

## REFERENCES

- Vikulin A.V. Fizika volnovogo seismicheskogo protsessa [Physics of the wave seismic process]. – Petropavlovsk-Kamchatskiy, KGPU Publ., 2003.151 p. (In Russ.)
- Kabanov A.A., Sibgatulin V.G. Vozможности distantsionnogo zondirovaniya Zemli pri seismicheskom monitoringe i otsenke seismicheskoy opasnosti [Possibilities of remote sensing of the Earth in seismic monitoring and seismic hazard assessment]. Regional problems of remote sensing of the Earth: Proceedings of the IV International Scientific Conference (12–15.09.2017, Krasnoyarsk) / sc. ed. E.A. Vaganov; ed. by G.M. Tsubulsky. Krasnoyarsk, SFU, 2017, pp. 239–242. (In Russ.)
- Komplekt kart obshchego seismicheskogo rayonirovaniya territorii Rossiyskoy Federatsii OSR–97. Masshtab 1 : 8 000 000 [A set of maps of the general seismic zoning of the territory of the Russian Federation OSR-97. Scale 1 : 8 000 000]: Explanatory note and list of cities and towns located in earthquake areas. Moscow, OIFZ RAN Publ., 1999, 57 p. (In Russ.)
- Lygin A.M., Stazhilo-Alekseyev S.K., Kadurin I.N., Sibgatulin V.G., Kabanov A.A. *Monitoring napryazhonno-deformirovannogo sostoyaniya geologicheskoy sredy v Sibirskom i Dal'nevostochnom federal'nykh okrugakh v 2007–2014 godakh* [Monitoring of the Stress-Strain State of the Geological Environment in the Siberian and Far Eastern Federal Districts in 2007–2014]: Monograph. Krasnoyarsk, City Publ., 2015, 114 p. (In Russ.)
- Obshcheye seismicheskoye rayonirovaniye territorii Rossiyskoy Federatsii* [General seismic zoning of the territory of the Russian Federation]: Explanatory note to the set of OSR-2016 maps and a list of settlements located in seismically active areas / sc. ed. V.I. Ulomov; ed. by M.I. Bogdanov. 2016, 73 p. Available at: [http://seismos-u.ifz.ru/documents/zapiska\\_OCP\\_2016.pdf](http://seismos-u.ifz.ru/documents/zapiska_OCP_2016.pdf). (In Russ.)
- Available at: <https://earth.google.com/web/>. (In Russ.)
- Baker J.W. An introduction to probabilistic seismic hazard analysis (PSHA). *Report for the US Nuclear Regulatory Commission*, Version 1.3, 2008, Section 1, pp. 5–27.
- Hauser S. *Fast finite shearlet transform: a tutorial*. Kaiserslautern, University of Kaiserslautern, 2011, 34 p. (preprint)
- Labate D., Easley G., Lim W. Sparse directional image representations using the discrete shearlet transform. *Applied Computational Harmonic Analysis*, 2008, vol. 25, pp. 25–46.

УДК: 552.322+552.323+552.11

DOI: 10.24412/2658-4441-2022-4-45–66

А.А. МОНГУШ, Е.К. ДРУЖКОВА, Л.К. ГОРШКОВА,  
Д.П. ГОРБУНОВ

*Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН (Кызыл, Россия)*

## **ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕНД-НИЖНЕКЕМБРИЙСКИХ ДАЕК И ЛАВ ОСНОВНОГО СОСТАВА ЗАПАДНОЙ ТУВЫ И КУРТУШИБИНСКОГО ХРЕБТА И ИХ ВОЗМОЖНАЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ПРИРОДА**

Петрохимический состав венд-нижнекембрийских дайковых и лавовых пород основного состава свидетельствует об определённых различиях в составе даек с одной стороны, и лав с другой. Отсутствуют принципиальные различия между дайками Западной Тувы и Куртушибинского хребта и между лавами Западной

Тувы и Куртушибинского хребта, хотя некоторые частные различия имеются, что может быть обусловлено латеральной зональностью магматизма. V–Є<sub>1</sub> дайки основного состава Западной Тувы и Куртушибинского хребта преимущественно относятся к толеитовой, низкощелочной, низкокальциевой и низко- и умереннотитанистой сериям. Их образование можно связать с палеоспрединговыми процессами офиолитогеоза на ранней стадии субдукции. V–Є<sub>1</sub> базальтовые лавы Западной Тувы и Куртушибинского хребта обнаруживают более широкие вариации петрохимического состава, при этом большинство их составов соответствуют известково-щелочной, низко- и субщелочной, умереннокальциевой (при вариациях от никзо- до ультракальциевой), умеренно- и высокотитанистой сериям. Образование основной массы базальтовых лав может быть связано с декомпрессионным плавлением обогащённой мантии на начальных стадиях субдукции.

*Ключевые слова:* дайки, лавы, базальты, офиолиты, петрохимия, геодинамика, Тува, Западный Саян.

Рис. 5. Табл. 1. Библ. 35 назв. С. 45–66.

A.A. MONGUSH, Ye.K. DRUZHKOVA, L.K. GORSHKOVA, D.P. GORBUNOV  
*Tuvian Institute for Exploration of Natural Resources of SB RAS (Kyzyl, Russia)*

**PETROCHEMICAL FEATURES OF THE VENDIAN-LOWER  
CAMBRIAN MAFIC DIKES AND LAVAS OF WESTERN TUVA AND  
THE KURTUSHIBINSKY RIDGE AND POSSIBLE GEODYNAMIC  
NATURE**

The petrochemical composition of the Vendian-Lower Cambrian mafic dike and lava rocks indicates on certain differences in dikes on the one hand, and lavas on the other hand. There are no fundamental differences between the dykes of Western Tuva and the Kurtushibinsky ridge, and between the lavas of Western Tuva and the Kurtushibinsky ridge, but there are some particular differences that may be due to the lateral zonality of magmatism. V–Є<sub>1</sub> mafic dikes of Western Tuva and the Kurtushibinsky ridge mainly belong to the tholeiitic, low-alkaline, low-potassium and low- and moderate-titanium series. Their formation can be associated with paleosubducing processes of ophiolithogenesis at an early stage of subduction. V–Є<sub>1</sub> basalt lavas of Western Tuva and the Kurtushibinsky ridge show wider variations in petrochemical composition, while most of their compositions near to calcareous-alkaline, low- and subalkaline, moderate-potassium (with variations from nickel to ultra-potassium), moderate- and high-titanium series. The formation of basalt lavas may be associated with decompression melting of the enriched mantle at the initial stages of subduction.

*Keywords:* dikes, lavas, basalts, ophiolites, petrochemistry, geodynamics, Tuva, Western Sayan.

Figures 5. Table 1. References 35. P. 45–66.

**ВВЕДЕНИЕ.** Петрохимические исследования остаются одним из базовых направлений современной магматической петрологии. Петрохимический анализ позволяет уточнить петрографическую номенклатуру пород, установить их петрохимический тип, выявить характер изменения состава пород во времени и пространстве.

Одни из первых сведений о петрохимическом составе нижнекембрийских эффузивов Западной Тувы были приведены в работах Г.В. Пинуса, в которых были сделаны выводы об их принадлежности к единой известково-щелочной базальтоидной магме, которая в результате дифференциации дала целую гамму разнообразных по составу пород, эквивалентных спилито-кератофировой формации (Пинус, 1959, 1961). В дальнейших петрохимических исследованиях проводилась детализация этого представления (Кембрийская..., 1970; и др.). В.В. Зайковым было показано петрографическое и петрохимическое сходство субвулканических и эффузивных пород основного состава на участках Алаш, Аржан, Тлангарин и Ак-Суг, расположенных в зоне Хемчикско-Куртушибинского глубинного разлома, к которой приурочена офиолитовая ассоциация (Зайков, 1971). В то же время, на основании более 150-ти петрохимических анализов по всем нижнекембрийским вулканитам Тувы было установлено, что базальтоиды Западной Тувы (участки

Аныяк-Ооруг, Шат, Ак-Довурак, Уттуг-Хая) отличаются повышенной щёлочностью и титанистостью по сравнению с такими породами из других районов Тувы (Кембрийская..., 1970). В.В. Велинский и Н.С. Вартанова, подчёркивая повышенную титанистость базальтовых лав Западной Тувы, показали, что они имеют статистически значимые петрохимические отличия от ассоциирующих с ними габбро и дайками, и что, в свою очередь, последние между собой не имеют значимых петрохимических различий. Как следствие, они поставили под сомнение генетическую связь между габбро + дайками и лавами (Велинский, Вартанова, 1980). По данным В.А. Симонова (1993), для дайкового комплекса Шатского офиолитового массива Западной Тувы характерна смена составов пород от толеитовой к известково-щелочной серии. Вышележащие лавы он разделял на «океанические» толеиты и на высокотитанистые, максимально фракционированные «островодужные» толеиты, переходящие в породы известково-щелочной серии. А.И. Гончаренко с сотрудниками собрали обширный петрохимический материал — 105 петрохимических анализов пород офиолитовой ассоциации Западной Тувы, в т. ч. 9 анализов габбро-диабазовой, 25 — дайковой и 16 — metabазальтовой ассоциаций, при этом вариации содержаний  $TiO_2$  в диабазах составили 0,33–1,42 мас.%, а в metabазальтах наиболее низкие содержания  $TiO_2$  составили 0,66; 1,34; 1,67 и выше, наиболее высокое — 4,20 мас.% (Гончаренко и др., 1994). Metабазальты авторы отнесли к офиолитам, но вопрос высокой титанистости лав специально не рассматривался. Вероятно, это было обусловлено тем, что в те времена содержания титана в базитах в петролого-геохимических исследованиях не играли такой важной роли, как в последующие годы.

Петрохимия V–Є<sub>1</sub> даек и лав основного состава Куртушибинского хребта Западного Саяна рассматривалась в работах (Кембрийская..., 1970; Добрецов, Пономарева, 1977; Сибилев, 1980; Куренков и др., 2002; Попов и др., 2003; Волкова и др., 2009; Семенов и др., 2019). В этих работах были выявлены в целом те же закономерности, характерные для даек и лав Западной Тувы, прежде всего — низкая или умеренная титанистость даек с одной стороны, и в целом более высокая титанистость большинства лав.

**ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ДАЕК И ЛАВ.** Главную роль в геологическом строении районов исследований — Западной Тувы и Куртушибинского хребта — играют раннекаледонские структуры Таннуольско-Хамсаринской островодужной системы. Краткие сведения о последней приведены в статье (Берзин, Кунгурцев, 1996). В пределах этой системы, в направлении с северо-запада на юго-восток, нами выделяются: Саяно-Тувинская преддуговая, Таннуольско-Хамсаринская островодужная и Восточно-Тувинская задуговая зоны или террейны (рис. 1). Западная Тува и Куртушибинский хребет находятся в пределах Саяно-Тувинской преддуговой зоны, в т. ч. район Западной Тувы включает Куртушибинскую и Хемчикско-Тапсинскую преддуговые подзоны, район Куртушибинского хребта — Куртушибинскую и Джебашскую преддуговые подзоны (Монгуш, 2016). Контурсы Западной Тувы и Куртушибинского хребта, а также участки исследований показаны на рисунке 1 б. На основании сходства петрохимических данных базальтов участка № 7 «Буура», расположенного восточнее, в Центральной Туве (см. рис. 1 б), и базальтов алдынбулакской толщи, мы отнесли базальты участка Буура к району «Западная Тува» (табл. 1).

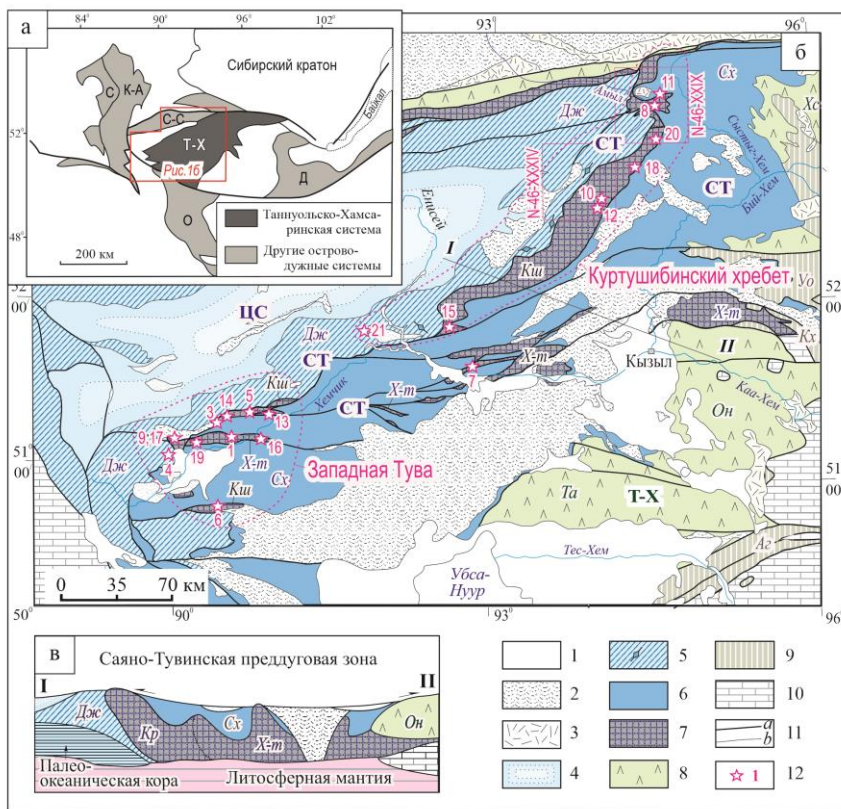


Рисунок 1. Геолого-тектоническая схема юго-восточной части Западного Саяна и прилегающих районов Тувы

а — Венд-нижнекембрийские островодужные системы Алтае-Саянской складчатой области и Монголии: Т-Х — Таннуольско-Хамсаринская, С-С — Северо-Саянская, К-А — Кузнецко-Алтайская, С — Салаирская, О — Озёрная, Д — Джидинская.

б — Геодинамическая карта Саяно-Тувинской преддуговой зоны (составлена с использованием данных (Берзин, Кунгурцев, 1996; Berzin, 1999)). 1–5 — наложенные ассоциации: 1 — мезозойские и кайнозойские осадочные отложения, 2 — D–C рифтогенные вулканы и осадки, 3 — O внутриплитные вулканы, 4 — E<sub>2</sub>–S турбидиты континентальной окраины; 5–7 — преддуговые комплексы: 5 — V–E<sub>1</sub> аккреционная призма и места находок глаукофана в сланцах джебашской серии, 6–7 — Хемчикско-Сыстыгхемский коллизионный прогиб: 6 — E<sub>2</sub>–S осадочный чехол, 7 — V–E<sub>1</sub> фундамент: алдынбулакская, уттугхаинская и чингинская толщи, офиолиты, E<sub>1</sub> комплексы; 8 — V–E<sub>1</sub> островодужные комплексы; 9 — V–E<sub>1</sub> задуговые комплексы; 10 — докембрийские террейны; 11 — границы террейнов (a) и наложенных ассоциаций (b); 12 — участки: 1 — Ак-Довурак, 2 — Ак-Суг, 3 — Алаш, 4 — Аныяк-Ооруг, 5 — Аржаан, 6 — Барлык, 7 — Буура, 8 — Изинзюль, 9 — Копсек, 10 — Коярд, 11 — Октябрьское, 12 — Ореш, 13 — Сарыг-Таш, 14 — Тлангара, 15 — Урбун-Золотая, 16 — Уттуг-Хая, 17 — Хонделен, 18 — Хут, 19 — Шат, 20 — Шет-Хем, 21 — Шом-Шум. Структурные зоны и подзоны: СТ — Саяно-Тувинская преддуговая зона, подзоны: Дж — Джебашская, Ки — Куртушибинская, Х-т — Хемчикско-Тапсинская, Сх — Сыстыгхемская; Т-Х — Таннуольско-Хамсаринская островодужная зона, подзоны: Та — Таннуольская, Он — Ондумская, Хс — Хамсаринская; ВТ — Восточно-Тувинская задуговая зона, подзоны: Аг — Агардагская, Кх — Каахемская, Уо — Улугуйская; ТММ — Тувино-Монгольский микроконтинент; ЦС — Центральносаянская зона.

в — Схематический разрез по линии I–II



продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
48	Шат	с-126а-83	Д	54,20	0,15	16,00	8,56		0,19	7,30	6,44	2,80	0,60	0,01	3,42	100,62
49		ХШ-313/1	Д	49,90	0,66	16,00	10,05		0,12	6,53	10,1	3,04	0,23	0,04	3,71	100,38
50		ХШ-313/2	Д	50,20	0,63	16,00	10,52		0,12	6,28	9,18	3,93	0,15	0,05	3,33	100,39
51		ХШ-310	Д	51,00	0,30	14,45	10,5		0,10	8,78	6,57	2,87	0,46	0,04	5,22	100,29
52		ХШ-307	Q Др	57,80	0,54	14,45	8,57		0,08	1,27	14,14	0,95	0,01	0,05	1,54	99,40
53		ХШ-312	Q Др-м	58,00	0,59	14,85	8,49		0,11	3,05	10,88	0,09	0,01	0,05	3,43	99,54
54		ХШ-313/3	А	60,50	0,44	14,00	8,29		0,08	3,76	6,68	2,95	0,15	0,07	3,46	100,38
55	ХШ-322	Др	54,61	1,114	13,91	12,85		0,20	3,86	5,67	5,83	0,21	0,11	1,76	100,12	
<b>Лавы Западной Тувы</b>																
1	Ак-Суг	10	Б	48,96	2,44	12,85	14,53		0,17	6,35	7,15	3,55	0,40	0,24	2,72	100,59
2		11	Б	48,02	1,46	14,42	9,78		0,16	8,36	10,67	2,50	0,10	0,11	3,82	99,58
3		15	Б	45,94	1,20	15,73	11,40		0,13	9,22	7,36	2,30	0,10	0,06	5,88	99,44
4	Аржаан	4468-1	Б	46,57	0,89	14,58	10,99		0,16	8,56	8,87	1,89	0,35		6,34	100,28
5	Уттуг-Хая	2008-4	Б	45,84	2,05	13,05	13,37		0,14	6,15	9,90	4,05	0,94	0,26	4,44	100,42
6		2007-1	Б	47,52	2,07	15,29	11,89		0,09	3,37	6,05	7,15	0,20	0,26	6,08	100,75
7		2007-3	Б	47,62	2,34	15,86	14,17		0,10	4,05	5,28	6,65	0,70	0,13	1,98	100,57
8	Ак-Довурак	2002	Б	46,04	4,30	14,67	14,68		0,14	3,55	7,62	5,49	1,15	0,16	1,31	100,49
9		1993-2	Б	44,64	2,60	18,06	15,93		0,12	4,08	9,03	4,20	0,25	0,11	1,08	100,86
10		1993-3	Б	45,09	1,35	16,22	10,84		0,12	6,13	9,34	5,42	0,18	0,28	5,09	100,66
11		1992-6	Б	44,02	2,05	14,08	10,85		0,13	5,06	9,02	5,87	0,42	0,19	8,15	100,74
12	Тлангара	6	Б	51,32	0,90	13,93	12,26		0,14	7,35	7,26	3,23	0,83		2,75	100,43
13		17	С	45,08	0,65	19,24	9,02		0,17	8,12	12,00	1,80	0,52		3,33	100,25
14	Аныяк-Ооруг	8442	АБ	54,93	1,97	13,44	13,09		0,26	3,13	3,01	5,59	1,77	0,27	1,00	99,72
15		8437в	АБ	47,02	2,95	17,16	11,29		0,23	3,83	7,79	3,77	1,08	0,10	4,00	99,98
16		8469	Б	44,75	3,35	15,32	14,86		0,39	4,98	4,24	4,11	0,24	0,39	6,00	99,84
17		8419	Б	43,72	2,56	18,00	10,36		0,11	4,38	12,53	2,89	0,17	0,25	4,00	99,86
18	Шат	Б-57/12	Б	48,87	3,31	14,58	13,67		0,11	3,16	8,52	4,06	1,19		1,49	100,13
19		Б-57/4	Б	46,62	2,30	18,49	10,71		0,07	4,22	10,28	3,25	0,35		2,92	100,03
20		Х-1/1	Б	48,37	2,95	14,84	15,77		0,17	6,20	5,99	2,93	1,48			100,00
21		Х-4/4	Б	48,84	1,77	17,65	16,38		0,19	8,74	1,86	3,11	0,34			100,00
22		Х-13/2	Б	47,90	2,76	16,52	11,84		0,17	3,97	13,04	2,83	0,71			100,01
23		Х-14/1	Б	50,13	2,23	15,61	12,03		0,18	5,67	8,76	3,84	0,72			99,98
24		Х-15/2	Б	48,65	1,96	17,45	10,64		0,19	4,68	10,91	3,24	0,84			100,00
25		ХХ-21/4	Б	47,66	4,20	15,00	15,68		1,95	4,21	6,64	3,92	1,43			101,88
26		Х-21/5	Б	49,34	3,19	14,28	12,93		0,24	3,80	9,41	5,00	1,02			100,01
27		Ходелен	Хо-3/1	Б	47,67	2,75	14,19	14,31		0,28	5,68	11,69	2,63	0,39		
28	Хо-3/3		Б	48,46	2,23	12,23	14,90		0,27	8,07	10,36	2,60	0,64			99,98
29	Хо-11/1		Б	47,63	1,34	16,11	10,99		0,25	7,98	8,55	2,65	0,40			100,00
30	Хо-29/8		Б	49,62	2,03	13,00	13,69		0,27	8,38	7,62	3,42	0,45			100,02
31	Хо-29/10		Б	47,36	3,23	13,96	13,14		0,27	7,74	9,75	1,40	2,18			100,01
32	Барлык	Ко-17/6	Б	49,31	2,01	17,36	12,52		0,19	8,77	3,08	2,25	3,90			100,06
33		Ко-21/1	Б	50,13	0,66	16,44	8,27		0,13	8,57	6,58	4,04	0,41			100,01
34	Барлык	Ко-24/5	Б	49,46	1,67	15,83	10,72		0,13	6,18	10,33	2,00	2,90			99,98
35		Ак-38/1	Б	49,75	1,79	12,23	13,95		0,30	8,74	7,42	2,85	0,17			99,99
36	Шат	ХШ-17-12	Б	46,50	2,027	19,71	9,17		0,12	2,20	9,153	3,99	1,84	0,25	5,31	100,39
37		ХШ-18-12	Б	48,57	1,33	21,19	7,99		0,15	2,00	12,34	3,94	0,88	0,09	1,00	98,48
38		ХШ-314/2	Б	44,30	3,85	14,50	15,73		0,22	3,85	8,45	4,04	0,92	0,52	3,87	100,25
39		ХШ-314/1	Б	44,40	3,57	14,30	14,46		0,22	3,44	10,00	4,23	0,96	0,47	4,21	100,26
40		ХШ-315/1	Б	45,30	3,86	13,05	16,43		0,16	4,5	5,93	4,04	1,05	0,37	5,17	99,86
41		ХШ-315/2	Б	47,10	2,07	14,75	9,69		0,19	5,91	10,88	3,66	0,89	0,22	3,91	99,27
42		ХШ-316/2	Б	45,50	3,95	12,9	16,18		0,21	4,64	7,66	4,29	1,26	0,4	3,02	100,01



продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
24	Коярд	с-10в-97	Бн	52,38	0,29	12,62	8,47		0,13	11,12	8,85	2,74	0,64	0,03	2,86	100,13	
25		с-18а-92	Бн	53,11	0,35	12,06	9,65		0,15	10,63	7,19	3,38	0,83	0,03	2,52	99,90	
26		с-186-92	Бн	49,55	0,39	13,85	8,72		0,17	11,22	9,95	1,56	0,88	0,05	3,14	99,48	
27		с-15-92	Бн	52,01	0,28	12,90	9,44		0,16	11,68	7,89	1,82	0,28	0,03	3,08	99,57	
28		с-16а-92	Бн	52,72	0,40	13,80	9,10		0,12	10,24	6,36	3,61	0,23	0,04	3,44	100,06	
29		с-166-92	Бн	53,53	0,37	13,57	9,59		0,16	8,88	9,44	1,35	0,08	0,04	2,76	99,77	
30		с-22-92	Бн	53,73	0,37	12,55	10,50		0,15	9,72	9,20	0,35	0,05	0,04	3,24	99,90	
31		КК-325/2	ГД	45,91	0,42	13,71	9,58		0,16	6,99	19,13	0,43	0,04	0,04	3,84	100,27	
32		КК-327/3	Д	53,04	0,43	14,08	9,07		0,12	8,01	11,22	1,54	0,04	0,04	2,18	99,81	
33		КК-327/2	Д	52,90	0,34	14,06	9,42		0,13	8,42	9,76	1,94	0,07	0,03	3,02	100,12	
34		Хут	КХ-341	ГД	51,90	0,74	14,69	10,35		0,17	6,40	8,39	3,87	0,12	0,07	2,89	99,64
35			КХ-343	ГД	50,65	0,81	14,46	10,80		0,18	7,20	8,78	3,89	0,07	0,07	3,23	100,18
36			КХ-347	Д	46,49	0,62	12,76	9,32		0,14	8,04	18,74	0,36	0,07	0,06	3,54	100,17
37	КХ-346		Д	48,97	0,91	13,96	10,88		0,18	7,63	11,53	2,64	0,36	0,08	2,84	100,06	
38	КХ-344		Д	50,45	0,92	14,05	10,82		0,17	7,40	8,81	4,21	0,04	0,07	3,17	100,15	
39	КХ-342		Д	51,20	0,48	11,57	10,68		0,18	11,68	7,24	3,23	0,09	0,05	3,77	100,20	
<b>Лавы Куртушибинского хребта</b>																	
1	Урбун-Золотая	б/н	Q Б-п	49,42	2,30	15,45	4,57	6,96	0,16	3,31	6,31	4,60	1,30	0,97	4,01	99,36	
2		б/н	Б-п	49,96	2,49	16,20	0,72	9,52	0,16	5,31	5,62	4,48	1,08	0,36	4,02	99,92	
3		б/н	Б-пм	51,95	1,75	14,68	0,57	8,54	0,12	6,00	6,27	4,40	1,66	0,24	3,88	100,06	
4		б/н	Q Б-п	51,68	1,52	16,24	1,51	9,55	0,35	5,77	4,37	4,12	0,93	0,13	4,01	100,62	
5		б/н	Q Б-п	48,86	4,32	13,87	1,54	11,12	0,12	4,02	6,31	2,80	1,28	0,62	4,68	99,54	
6		б/н	Б-пв	54,02	1,73	13,21	1,70	8,91	0,11	5,65	6,64	4,00	0,70	0,20	3,39	100,26	
7		б/н	Б-пв	48,41	3,21	13,46	2,28	11,29	0,17	6,02	3,89	3,10	1,25	0,68	6,90	100,66	
8		б/н	Б-пв	52,51	1,12	14,06	0,97	9,98	0,15	7,58	6,00	3,90	2,63	0,22	1,50	100,68	
9		б/н	Б-пв	45,05	2,19	11,89	2,59	10,79	0,18	9,67	8,41	1,75	2,01	0,31	5,84	99,66	
10		б/н	Б-п	46,63	4,48	14,91	2,42	11,05	0,11	4,91	5,18	4,38	0,63	0,59	4,74	100,03	
11		б/н	Б-п	51,54	2,12	13,87	2,71	11,06	0,11	5,50	4,36	2,80	0,65	0,21	4,73	99,66	
12		б/н	Б-п	52,44	1,66	14,12	0,9	8,62	0,12	6,24	7,09	4,10	0,72	0,15	3,67	99,83	
13		б/н	Б-п	50,54	3,84	13,04	1,47	9,59	0,12	5,39	6,88	4,72	0,85	1,64	3,01	100,09	
14		б/н	Б-п	47,00	2,88	13,96	1,47	10,56	0,23	5,26	7,46	2,80	1,15	0,74	6,72	100,23	
15		б/н	Б-п	47,80	1,88	13,35	1,56	11,58	0,21	6,24	10,98	2,98	0,16	0,11	3,07	99,92	
16		б/н	Б-п	50,54	2,12	14,02	2,74	10,3	0,18	6,26	6,03	3,52	0,59	0,24	3,80	100,34	
17		б/н	Б-п	52,12	2,12	11,88	2,13	11,32	0,13	5,76	8,40	3,05	0,66	0,23	2,85	100,65	
18		б/н	Б-п	50,02	1,92	12,37	1,4	9,05	0,17	8,33	6,67	3,70	1,21	0,22	5,45	100,51	
19		б/н	Б-п	47,98	1,48	13,71	2,31	10,69	0,15	8,60	5,83	2,80	1,10	0,13	5,10	99,88	
20		б/н	Б-п	47,12	1,46	15,27	1,54	10,13	0,17	8,18	9,08	3,30	0,43	0,10	3,70	100,83	
21		б/н	Б-п	46,72	2,44	13,91	1,21	10,84	0,17	11,36	5,11	3,25	0,36	0,20	5,30	100,87	
22		б/н	Б-п	45,99	1,94	14,12	2,86	11,28	0,16	7,80	9,08	2,40	0,70	0,13	3,83	100,29	
23		б/н	Б-пм	46,26	1,96	13,87	1,52	8,51	0,14	5,71	12,35	3,00	0,77	0,24	6,39	100,72	
24		б/н	Б-пм	44,94	2,04	13,46	1,33	11,57	0,17	8,67	10,17	2,40	0,85	0,23	3,51	99,34	
25	Шом-Шум	1620-3	АБ-п	42,88	3,80	19,40	1,68	11,00	0,16	4,04	6,44	1,69	3,72		4,82	100,01	
26		485-1	Д-п	45,08	0,65	19,24	0,56	8,52	0,17	8,12	12,00	1,80	0,50		3,33	100,25	
27		606-15	Д-п	45,84	1,90	16,06	0,72	11,14	0,19	6,86	10,04	2,56	0,62		3,44	99,71	
28		Б-24/1	Б-п	46,24	2,62	17,70	2,97	7,33	0,13	6,12	8,52	2,63	1,73	0,21	3,62	100,25	
29		б/н	Б-п	48,22	2,02	15,24	4,38	9,68	0,26	5,48	5,93	4,04	0,48	0,35	3,72	99,95	
30		б/н	Б-п	47,37	2,37	15,46	3,47	7,74	0,18	7,32	7,35	3,13	0,89	0,33	3,44	99,72	
31		Б-47/3	Б-п	48,13	1,28	16,93	3,06	7,25	0,10	7,40	9,11	3,48	0,20	0,02	2,97	99,93	
32		б/н	Б-п	45,07	1,57	16,37	3,21	9,36	0,17	7,77	9,26	2,29	0,22	0,20	4,11	99,89	
33		б/н	Б-п	45,83	2,12	14,83	3,31	10,75	0,21	8,14	7,87	2,47	0,35	0,29	3,42	99,88	
34		1351-7	Б-пв	45,54	2,27	16,11	2,22	10,01	0,14	7,28	8,50	2,74	0,81		4,09	100,23	
35		2797-1	Б-пв	44,53	1,66	12,67	7,47	7,73	0,15	9,63	4,73	3,17	0,64		6,53	99,98	



продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
36	Шом-Шум	1614/9	С	47,66	2,87	15,80	5,27	7,53	0,12	5,60	6,80	5,02	0,52	0,24	2,53	100,21
37	Лист № 46- XXXIV (макаров- ская толща)	243976	АБ	54,81	0,46	14,31	10,09		0,25	5,74	3,21	4,29	0,05	0,1	5,78	99,19
38		24105	Б	47,3	1,36	13,7	11,78		0,23	7,56	11,97	2,29	0,09	0,1	2,42	98,9
39		24116	ПБ-о	45,25	2,08	15,86	12,71		0,28	5,96	11,97	1,39	0,14	0,27	2,78	98,69
40		23063	Б-лщ	49,95	0,96	18,62	7,44		0,19	7,38	5,2	1,83	4,13	0,07	3,58	99,48
41		23064	Б-мг	46,97	1,93	13,21	12,58		0,21	8,76	9,53	2,13	0,24	0,25	2,92	98,83
42		83543	Б-мг	48,12	0,99	13,79	9,91		0,19	7,10	11,68	2,74	0,73	0,07	3,68	99,13
43		83545	Б-мг	50,42	1,02	14,13	11,65		0,19	6,9	8,55	2,58	0,51	0,07	2,63	98,78
44		836222	Б-мг	49,51	1,15	12,65	11,63		0,18	8,39	8,91	2,14	1,07	0,14	3,55	99,42
45		83622	Б	47,95	1,45	14,74	12,78		0,21	5,72	9,99	3,00	0,26	0,13	2,40	98,74
46		83623	Б-пл	50,25	1,36	14,67	12,5		0,18	5,01	5,95	5,24	0,57	0,15	2,96	98,94
47	835293	Б-пл	49,01	1,66	14,1	13,33		0,26	6,73	6,26	3,64	0,56	0,2	3,38	99,23	
48	Лист № 46- XXXIV (коярдская толща)	24102	Б	49,01	2,20	13,8	11,93		0,36	5,86	12,74	2,99	0,24	0,3	0,19	99,62
49		230191	ПБ-о	50,88	0,13	7,14	9,44		0,25	17,99	7,78	1,3	0,05	0,07	3,46	98,78
50		23020	ПБ-о	45,81	0,17	18,49	6,44		0,15	9,08	13,17	1,63	0,04	0,07	3,57	98,75
51		230202	Б	48,85	0,22	16,06	7,48		0,14	8,72	11,62	2,81	0,32	0,07	2,39	98,81
52		23022	АБ	53,56	1,15	15,06	11,93		0,22	3,93	6,44	3,8	0,5	0,13	2,01	98,83
53		230311	АБ	56,37	0,85	14,67	10,93		0,19	4,27	3,35	4,66	0,1	0,07	3,06	98,65
54		23033	АБ	57,32	0,65	13,00	9,42		0,17	5,55	5,89	5,15	0,18	0,07	1,14	98,67
55		23041	АБ	52,42	1,16	14,51	11,00		0,19	7,48	6,09	4,36	0,19	0,11	2,43	100
56		23042	АБ	56,32	0,79	14,47	10,17		0,17	4,31	6,65	3,8	0,24	0,07	1,76	98,88
57		230332	Б-мг	51,38	1,13	9,50	10,05		0,18	11,43	9,93	2,63	0,14	0,11	2,09	98,66
58		23068	П-ущ	39,89	1,25	14,65	11,94		0,17	6,19	12,02	2,27	0,22	0,15	9,79	98,64
59	23077	Б	50,55	1,03	14,24	12,15		0,26	6,82	7,37	3,82	0,16	0,11	2,24	98,85	
60	230771	Б-л	52,26	1,07	14,04	12,18		0,22	5,3	7,41	4,22	0,19	0,12	1,63	98,74	
61	230331	АБ	55,67	0,67	14,56	10		0,26	4,72	5,72	5,16	0,14	0,07	1,86	98,96	
62	Лист № 46- XXXIV (орешская толща)	1374-Б	Б-мг	45,2	2,74	14,19	2,94	7,24	0,12	7,36	12,38	2,42	0,38			94,97
63		1306-Б	ТБ	49,62	3,14	16,18	2,47	8,01	0,89	7,63	5,70	3,66	0,28			97,58
64		1307	Б	46,5	2,09	15,43	5,84	5,29	0,70	2,25	8,90	3,14	0,39			90,53
65		5055-3	АБ	52,26	2,12	11,48	1,83	7,08	0,07	10,74	9,18	2,40	0,38			97,54
66		240761	ПБ-щ	44,11	4,32	17,29	16,95	14,67	0,39	2,66	3,91	3,82	0,92	0,69	3,67	98,73
67		24081	Б	51,62	1,03	14,31	9,55	7,50	0,22	7,70	8,39	3,42	0,61	0,15	2,34	99,39
68		240931	ТА	54,63	1,34	17,30	7,90	3,79	0,25	3,68	3,59	6,02	0,23	0,28	3,75	98,97
69		241133	ПБ-о	47,79	0,36	14,25	7,42	5,15	0,19	11,68	13,03	1,28	0,04	0,15	3,20	99,44
70		230068	ДА	63,31	0,45	16,89	4,92	2,33	0,10	2,01	4,02	5,20	0,52	0,19	1,58	99,29
71		23011	ТБ	50,77	1,02	15,36	10,44	7,07	0,14	8,29	5,99	4,23	0,05	0,11	3,16	98,66
72		Лист № 46- XXIX (коярдская толща)	1015	Б	47,43	0,86	16,12	5,28	4,99	0,17	7,84	8,39	3,66	0,33	0,05	4,26
73	1016		Б	51,49	1,18	14,22	6,10	3,31	0,18	7,47	7,96	4,30	0,87	0,11	2,24	99,5
74	1101		Б	47,62	1,91	15,95	5,73	4,96	0,15	6,90	8,45	3,26	1,42	0,19	2,94	99,5
75	1100		Б	47,1	2,01	15,14	6,11	4,99	0,16	6,64	10,65	3,50	0,28	0,20	2,68	99,5
76	1000		Б	49,52	1,29	14,92	6,06	5,28	0,15	6,40	8,48	4,30	0,24	0,10	2,76	99,5
77	1014		Б	48,1	1,43	15,94	6,08	5,46	0,2	6,83	6,59	3,80	1,18	0,14	3,74	99,5
78	1013		Б	49,16	1,27	15,09	5,20	4,60	0,31	6,94	7,67	3,68	1,36	0,11	4,10	99,5
79	Хайлыг		8	П	29,30	1,20	19,18	1,93	8,69	0,04	24,41	1,41	0,14	0,10	0,29	13,1
80		5	П	31,21	1,95	13,22	4,15	6,14	1,26	28,06	2,43	0,14	0,05	0,21	11,4	100,24
81		1	П	39,72	0,02	0,94	4,44	1,93	0,05	38,10	0,88	0,20	0,05	0,02	13,5	99,86
82		2617э	Б	41,18	1,48	13,62	0,77	10,88	0,14	6,97	12,30	2,40	0,36	0,16	9,42	99,68
83		2743з	Б	44,26	2,54	12,54	1,90	11,06	0,42	11,11	5,96	1,50	0,40	0,25	8,83	100,77
84		2	П	44,80	0,08	1,44	1,29	6,03	0,21	29,29	7,50	0,14	0,07	0,03	7,99	98,87
85		1567-3	Б	44,94	2,04	13,46	1,33	11,57	0,17	8,67	10,17	3,40	0,85	0,28	3,51	99,34
86		24556	Б-в	45,05	2,19	11,89	2,59	10,79	0,13	9,67	8,41	1,75	2,01	0,31	5,84	99,66
87		2343	Б	45,99	1,94	14,13	2,86	11,28	0,16	7,60	9,08	3,40	0,70	0,13	3,83	100,29

продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
88	Хайлыг	2462б	Б	46,26	1,96	13,87	1,52	8,51	0,14	5,71	12,35	3,00	0,77	0,24	6,39	100,72
89		6	Б	46,28	1,24	13,20	6,14	7,25	0,20	6,92	14,56	1,90	0,14	0,13	2,05	100,01
90		681д	Б	46,42	2,24	13,29	2,26	10,92	0,17	8,57	7,45	3,20	0,40	0,44	4,28	99,64
91		2588в	Б	46,58	3,08	12,04	3,93	11,76	0,22	5,00	6,40	3,40	0,90	1,48	5,29	100,12
92		2423б	Б	46,63	4,48	14,91	2,42	11,05	0,11	4,91	5,18	4,38	0,63	0,59	4,74	100,03
93		2666г	Б	46,72	2,44	13,91	1,21	10,34	0,17	11,36	5,11	3,25	0,36	0,20	5,30	100,87
94		2739о	Б	47,00	2,88	13,96	1,47	10,56	0,23	5,26	7,46	2,80	1,15	0,74	6,72	100,23
95		2454д	Б	47,12	1,46	15,27	1,54	10,13	0,17	8,18	9,08	3,20	0,43	0,10	3,70	100,38
96		6519-2	Б	47,19	2,37	16,40	2,36	10,65	0,15	8,18	6,93	2,70	2,58	1,60	4,56	100,67
97		2565д	Б	47,71	2,06	14,37	1,51	10,85	0,14	7,10	6,91	2,95	0,82	0,30	5,31	100,30
98		6348-1	Б	47,74	1,88	12,58	1,17	11,02	0,14	10,11	6,42	3,50	1,07	0,27	4,79	100,69
99		2453г	Б	47,80	1,88	13,35	1,56	11,58	0,21	6,24	10,98	2,98	0,16	0,11	3,07	100,38
100		2660в	Б	47,82	1,96	12,73	3,12	8,37	0,18	10,72	8,12	2,85	0,34	0,26	4,14	100,61
101		2429б	Б	47,98	1,48	13,71	2,31	10,69	0,15	8,60	5,83	2,80	1,10	0,13	5,10	99,88
102		2840	Б-в	48,41	3,21	13,46	2,28	11,29	0,17	6,02	3,89	3,10	1,35	0,68	6,90	100,60
103		2584	Б	48,65	2,40	16,20	13,40	7,98	0,28	4,39	8,13	4,35	0,75	0,34	5,35	100,16
104		688ж	Б-в	48,86	4,32	13,87	1,54	11,12	0,12	4,02	6,31	2,80	1,88	0,62	2,68	99,54
105		2533б	Б	49,34	2,24	17,61	1,44	8,26	0,16	3,27	6,71	4,25	0,88	0,39	4,92	99,47
106		2667	Б	49,37	1,67	15,38	2,01	9,12	0,18	8,09	5,76	3,87	0,81	0,15	4,31	100,18
107		2358-а	Б-в	49,42	2,30	15,45	4,57	6,96	0,16	3,31	6,31	4,60	1,30	0,97	4,01	99,36
108		13	П	49,54	0,30	2,00	1,22	5,56	0,20	20,70	17,66	0,21	0,16	0,05	3,14	100,74
109		7039	Б	49,62	2,49	16,20	0,72	9,52	0,16	5,31	5,62	4,48	1,08	0,36	4,02	99,92
110		8946	Б	49,78	2,88	14,87	1,86	11,28	0,16	4,19	5,15	0,55	4,60	0,76	4,17	100,25
111		2651в	Б	49,84	1,88	15,45	1,50	9,63	0,24	7,60	3,25	4,10	0,55	0,21	4,91	99,16
112		751	Б	49,88	1,80	16,32	1,56	10,97	0,11	3,95	1,36	4,60	1,14	1,42	3,37	99,48
113		1576	Б	50,02	1,92	12,37	1,40	9,05	0,17	6,67	8,33	3,70	1,21	0,22	5,45	100,51
114		ЛТП-1	Б	50,30	1,06	19,40	1,59	4,95	0,16	6,31	5,71	1,95	2,37	0,31	4,40	94,11
115		679	Б	50,54	2,12	14,02	2,74	10,80	0,18	6,26	6,08	3,52	0,59	0,24	3,80	100,34
116		1568-4	Б	50,54	3,84	13,04	1,47	2,59	0,12	5,39	6,88	1,72	0,85	1,64	3,01	100,09
117		АТП-6	Б	51,30	0,03	21,60	1,42	5,01	0,46	6,07	4,24	2,61	6,37	0,22		99,33
118		2455а	Б	51,54	2,12	13,87	2,71	11,06	0,11	5,50	4,36	2,80	0,65	0,21	4,73	99,66
119		2667	Б	51,68	1,52	16,24	1,51	9,55	0,35	5,77	4,37	4,12	0,98	0,18	4,01	100,62
120		АТП-1	Б	52,00	0,65	19,50	1,34	5,21	0,10	7,13	4,73	1,62	4,77	0,03	1,84	97,08
122		1395	А	52,01	1,06	19,31	3,27	4,75	0,11	4,43	8,60	3,32	0,32	0,26	1,78	99,82
123		6350	Б	52,12	2,12	11,88	2,13	11,32	0,13	5,76	8,40	3,05	0,66	0,23	2,85	100,65
124		АТП-7	Б	52,20	0,40	21,30	1,98	5,35	0,53	4,10	5,13	2,16	4,37	0,43	0,44	97,95
125		АТП-3	Б	52,40	0,31	20,30	2,67	5,91	0,12	5,81	2,37	3,48	3,37	0,08	1,75	96,82
126		1621	Б	52,44	1,66	14,12	0,90	8,62	0,12	6,24	7,09	4,10	0,72	0,15	3,67	99,83
127		2403	Б	52,51	1,12	14,06	0,97	9,98	0,15	7,58	6,00	3,90	2,63	0,22	1,50	100,68
128		АТП-6	Б	52,60	1,04	22,00	3,94	5,33	0,51	4,19	4,80	1,89	2,37	0,25	0,56	99,48
129	АТП-8	Б	53,00	0,74	19,50	2,04	5,40	0,35	6,22	5,27	2,64	2,37	0,46	0,69	98,68	
130	АТП-9	Б	53,10	0,72	19,00	1,62	4,84	0,03	5,28	3,12	3,80	6,37	0,21	0,71	98,80	
131	ЛПГ-2	Б	53,30	2,80	20,00	3,52	5,09	0,11	3,36	4,56	2,38	2,37	0,27	0,96	98,72	
132	ЛТП-10	Б	53,50	0,34	19,20	5,62	5,00	0,51	3,03	4,65	1,26	5,37	0,11	0,73	99,32	
133	ЛТП-	Б	53,68	0,97	15,50	7,43	0,20	0,09	6,36	5,00	3,75	1,21	0,01	4,54	98,74	
134	3067-1	Б	53,70	0,11	19,10	1,57	1,87	0,07	4,78	10,90	5,81	0,03	0,01	1,81	99,76	
135	2338-6	Б	54,02	1,73	13,31	1,70	8,91	0,11	5,65	6,64	4,00	0,70	0,30	3,39	100,86	
136	12	П	54,26	0,13	0,66	1,19	6,68	0,13	32,08	1,76	0,17	0,09	0,04	3,30	100,48	
137	1397	А	55,14	1,53	15,91	7,23	2,94	0,23	3,22	3,39	4,10	1,80	0,32	3,43	99,24	
138	1567-д	А	56,90	1,90	13,21	1,70	8,91	0,07	5,07	4,47	2,60	1,40	0,39	3,71	100,33	
139	2608	Б	57,95	1,75	14,68	0,57	8,54	0,12	6,00	6,27	4,40	1,66	0,24	3,88	100,06	
140	7	П	59,00	0,06	0,99	0,98	4,16	0,00	27,52	0,74	0,11	0,05	0,03	5,85	99,49	

окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
141	Ореш	Б-298	Б	49,44	1,34	13,05	10,89		0,17	9,02	10,45	1,77	0,96	0,14	2,08	99,31	
142		Б-301	Б	48,68	1,62	13,94	12,04		0,20	8,47	10,16	2,26	0,39	0,18	2,18	100,12	
143	Коярд	Б-273	Б	46,88	3,10	14,15	13,66		0,20	4,54	8,63	4,46	0,38	0,48	3,93	100,41	
144		Б-278	Б	49,70	1,72	14,49	11,28		0,14	3,45	10,64	4,57	0,54	0,20	3,63	100,36	
145		КК-17/16	Б	44,89	2,18	14,19	11,75		0,15	4,74	11,05	4,44	0,07	0,28	5,46	99,73	
146		КК-18/16	Б	46,13	2,88	13,28	12,82		0,17	4,04	9,74	4,51	0,26	0,46	4,64	99,58	
147		КВ-7/16	Б	44,41	2,05	18,92	9,33		0,11	3,00	13,55	2,92	0,33	0,43	3,95	99,14	
148		КВ-11/16	Б	47,44	1,38	14,15	11,28		0,16	9,22	9,66	2,70	0,12	0,15	2,93	99,38	
149		КК-2/16	Б	51,94	1,40	13,10	8,89		0,13	8,12	8,85	4,24	0,06	0,16	1,86	99,27	
150		КК-4/16	Б	50,10	1,83	13,42	11,11		0,16	7,31	8,61	3,72	0,22	0,25	2,92	99,83	
151		КК-5/16	Б	47,91	2,16	13,72	11,02		0,16	9,01	9,49	2,71	0,42	0,27	2,65	99,66	
152		Изинзоль	КИ-19а/15	Б	46,94	1,82	14,72	14,97		0,33	5,70	9,11	3,58	0,08	0,28	2,69	100,23
153			КИ-19б/15	Б	48,16	0,63	14,85	11,6		0,26	8,54	10,30	3,26	0,22	0,09	2,30	100,22
154	КИ-19в/15		Б	48,23	0,76	17,23	11,54		0,17	5,78	9,76	3,75	0,23	0,17	2,62	100,24	
155	КИ-19г/15		Б	50,79	1,60	14,50	15,7		0,23	4,33	5,75	5,15	0,28	0,26	1,55	100,14	
156	КИ-330/2		Б	46,23	1,42	15,85	11,87		0,19	4,01	15,38	0,85	0,14	0,22	3,93	100,14	
157	КИ-331/1		Б	47,94	1,69	14,16	14,03		0,27	6,26	10,70	3,04	0,06	0,24	1,92	100,38	
158	КИ-330/1		Б	46,46	1,47	14,08	14,06		0,22	6,03	9,68	3,07	0,08	0,18	4,70	100,09	
159	КИ-330/5		Б	48,35	0,95	12,68	11,73		0,20	9,85	10,49	2,26	0,18	0,11	3,31	100,13	
160	КИ-330/3		Б	48,96	1,45	14,49	13,1		0,21	5,60	9,96	3,28	0,47	0,22	2,36	100,15	
161	Шет-Хем	КШ-1/15	Б	52,72	1,27	14,37	11,87		0,19	6,38	6,83	4,95	0,40	0,13	0,90	100,01	
162		КШ-2/15	Б	51,60	1,37	15,03	9,96		0,17	5,88	8,84	4,30	0,20	0,14	2,57	100,07	
163		КШ-4/15	Б	56,39	1,52	14,73	12,43		0,11	2,84	2,39	6,05	0,11	0,25	3,37	100,21	
164		КШ-5/15	Б	49,90	1,10	14,86	12,3		0,17	7,00	4,48	5,57	0,05	0,22	4,68	100,33	
165		КШ-6/15	Б	52,28	1,38	13,71	13,51		0,17	4,81	4,78	5,57	0,44	0,24	3,48	100,36	
166		КШ-7/15	Б	45,21	1,58	13,61	14,12		0,27	9,09	7,74	2,98	0,43	0,13	5,13	100,28	
167	Октябрьское	КО-13/15	Б	49,94	1,04	15,41	13,87		0,17	4,51	8,60	3,68	0,03	0,09	2,96	100,27	

Примечание. Породы: А — андезит, АБ — андезибазальт, АБ-п — андезит-базальтовый порфирит, Б — базальт, Б-л — базальт лейкократовый, Б-лщ — базальт лейцитовый щелочной, Б-мг — базальт магнезиальный, Бн — бонинит, Б-п — базальтовый порфирит, Б-в — вариолит, Б-пв — базальтовый порфирит вариолитовый, Б-пл — базальт плагиоклазовый, Б-пм — базальтовый порфирит миндалекаменный, Г — габбро, ГД — габбродиабаз, ГДр — габбродиорит, Г-мк — микрогаббро, Г-ро — габбро роговообманковое, Д — диабаз, ДА — дациандезит, Д-мк — микродиабаз, Д-п — диабазовый порфирит, Др — диорит, О — одинит, П — пикрит, ПБ-о — пикробазальт основной, ПБ-щ — пикробазальт щелочной, П-ущ — пикрит умеренно-щелочной, С — спилит, ТАБ — трахиандезиобазальт, ТБ — трахибазальт, Q Б-п — кварцевый базальтовый порфирит, Q Др — кварцевый диорит, Q Др-м — кварцевый метадiorит.

**Дайки Западной Тувы:** анализ 1–3 — по: Кембрийская..., 1970, 4–13 — по: Зайков, 1971, 14–38 — по: Гончаренко и др., 1993, 39–48 — по: Куренков и др., 2002, 49–55 — данные авторов статьи.

**Лавы Западной Тувы:** анализ 1–4, 12–13 — по: Зайков, 1971, 5–11, 14–17 — по: Кембрийская..., 1970, 18–35 — Гончаренко и др., 1993, 36–70 — данные авторов статьи.

**Дайки Куртушибинского хребта:** анализ 1–4 — по: Семенов и др., 2019, 5–30 — по: Куренков и др., 2002, 31–39 — данные авторов статьи.

**Лавы Куртушибинского хребта:** анализ 1–36 — по: Кембрийская..., 1970, 37–71 — по: Семенов и др., 2019, 72–78 — по: Попов и др., 2003, 79–140 — по: Оябрь и др., 2013, 141–144 — по: Волкова и др., 2009, 145–167 — данные авторов статьи.

Авторские анализы (наши данные) выполнены методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) в Институте геохимии СО РАН (Иркутск) и Институте геологии и минералогии СО РАН (Новосибирск). Пустая ячейка — анализ не проводился.

Дайки основного состава Западной Тувы охарактеризованы 48-ю петрохимическими анализами (см. табл. 1). По дайкам основного состава из участка Шат имеется 26 петрохимических анализов, участка Барлык — 12, Аржаан — 4, участков Ак-Суг и Копсек — по 3, Шом-Шум, Алаш, Тлангара — по 2, Уттуг-Хая — 1. Геологическое строение как данного участка, так и участков Барлык, Аржаан и Копсек определяется локализациями в них офиолитовой ассоциации (Зайков, 1971; Перфильев и др., 1987; Щербаков, 1991; Симонов, 1993; Гончаренко и др., 1993; Куренков и др., 2002).

Необходимо отметить, что в работе А.И. Гончаренко и его коллег (1993) Шатский массив называется Хопсекским, а Копсепский массив — Хонделенским.

Основные дайки диабазового, реже — габбро-диабазового и микрогаббрового состава, слагают разнориентированные комплексы параллельных даек типа «дайка в дайке» двух или более генераций, что, в частности, характерно для Шатского офиолитового массива, представляющего собой наиболее изученный фрагмент офиолитовой ассоциации Западной Тувы (Перфильев и др., 1987; Щербаков, 1991; Куренков и др., 2002). Офиолиты Западной Тувы представлены в виде офиолитовых аллохтонов (Шатский, Копсепский и Барлыкский / Ак-Хемский массивы), олистостромы и офиолитокластовых конгломератов (Щербаков, 1991). В Шатском массиве присутствуют также единичные дайки среднего состава типа андезитов и диоритоидов, и кислого состава типа плагиогранитов.  $Ar-Ar$  датировка возраста офиолитов по амфиболу из габбро участка Шат (Шатский массив) составила  $578 \pm 6$  млн л. (Монгуш и др., 2011). Породообразующие минералы дайковых пород частично замещены вторичными минералами, первичные магматические микроструктуры пород сохранены (зеленокаменное изменение пород).

Лавы основного состава Западной Тувы охарактеризованы 70-ю петрохимическими анализами, в т. ч.: по участку Шат — 17, Уттуг-Хая — 14, Копсек / Хонделен — 10, Барлык и Тлангара — по 6, Ак-Довурак — 5, Аныяк-Ооруг — 4, Ак-Суг и Буура — по 3, Аржаан и Сарыг-Таш — по 1 (см. табл. 1). Все лавы являются составной частью алдынбулакской толщи (свиты) венд-нижнекембрийского возраста (Кембрийская..., 1970; Зайков, 1971; Гончаренко и др., 1993), широко представленной как в виде относительно хорошо сохранившихся «целиковых» толщ, так и в составе олистостромы и меланжа (Берзин, 1979, 1987). Алдынбулакская толща обычно отделена от офиолитов олистостромой и зонами меланжа, что наиболее хорошо видно в северном обрамлении Шатского офиолитового массива (Перфильев и др., 1987; Щербаков, 1991). Лавы базальтов нигде не отмечены в виде комплекса, согласно сменяющего дайковый комплекс офиолитов, т. е. отмечаются только тектонические взаимоотношения лав базальтов с дайковым комплексом и нижними членами офиолитового разреза.

Алдынбулакские базальты, по нашим данным, — это мелкоминдалекаменные (0,01–2 мм), афировые и порфиновые лавы, имеющие, как правило, подушечную отдельность, и в той или иной степени затронутые зеленокаменными изменениями (вторичные минералы занимают до половины площади шлифа). Для основной массы характерны интерсертальные микроструктуры. В порфиновых выделениях плагиоклаз с размерами 0,5–6,0 мм, а в базальтах участка Буура встречаются и хлоритовые микропорфиновые выделения (0,5 мм) с характерным оливковым габитусом зёрен (оливин присутствует и в нормативном составе породы).

Дайки основного состава Куртушибинского хребта охарактеризованы 39-ю петрохимическими анализами, в т. ч. по участку Коярд — 29, участку Хут — 6 и по площади листа N-46-XXXIV (Туран) — 4 (см. табл. 1). Все они представляют породы дайкового комплекса куртушибинской офиолитовой ассоциации. Геологическое строение куртушибинских офиолитов рассматривалось в работах (Добрецов, Пономарева, 1977; Сибилев, 1980; Симонов, 1993; Куренков и др., 2002; Волкова и др., 2009; Монгуш, 2019; Семенов и др., 2019; и др.). Дайки представляют собой разнориентированные комплексы параллельных даек типа «дайка в дайке» по меньшей мере двух генераций, сложенные зеленокаменно изменёнными диабазами, габбро-диабазами, габбро и бонинитами, что детально изучено на участке Коярд (Симонов и др., 1994; Куренков и др., 2002).

Лавы основного состава Куртушибинского хребта охарактеризованы 167-ю петрохимическими анализами, в т. ч. по участку Хаялыг — 61, Урбун-Золотая — 24, Шом-Шум — 12, Коярд и Изинзюль — по 9, Шет-Хем — 6, Ореш — 2, Октябрьское — 1, по площади листа N-46-XXXIV — 35, листа N-46-XXIX — 7 (см. табл. 1). Все эти породы ранее выделялись в составе вендской чингинской свиты

двучленного строения, где нижняя подsvита преимущественно базальтовая, а верхняя — преимущественно осадочная (Добрецов, Пономарева, 1977). В настоящее время чингинская свита исключена из легенды государственной геологической карты как невалидная (Митинская, 1997). Вместо неё выделяют R<sub>3</sub> коярдскую (условно валидная), V? макаровскую и C<sub>1</sub> орешскую толщи. Для коярдской толщи характерны в целом эффузивы основного состава, в незначительном количестве в виде единичных прослоев присутствуют кварциты и кремнистые сланцы (лидиты). Отмечается полное отсутствие пирокластических пород, приуроченность к офиолитовым гипербазитам и габброидам. Макаровская толща сложена кварцитами, кремнистыми (лидиты), углеродисто-кремнистыми, глинисто-кремнистыми, глинистыми (филлиты) сланцами, метаэффузивами основного состава, их метатуфами, апобазальтовыми сланцами, метатуфопесчаниками, метатуфоалевролитами. В строении орешской толщи принимают участие преимущественно сланцы глинисто-кремнистого, кремнистого, углеродисто-кремнистого составов (иногда с прослоями кварц-хлорит-гидрослюдистых сланцев), отмечаются прослои кварцитов, метаэффузивов основного состава, их метатуфов, кремнеподобных метаалевролитов, метапесчаников и мраморизованных известняков (Семенов и др., 2019).

Чингинская (коярдская) свита согласно залегает на офиолитах (Добрецов, Пономарева, 1977; Дятлова, 2022), при этом пиллоу-лавы базальтов в верхней части разреза офиолитов по ручью Каскадному в верховьях Левого Коярда характеризуются низкотитанистым, сильно деплетированным составом (Волкова и др., 2009), а чингинские базальты, как будет показано ниже, большей частью высокотитанистые. В чингинской (по Н.Л. Добрецову) свите, в ассоциации со сланцами и умеренно- и высокотитанистыми базальтами, залегают также лавы пикритоидного состава (Оябрь и др., 2013; Дятлова, 2022; наши неопубликованные данные 2022 года).

Имеющиеся в нашем распоряжении чингинские базальты — это массивные или рассланцованные, афировые или порфиоровые (0,5–2,5 мм выделения плагиоклаза и клинопироксена), часто мелкоминдалекаменные (0,3–2,5 мм) базальты. Иногда в обнажениях угадываются очертания подушечных лав. Во многих местах они превращены в альбит-хлорит-эпидот-актинолитовые сланцы. В то же время, характерны и зеленокаменные изменения с реликтами первичных микроструктур (офитовой, вариолитовой).

**ПЕТРОХИМИЯ.** Всего нами обработано 328 петрохимических анализов, из них: 254 заимствованных и 74 наших анализов; 93 анализа даек, 235 — лав; 125 — по Западной Туве, 203 — по Куртушибинскому хребту (см. табл. 1).

Дайки Западной Тувы (рис. 2) по петрохимическому составу соответствуют базальтам, андезибазальтам, андезитам, редко — трахибазальтам и трахиандезибазальтам (см. рис. 2 а), а также бонинитам (см. рис. 2 в). Эти породы относятся к толеитовой и низкокалиевой (преобладают), а также, в меньшей степени, известково-щелочной и умереннокалиевой, редко — высоко- и ультракалиевой сериям (см. рис. 2 б, г).

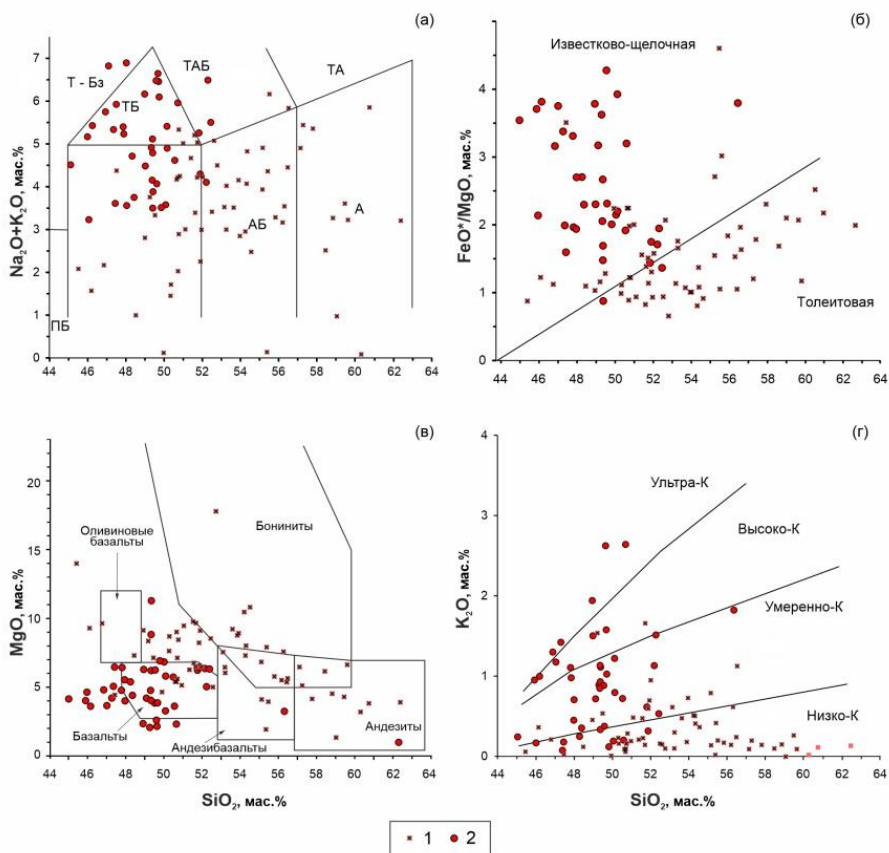


Рисунок 2. Петрохимические классификационные диаграммы для даек (1) и лав (2) Западной Тувы

Условные обозначения к рис. 2

(а) —  $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$  (Le Vas et al., 1986), поля составов: А — андезитов, АБ — андезибазальтов, Б — базальтов, ПБ — пикробазальтов, Т-Бз — тефритов-базанитов, ТА — трахиандезитов, ТАБ — трахиандезибазальтов, ТБ — трахибазальтов; (б) —  $\text{SiO}_2 - \text{FeO}^* / \text{MgO}$  (Классификация..., 1981); (в) —  $\text{SiO}_2 - \text{MgO}$  (Симонов и др., 1994); (г) —  $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O}$  (Классификация..., 1981). Здесь и далее диаграммы построены с использованием данных таблицы 1; при построении диаграмм использованы составы пород, пересчитанные на сухой остаток.

Лавы Западной Тувы соответствуют в основном трахибазальту и базальту, редко — тефриту — базаниту, трахиандезибазальту и андезибазальту (см. рис. 2 а, в). Они преимущественно относятся к известково-щелочной серии (см. рис. 2 б), а содержания калия в них варьируют от низко- до ультракалиевых разновидностей (см. рис. 2 г).

Составы даек Куртушибинского хребта (рис. 3) в основном попадают в поля андезибазальта (преобладают), базальта и андезита, редко — в субщелочную область (рис. 3 а). На диаграмме  $\text{SiO}_2 - \text{MgO}$  значительная часть точек составов лежит в поле бонинитов (см. рис. 3 в). Куртушибинские дайки преимущественно относятся к толейтовой и низкокалиевой сериям (см. рис. 3 г).

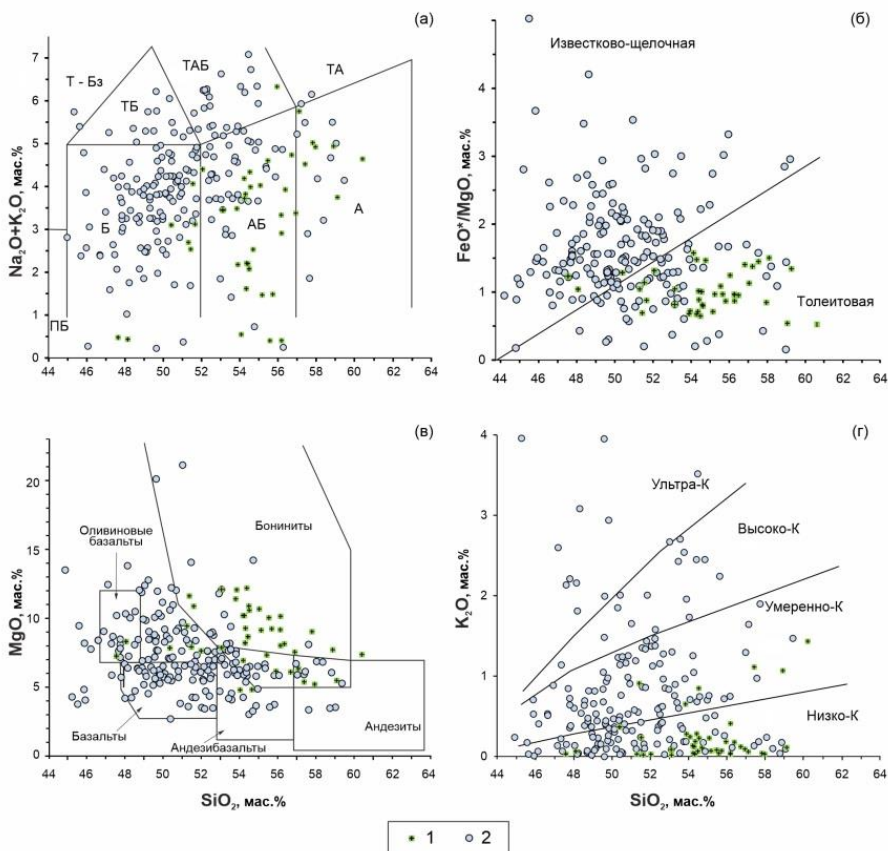


Рисунок 3. Петрохимические классификационные диаграммы  $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{SiO}_2 - \text{FeO}^*/\text{MgO}$ ,  $\text{SiO}_2 - \text{MgO}$ ,  $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O}$  для даек (1) и лав (2) Куртушибинского хребта

Условные обозначения см. на рисунке 2.

Составы лав Куртушибинского хребта на классификационных диаграммах образуют обширные поля. Так, на диаграмме  $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$  они охватывают поля составов базальта, андезибазальта, андезита и их субщелочных разновидностей, а также единичные точки в полях тефрита – базанита и пикробазальта (за пределами рис. 3 а). Небольшая часть базальтов соответствует составу бонинитов (см. рис. 3 в). Лавы Куртушибинского хребта имеют толеитовую и известково-щелочную специализацию, содержания калия в них варьируют от низко- до ультракалиевых разновидностей (см. рис. 3 г).

По показателю глинозёмистости  $al' = \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{FeO} + \text{F}_2\text{O}_3 + \text{MgO})$  дайки и лавы Западной Тувы и Куртушибинского хребта в целом являются умеренно-глинозёмистыми: во всех четырёх группах (дайках и лавах двух районов) среднее значение  $al'$  составляет от 0,84 до 0,89, при том, что для умеренно-глинозёмистых базитов  $al' = 0,75 - 1$  (Классификация..., 1981).

Средний показатель магнезиальности  $Mg\# = 100 \times (\text{MgO} / 40,3) / ((\text{MgO} / 40,3) + (\text{FeO} \times 0,9) / 71,85)$  для даек Западной Тувы составляет 60, даек Куртушибинского хребта — 64, для лав Западной Тувы — 55, лав Куртушибинского хребта — 56 (с учётом единичных составов куртушибинских пикротриодов, см. табл. 1).

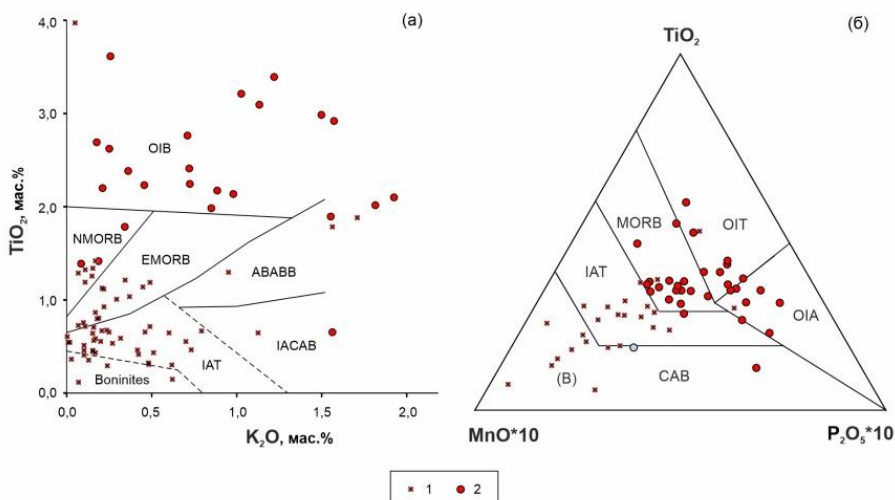


Рисунок 4. Дискриминантные диаграммы для даек (1) и лав (2) Западной Тувы  
(а) —  $K_2O - TiO_2$  (Куренков и др., 2002); (б) —  $MnO - TiO_2 - P_2O_5$  (Mullen, 1983)

Поля составов пород: OIB — базальты океанических островов, NMORB — базальты срединно-океанических хребтов (СОХ), EMORB — обогащённые базальты СОХ и базальты задуговых бассейнов, ABABB — аномальные (обогащённые) базальты задуговых бассейнов, IAT — островодужные толеиты, IACAB — известково-щелочные базальты островных дуг, (B) — бониниты, CAB — известково-щелочные базальты, MORB — базальты СОХ, OIT — толеиты океанических островов, OIA — щелочные базальты океанических островов.

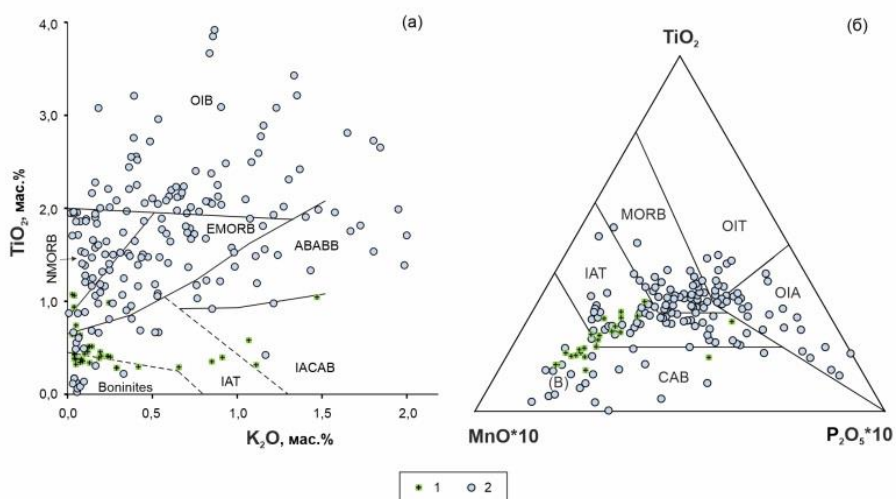


Рисунок 5. Дискриминантные диаграммы  $K_2O - TiO_2$  и  $MnO - TiO_2 - P_2O_5$   
для даек (1) и лав (2) Куртушибинского хребта

Условные обозначения см. на рисунке 4.

На дискриминантной диаграмме  $K_2O - TiO_2$  (рис. 4) составы даек Западной Тувы располагаются в полях нормальных и обогащённых базальтов СОХ и островодужных толеитов, часть точек находится в поле бонинитов, единичные составы — в полях известково-щелочных базальтов островных дуг и аномальных базальтов задуговых бассейнов (см. рис. 4 а). Примерно такая же закономерность наблюдается и на диаграмме  $MnO - TiO_2 - P_2O_5$  (см. рис. 4 б). На этих же диаграммах составы даек Курту-



шибинского хребта располагаются преимущественно в полях бонинитов и островодужных толеитов (рис. 5).

На дискриминантной диаграмме  $K_2O - TiO_2$  (рис. 5) составы лав Западной Тувы располагаются в основном в поле базальтов океанических островов, часть точек находится в полях нормальных базальтов СОХ, известково-щелочных базальтов островных дуг и аномальных базальтов задуговых бассейнов (см. рис. 5 а). На диаграмме  $MnO - TiO_2 - P_2O_5$  лавы Западной Тувы соответствуют составам толеитов и щелочных базальтов океанических островов и базальтам СОХ, единичные составы попадают в поля толеитовых известково-щелочных базальтов островных дуг (см. рис. 5 б). На этих же диаграммах составы лав Куртушибинского хребта обнаруживают широкие вариации составов, располагаясь с примерно одинаковой концентрацией практически во всех полях базальтов типовых геодинамических обстановок за исключением известково-щелочных базальтов островных дуг, в поле которых попадают лишь единичные составы куртушибинских лав.

**ОБСУЖДЕНИЕ.** Петрохимический состав венд-нижнекембрийских дайковых и лавовых пород основного состава свидетельствует об определённых различиях в составе даек с одной стороны, и лав с другой. Отсутствуют принципиальные различия между дайками Западной Тувы и Куртушибинского хребта, и между лавами Западной Тувы и Куртушибинского хребта, хотя некоторые частные различия имеются. В частности, по сравнению с дайками Западной Тувы, в дайках Куртушибинского хребта высока доля крайне низкощелочных, низкокалиевых, низкотитанистых и высокомагнезиальных (бонинитов) разновидностей. Лавы Западной Тувы соответствуют составам океанических базальтов (базальты СОХ, базальты океанических островов, океанические базальты толеитовые и щелочные), а лавы Куртушибинского хребта, в дополнение к этому, составам обогащённых базальтов СОХ и задуговых бассейнов, толеитовых и известково-щелочных базальтов островных дуг, а также бонинитов. Имеющиеся различия между базитами (дайками + лавами) Западной Тувы и Куртушибинского хребта могут быть обусловлены латеральной зональностью магматизма.

Ранее было высказано предположение, что высокотитанистые базальтовые лавы Западной Тувы (алдымбулакская толща) и Куртушибинского хребта (чингинская толща), тектонически контактирующие с офиолитами, являются продуктом плавления обогащённой мантии на стадии зарождения зоны субдукции и непосредственно не связаны с палеоспрединговыми процессами офиолитогенеза, ответственными за формирование относительно более низкотитанистых разновидностей базитов (Монгуш, 2016). Обоснованием этого предположения могут служить данные о генезисе наиболее ранних мантийных пород ряда мезозойских и кайнозойских островодужных систем мира (Bebien et al., 2000; Reagan et al., 2010; Whattam, Stern, 2011; Dilek, Furnes, 2011; Yagodzinski et al., 2018; Shervais et al., 2019). Обобщая данные из вышеуказанных источников, мы полагаем, что неоднородность петрохимических составов изученных даек и лав обусловлена процессами эволюции мантийных магм от OIB-подобных до MORB-подобных составов как результат различных степеней плавления разноглубинной и неоднородной мантии под влиянием различных геодинамических процессов (декомпрессия, дегидратация слэба) на стадии зарождения зоны субдукции. При этом продукты плавления глубинной обогащённой мантии представлены в виде лав базальтов, которые на диаграммах типовых геодинамических обстановок попадают в поля обогащённых базальтов СОХ или внутриплитных океанических базальтов. В то же время, продукты плавления деплетированной мантии представлены в основном палеоспрединговыми офиолитами, в частности, дайками. В специальном изучении нуждаются лавы пикритов в Куртушибинском хребте.

**ВЫВОДЫ.** Венд-нижнекембрийские дайки основного состава Западной Тувы и Куртушибинского хребта преимущественно относятся к толеитовой, низкощелочной, низкокалиевой и низко- и умереннотитанистой сериям. Их образование связано с

палеоспреди́нговыми процессами офиолито́генеза на ранней стадии субдукции.

Венд-нижнекембрийские лавы Западной Тувы и Куртушибинского хребта обнаруживают более широкие вариации петрохимического состава, при этом большинство их составов соответствуют известково-щелочной, низко- и субщелочной, умереннокалиевой (при вариациях от низко- до ультракалиевой), умеренно- и высокотитанистой сериям. Образование основной массы базальтовых лав может быть связано с декомпрессионным плавлением обогащённой мантии на начальной стадии развития зоны субдукции.

## ЛИТЕРАТУРА

- Берзин Н.А.* Меланжево-олистостромовая ассоциация Хемчикско-Сыстыгхемской зоны Тувы // Главные тектонические комплексы Сибири. – Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1979. – С. 104–129.
- Берзин Н.А.* Геодинамическая обстановка формирования кембрийских олистостром Хемчикско-Сыстыгхемской зоны Тувы // Геология и геофизика. – 1987. – № 1. – С. 3–11.
- Берзин Н.А., Кунгурцев Л.В.* Геодинамическая интерпретация геологических комплексов Алтае-Саянской области // Геология и геофизика. – 1996. – Т. 37. – № 1. – С. 63–81.
- Велинский В.В., Вартанова Н.С.* Особенности петрохимии офиолитового вулканизма Тувы // Петрология гипербазитов и базитов Сибири, Дальнего Востока и Монголии. – Новосибирск: Наука, 1980. – С. 131–147.
- Волкова Н.И., Ступаков С.И., Бабин Г.А., Руднев С.Н., Монгуш А.А.* Подвижность редких элементов при субдукционном метаморфизме (на примере глаукофановых сланцев Куртушибинского хребта, Западный Саян) // Геохимия. – 2009. – Т. 47. – № 4. – С. 401–414.
- Гончаренко А.И., Чернышев А.И., Возная А.А.* Офиолиты Западной Тувы (строение, состав, петроструктурная эволюция). – Томск: ТГУ, 1994. – 125 с.
- Добрецов Н.Л., Пономарева Л.Г.* Офиолиты и глаукофановые сланцы Западного Саяна и Куртушибинского пояса // Петрология и метаморфизм древних офиолитов (на примере Полярного Урала и Западного Саяна). – Новосибирск: Наука, 1977. – С. 128–156.
- Дятлова И.Н.* Новое в геологическом строении и стратиграфии Куртушибинской структурно-формационной зоны Западного Саяна в пределах Верхнеамыльского золоторудного узла // Природные ресурсы, среда и общество: электрон. науч. журн. [Электрон. ресурс]. – Кызыл: ТуВИКОПР СО РАН, 2022. – № 4 (16). – С. 21–37. – Режим доступа: <http://tikopr-journal.ru/>, свободный
- Зайков В.В.* О нижнекембрийских субвулканических интрузиях левобережья р. Хемчик (Западная Тува) // Материалы по геологии Тувинской АССР. Вып. II. – Кызыл: Тув. кн. изд-во, 1971. – С. 38–49.
- Кембрийская тектоника и вулканизм Тувы* / Ред. И.В. Лучицкий. – М.: Наука, 1970. – 158 с.
- Классификация и номенклатура магматических горных пород.* – М.: Недра, 1981. – 160 с.
- Куренков С.А., Диденко А.Н., Симонов В.А.* Геодинамика палеоспреди́нга. – М.: ГЕОС, 2002. – 294 с.
- Митинская Т.С.* Легенда Западно-Саянской серии листов Государственной геологической карты Российской Федерации м-ба 1 : 200 000 (издание второе): Объясн. зап. (объясн. зап. четвертичных отложений). – Кызыл, 1997. – 123 с. Тыв. фил. ФБУ «ТФГИ по СФО». – Инв. № 2224.
- Монгуш А.А.* Базальтовые комплексы Саяно-Тувинской преддуговой зоны: геологическое положение, геохимия, геодинамика // Состояние и освоение природных ресурсов Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии. Эколого-экономические проблемы природопользования: Вып. 14 / Отв. ред. докт. геол.-мин. наук В.И. Лебедев. – Кызыл: ТуВИКОПР СО РАН, 2016. – С. 74–94.
- Монгуш А.А., Лебедев В.И., Травин А.В., Ярмолюк В.В.* Офиолиты Западной Тувы — фрагменты поздвендской островной дуги Палеоазиатского океана // ДАН. – 2011. – Т. 438. – № 6. – С. 796–802.
- Монгуш А.А.* Геологическое положение, геохимический и Sm-Nd изотопный состав офиолитов Саяно-Тувинской преддуговой зоны // Изв. Иркутского гос. ун-та. Серия: Науки о Земле. – 2019. – Т. 30. – С. 56–75. – DOI: <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2019.30.56>.

- Ояберь В.К., Зобов Н.Е., Корнев Т.Я.* Поисковые работы на рудное золото в пределах Хайлыкского рудного узла (Красноярский край): Отч. по объекту. – Красноярск: КНИИГиМС, 2013. – Красноярский фил. ФБУ «ТФГИ по СФО». – Инв. № 32044.
- Перфильев А.С., Симонов В.А., Батанова В.Г., Куренков С.А., Херасков Н.Н.* Геологическое строение Шатского офиолитового массива // Комплексные геологические исследования Сангилена (Юго-Восточная Тува). – Новосибирск, 1987. – С. 97–107.
- Пинус Г.В.* Петрохимическая и геохимическая характеристика кембрийских эффузивов Тувы // Геохимия. – 1959. – № 1.
- Пинус Г.В.* Нижнекембрийский вулканизм Тувы. – Новосибирск: СО АН СССР, 1961. – 120 с.
- Попов В.А., Митус А.И., Нечаева С.П.* Государственная геологическая карта Российской Федерации м-ба 1 : 200 000. Изд. 2-е. Серия Западно-Саянская. Лист N-46-XXIX (Верхний Амыл): Объясн. зап. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2003. – 135 с.
- Семенов М.И., Зорина А.Н., Коляжкин В.М., Качевский Л.К., Кротова Т.А., Александровский Ю.С.* Государственная геологическая карта Российской Федерации м-ба 1 : 200 000. Издание второе. Серия Западно-Саянская. Лист N-46-XXXIV (Туран): Объясн. зап. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2019. – 188 с.
- Сибилев А.К.* Петрология и асбестоносность офиолитов (на примере Иджимского массива в Западном Саяне). – Новосибирск: Наука, 1980. – 213 с.
- Симонов В.А.* Петрогенезис офиолитов: Термобарогеохимические исследования. – Новосибирск: ОИГМ СО РАН, 1993. – 247 с.
- Симонов В.А., Добрецов Н.Л., Буслов М.М.* Бонинитовые серии в структурах Палеоазиатского океана // Геология и геофизика. – 1994. – № 7–8. – С. 182–199.
- Щербаков С.А.* Офиолиты Западной Тувы и их структурная позиция // Геотектоника. – 1991. – № 4. – С. 88–101.
- Bebien J., Dimo-Lahitte A., Vergely P., Insergueix-Filippi D., Dupeyrat L.* Albanian ophiolites. I—Magmatic and metamorphic processes associated with the initiation of a subduction // *Ophioliti*. – 2000. – Vol. 25 (1). – P. 39–45.
- Berzin N.A.* Preliminary terrane and overlap assemblage map of Altai-Sayan region // Preliminary publications book 1 from project on mineral resources, metallogenesis, and tectonics of North-east Asia. Open-File Report 99–165. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. – 1999.
- Dilek Y, Furnes H.* Ophiolite genesis and global tectonics: Geochemical and tectonic fingerprinting of ancient oceanic lithosphere // *Geological Society of America Bulletin*. – 2011. – Vol. 123 (3/4). – P. 387–411.
- Le Bas M.J., Le Maitre R.W., Streckeisen A., Zanettin B.* A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram // *Journ. of Petrology*. – 1986. – Vol. 27. – № 3. – P. 745–750.
- Mullen E.D.* MnO/TiO<sub>2</sub>/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: a minor element discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogenesis // *Earth and Planetary Science Letters*. – 1983. – Vol. 62. – P. 53–62.
- Reagan M.K., Ishizuka O., Stern R.J., Kelley K.A., Ohara Y., Blichert-Toft J., Bloomer S.H., Cash J., Fryer P., Hanan B.B., Hickey-Vargas R., Ishii T., Kimura J.-I., Peate D.W., Rowe M.C., Woods M.* Fore-arc basalts and subduction initiation in the Izu-Bonin-Mariana system // *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. – 2010. – Vol. 11 (3). – P. 1–17. Q03X12
- Shervais J.W., Reagan M., Haugen E., Almeev R.R., Pearce J.A., Prytulak J. et al.* Magmatic response to subduction initiation: Part 1. Fore-arc базальты of the Izu-Bonin arc from IODP Expedition 352 // *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. – 2019. – Vol. 20. – P. 314–338.
- Whattam S.A., Stern R.J.* The ‘subduction initiation rule’: a key for linking ophiolites, intra-oceanic forearcs, and subduction initiation // *Contrib Mineral Petrol*. – 2011. – Vol. 162. – P. 1031–1045.
- Yogodzinski G.M., Bizimis M., Hickey-Vargas R., McCarthy A., Hocking B.D., Savov I.P., Arculus R.* Implications of Eocene-age Philippine Sea and forearc базальты for initiation and early history of the Izu-Bonin-Mariana arc // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – 2018. – Vol. 228. – P. 136–156.

## REFERENCES

- Berzin N.A. Melanzhevo-olistostromovaia assotsiatsiia Khemchiksko-Systyghemskoi zony Tuvy [Melange-olistostromic association of the Khemchik-Systyghemsky zone of Tuva]. *Glavnye tektonicheskie komplekxy Sibiri = Main tectonic complexes of Siberia*. Novosibirsk, Institute Geology and Geophysics SB of the USSR Publ., 1979, pp. 104–129. (In Russ.)
- Berzin N.A. Geodinamicheskaya obstanovka formirovaniia kembriiskikh olistostrom Khemchiksko-Sistyghemskoi zony Tuvy [The geodynamic setting of formation of the Cambrian olistostrome in the Khemchik-Systyghemsky zone of Tuva]. *Geologiya i geofizika = Russian Geology and Geophysics*, 1987, vol. 28, no. 1, pp. 3–11. (In Russ.)
- Berzin N.A., Kungurtsev L.V. Geodinamicheskaya interpretatsiia geologicheskikh kompleksov Altae-Saianskoi oblasti [Geodynamic interpretation of Altai-Sayan geological complexes]. *Geologiya i geofizika = Russian Geology and Geophysics*, 1996, vol. 37, no. 1, pp. 56–73. (In Russ.)
- Dobretsov N.L., Ponomareva L.G. *Ofiolity i glaukofanovyie slantsy Zapadnogo Saiana i Kurtushibinskogo poiasa* [Ophiolites and glaucophane schists of the Western Sayan and Kurtushibinsky belt]. *Petrologiya i metamorfizm drevnikh ofiolitov (na primere Polyarnogo Urala i Zapadnogo Saiana) = Petrology and metamorphism of ancient ophiolites (the Polar Urals and Western Sayan case study)*. Novosibirsk: Nauka Publ., 1977, pp. 128–156. (In Russ.)
- Dyatlova I.N. Novoe v geologicheskom stroenii i stratigrafii Kurtushibinskoi strukturoformatsionnoi zony Zapadnogo Saiana v predelakh Verkhneamyl'skogo zolotorudnogo uzla [New in the geological structure and stratigraphy of the Kurtushibinsky structural-formation zone of the Western Sayan within the Verkhneamyl'sky gold ore cluster]. *Prirodnye resursy, sreda i obshchestvo = Natural resources, Environment and Society*. 2022, no. 4 (16), pp. 21–37. Available at: <http://tikopr-journal.ru/>. (In Russ.)
- Goncharenko A.I., Chernyshev A.I., Voznaya A.A. *Ofiolity Zapadnoi Tuvy (stroenie, sostav, petrostrukturnaya evolyutsiia)* [Ophiolites of Western Tuva (structure, composition, petrostructural evolution)]. Tomsk: Tomsk State University Publ., 1994, 125 p. (In Russ.)
- Kembriiskaia tektonika i vulkanizm Tuvy* [Cambrian tectonics and volcanism of Tuva]. Moscow, Nauka Publ., 1970, 158 p. (In Russ.)
- Klassifikatsiia i nomenklatura magmatischeskikh gornyykh porod* [Classification and nomenclature of igneous rocks]. Moscow, Nedra Publ., 1981, 160 p. (In Russ.)
- Kurenkov S.A., Didenko A.N., Simonov V.A. *Geodinamika paleospreydinga* [Geodynamics of Paleospreyding]. Moscow, GEOS Publ., 2002, 294 p. (In Russ.)
- Mitinskaya T.S. *Legenda Zapadno-Saianskoi serii listov Gosudarstvennoi geologicheskoi karty Rossiiskoi Federatsii masshtaba 1 : 200 000 (izdanie vtoroe)* [Legend of the West Sayan block of the State Geological Map of the Russian Federation scale 1 : 200 000 (second edition)]. Kyzyl, 1997, 123 p. inv. no. 2224. (In Russ.)
- Mongush A.A., Lebedev V.I., Travin A.V., Yarmolyuk V.V. Ofiolity Zapadnoy Tuvy — fragmenty pozdnevendskoy ostrovnoy dugi Paleooziatskogo okeana [Ophiolites of Western Tyva as fragments of a Late Vendian Island Arc of the Paleo-Asian Ocean]. *Doklady Akademii Nauk = Doklady Earth Sciences*, 2011, vol. 438, no. 2, pp. 866–872. (In Russ.)
- Mongush A.A. Bazalt'ovye komplekxy Saiano-Tuvinskoi preddugovoi zony: geologicheskoe polozhenie, geokhimiia, geodinamika [Basaltic complexes of the Sayan-Tuva forearc: geological setting, geochemistry, geodynamics]. State and exploration of natural resources of Tuva and adjacent regions of Central Asia. Ecological and economic problems of natural resources use: Fascicle 14. Kyzyl, TuvIENR SB RAS, 2016, pp. 74–94. (In Russ.)
- Mongush A.A. Geologicheskoye polozheniye, geokhimicheskii i Sm-Nd izotopnyy sostav ofiolitov Sayano-Tuvinskoy preddugovoy zony [Geological position, geochemical and Sm-Nd-isotopic composition of ophiolites of the Sayan-Tuva forearc zone]. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Nauki o Zemle = The Bulletin of Irkutsk State University: Earth Sciences Series*, 2019, vol. 30, pp. 56–75, doi: <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2019.30.56> (In Russ.)
- Oyaber V.K., Zobov N.Ye., Kornev T.Ya. *Otchet po ob"ektu «Poiskovye raboty na rudnoye zoloto v predelakh Khailyknskogo rudnogo uzla (Krasnoyarskii krai)»* [Report on the object «Prospecting for ore gold within the Khailyknsky ore cluster (Krasnoyarsk Territory)»]. Krasnoyarsk, KNIGIMS Publ., 2013, inv. no. 32044. (In Russ.)

- Perfiliev A.S., Simonov V.A., Batanova V.G., Kurenkov S.A., Kheraskov N.N. Geologicheskoe stroenie Shatskogo ofiolitovogo massiva [Geological structure of the Shatsky ophiolite massif]. *Kompleksnye geologicheskie issledovaniia Sangilena (Iugo-Vostochnaia Tuva) = Complex geological studies of Sangilen (South-Eastern Tuva)*. Novosibirsk, 1987, pp. 97–107. (In Russ.)
- Pinus G.V. Petrokhimicheskaia i geokhimicheskaia kharakteristika kembriiskikh effuzivov Tuvy [Petrochemical and geochemical characteristics of Cambrian effusions of Tuva]. *Geokhimiia = Geochemistry*, 1959, no. 1.
- Pinus G.V. *Nizhnkemabriiskii vulkanizm Tuvy* [Lower Cambrian volcanism of Tuva]. Novosibirsk, Siberian Branch of the Academy of Sciences of the USSR Publ., 1961, 120 p. (In Russ.)
- Popov V.A., Mitus A.I., Nechaeva S.P. *Gosudarstvennaia geologicheskaia karta Rossiiskoi Federatsii masshtaba 1 : 200 000. Izd. 2-e. Seriia Zapadno-Saianskaia. List N–46–XXIX (Verkhniy Amyl). Ob"iasnitel'naia zapiska* [State Geological Map of the Russian Federation scale 1 : 200 000. Ed. 2. West-Sayan. Map sheet N–46–XXIX (Verkhniy Amyl). Explanatory note]. St. Petersburg, VSEGEI Publ., 2003, 135 p. (in Russ.)
- Semenov M.I., Zorina A.N., Kolyamkin V.M., Kachevsky L.K., Krotova T.A., Alexandrovsky Yu.S. *Gosudarstvennaia geologicheskaia karta Rossiiskoi Federatsii m-ba 1 : 200 000. Izdanie vtoroe. Seriia Zapadno-Saianskaia. List N–46–XXXIV (Turan)* [State Geological Map of the Russian Federation, scale 1:200,000. Second edition. West Sayan. Map sheet N–46–XXXIV (Turan)]: Explanatory note. St. Petersburg, VSEGEI Publ., 2019, 188 p. (In Russ.)
- Shcherbakov S.A. Ofiolity Zapadnoi Tuvy i ikh strukturnaia pozitsiia [Ophiolites of Western Tuva and their structural position]. *Geotektonika = Geotectonics*, 1991, no. 4, pp. 88–101. (In Russ.)
- Sibilev A.K. *Petrologiia i asbestonosnost' ofiolitov (na primere Idzhimskogo massiva v Zapadnom Saiane)* [Petrology and asbestos-bearing ophiolites (Idzhimsky massif of Western Sayan case study)]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1980, 213 p. (In Russ.)
- Simonov V.A. *Petrogenesis of ophiolites: Termobarogeokhimicheskie issledovaniia* [Petrogenesis of ophiolites: Thermobarogeochemical studies]. Novosibirsk, OIGGM SB RAS Publ., 1993, 247 p. (In Russ.)
- Simonov V.A., Dobretsov N.L., Buslov M.M. Boninitovye serii v strukturakh Paleooziatskogo okeana [Boninite series in the structures of the Paleo-Asian Ocean]. *Geologiya i geofizika = Russian Geology and Geophysics*, 1994, vol. 34, no. 7–8, pp. 182–197. (In Russ.)
- Velinsky V.V., Vartanova N.S. Osobennosti petrokhimii ofiolitovogo vulkanizma Tuvy [Petrochemistry features of ophiolite volcanism of Tuva]. *Petrologiia giperbazitov i bazitov Sibiri, Dal'nego Vostoka i Mongolii = Petrology of hyperbasites and basites of Siberia, the Far East and Mongolia*. Novosibirsk, Nauka Publ., 1980, pp. 131–147. (In Russ.)
- Volkova N.I., Stupakov S.I., Babin G.A., Rudnev S.N., Mongush A.A. Podvizhnost' redkikh elementov pri subduksionnom metamorfizme (na primere glaukofanovykh slantsev Kurtushibinskogo khrebtta, Zapadnyy Sayan) [Mobility of rare elements during subduction metamorphism (the Kurtushibinsky range, Western Sayan case study)]. *Geokhimiya = Geochemistry International*, 2009, vol. 47, no. 4, pp. 380–392. (In Russ.)
- Zaykov V.V. O nizhnkemabriiskikh subvulkanicheskikh intruziakh levoberezh'ia r. Khemchik (Zapadnaia Tuva) [The Lower Cambrian subvolcanic intrusions of the left bank of the Khemchik River (Western Tuva)]. *Materials on geology of Tuva ASSR, is. II. Kyzyl, Tuvan Book Publ.*, 1971, pp. 38–49. (In Russ.)
- Bebien J., Dimo-Lahitte A., Vergely P., Insergueix-Filippi D., Dupeyrat L. Albanian ophiolites. I — Magmatic and metamorphic processes associated with the initiation of a subduction. *Ophioliti*, 2000, no. 25 (1), pp. 39–45.
- Berzin N.A. Preliminary terrane and overlap assemblage map of Altai-Sayan region. in: Preliminary publications book 1 from project on mineral resources, metallogenesis, and tectonics of Northeast Asia. Open-File Report 99-165. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, 1999.
- Dilek Y., Furnes H. Ophiolite genesis and global tectonics: Geochemical and tectonic fingerprinting of ancient oceanic lithosphere. *Geological Society of America Bulletin*, 2011, vol. 123, no. 3/4, pp. 387–411.
- Le Bas M.J., Le Maitre R.W., Streckeisen A., Zanettin B. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology*, 1986, vol. 27, no. 3, pp. 745–750.

- Mullen E.D. MnO/TiO<sub>2</sub>/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: a minor element discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogenesis. *Earth and Planetary Science Letters*, 1983, vol. 62, pp. 53–62.
- Reagan M.K., Ishizuka O., Stern R.J., Kelley K.A., Ohara Y., Blichert-Toft J., Bloomer S.H., Cash J., Fryer P., Hanan B.B., Hickey-Vargas R., Ishii T., Kimura J.-I., Peate D.W., Rowe M.C., Woods M. Fore-arc basalts and subduction initiation in the Izu-Bonin-Mariana system. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 2010, vol. 11, no. 3, pp. 1–17. Q03X12
- Shervais J.W., Reagan M., Haugen E., Almeev R.R., Pearce J.A., Prytulak J. et al. Magmatic response to subduction initiation: Part 1. Fore-arc базальты of the Izu-Bonin arc from IODP Expedition 352. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 2019, vol. 20, pp. 314–338.
- Whattam S.A., Stern R.J. The ‘subduction initiation rule’: a key for linking ophiolites, intra-oceanic forearcs, and subduction initiation. *Contrib Mineral Petrol*, 2011, vol. 162, pp. 1031–1045.
- Yogodzinski G.M., Bizimis M., Hickey-Vargas R., McCarthy A., Hocking B.D., Savov I.P., Arculus R. Implications of Eocene-age Philippine Sea and forearc базальты for initiation and early history of the Izu-Bonin-Mariana arc. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2018, vol. 228, pp. 136–156.