представлены биотитом и калишпатом (решетчатым микроклином).

Кварцевые диориты расчленены на четыре выборки (7а, 7б, 7в, 7г). Точки средних составов: 7а – редких умеренно глиноземистых и 7б – главных высокоглиноземистых кварцевых диоритов находятся в поле пород нормальной щелочности, т.е. они в основном сложены неизменными породами; а средние составы высокоглиноземистых 7в, 7г находятся в поле умеренно щелочных пород и являются Na-ощелоченными и К-ощелоченными аналогам 7б. (рис. 2). В табл. 1 видны широкие пределы колебаний содержаний $\text{Na}_2\text{O} = 1,86-8,65 \%$ и $\text{K}_2\text{O} = 0,44-6,26 \%$. В табл. 1 видно, что в среднем составе Na-ощелоченных кварцевых диоритов несколько больше содержаний Al_2O_3 , CaO , P_2O_5 и меньше SiO_2 , TFeO , MgO чем в К- ошелоченном подвиде.

Это возможно связано непредставительностью количества анализов в последних. Главным К-содержащим минералом в кварцевых диоритах 7г является калишпат. В одной из проб на микрозонде определено колебания состава плагиоклаза от андезина до альбита. Ощелоченные диориты и кварцевые диориты (аналоги монцодиоритов и кварцевых монцодиоритов) В.Л. Дуком и др. [2], по-видимому, названы сиенито-диоритами и не включены в состав унгринского комплекса.

Гранитоиды ранее описывались под названием плагиогранитов. На геологической карте северной части Унгринского клина В.Л. Дук и его соавторы [2] оконтурили два массива плагиогранитов со сложной конфигурацией до 2-4 км в поперечнике среди выходов диоритов и более молодых протерозойских гранитов. В других частях клина плагиограниты встречаются в виде мелких не картируемых выходов и жил, из которых нами были отобраны пробы. В табл. 1 они подразделены на тоналиты и трондьемиты, химические составы которых в целом сопоставимы со средним составом плагиогранитов по восьми анализам В.Л. Дука с коллегами [2]. Анализы гранитоидов соответствуют породам нормальной щелочности, наложенные изменения их составов не опознаваемы. Анализ маломощной жилы трондьемита с аномально высоким содержанием $\text{Na}_2\text{O} = 7,83 \%$ и низким $\text{K}_2\text{O} = 0,32$ не включен в выборку 8б.

Таким образом, точки анализов унгринских пород (за исключением малораспространенных ультрамафитов, габброидов умеренноглиноземистых высоко- и умеренномагнезиальных, высокоглиноземистых высокомагнезиальных, а также пород, содержащих $\text{SiO}_2 > 64 \%$) находятся в поле пород нормальной щелочности. Анализы других пород распределились в полях как нормального, так и умереннощелочного рядов. Предполагается, что последние – псевдощелочные образования сформировались в результате привноса щелочей в нормальнощелочные породы при метаморфизме. Это предположение подтверждается на диаграмме, построенной на соотношениях оксидов, считающихся инертными при метаморфизме (рис. 3), где видно распределение точек анализов пород в основном в поле известково-щелочных пород. Только точки анализов редких пород: ультрамафитов и умеренноглиноземистых габброидов оказались вне этого поля (1, 2, 3а, 3б). Ощелоченность пород подтверждается микрозондовыми определениями. Привнос Na_2O связан с раскислением плагиоклаза до альбита даже в габброидах. Как правило, в одном шлифе определяются плагиоклазы разной основности. Привнос K_2O связан в основном биотитизацией в габброидах, калишпатизацией в диоритоидах. Нередко эти минералы развиваются совместно. Привнос Na_2O и K_2O происходит совместно или с преобладанием одного из них, а далее даже один из них выносятся. Все это обуславливает изменчивость $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$. С привносом щелочей, как правило, выносятся CaO .

Восточные массивы от массивов петротипа разделены полем выходов палеопротерозойских гранитов. В восточном районе массивы унгринского типа в отличие от массивов Унгринского клина окружены в основном породами федоровской толщи, а граниты и гранитогнейсы имеют незначительное распространение. Различия наблюдаются и в метаморфизме пород. Здесь бластомилониты и диафториты наблюдаются значительно реже. В амфиболитах шире распространены клинопироксениты и встречаются, хотя и очень редко, ортопироксениты.

Пироксениты и горнблендиты, как и в петротипе, встречаются в виде мелких редких тел в габброидах и диоритоидах. Они расчленены на две выборки: 1а – неизменные и слабо Na-ощелоченные, а также 1б – K-ощелоченные (табл. 2, рис. 2). Выборка 1а, в основном сложенная из проб западной части района, заметно не отличается от своего химического аналога в петротипе (табл. 1, выборка 2, рис. 2) за исключением более высокого содержания Na_2O . Выборка 1б по сравнению с 1а выделяется высокими K_2O , P_2O_5 и низкими CaO и Na_2O . K-ощелоченные высокомагнезиальные породы обнаружены недавно в восточной части района только в двух соседних железнодорожных выемках вместе с другими видами пород унгринского комплекса, также ощелоченными в разной мере. В книге [6] представлены, более 20 анализов пород из этих выемок. Некоторые из этих проб, в том числе горнблендиты, изучены микрозондом.

Горнблендиты сложены в основном роговой обманкой с примесью плагиоклаза, биотита, неравномерно распределенного в образцах. При диафторезе во всех пробах установлены эпидот, хлорит, актинолит, кальцит. Плагиоклаз серицитизирован, сосюритизирован, альбитизирован. В некоторых шлифах встречается калишпат, т.е. К-ощелоченность ультрамафитов несомненна, Na-ощелоченность некоторых проб весьма вероятна.

Габброиды, судя по количеству анализов, в восточном районе имеют явно подчиненное значение диоритам (табл. 2). Они расчленены на те же виды и подвиды, что в петротипе (табл. 1). Однако встречаемость этих видов, нюансы химического состава и наложенные в них изменения несколько различаются. Умеренноглиноземистые виды (табл. 2, выборка 2а и 2б) в отличие от весьма редких в петротипе по встречаемости здесь сопоставимы с высокоглиноземистыми петротипа (табл. 2, выборки 3а, б, в, г). Последние от аналогов в петротипе (табл. 1, выборки 4а, б, в, г) отличаются меньшей изменчивостью $Al_2O_3 = 16,1-21,2 \%$ (в петротипе $Al_2O_3 = 16,2-23,5 \%$ с учетом анортозитов $26,2-30,1 \%$). На востоке К-ощелачиванию подверглись высокоглиноземистые высокомагнезиальные габбро 3б, напоминая К-ощелоченные горнблендиты 1б. В петротипе такие породы 4а остались практически неизменными, но К-ощелачиванию подверглись высокоглиноземистые умеренномагнезиальные габбро 4г, в меньшей мере чем восточные 3б. В Na-ощелачивании габброидов двух районов имеются также свои особенности, т.е. выявленная зависимость ощелачиваемости пород от содержаний Al_2O_3 и MgO в массивах петротипа, в Восточных массивах не подтверждается.

Диориты расчленены на умеренноглиноземистые (4а) отсутствующие в петротипе, высокоглиноземистые и их ощелоченные разновидности (4б, 4в). Последние от неощелоченных высокоглиноземистых отличаются более высокими K_2O и низкими CaO и нахождением в основном в поле умереннощелочных пород. Содержания других оксидов в обеих выборках весьма близки, в них содержание Al_2O_3 и сумма щелочей ниже чем в диоритах петротипа, поэтому большинство точек анализов и среднего состава оказались в поле пород нормальной щелочности. В аномально высокощелочной пробе 0715А определены $Na_2O = 5,53$ и $K_2O = 2,29$ (рис. 2), а на микрозонде – роговая обманка, олигоклаз (андезин), калишпат, кварц. Проба взята в одной из упомянутых выемок железной дороги.

Кварцевые диориты (табл. 2, выборки 5а, 5б, 5в) по химическим составам в поле сопоставимы с такими породами петротипа (табл. 1, выборки 7а, 4б). Однако здесь не обнаружены Na-ощелоченные породы, сходные с 7в петротипа.

Гранитоиды. В восточном районе неизвестно существование самостоятельного плагиогранитного массива. Представленное незначительное количество анализов отобрано в основном из развалов совместно с другими породами унгринского комплекса и маломощных жил. Они подразделены на: тоналиты, гранодиориты (?), граносиениты (?) и трондьемиты (табл. 2, выборки 6-9). В одной из проб тоналита с $Na_2O = 6,56 \%$ по-видимому, был Na-привнос, в остальных пробах этих гранитоидов содержания Na_2O – стабильное, а содержание K_2O в «гранодиоритах» и «граносиенитах» заметно выше чем в тоналитах. Это позволяет предположить, что последние могли сформироваться в результате привноса K_2O (калишпатизация) в тоналиты при метаморфизме. Тоналиты и трондьемиты по химизму, учитывая дефицит анализов, достаточно близки с тоналитами и трондьемитами петротипа, за исключением упомянутой пробы тоналита с высоким Na_2O , а также более высокого содержания CaO = $6,44 \%$ в пробе трондьемита.

На рис. 3 точки анализов пород Восточных массивов (за исключением горнблендитов, умеренноглиноземистых и высокоглиноземистых высокомагнезиальных габброидов) оказались в поле известково-щелочных пород.

Хончегринский массив своим северо-восточным контактом надвинут на юрские угленосные свиты Чульманской впадины. На юго-западе массив ограничен гранулитом зверевской и чугинской толщ (рис. 1). По данным И.Н. Гусаковой он сложен амфиболитами и плагиогнейсами, сходными, как по минеральному, так и химическому составу с породами северных

районов. Петрографические данные химически анализированных проб пород Хончегринского массива опубликованы [6]. Как видно в табл. 3 и рис. 2 массив сложен видами пород весьма близкими с породами, рассмотренных северных массивов. К общим особенностям относятся: более узкий и менее протяженный рой точек анализов из-за отсутствия как очень низких, так и высоких содержаний щелочей, так же и SiO_2 (рис. 2); это же относится к большинству других оксидов.

Горнблендиты встречаются много реже чем на севере в обнажениях с габброидами как бы их более меланократовые разновидности. Анализированы всего три пробы (табл. 3), в которых определены значительно менее низкие содержания MgO , высокие TiO_2 и Na_2O , чем в северных аналогах (табл. 3, выборка 1, рис. 2). В двух шлифах этих проб микрозондом И.Н. Гусакова определила роговую обманку, клинопироксен и олигоклаз. Не исключена возможность раскисления магматического более основного плагиоклаза при метаморфизме. Поэтому, несмотря на то, что средний состав находится в поле нормально щелочных пород, эти породы можно отнести к слабо Na-ощелоченным образованиям.

Габброиды, судя по количествам анализов их видов, в Хончегринском массиве имеют подчиненное диоритоидам распространение (табл. 3). К сожалению, некоторые их виды представлены по 1 анализу. Точка анализа умеренноглиноземистого высокомагнезиального габбро из-за высокого содержания Na_2O находится в поле умереннощелочных пород, тогда как аналоги этой пробы в петротипе и на востоке по достаточному количеству проб находятся в поле пород нормальной щелочности (табл. 1, выборка 2а; табл. 2, выборка 2а). Из четырех анализов выборки 2б, умеренноглиноземистых, умеренномагнезиальных хончегринских габбро два анализа соответствуют умереннощелочным, два – нормальнощелочным габбро, тогда как на севере подавляющее большинство соответствует нормальнощелочным породам. Высокоглиноземистые габброиды разной магнезиальности (3а, 3б, 3в) с почти одинаковыми содержаниями Al_2O_3 весьма близки по химизму с аналогами в Восточном районе, отличаясь отсутствием крайне высокоглиноземистых (габброанортозитов, анортозитов) в петротипе. К-ощелачиванию в Хончегринском массиве подвергнуты только высокоглиноземистые низкомагнезиальные габбро (3г), тогда как в Восточных массивах – высокоглиноземистые высокомагнезиальные. При этом, судя по средним K_2O и размахом вариаций, интенсивность К-ощелачивания в северных районах сильнее, чем в Хончегринском массиве. Таким образом, хончегринские габброиды испытали в целом более интенсивное и выравненное Na-ощелачивание всех видов габброидов. При этом, также и при К-ощелачивании, судя по средним, CaO выносился. В целом не оощелоченных габброидов в Хончегринском массиве, значительно меньше, чем на севере, что видно и на рис. 2, где средние составы всех видов габброидов находятся в поле умереннощелочных пород и лишь единичные анализы пород находятся в поле пород нормальной щелочности. Na-ощелоченность габбро подтверждается микрозондовыми определениями И.Н. Гусаковой. Например, в пробе 587-1 в рассланцованном и диафторированном лейкогаббро определены андезин и альбит. Кроме того, установлено, что в некоторых пробах присутствуют достаточно постоянно одни олигоклазы, в других битовниты, т.е. можно предположить, что первые подверглись более глубокому раскислению, а последние сохранились заметно в неизменном виде.

Диориты Хончегринского массива расчленены на умеренноглиноземистые (4а) и высокоглиноземистые (4б, 4в, табл. 3) и как бы продолжают особенности состава габброидов по высокой Na-ощелоченностью, из-за чего средние составы которых, как и К-ощелоченные также находятся в поле умереннощелочных пород. Этим они отличаются от диоритов Восточных массивов, средние составы которых соответствуют нормально щелочным породам. А по содержаниям других оксидов диориты этих районов уверенно сопоставимы. А особенности диоритов Унгринского клина выражаются в отсутствии умеренноглиноземистых и более высоких содержаниях Al_2O_3 в них (табл. 1). Также, как и в габброидах микрозондом, в диоритах обнаружено частое раскисление плагиоклазов.

Кварцевые диориты отличаются от диоритов отсутствием умеренноглиноземистой разновидности и значительно меньшей ощелоченностью высокоглиноземистой разновидности. Это подтверждается и тем, что средние составы всех трех разновидностей диоритов 4а, 4б, 4в находятся в поле умереннощелочных пород, а один из разновидностей кварцевых диоритов 5а находится в поле пород нормальной щелочности, а другой 5б – в поле умереннощелочных пород (рис. 2). Таким образом, кварцевые диориты по петрохимии больше тяготеют к тоналитам, а диориты к габброидам.

Гранитоиды. В хончегринском массиве какие-нибудь площадные выходы гранитоидов не обнаружены. В табл. 3 представлены средние составы анализов малочисленных проб, собранных в делювии из смешанных развалов с диоритоидами в подчиненном количестве, а также редко в виде маломощных жил.

Тоналиты Хончегринского массива (выборка 6, табл. 3) с учетом дефицита анализов, достаточно близки с тоналитами петротипа (выборка 8, табл. 1).

Гранодиориты (7) близки с одноименными породами Восточных массивов, за исключением несколько меньших содержаний СаО. Возможность происхождения их при незначительном привносе K_2O в тоналиты, не исключается.

Трондьемиты (8) сходны с представительно опробованными трондьемитами петротипа.

Несмотря на упомянутые некоторые особенности химического состава пород Хончегринского массива и на неизученность других массивов хончегринского комплекса, представленные материалы не противоречат сопоставлению с северными массивами, находящимися в единой Амгинской зоне тектонического меланжа Алдано-Станового щита. На рис. 3, за исключением редко встречающихся горнблендитов (1) и умеренноглиноземистых габбро (2а, 2б), средние составы других видов пород находятся в поле известково-щелочных серий. При этом исключенные виды пород («толеиты») находятся в едином почти прямом тренде с видами известково-щелочной серии, а не слагают коленчато-изгибающееся начало тренда, характерного для толеитовых серий. Близкие распределения обнаруживают и точки анализов исключенных пород северных массивов, что согласуется с включением «толеитов» в единую известково-щелочную серию, как ранние дифференциаты.

Заключение

Согласно проведенным исследованиям унгринский интрузивный комплекс представлен породами нормальной щелочности известково-щелочной серии дифференцированными от габбро до плагиогранитов. Обнаружены псевдощелочные породы, сформированные в результате привноса щелочей при метаморфизме. Оконтурированы выходы комплекса к югу и востоку от петротипической местности. Площадь распространения комплекса расширена на восток в пределы Нимнырского гранулит-ортогнейсового террейна и на юг в пределы Амгинской зоны тектонического меланжа. Выходы комплекса в пределах обеих структур свидетельствуют о его принадлежности к «сшивающим» образованиям сформированным после аккреционных событий.

Работа выполнена в рамках проекта № 0381-2019-0003 государственного задания Института геологии алмаза и благородных металлов СО РАН.

Литература

1. Геологическая карта СССР масштаба 1:200000. Серия Алданская, лист О-51-XXII. Объяснительная записка / под общей редакцией Л.М. Минкина. – Москва, 1962.
2. Дук, В.Л. Геология и петрология унгринского габбро-плагиогранитного комплекса / В.Л. Дук, И.Н. Гусакова, С.Н. Павлов и др. – Текст: непосредственный // Ранний докембрий Алданского массива и его складчатого обрамления. Ленинград : Наука, 1985. С. 20-34.

3. Донская, Т.В. Раннепротерозойский гранитоидный магматизм Сибирского кратона : 25.00.01 : диссертация на соискания ученой степени доктора геолого-минералогических наук : / Донская Татьяна Владимировна. – Иркутск, 2019. – 410 с. – Текст : непосредственный.
4. Бибикова, Е.В. Изотопный возраст унгринского магматического комплекса Алданского щита / Т.В. Грачева, В.Л. Дук и др. – Текст : непосредственный // Докл. АН СССР, 1984, Т. 276. № 1. С. 206-209.
5. Котов, А.Б. Граничные условия геодинамических моделей формирования континентальной коры Алданского щита : 25.00.01 : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук / Котов Александр Борисович. – Санкт-Петербург, 2003. – 78 с. – Текст : непосредственный.
6. Геологическое строение центральной части Алдано-Станового щита и химические составы пород раннего докембрия (Южная Якутия). ИГАБМ СО РАН, ИНГГ СО РАН : монография / В.И. Берёзкин, А.П. Смелов, А.Н. Зедгенизов, А.А. Кравченко, Н.В. Попов, В.Ф. Тимофеев, Л.И. Торопова. – Новосибирск : Издательство СО РАН, 2015. 459 с. – Текст : непосредственный.
7. Смелов, А.П. Алдано-Становой щит / Смелов А.П. Зедгенизов А.Н., Тимофеев В. Ф. – Текст : непосредственный // Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). Москва : МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001, С. 81-104.
8. Кицул, В.И. Минеральные фации докембрийских метаморфических пород Алданского щита / В.И. Кицул. – Текст : непосредственный // Метаморфические пояса СССР. Ленинград : Наука, 1971. С. 71-91.
9. Кицул, В.И. Геология и петрография докембрийских кристаллических образований района слияния рек Алдана и Унгры (к проблеме «Унгринского клина») / В.И. Кицул, К.А. Лазебник. – Текст : непосредственный // Геология и петрология докембрия Алданского щита. Москва : Наука, 1966. С.135-158.
10. Ранний докембрий Южной Якутии : монография / В.Л. Дук, В.И. Кицул, А.Ф. Петров [и др.]. – Москва : Наука, 1986. 280 с
11. Березкин, В.И. Геохимия метабазитов восточной части Олекминской гранит-зеленокаменной области Алданского щита : монография / В.И. Березкин. – Якутск : Издательство ЯНЦ АН СССР, 1992. – 140 с. – Текст : непосредственный.
12. Березкин, В.И., Смелов А.П. Метавулканиты федоровской свиты докембрия Алдано-Станового щита: наложенные изменения химического состава, первичная сериальность и геодинамическая природа / В.И. Березкин, А.П. Смелов. – Текст : непосредственный // Вулканизм и геодинамика. Материалы II Всероссийского симпозиума по вулканологии и палеовулканологии. – Екатеринбург, 2003. – С. 606-610.
13. Loskutov, E.E. Geology, geochemistry and mineralogy of gneissic trondhjemites, tonalities, granodiorites and related rocks within the Proterozoic Idzhek-Nuiam and Tyrkanda Faults of the Aldan Shield (North Asian Craton) / E.E. Loskutov, A.A. Kravchenko, V.I. Beryozkin. – Text : electronic. // IOP Conference Series Earth and Environmental Science 609:012027. 2020. Publisher URL: <http://iopscience.iop.org/1755-1315/609/1/012027> DOI: 10.1088/1755-1315/609/1/012027
14. Реутов, Л.М. Докембрий Центрального Алдана : монография / Л.М. Реутов. – Новосибирск: Наука, 1981. – 185 с. – Текст : непосредственный.
15. Классификация и номенклатура магматических горных пород: Справочное пособие / О.А. Богатилов, В.И. Гоньшакова, С.В. Ефремова [и др.]. – Москва: Недра, 1981. – 160 с. – Текст : непосредственный.
16. Jensen, L.S. A new cation plot for classifying subalkalic volcanic rocks / L.S. Jensen. – Ontario: Division of Mines, Miscellaneous paper, 1976. – 22 p. – Text : unmediated.
17. Березкин, В.И. Малоизвестные анортозиты Алданского щита / В.И. Березкин, А.П. Смелов. – Текст : непосредственный // Тихоокеанская геология, 1997. – Т. 16, № 3. – С. 101-112.

References

1. Geologicheskaja karta SSSR masshtaba 1:200000. Serija Aldanskaja, list O-51-HHII. Ob#jasnitel'naja zapiska / pod obshhej redakciej L.M. Minkina. – Moskva, 1962.

2. Duk, V.L. Geologija i petrologija ungrinskogo gabbro-plagiogranitnogo kompleksa / V.L. Duk, I.N. Gusakova, S.N. Pavlov i dr. – Tekst: neposredstvennyj // Rannij dokembrij Aldanskogo massiva i ego skladchatogo obramlenija. Leningrad : Nauka, 1985. S. 20-34.
3. Donskaja, T.V. Ranneproterozojskij granitoidnyj magmatizm Sibirskogo kratona : 25.00.01 : dissertacija na soiskaniya uchenoj stepeni doktora geologo-mineralogicheskikh nauk : / Donskaja Tat'jana Vladimirovna. – Irkutsk, 2019. – 410 s. – Tekst : neposredstvennyj.
4. Bibikova, E.V. Izotopnyj vozrast ungrinskogo magmaticheskogo kompleksa Aldanskogo shhita / T.V. Gracheva, V.L. Duk i dr. – Tekst: neposredstvennyj // Dokl. AN SSSR, 19841. T. 276. № 1. S. 206-209.
5. Kotov, A.B. Granichnye uslovija geodinamicheskikh modelej formirovanija kontinental'noj kory Aldanskogo shhita : 25.00.01 : avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni doktora geologo-mineralogicheskikh nauk / Kotov Aleksandr Borisovich. – Sankt-Peterburg, 2003. – 78 s. – Tekst: neposredstvennyj.
6. Geologicheskoe stroenie central'noj chasti Aldano-Stanovogo shhita i himicheskie sostavy porod rannego dokembrija (Juzhnaja Jakutija). IGABM SO RAN, INGG SO RAN : monografija / V.I. Berjozkin, A.P. Smelov, A.N. Zedgenizov, A.A. Kravchenko, N.V. Popov, V.F. Timofeev, L.I. Toropova. – Novosibirsk : Izdatel'stvo SO RAN, 2015. 459 s. – Tekst: neposredstvennyj.
7. Smelov, A.P. Aldano-Stanovoj shhit / Smelov A.P. Zedgenizov A.N., Timofeev V. F. – Tekst: neposredstvennyj // Tektonika, geodinamika i metallogenija territorii Respubliki Saha (Jakutija). Moskva : MAIK «Nauka/Interperiodika», 20011. S. 81-104.
8. Kicul, V.I. Mineral'nye facii dokembrijskikh metamorficheskikh porod Aldanskogo shhita / V.I. Kicul. – Tekst : neposredstvennyj // Metamorficheskie pojasa SSSR. Leningrad : Nauka, 1971. S. 71-91.
9. Kicul, V.I. Geologija i petrografija dokembrijskikh kristallicheskih obrazovanij rajona slijanija rek Aldana i Ungry (k probleme «Ungriskogo klina») / V.I. Kicul, K.A. Lazebnik. – Tekst : neposredstvennyj // Geologija i petrologija dokembrija Aldanskogo shhita. Moskva : Nauka, 1966. S.135-158.
10. Rannij dokembrij Juzhnoj Jakutii : monografija / V.L. Duk, V.I. Kicul, A.F. Petrov [i dr.]. – Moskva : Nauka, 1986. 280 s
11. Berezkin, V.I. Geohimija metabazitov vostochnoj chasti Olekminskoj granit-zelenokamennoj oblasti Aldanskogo shhita : monografija / V.I. Berezkin. – Jakutsk : Izdatel'stvo JaNC AN SSSR, 1992. – 140 s. – Tekst : neposredstvennyj.
12. Berezkin, V.I., Smelov A.P. Metavulkanity fedorovskoj svity dokembrija Aldano-Stanovogo shhita: nalozhennye izmenenija himicheskogo sostava, pervichnaja serial'nost' i geodinamicheskaja priroda / V.I. Berezkin, A.P. Smelov. – Tekst : neposredstvennyj // Vulkanizm i geodinamika. Materialy II Vserossijskogo simpoziuma po vulkanologii i paleovulkanologii. – Ekaterinburg, 2003. – S. 606-610.
13. Loskutov, E.E. Geology, geochemistry and mineralogy of gneissic trondhjemites, tonalities, granodiorites and related rocks within the Proterozoic Idzhek-Nuiam and Tyrkanda Faults of the Aldan Shield (North Asian Craton) / E.E. Loskutov, A.A. Kravchenko, V.I. Beryozkin. – Text : electronic. // IOP Conference Series Earth and Environmental Science 609:012027. 2020. Publisher URL: <http://iopscience.iop.org/1755-1315/609/1/012027> DOI: 10.1088/1755-1315/609/1/012027
14. Reutov, L.M. Dokembrij Central'nogo Aldana : monografija / L.M. Reutov. – Novosibirsk: Nauka, 1981. – 185 s. – Tekst : neposredstvennyj.
15. Klassifikacija i nomenklatura magmaticheskikh gornyh porod: Spravochnoe posobie / O.A. Bogatikov, V.I. Gon'shakova, S.V. Efremova [i dr.]. – Moskva: Nedra, 1981. – 160 s. – Tekst : neposredstvennyj.
16. Jensen, L.S. A new cation plot for classifying subalkalic volcanic rocks / L.S. Jensen. – Ontario: Division of Mines, Miscellaneous paper, 1976. – 22 p. – Text : unmediated.
17. Berezkin, V.I. Maloizvestnye anortozity Aldanskogo shhita / V.I. Berezkin, A.P. Smelov. – Tekst: neposredstvennyj // Tihookeanskaja geologija, 1997. – T. 16, № 3. – S. 101-112.

Сведения об авторах

КРАВЧЕНКО Александр Александрович – к.г.-м.н., заведующий лабораторией металлогении Института Геологии алмаза и благородных металлов СО РАН.

E-mail: freshrock@yandex.ru

KRAVCHENKO Alexander Alexandrovich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Head of the Laboratory of Metallogeny, Institute of Geology of Diamond and Precious Metals SB RAS.

БЕРЕЗКИН Василий Ионович – к.г.-м.н., с.н.с. лаборатории металлогении Институт Геологии алмаза и благородных металлов СО РАН.

E-mail: beryozkin2003@list.ru

BEREZKIN Vasily Ionovich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Senior researcher of the Laboratory of Metallogeny, Institute of Geology of Diamond and Precious Metals SB RAS.

ПОПОВ Николай Васильевич – к.г.-м.н., с.н.с. лаборатории палеонтологии и стратиграфии докембрия и кембрия Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН.

E-mail: popovNV@ipggsbras.ru

ПОРОВ Николай Николаевич – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Senior researcher of the Laboratory of Precambrian and Cambrian Paleontology and Stratigraphy, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of SB RA.

ШЕПЕЛЕВА Яна Петровна – к.г.-м.н., доцент кафедры прикладной геологии ГРФ СВФУ им. М.К. Аммосова.

SHEPELEVA Iana Petrovna – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor, Department of Applied Geology, Faculty of Geology and Survey, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University.