

Базальтоиды острогорского комплекса: геология, возраст, геохимия, геодинамика (Западный Сихотэ-Алинь)

В обзорной аналитической статье приведены важнейшие геологические, геохронологические и геохимические характеристики базальтоидов острогорского комплекса. Некоторые раннемиоценовые датировки возраста острогорских базальтоидов на Госгеолкарте третьего поколения (лист М-53) не были учтены из-за методических соображений, и для большей объективности они приведены автором в данной статье. Базальтоиды острогорского комплекса, как и щелочные базальты аякитского комплекса, относятся к внутриплитным рифтогенным базальтам. Спектры редкоземельных и редких элементов у обоих комплексов имеют большое сходство. Состав базальтоидов острогорского комплекса, как и аякитского, близок к составам базальтов океанических островов и рециклированного компонента, что позволяет предположить их единый мантийно-коровый источник.

Ключевые слова: острогорский комплекс, базальтоиды, микроэлементы, кларки концентраций, Западный Сихотэ-Алинь.

НИГАЙ ЕЛЕНА ВАЛЕНТИНОВНА, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, helenvn54@gmail.com

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт тектоники и геофизики им. Ю. А. Косыгина Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИТИГ ДВО РАН), г. Хабаровск

Basaltoids of the ostrogorsk complex: geology, age, geochemistry, geodynamics (Western Sikhote-Alin)

E. V. NIGAI

Yu. F. Kosygin Institute of Tectonics and Geophysics, FEB RAS, Khabarovsk

This review-analytical article presents the most important geological, geochronological and geochemical characteristics of the basaltoids of the Ostrogorsk complex. Some Early Miocene datings of the age of Ostrogorsk basaltoids on the State Geological Map of the third generation (sheet M-53) were not considered due to methodological considerations and, for greater objectivity, they are given by the author in this article. The basaltoids of the Ostrogorsk complex, like the alkaline basalts of the Ayakit complex, belong to intraplate rift basalts. The spectra of rare earth and rare elements in both complexes are very similar. The composition of basaltoids of the Ostrogorsk and Ayakit complexes is close to the composition of oceanic island basalts and recycled components, which suggests that they have a single mantle-crustal source.

Key words: Ostrogorsk complex, basaltoids, trace elements, concentration clarks, Western Sikhote-Alin.

Район исследований находится в восточном обрамлении Среднеамурской впадины, входящей в состав Западного Сихотэ-Алиня, его центральной части.

Генезису, возрасту, геологии и геохимии неогеновых базальтоидов, выяснению их роли в развитии новейших геологических структур юга Дальнего Востока посвящена обширная литература [3, 19, 4, 6, 11, 14, 15, 17, 21, 24, 26 и др.]. Большое внимание им уделялось и при составлении государственных геологических карт на территорию Сихотэ-Алинской

складчатой системы (САСС) и прилегающую к ней восточную часть Буреинского массива [1, 2, 5, 8–10, 12, 13, 20, 22, 25, 29, 30]. Выбранными нами объектами исследований являются базальтоиды острогорского вулканического комплекса, распространённые в восточной части Среднеамурской впадины. По возрасту, петрографо-минералогическому составу и внешнему облику они имеют значительное сходство с щелочными базальтами аякитского комплекса и удурчуканскими андезибазальтами, ареалы которых

распространены в восточной части Буреинского массива и прилегающих к нему площадях Западного Сихотэ-Алиня.

Цель исследований – выяснение важнейших геологических, геохронологических и геохимических особенностей базальтоидов острогорского комплекса, интерпретация геодинамических обстановок их формирования, а также сравнение их геохимических характеристик с геохимией миоценовых базальтоидов приграничной восточной части Буреинского массива.

Методика исследований заключалась в сборе, анализе и обработке данных по базальтоидам острогорского комплекса. Составлена схема размещения этого комплекса. Подсчитывались кларки концен-

траций малых элементов. Производились подборка, построение и интерпретация специальных петрохимических диаграмм, включая диаграммы по геодинамическим обстановкам.

Геологическая позиция базальтоидов острогорского комплекса. Ранее их относили к кизинской свите, образования которой на разномасштабных геологических картах прошлого века показаны как в районах Восточно-Сихотэ-Алинского вулканогенного пояса, так и в пределах Западного Сихотэ-Алиня, включая Среднеамурскую впадину [3, 4, 11, 19, 29]. Комплекс представлен средними и крупными (от 400 до 5000 км²) ареалами платобазальтов и покровами базальтов, распространённых по восточному борту Среднеамурской впадины, в бассейнах правых

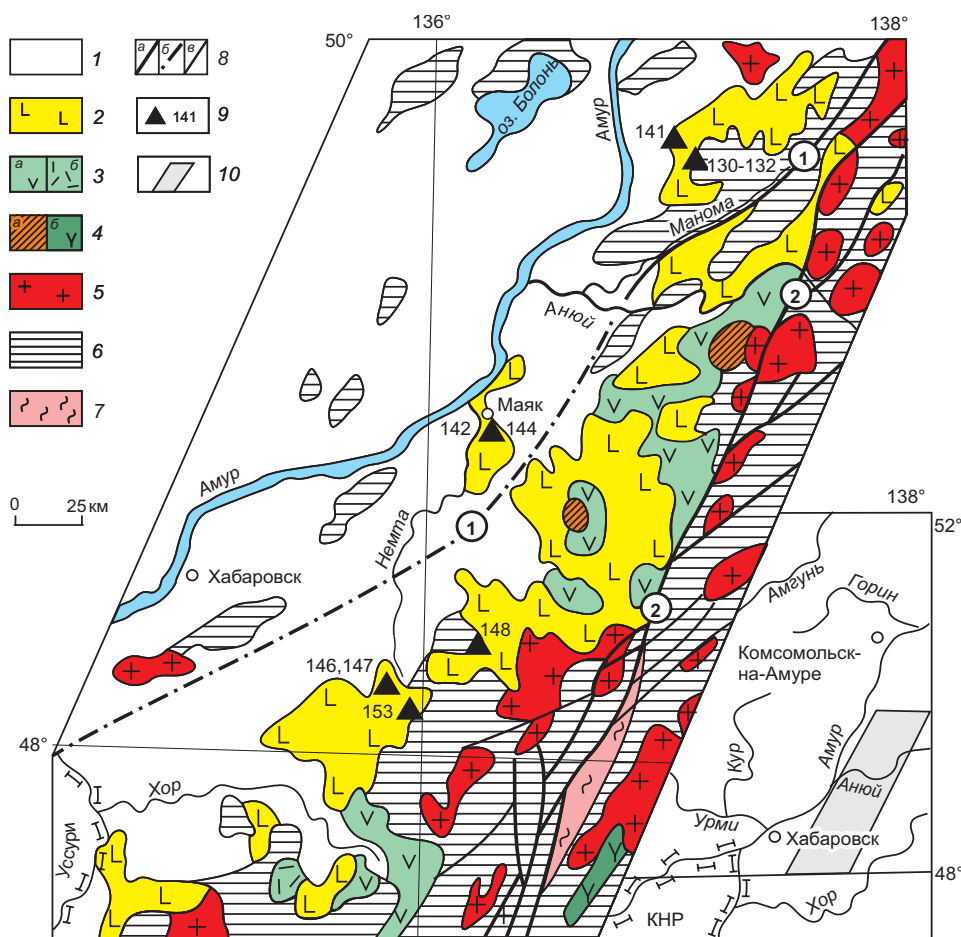


Рис. 1. Схема размещения базальтоидов острогорского комплекса. Составила Е. В. Нигай, по данным [5, 10, 26, 29]:

1 – плиоценовые и четвертичные аллювиальные и озёрные отложения; 2 – миоценовые базальтоиды острогорского базальтоидного комплекса; 3–5 – палеогеновые и позднемиоценовые образования: 3 – вулканиты среднего (а) и кислого (б) составов, 4 – диориты (а), дациты (б), 5 – гранитоиды; 6 – комплексы осадочных пород мезозоя и позднего палеозоя; 7 – гнейсы, кварциты, кристаллические сланцы раннего протерозоя; 8 – разломы: а – установленные основные; Маноминский (1), Центральный Сихотэ-Алинский (2), б – под рылыми отложениями, в – прочие; 9 – места отбора проб и их номера; 10 – район исследований на врезке

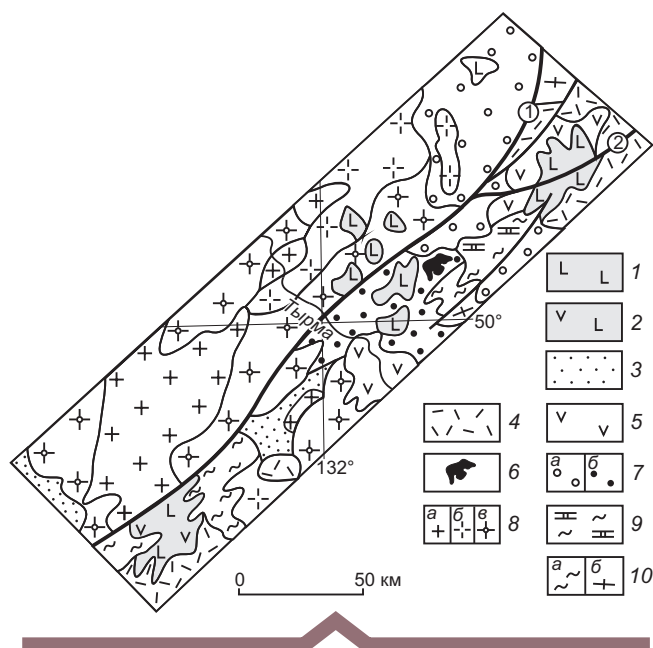


Рис. 2. Схема размещения миоценовых базальтоидов на востоке Буреинского массива. Составила Е. В. Нигай, по данным [5, 8, 9, 20]:

1 – базальты аякитского комплекса, крупный ареал – Аякитское плато (N_1); 2 – андезибазальты Удурчуканского плато (N_1); 3 – алевропелиты, глины, пески, галечники, лигниты (N_1, N_2); 4 – риолиты, риодациты (K_2); 5 – андезиты, андезидациты (K_2); 6 – диоритовые порфириды иороханского комплекса (K_1); 7 – юрские терригенные и кремнисто-терригенные осадочные породы с примесью туфов (а); юрско-меловые угленосные толщи ургальской серии (б); 8 – гранитоидные комплексы: а – харинский (T_3-J_1), б – тырмо-буреинский (P_3-T_1), в – суларинский, кивилийский, биробиджанский (Е, О); 9 – кварциты, мраморы, кристаллические сланцы (PR_1) гуджальской свиты; 10 – докембрийские кристаллосланцы, амфиболиты амурской серии и дягдаглейской толщи (а), плагиограниты, гранитогнейсы древнебуреинского комплекса (б) ($AR_2?$); цифры в кружках – разломы: 1 – Тастахский, 2 – Хинганский

притоков рек Амур и Усури, вдоль Маноминского и вблизи Центрального Сихотэ-Алинского разломов (рис. 1).

Общая протяжённость ареалов платобазальтов и базальтовых покровов описываемого комплекса большая и составляет свыше 460 км при максимальной ширине распространения 75 км. Платобазальты и покровы андезибазальтов слагают в основном водораздельные и приводораздельные пространства и представляют собой наиболее молодые магматические образования Киселевско-Маноминского блока, выделенного в качестве раннемелового террейна [7]. Базальтоиды острогорского комплекса залегают на олигоценовых, эоцен-палеоценовых, меловых и триасовых образованиях центральной части Западного

Сихотэ-Алиня и местами перекрыты позднеплиоценовыми и четвертичными озёрными и аллювиальными отложениями р. Амур и его притоков. Они вскрыты скважинами в разрезах чернореченской, ушумунской, головинской свит в северо-восточной части Среднеамурской впадины. Мощность базальтовых потоков и покровов, задокументированная по керну скважин, составляет от 8 до 100 м. Под острогорскими базальтами в верховьях р. Кия на раннемеловых песчаниках пионерской свиты залегают галечники, уплотнённые глины и угленосные отложения олигоцен-миоценовой ушумунской свиты. Сами базальты перекрыты отложениями плиоцен-четвертичной приамурской свиты. Базальты в центре имеют массивный облик, а в кровле и подошве – пузыристые, до шлаков. Между отдельными потоками отмечаются слои каолиновых глин и примесь гальки мощностью до 5 м. Иногда отмечаются вулканогенно-осадочные и жерловые образования [13, 29].

В основании острогорской толщи долины среднего течения р. Манома описан разрез: снизу – туфоконгломераты (2 м), туффиты (3 м), туфы (6 м), далее вверх – спёкшиеся туфобрекчии с обломками пузырчатых базальтов (10 м) и выше – поток базальтовой лавы (10 м).

Мощность толщи острогорских базальтоидов вблизи поселков Маяк и Синда составляет от 40 до 50–60 м. Значительная часть толщи представлена туфами, туффитами, туфовыми агломератами и туфобрекчиями базальтов (3–10 м и более), переслаивающимися с пластами базальтов (1–5 м) и андезибазальтов (1–7 м). Туфовые агломераты, туфы базальтов мощностью до 50 м были вскрыты скважиной в верхней части разреза описываемого комплекса в верховьях р. Пихца [29].

Максимальная мощность миоценовой толщи в восточной части Среднеамурской впадины от р. Манома до р. Хор, по оценке В.Г. Варнавского, ориентировочно составляет 300–600 м [4, с. 84] (видимо, с учётом предполагаемых мощных погребённых толщ, перекрытых позднеплиоценовыми и четвертичными отложениями). По оценке А.Ф. Васькина, мощность образований острогорского комплекса в обрамлении Среднеамурской впадины составляет 250 м [5, с. 117]. Для сравнения очень кратко приведём данные по соседним миоценовым базальтам Буреинского массива. Максимальная мощность толщи аякитских базальтоидов на Аякитском плато площадью 1200 км² (восток Буреинского массива) определена С.Н. Добкиным визуально (от подошвы до кровли) и составляет 300 м [8]. Удурчуканская свита слагает Удурчуканское плато площадью 550 км², мощность удурчуканской толщи 180 м [9]. Аякитское и Удурчуканское плато показаны на рис. 2.

Петрографо-минералогические особенности. В составе острогорских базальтоидов преобладают трахибазальты, субщелочные андезибазальты, щелочные базальты, трахиандезибазальты и базальты. Тёмно-серые трахибазальты имеют мелкие вкрапленники средних и основных плагиоклазов (андезина, лабрадора, битовнита) размерами от десятых долей мм до 2–3 мм, пироксенов – в виде эгирин-авгита и титан-авгита (1–3 мм) и микрокристаллов оливина (менее 1 мм). В субщелочных оливиновых андезибазальтах наблюдаются: густая вкрапленность мелких кристаллов оливина, от сотых долей мм до 1,5 мм, наличие пироксенов – титан-авгита и эгирин-авгита, размерами 1–2 мм. Калиевые полевые шпаты (ортоклаз, санидин) каймой обрастают плагиоклазы (андезин № 40-50, лабрадор № 52-56, размеры 3–4 мм). Среди других вкрапленников встречаются биотит, иддингсит. Пустоты бывают заполнены кальцитом, халцедоном, анальцимом, цеолитами, хлоритом, эпидотом. Серые с сиреневатым оттенком щелочные базальты отличаются от трахибазальтов и андезибазальтов мелкопорфировым обликом. В порфирах выделяются мелкие кристаллы оливина (хризолит), пироксена (титан-авгит, эгирин-авгит) и плагиоклаза (лабрадор № 52-58 в виде удлинённых табличек размерами до 3–4 мм). Они имеют массивную структуру с густой вкрапленностью оливина и более редкой – пироксена, а также нефелина и лейцита, проросших тонкими тёмными кристаллами авгита и магнетита. В составе острогорского комплекса, по

многим описаниям, доминируют оливин-пироксеновые базальты с частой вкрапленностью мелкозернистых оливинов и пироксенов [10, 13, 29]. В аякитском же комплексе доминируют щелочные базальты и трахибазальты [8]. Основную часть вкрапленников в них составляют мелкие кристаллы оливина, меньшую – пироксены (титан-авгит) и плагиоклазы (лабрадор, битовнит, андезин). Поры в базальтах либо пустые, либо заполнены цеолитами, анальцимом, халцедоном, шабазитом. В удурчуканской свите преобладают андезибазальты и андезиты, но есть и трахибазальты, и базальты. Андезибазальты массивные мелкозернистые тёмно-серого цвета, большая часть вкрапленников представлена андезином и лабрадором, присутствуют также ортоклаз, анортоклаз, оливин, пироксены (титан-авгит и эгирин-авгит). Структура андезитов более крупнозернистая в отличие от базальтов и андезибазальтов. Вверх по разрезу увеличивается основность эффузивов – от андезитов до андезибазальтов и трахибазальтов [1, 2, 9].

Радиологические датировки возраста. Потоки и покровы острогорских базальтоидов залегают на раннемеловых осадочных образованиях пионерской, пиванской и горнопротокской свит, палеоцен-эоценовых андезитах моадийской толщи, а также среди олигоцен-раннемиоценовых отложений ушумунской и головинской свит.

В табл. 1 приведены радиологические датировки базальтоидов острогорского комплекса, полученные К-Аг методом [1, 2, 9, 10; Кузьменко, 1979] и методом

1. Радиологические датировки миоценовых базальтоидов БМ и САСС

Название	Места отбора проб	Возраст, млн лет
Буреинский массив (БМ)		
Аякитский комплекс	Аякитское плато	10,0 [1, 2]; 9,68; 9,3 [8] (поздний миоцен)
Удурчуканская свита	Удурчуканское плато	22,6; 22,3; 22,1; 18,6 (ранний миоцен) [9]
Сихотэ-Алинская складчатая система (САСС)		
Острогорский комплекс	Бассейн р. Манома	9,5; 8,1 (поздний миоцен) [21]
Острогорский комплекс	Бассейн р. Кия	11,0; 8,6; 8,5; 7,4; 4,8; 4,3; 4,1 (поздний миоцен, ранний плиоцен) [21]
Острогорский комплекс	Верховья р. Тормасу, верховье р. Сооли, р. Тормасу, р. Анюй	18; 17; 13; 12 (ранний миоцен, средний миоцен) [10]
Острогорский комплекс	Северо-восточный участок Среднеамурской впадины	24; 22 (поздний олигоцен, ранний миоцен) [Кузьменко, 1979]
Аякитский комплекс	пос. Солнечный (Комсомольский оловорудный район)	14,8; 13,0 (средний миоцен) [21]

2. Химический и микроэлементный состав базальтоидов острогорского комплекса

Компоненты	130	132	141	142	144	146	147	148	153
Петрогенные оксиды, %									
SiO ₂	53,30	51,06	46,25	46,92	48,7	52,54	50,51	44,95	52,4
TiO ₂	1,66	1,49	2,39	1,82	2,01	2,24	2,11	2,09	2,3
Al ₂ O ₃	15,10	14,72	13,95	14,12	14,45	14,30	14,01	13,25	15,5
Fe ₂ O ₃	1,86	3,73	5,06	5,36	2,59	1,22	3,15	2,02	2,3
FeO	8,40	6,40	6,11	6,00	8,27	8,76	6,98	8,23	7,6
MnO	0,13	0,10	0,13	0,19	0,14	0,11	0,09	0,14	0,2
MgO	7,00	7,37	7,97	7,66	8,94	6,82	7,00	9,63	5,4
CaO	7,44	7,55	9,14	8,68	8,01	7,42	7,46	6,58	7,6
Na ₂ O	3,28	3,46	4,64	5,28	3,24	3,30	3,15	4,23	3,6
K ₂ O	0,98	0,46	0,80	1,11	1,90	1,62	1,54	1,70	1,9
P ₂ O ₅	0,32	0,28	0,71	0,72	0,46	0,48	0,45	0,85	0,5
H ₂ O ⁻	1,07	1,55	0,63	0,20	0,18	0,23	1,30	0,28	0,3
H ₂ O ⁺	1,80	2,16	2,75	1,87	0,95	0,97	1,95	6,24	0,8
Сумма	102,34	100,33	100,53	99,93	99,84	100,01	99,70	100,19	100,3
Микроэлементы, мкг/г									
Sc	20,4/0,7	21,3/0,7	14,8/0,5	19,1/0,6	16,5/0,5	20,0/0,7	20,4/0,7	14,6/0,5	17,0/0,6
Rb	17,1/0,3	7,1/0,1	35,2/0,7	53,9/1,1	25,8/0,5	24/0,5	30,7/0,6	36,8/0,7	21,5/0,4
Sr	586/1,2	595/1,3	650/1,4	911/1,9	507/1,1	536/1,2	573/1,2	1030/2,2	743/1,6
Y	20,0/0,7	20,6/0,7	20,6/0,7	23,7/0,9	21,7/0,8	21,0/0,7	21,7/0,8	24,5/0,9	22,8/0,8
Zr	127/0,8	119/0,8	165/1,1	188/1,2	141/0,9	154/1,0	207/1,4	219/1,5	214/1,4
Nb	18,6/2,6	17,3/2,5	62/8,8	76,0/10,8	31,2/4,4	23,9/3,4	26,4/3,8	78/11,1	32/14,5
Sn	1,56/0,8	1,30/0,6	1,37/0,6	1,10/0,5	1,02/0,5	1,37/0,7	1,44/0,7	2,08/1,0	1,0/0,5
Cs	0,12/0,1	0,12/0,1	0,49/0,5	0,84/0,8	0,56/0,6	0,43/0,4	0,20/0,2	0,71/0,7	0,2/0,2
Ba	252/0,8	243/0,8	324/1,1	445/1,5	346/1,2	470/1,6	440/1,5	765/2,6	648/2,2
La	14,2/0,8	12,8/0,7	32,1/1,9	53,6/3,1	23,2/1,4	25,2/1,5	21,8/1,3	57,5/3,4	31,0/1,8
Ce	29,4/0,9	27,0/0,9	56,4/1,8	91,2/2,9	43,7/1,4	47,6/1,5	42,9/1,4	114,9/3,7	65,0/2,1
Pr	3,90/1,1	3,65/0,9	6,14/1,6	9,34/2,5	4,64/1,2	6,78/1,8	5,09/1,4	14,05/3,8	7,6/2,0
Nd	18,6/1,2	18,4/1,1	28,0/1,7	36,2/2,3	21,4/1,3	35,3/2,2	28,1/1,7	62,9/3,9	33,6/2,1
Sm	4,29/1,1	4,75/1,2	5,90/1,5	6,75/1,7	5,19/1,3	6,78/1,7	7,05/1,7	10,32/2,6	7,1/1,8
Eu	1,55/1,0	1,58/1,0	1,95/1,3	2,03/1,3	1,77/1,2	2,18/1,4	2,24/1,5	2,66/1,8	2,2/1,4
Gd	4,47/0,9	4,59/0,9	7,37/1,5	5,66/1,2	5,27/1,1	6,90/1,5	6,37/1,3	6,34/1,3	6,0/1,3
Tb	0,69/0,9	0,71/1,0	1,11/1,5	0,95/1,3	0,88/1,2	1,14/1,6	1,07/1,5	0,94/1,3	0,9/1,3
Dy	3,56/0,7	3,75/0,7	5,44/1,1	4,33/0,8	4,53/0,9	4,97/0,9	5,21/1,0	4,70/0,9	4,5/0,9
Ho	0,63/0,5	0,67/0,5	0,96/0,8	0,81/0,7	0,87/0,7	1,02/0,8	0,91/0,7	0,95/0,8	0,8/0,7
Er	1,59/0,5	1,71/0,6	2,41/0,8	2,01/0,7	2,06/0,7	2,54/0,8	2,47/0,8	2,56/0,8	2,1/0,7
Tm	0,24/0,9	0,28/1,1	0,39/1,5	0,35/1,4	0,34/1,4	0,35/1,4	0,35/1,4	0,34/1,4	0,3/1,2
Yb	1,22/0,6	1,44/0,7	2,08/1,0	1,61/0,8	1,61/0,8	1,76/0,9	1,81/0,9	1,73/0,8	1,5/0,7
Lu	0,18/0,4	0,21/0,4	0,28/0,5	0,22/0,4	0,22/0,4	0,27/0,5	0,24/0,5	0,29/0,6	0,2/0,4
Hf	2,69/0,9	2,72/0,9	4,56/1,5	4,20/1,4	3,29/1,1	4,96/1,6	5,08/1,7	5,08/1,7	4,9/1,6
Ta	0,95/0,9	0,95/0,9	4,32/4,3	4,14/4,1	2,33/2,3	1,84/1,8	1,46/1,5	4,76/4,8	1,7/1,7
Pb	3,3/0,5	3,1/0,5	3,8/0,6	5,30/0,8	4,1/0,7	4,1/0,7	3,9/0,6	7,1/1,2	7,9/1,3
Th	1,74/0,9	1,57/0,8	6,06/3,3	7,08/3,9	4,09/2,3	2,75/1,5	2,75/1,5	7,49/4,2	3,1/1,7
U	0,50/0,8	0,45/0,8	1,64/2,7	1,86/3,1	1,09/1,8	0,72/1,2	0,66/1,1	1,73/2,9	0,6/1,0

Примечание. 130, 132, 141 – бассейн р. Манома; 142, 144 – пос. Маяк; 146–148, 153 – бассейн р. Немта; исходные данные по [21]; числитель – содержание, знаменатель – кларк концентрации (Кк); кларки для основных пород по [28]; выделены содержания выше кларковых значений и Кк > 1.

3. Химический и микроэлементный состав базальтов аякитского комплекса

Компоненты	134	135	136	137	12	1	3
Петрогенные оксиды, %							
SiO ₂	48,37	46,19	48,37	49,58	44,02	44,28	44,44
TiO ₂	1,92	2,11	1,82	1,59	2,37	2,36	2,42
Al ₂ O ₃	15,45	14,07	14,37	14,07	13,75	13,45	13,80
Fe ₂ O ₃	2,50	2,18	2,67	3,01	3,04	5,33	5,60
FeO	7,80	8,94	8,26	7,93	7,88	5,69	5,62
MnO	0,13	0,15	0,13	0,12	0,17	0,17	0,15
MgO	7,70	9,82	9,70	8,43	10,38	10,22	10,02
CaO	8,27	8,12	7,62	7,36	8,50	8,59	8,10
Na ₂ O	3,07	2,64	2,90	3,18	4,07	4,17	4,25
K ₂ O	1,36	1,65	1,41	1,19	3,89	3,79	3,63
P ₂ O ₅	0,36	0,49	0,36	0,28	1,14	1,16	1,18
H ₂ O ⁻	0,42	0,55	0,52	1,05	0,08	0,12	0,32
H ₂ O ⁺	2,77	3,58	2,44	1,95	0,96	1,11	0,93
Сумма	100,12	100,49	100,57	99,74	100,25	100,44	100,46
Микроэлементы, мкг/г							
Sc	24,4/0,8	22,8/0,7	27,1/0,9	25,0/0,8	18,3/0,6	18,6/0,6	23,0/0,7
Rb	15,0/0,3	26,4/0,5	19,7/0,4	19,5/0,4	50,3/1,0	52,4/1,0	56,3/1,1
Sr	547/1,2	910/2,0	584/1,3	424/0,9	1102/2,4	1109/2,4	1274/2,7
Y	21,1/0,8	20,5/0,7	23,1/0,8	23,5/0,9	26,2/0,9	26,4/0,9	28,8/1,1
Zr	159/1,1	197/1,3	175/1,2	144/0,9	261/1,7	261/1,7	278/1,8
Nb	22,6/3,2	41,3/5,9	27,9/4,0	22,8/3,2	79/11,3	80/11,4	87/12,4
Sn	1,42/0,7	1,67/0,8	1,47/0,7	1,12/0,5	1,64/0,8	1,89/0,9	2,09/1,0
Cs	0,25/0,2	0,46/0,5	0,18/0,2	0,26/0,3	0,97/0,97	0,90/0,9	1,03/1,0
Ba	182/0,6	292/1,0	242/0,8	200/0,7	679/2,3	689/2,4	739/2,5
La	16,6/0,9	24,1/1,5	19,2/1,1	26,7/1,6	61,4/3,6	61,4/3,6	64,6/3,8
Ce	35,4/1,1	49,6/1,6	40,8/1,3	44,9/1,4	112,5/3,6	114,5/3,7	119,8/3,8
Pr	4,57/1,2	5,91/1,6	5,22/1,4	5,08/1,3	13,78/3,7	13,86/3,7	14,53/3,9
Nd	19,9/1,2	26,1/1,6	25,4/1,6	21,4/1,3	50,7/3,2	50/3,2	56,5/3,5
Sm	4,46/1,1	5,4/1,3	5,38/1,3	4,69/1,3	9,46/2,3	9,60/2,4	10,17/2,5
Eu	1,46/0,9	1,73/1,1	1,60/1,0	1,40/0,9	2,93/1,9	3,07/2,0	2,95/2,0
Gd	4,80/1,0	4,92/1,0	4,80/1,0	4,83/1,0	7,79/1,6	7,92/1,7	7,68/1,6
Tb	0,68/0,9	0,73/1,0	0,79/1,1	0,74/1,0	1,10/1,5	1,16/1,5	1,30/1,8
Dy	3,57/0,7	3,59/0,7	4,15/0,8	3,43/0,7	5,39/1,1	5,55/1,1	5,86/1,2
Ho	0,65/0,5	0,62/0,5	0,71/0,6	0,60/0,5	0,87/0,7	0,86/0,7	0,98/0,8
Er	1,72/0,6	1,54/0,5	1,75/0,6	1,68/0,6	2,32/0,8	2,45/0,8	2,75/0,9
Tm	0,25/1,0	0,23/0,9	0,29/1,2	0,30/1,2	Н. о.	Н. о.	0,32/1,3
Yb	1,38/0,7	1,20/0,6	1,47/0,7	1,67/0,8	1,78/0,9	1,82/0,9	1,98/1,0
Lu	0,17/0,3	0,17/0,3	0,19/0,4	0,22/0,4	0,25/0,5	0,25/0,5	0,30/0,6
Hf	3,12/1,0	3,93/1,3	3,51/1,2	3,03/1,0	6,03/2,0	5,99/2,0	6,47/2,1
Ta	1,14/1,1	2,03/2,0	1,53/1,5	1,32/1,3	4,71/4,7	4,58/4,6	4,59/4,6
Pb	3,5/0,6	3,7/0,6	4,0/0,7	3,9/0,6	4,8/0,8	4,7/0,8	6,9/1,1
Th	2,07/1,1	3,15/1,7	2,61/1,4	2,76/1,5	7,02/3,9	6,85/3,8	7,47/4,1
U	0,71/1,2	0,99/1,6	0,79/1,3	0,65/1,1	1,79/3,0	1,81/3,0	2,16/3,6

Примечание. 134–137 – базальты пос. Солнечный; 12, 1, 3 – базальты оз. Болонь; исходные данные, по [21]; числитель – содержание, знаменатель – кларк концентрации (Кк); выделены содержания выше кларковых и Кк > 1; кларки для основных пород, по [28]. Н. о. – не обнаружено.

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ [21] с полным плавлением образца (биотитов) в лаборатории геохронологии университета г. Киото (Япония).

По В. И. Дымовичу [10], кизинские базальты (ныне острогорские) в долинах рек Анюй и Тормасу (Западный Сихотэ-Алинь) датируются **18, 17** Ма (ранний миоцен) и **13, 12** Ма (средний миоцен).

На северо-востоке Среднеамурской впадины, в районе верховьев р. Манома две пробы острогорских базальтоидов, по неопубликованным фондовым данным С. П. Кузьменко (1979), также показали раннемиоценовый возраст – **24** и **22** Ма (поздний олигоцен – ранний миоцен), он совпадает с раннемиоценовым удурчуканским магматизмом: **22,6, 22,3, 22,1, 18,6** Ма [9] (табл. 1).

4. Химический состав и элементы-примеси в андезит-базальтах удурчуканской свиты

Компонент	SA-40	SA-41	SA-42	SA-43
Петрогенные оксиды, %				
SiO ₂ (%)	55,46	57,24	54,77	57,25
TiO ₂	1,89	1,60	1,97	1,49
Al ₂ O ₃	15,16	15,65	15,29	15,50
FeO ^t	8,37	7,78	9,00	8,71
MnO	0,11	0,12	0,12	0,13
MgO	3,97	4,57	4,35	4,26
CaO	5,58	6,37	6,11	6,54
Na ₂ O	3,86	3,77	3,67	3,84
K ₂ O	3,38	1,66	2,95	1,25
P ₂ O ₅	0,62	0,29	0,57	0,24
Σ	98,41	99,06	98,80	99,21
Микроэлементы, мкг/г				
Ba	1080/3,7	526/1,8	919/3,1	328/1,1
Nb	40/5,7	12/1,7	32/4,6	8/1,1
Ni	74/0,9	101/1,3	78/1,0	106/1,3
Pb	6/1,0	4/0,7	6/1,0	3/0,5
Rb	74/1,5	31/0,6	54/1,1	25/0,5
Sr	839/1,8	502/1,1	861/1,9	346/0,7
Th	4/2,2	2/1,1	4/2,2	2/1,1
Y	15/0,5	17/0,6	17/0,6	17/0,6
Zr	200/1,3	131/0,9	188/1,2	143/0,9

Примечание. Числитель – содержание, знаменатель – Кк; выделены содержания выше кларковых и Кк > 1; кларки для пород основного состава, по [28]; исходные данные, по [9].

Г. И. Харитонычев по поводу возраста исследуемых базальтов в бассейнах рек Манома, Анюй, Пихца, Картанга и Мухен писал, что на смежных территориях по породам кизинской (ныне острогорской) свиты широко развиты каолиновые коры выветривания. Возраст их был определён по большому сходству с миоценовыми флорами *верхнедуйской* и *агневской свит* о-ва Сахалин как миоценовый. Коры выветривания острогорских базальтов (4–7 м) перекрывают олигоцен-миоценовую чернореченскую свиту, охарактеризованную палинологически и вскрытую скважиной в северо-восточном обрамлении Среднеамурской впадины на глубине 157 м [29].

Вспышки острогорского магматизма происходили, вероятнее всего, в четыре этапа. *Первый* – ранний миоцен, бассейны рек Анюй и Тормасу – **18–17** Ма, по В. А. Дымовичу [10]. Имеет право на существование ещё более ранний, олигоцен-раннемиоценовый, интервал датирования, по А. П. Кузьменко (1979) – **24–22** Ма. *Второй* – средний миоцен, между речью Сооли и Тормасу, вблизи Центрального Сихотэ-Алинского разлома – **13–12** Ма [10]. *Третий* – поздний миоцен, бассейны рек Манома, Пихца, Кия – **9,5–7,4** Ма [21]. *Четвёртый* – раннеплиоценовый – **4,8–4,1** Ма [21] – бассейн р. Кия. Аякитские вспышки вулканизма (средний и поздний миоцен) на востоке Буреинского массива и прилегающей части СССС проявились в меньшей степени по сравнению с острогорскими, а удурчуканский магматизм (ранний миоцен) проявился ещё слабее, чем аякитский (см. табл. 1).

Особенности химического состава. Химический и микроэлементный составы базальтоидов острогорского комплекса представлены в табл. 2.

Для сравнения приведены данные по химическому и микроэлементному составам базальтов аякитского комплекса (таблицы 3 и 5) и удурчуканской свиты (табл. 4).

Как видно из таблиц, содержания SiO₂ в острогорских базальтоидах составляют от 44,9 до 53,3 % (см. табл. 2), а в аякитских базальтах – 44,0–49,6 % (см. табл. 3). Наиболее насыщены кремнезёмом андезитбазальты удурчуканской свиты: SiO₂ 54,7–57,2 % (см. табл. 4).

Ранее, при исследовании щелочных базальтов аякитского комплекса, нами было установлено (см. табл. 5), что в двух проанализированных в ИТиГ ДВО РАН пробах содержатся высокие Кк теллура (578,0–578,5) и серебра (28,5–172,7), а также повышенные Кк ниобия (3,9–6,2), тантала (2,1–2,6), тория (2,2–2,7) и урана (1,8–2,4), Ве (3,4–3,6), Р (1,7–2,4), Мо (1,5–2,6), Ni (1,4–1,5), Sr (1,8–2,7), Hf (2,5), лёгких и средних РЗЭ (1,1–2,2) [16].

5. Содержания (г/т) и Кк элементов-примесей в базальтах Аякитского плато

Элемент	8144	8146	Элемент	8144	8146	Элемент	8144	8146
Li	9,03/0,4	9,22/0,5	Y	18,82/0,7	21,84/0,8	Tb	0,83/1,2	1,06/1,5
Be	1,35/3,4	1,46/3,6	Zr	166,9/1,1	222,27/1,5	Dy	4,64/0,9	5,74/1,1
B	4,14/0,8	5,37/1,1	Nb	27,16/3,9	43,73/6,2	Ho	0,85/0,7	1,03/0,9
P	2154,1/1,7	3000,7/2,4	Mo	1,89/1,5	3,38/2,6	Er	2,31/0,8	2,82/0,9
Sc	21,51/0,7	22,31/0,7	Ag	2,85/28,5	17,28/172,7	Tm	0,26/0,1	0,32/0,1
Ti	11369,7/1,0	15187,3/1,4	Cd	0,06/0,3	0,10/0,5	Yb	1,81/0,9	2,28/1,1
V	181,76/0,6	197,01/0,7	Sn	1,33/0,7	1,70/0,8	Lu	0,23/0,5	0,29/0,6
Cr	269,35/1,2	226,73/0,6	Sb	0,19/0,5	0,04/0,1	Hf	4,81/2,5	6,25/2,5
Mn	1615,05/1,1	1380,79/0,9	Te	4,05/578,5	4,05/578,0	Ta	2,14/2,1	3,43/2,6
Co	42,58/1,4	41,56/1,4	Cs	0,28/0,3	0,41/0,4	W	1,15/1,1	1,28/1,3
Ni	109,84/1,4	123,20/1,5	Ba	316,061,1	330,3/1,1	Re	0,001/0,0	0,001/0,0
Cu	39,28/0,4	51,04/0,6	La	21,77/1,3	32,85/1,9	Hg	0,03/0,8	0,08/2,6
Zn	107,51/1,3	111,58/1,3	Ce	48,12/1,5	68,65/2,2	Tl	0,001/0,0	0,001/0,0
Ga	19,96/1,1	22,95/1,3	Pr	5,95/1,6	8,20/2,2	Pb	5,62/0,9	5,88/1,0
Ge	1,25/0,8	1,34/0,9	Nd	26,26/1,6	35,60/2,2	Bi	0,01/0,2	0,03/0,5
As	3,77/1,9	3,51/1,7	Sm	5,89/1,5	7,65/1,9	Th	3,90/2,2	4,93/2,7
Rb	29,69/0,6	25,31/0,5	Eu	1,95/1,3	2,43/1,6	U	1,05/1,8	1,45/2,4
Sr	1041,6/2,7	833,50/1,8	Gd	6,85/1,5	8,82/1,9	Всего: 53 элемента		

Примечание. 8144; 8146 – номера проб базальтов; числитель – содержание, знаменатель – Кк; выделены содержания выше кларковых и Кк > 1; кларки для пород основного состава, по [28]; анализы выполнены методом ISP-MS в лаборатории ИТиГ ДВО РАН А. В. Штаревой и А. Ю. Лушниковой в 2017 г.; исходные данные автора [19].

Петрохимические диаграммы и их интерпретация. Острогорские базальтоиды занимают на классификационной TAS-диаграмме, по [18], преимущественно поля щелочных базальтов и трахибазальтов, меньшее их количество – поля трахиандезибазальтов, андезибазальтов и базальтов (см. рис. 3, А).

На диаграмме K_2O-Na_2O , по [36] и др., (см. рис. 3, В) точки, характеризующие калий-натриевые соотношения в породах острогорского комплекса, размещаются большей частью в поле известково-щелочной и в малом количестве шошонит-латитовой серий.

На диаграмме K_2O-Na_2O , по [35], (см. рис. 3, В) большая часть фигуративных точек острогорского комплекса попала в поле умереннокалиевой серии, две – в поле высококалиевой и две – в поле низкокалиевой серии.

Для детального рассмотрения показателей химического состава острогорского комплекса, на основе данных табл. 2, нами выстроены *вариационные диаграммы* (рис. 4). Для сравнения привлечены также данные таблиц 3 и 4.

Средние и повышенные концентрации TiO_2 у острогорских базальтов (от 1,5 до 2,4%) приближаются

к их значениям в аякитских базальтах – 1,8–2,4% (см. табл. 3). Удурчуканских андезибазальты менее титанистые (TiO_2 1,4–1,9%) (см. табл. 4).

Острогорские вулканыты – это породы с повышенной глинозёмистостью, характерной для щелочных базальтов. По содержанию Al_2O_3 (13,2–15,5%) они близки как к аякитским базальтам (13,4–15,4%), так и к более глинозёмистым удурчуканским андезибазальтам (13,9–15,6%).

По суммарному железу (9,9–11,3%) острогорские базальтоиды ближе к железистым аякитским базальтам ($FeO_{общ}$ 12,5%) – оба комплекса насыщены железом-магнийным оливином. Коэффициент окисленности железа (Fe_2O_3/FeO) для острогорских и аякитских пород варьирует от 0,25 до 1,0. В удурчуканских породах сумма оксидов железа значительно меньше (7,7–9,0%), а отношение Fe_2O_3/FeO варьирует от 0,5 до 1,1.

По степени магнезиальности пород (7,0–9,6%) острогорские базальтоиды на 1–2% уступают высокомагнезиальным оливиновым базальтам аякитского комплекса (8,4–10,3%), что объясняется более высокой насыщенностью аякитских пород оливином

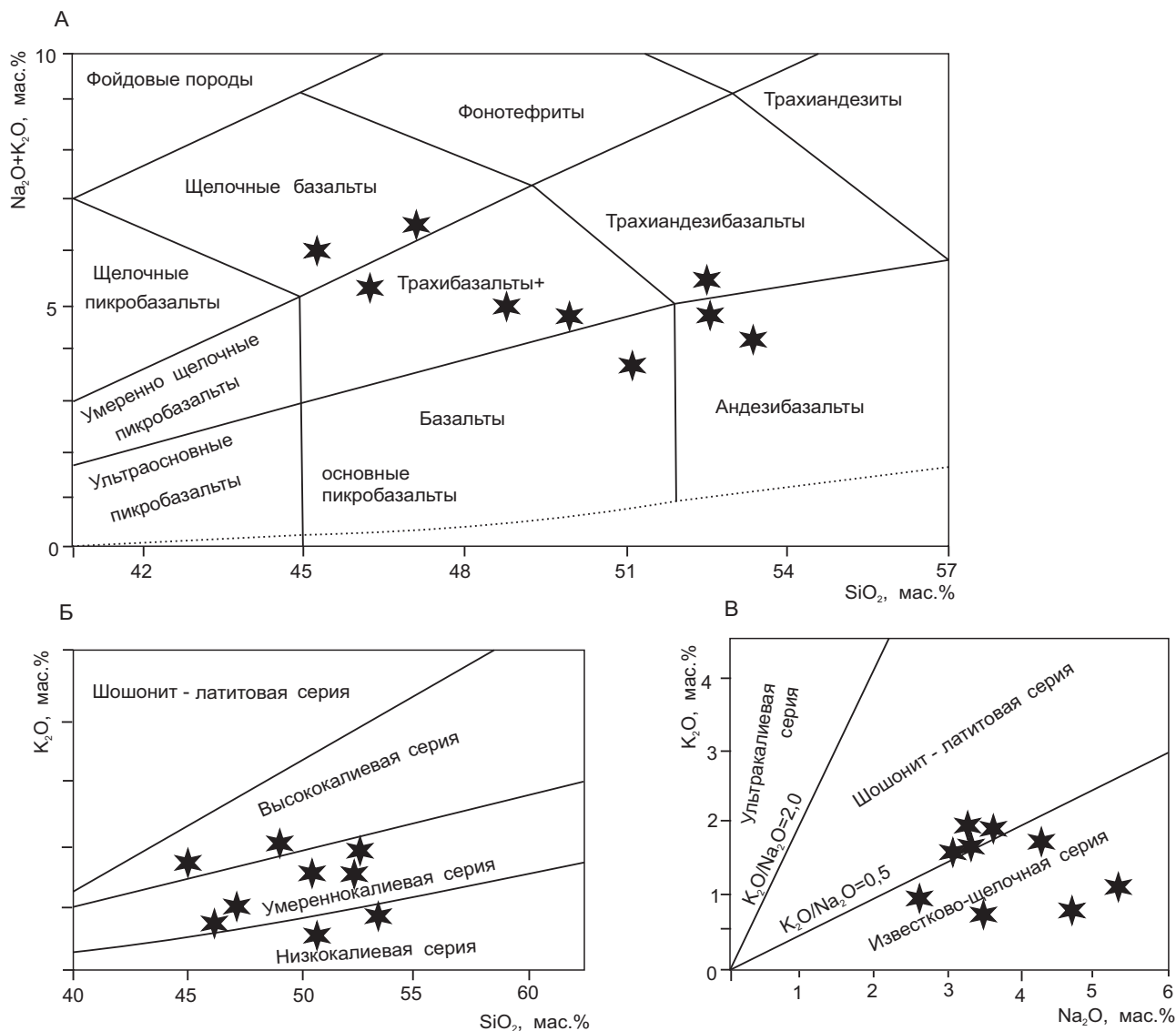


Рис. 3. Классификационные диаграммы для пород острогорского комплекса:

А – TAS-диаграмма $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ для вулканических пород [18]; Б – разделение вулканитов по содержанию $\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$, границы, по [35]; Б' – разделение вулканитов по соотношениям $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$, границы, по [36]

и кальций-магниевыми пироксенами (титан-авгит, эгирин-авгит, диопсид). Удурчуканские андезибазальты по сравнению с ними гораздо менее магнезиальны, содержания в них MgO варьируют от 2,0 до 5,4% (см. табл. 4).

Острогорские вулканиты по концентрации CaO (до 9,1%) близки к аякитским (7,3–8,5%), так как в составе обоих комплексов доминируют вкрапленники основных кальциевых плагиоклазов (лабрадор и битовнит). Удурчуканские андезибазальты с преобладанием среднего плагиоклаза (андезина) содержат гораздо меньшее количество CaO (5,5–6,5%).

В острогорском комплексе отмечается большой контраст содержаний оксидов натрия и калия – Na_2O больше K_2O в 3 раза. В аякитских базальтах отношения их составляют 2:1. Исключение составили высококалиевые аякитские щелочные базальты оз. Болонь, в которых $\text{Na}_2\text{O}:\text{K}_2\text{O} = 4:3$ (см. табл. 3). В удурчуканских андезибазальтах также отмечается преобладание оксида натрия над оксидом калия, но в 1,5 раза (см. таблицы 2, 3, 4).

По концентрации P_2O_5 0,28–0,85% (см. табл. 2) острогорские породы уступают аякитским – 0,28–1,18%.

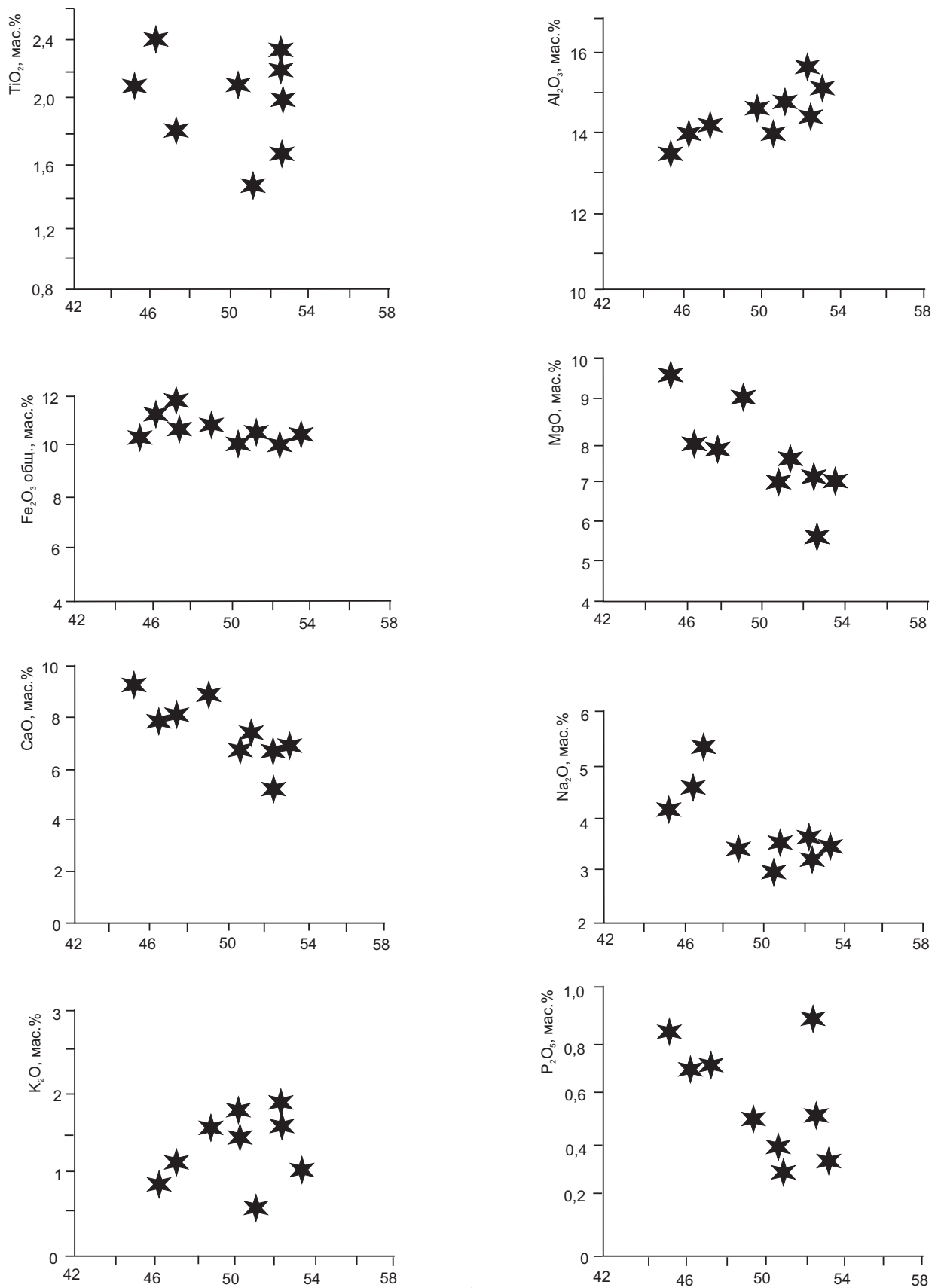


Рис. 4. Вариационные диаграммы для пород острогорского комплекса, по [23]

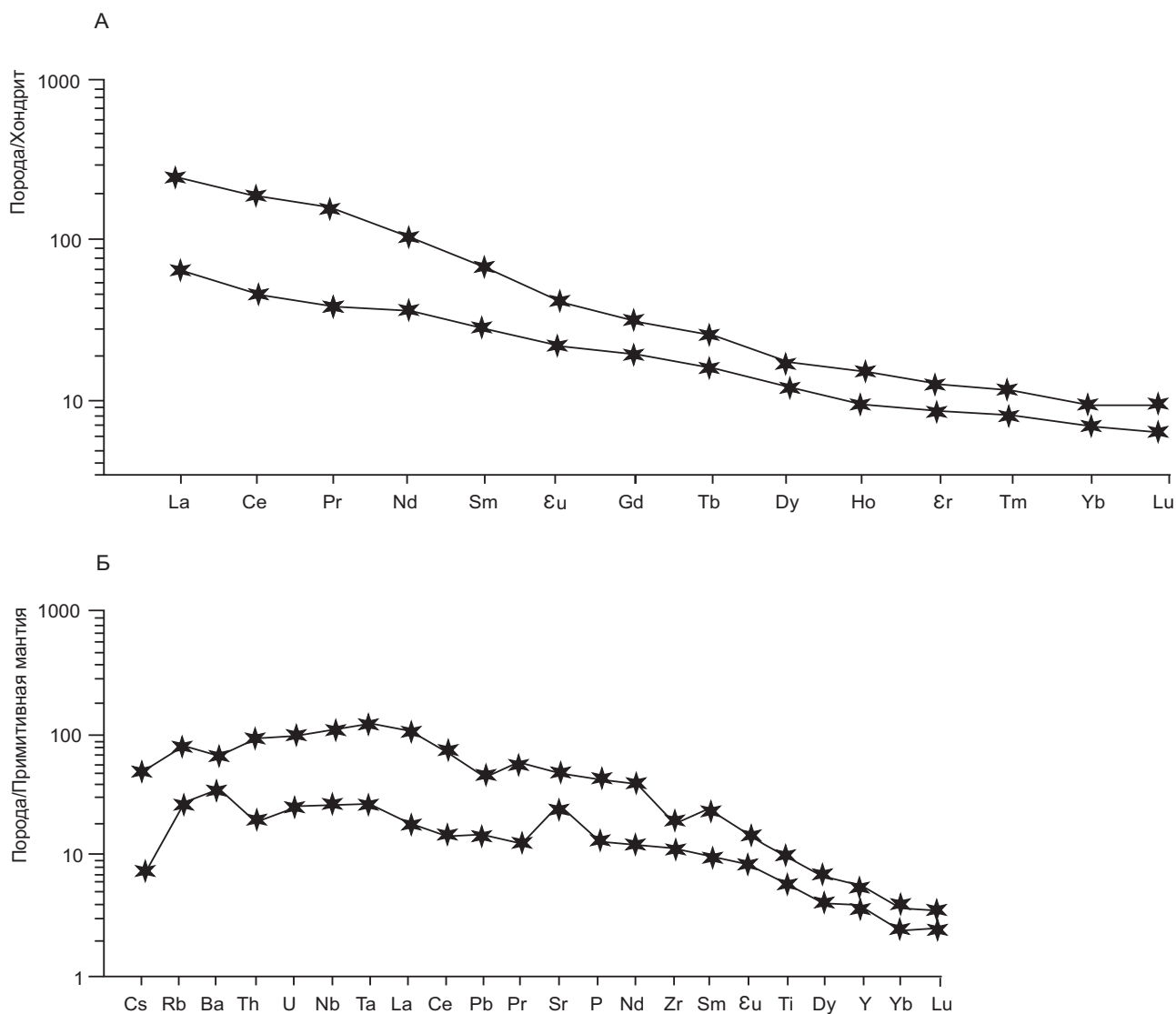


Рис. 5. Спектры распределения РЗЭ, нормированных по хондриту (А), и редких элементов по отношению к примитивной мантии (Б) в породах острогорского комплекса. Состав РЗЭ и примитивной мантии, по [33]

Спайдер-диаграммы. Спектры распределения РЗЭ по отношению к хондриту в базальтоидах острогорского (рис. 5, А) и аякитского комплексов (рис. 6, А) имеют схожие тренды, они характеризуются плавным понижением значений от лёгких РЗЭ к средним и тяжёлым и отсутствием европиевого минимума, что свойственно для базальтов континентальных рифтовых зон. При этом аякитские породы характеризуются более дифференцированными соотношениями лёгких, средних и тяжёлых РЗЭ из-за значительных различий их концентраций (см. рис. 6, А).

Спектры распределения редких элементов по отношению к примитивной мантии для острогорского

(см. рис. 5, Б) и аякитского комплексов (см. рис. 6, Б) также имеют схожие тренды. Наблюдаются общие для обоих комплексов максимумы литофильных элементов – U, Th, Nb, Ta, Rb, Ba, Sr, а также минимумы – для Yb, Lu (HREE).

Геодинамические обстановки. Диаграмма $FeO_{\text{общ}} - MgO$, по [27], (рис. 7, А) показывает, что фигуративные точки острогорских базальтоидов располагаются в области внутриплитных базальтов MORB. На диаграмме Th/La–La/Yb, по [31], (см. рис. 7, Б) фигуративные точки комплекса приближены к району Гавайских островов. Во всех типах рассматриваемых базальтоидов отмечаются низкие соотношения

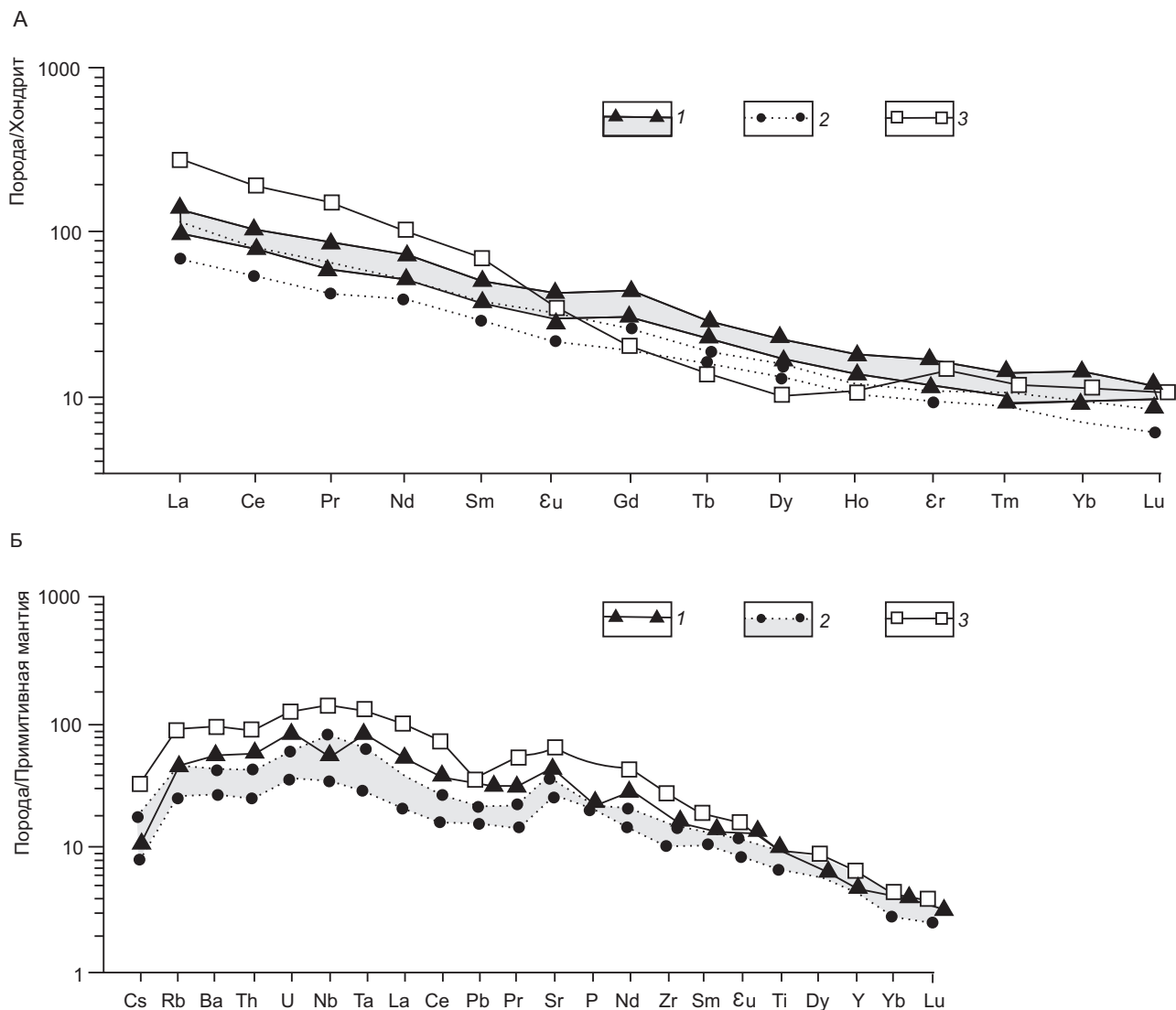


Рис. 6. Спектры распределения РЗЭ, нормированных по хондриту (А) и редких элементов по отношению к примитивной мантии (Б) в породах аякитского комплекса:

1 – Аякитское плато; 2 – пос. Солнечный; 3 – оз. Болонь; состав РЗЭ и примитивной мантии, по [33]

Zr/Nb и Nb/Th, по [32], по составу они близки к составам океанических островов OIB и рециклированного компонента REC (см. рис. 7, В), что позволяет предположить их смешанный мантийно-коревой источник. На диаграмме, по [34], Zr/Y–Zr (см. рис. 7, Г) основная часть фигуративных точек острогорского комплекса размещается в области внутриплитных рифтогенных базальтов WPB. Аякитские щелочные базальты востока Буреинского массива и части САСС также относятся к внутриплитным рифтогенным базальтам, обязанным своим происхождением окраинно-континентальному рифтогенезу вдоль зон глубинных разломов, их состав также достаточно

близок к составам базальтов океанических островов и рециклированного компонента.

В заключение отметим, что крупные ареалы базальтоидов острогорского комплекса, приуроченные к зонам глубинных разломов, свидетельствуют о продолжительном и мощном миоценовом вулканизме вдоль восточного борта Среднеамурской впадины. Острогорский магматизм проявился, вероятнее всего, в четыре этапа. Первый – раннемиоценовый (18–17 Ма), второй – среднемиоценовый (13–12 Ма), третий – позднемиоценовый (11,0–9,5; 8,6–7,4 Ма) и четвертый – раннеплиоценовый (4,6–4,1 Ма).

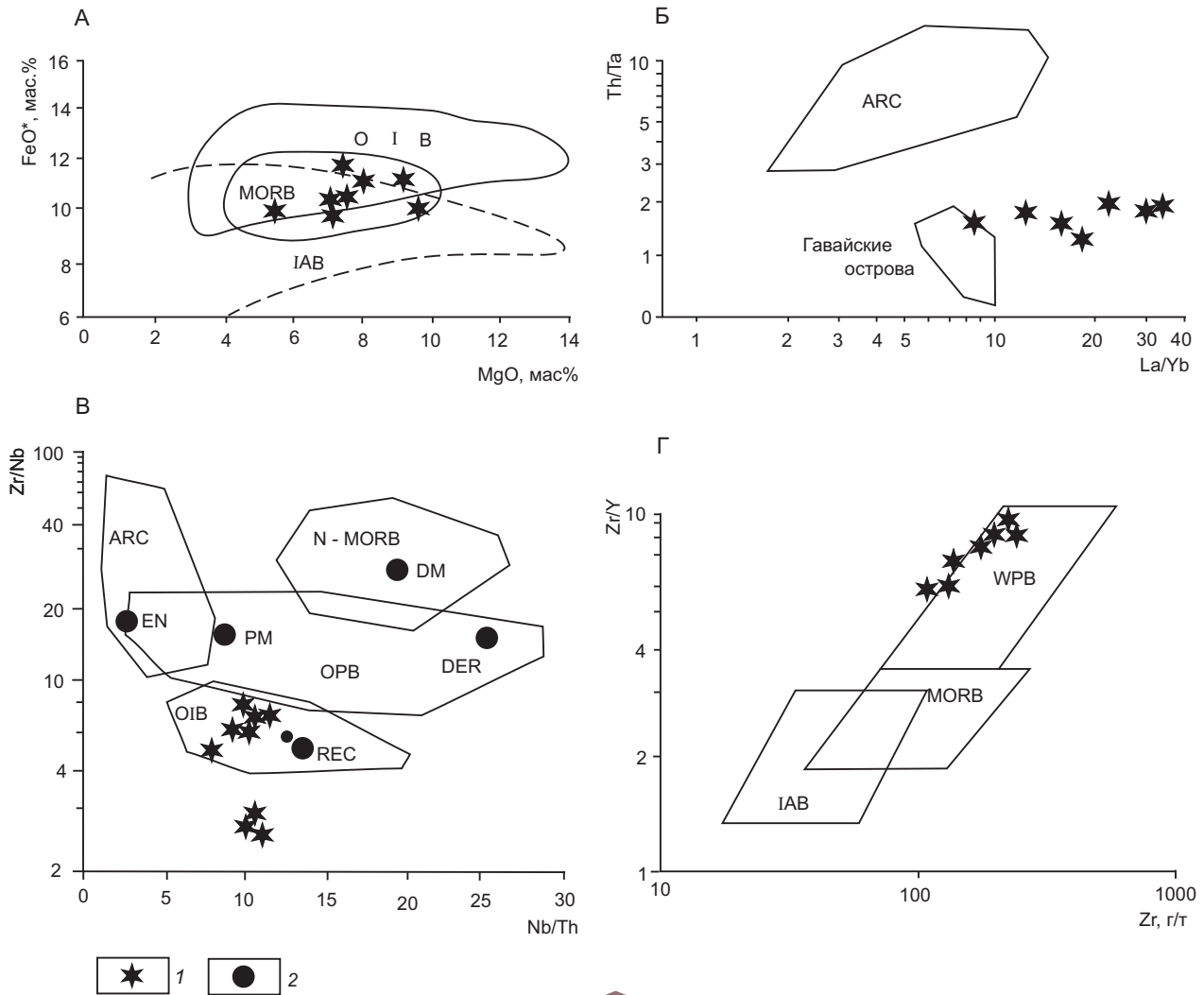


Рис. 7. Геодинамические обстановки формирования базальтоидов острогорского комплекса:

1 – острогорский комплекс; 2 – геодинамические обстановки; А – $FeO_{общ}$ – MgO [27], Б – Th/Ta–La/Yb [31], В – Zr/Nb–Nb/Th [32], Г – Zr/Y–Zr [34]; IAB, ARC – базальты островных дуг, MORB, N-MORB – базальты срединно-океанических хребтов, OIB – базальты океанических островов, OPB – базальты океанических плато, DM – деплетированная мантия, PM – примитивная мантия, DER – глубинная деплетированная мантия, REC – рециклированный компонент, EN – обогащённый компонент, WPB – внутриплитные базальты

К важным геохимическим особенностям базальтоидов острогорского комплекса относятся повышенные содержания Mg, Ti, Fe, Ca, Na. Это характерно и для базальтов аякитского комплекса. Оба комплекса имеют повышенные содержания литофильных элементов: крупноионных Ba, Sr, высокозарядных Ta, Nb, Zr, Hf, радиоактивных Th, U, лёгких РЗЭ. Значения Кк тантала в породах острогорского комплекса достигают 4,1–4,8 (у аякитского – 4,6–4,7), а ниобия – до 10,8–14,5 (у аякитского – 5,9–12,4). Спектры распределения РЗЭ по отношению к хондриту у острогорских и аякитских пород имеют большое сходство,

оба характеризуются наклонными слабоизвилистыми линиями и плавным понижением значений от лёгких РЗЭ к средним и тяжёлым. Спектры распределения редких элементов по отношению к примитивной мантии у острогорских и аякитских пород имеют слабодифференцированный характер и близкие тренды.

Базальтоиды острогорского комплекса Западного Сихотэ-Алиня, как и аякитские базальты востока Буреинского массива, относятся к внутриплитным базальтам, обязанным своим происхождением окраинно-континентальному рифтогенезу вдоль зон глубинных разломов. Состав базальтоидов острогорского

комплекса, как и щелочных базальтов аякитского комплекса, близок к составам базальтов океанических островов и рециклированного компонента, что позволяет предположить их единый мантийно-корочный источник.

Автор выражает благодарность и искреннюю признательность рецензенту.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИГиГ ДВО РАН, при поддержке Федерального агентства по недропользованию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анойкин В. И.* Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Изд. 2-е. Серия Буреинская. Лист М-53-VIII (Чегдомын). Объяснительная записка. – СПб. : Картфабрика ВСЕГЕИ, 2002. – 123 с.
2. *Анойкин В. И., Заблоцкий Е. М.* Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Изд. 2-е. Серия Буреинская. Лист М-53-XIV. Объяснительная записка. – СПб. : Картфабрика ВСЕГЕИ, 2004. – 102 с.
3. *Ахметьев М. А., Ботылева М. П.* Неоген-четвертичные андезитово-базальты Восточного Сихотэ-Алиня // Петрология неоген-четвертичных базальтоидов северо-западного сектора Тихоокеанского подвижного пояса. – М. : Недра, 1971. – С. 13–47.
4. *Варнавский В. Г., Седых А. К., Рыбалко В. И.* Палеоген и неоген Приамурья и Приморья. – Владивосток : ДВО АН СССР, 1988. – 184 с.
5. *Васькин А. Ф., Дымович В. А., Атрашенко А. Ф.* [и др.] Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист М-53. (Хабаровск). Объяснительная записка. – СПб. : Картфабрика ВСЕГЕИ, 2009. – 376 с.
6. *Вулканогенное оруденение на Дальнем Востоке / Отв. ред. Б. И. Бурдэ, В. Н. Воеводин.* – Владивосток : ДВНЦ, 1980. – 136 с.
7. *Голозубов В. В.* Тектоника юрских и нижнемеловых комплексов северо-западного обрамления Тихого океана. – Владивосток : Дальнаука, 2006. – 239 с.
8. *Добкин С. Н.* Государственная геологическая карта Российской Федерации (2-е издание). Масштаб 1:200 000. Лист М-53-XIII. Буреинская серия. Объяснительная записка. – СПб. : Картфабрика ВСЕГЕИ, 2015. – 384 с.
9. *Добкин С. Н., Новосёлов Б. А., Бородин А. М., Грачева В. Т.* Государственная геологическая карта Российской Федерации (2-е изд.). Масштаб 1:200 000. Лист М-52-XXX. Буреинская серия. Объяснительная записка. – СПб. : Картфабрика ВСЕГЕИ, 2000. – 236 с.
10. *Дымович В. А.* Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Лист М-53-XXX. Объяснительная записка. – М. : Союзгеолфонд, 1987. – 111 с.
11. *Есин С. В., Прусевич А. А., Кутюлин В. А.* Позднекайнозойский вулканизм и глубинное строение Восточного Сихотэ-Алиня. – Новосибирск : ВО «Наука», Сибирская издательская фирма, 1992. – 164 с.
12. *Забродин В. Ю., Бородин А. М., Гурьянов В. А.* [и др.] Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (3-е поколение). Серия Дальневосточная. Лист N-53 (Шантарские о-ва). Объяснительная записка. – СПб. : Картфабрика ВСЕГЕИ, 2007. – 448 с.
13. *Кузьменко С. П.* Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серии Хингано-Буреинская и Сихотэ-Алинская. Листы: М-53-XXII (Харпи), М-53-XXIII (Болонь), М-53-XXIV (Маном). Объяснительная записка. – М. : Союзгеолфонд, 1989. – 122 с.
14. *Мартьянов Ю. А.* Геохимия базальтов активных континентальных окраин и зрелых островных дуг (на примере Северо-Западной Пацифики). – Владивосток : Дальнаука, 1999. – 218 с.
15. *Мартьянов Ю. А.* Петрология эоцен-миоценовой контрастной формации Нижнего Приамурья. – Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1983. – 144 с.
16. *Нигай Е. В.* Удурчуканская свита и аякитский комплекс: размещение, возраст, геохимия (Буреинский массив, Сихотэ-Алинская складчатая система) // Отечественная геология. – 2021. – № 6. – С. 85–99.
17. *Опалихина Е. С.* Миоцен-раннечетвертичные платобазальты и их положение среди вулканитов Восточно-Сихотэалинского вулканического пояса // Проблемы геологии и металлогении Северо-Востока Азии на рубеже тысячелетий: материалы XI сессии Северо-Восточного отделения ВМО «Региональная научно-практическая конференция, посвященная 100-летию со дня рождения Ю. А. Билибина». – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2001. – С. 178–180.
18. *Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования / Отв. ред. Л. П. Шарпенко – СПб. : ВСЕГЕИ, 2009. – 200 с.*
19. *Петрология неоген-четвертичных базальтоидов северо-западного сектора Тихоокеанского подвижного пояса / под ред. Г. М. Гапеевой – М. : Недра, 1971. – 148 с.*
20. *Петрук Н. Н., Волкова Ю. Р., Шилова М. Н.* [и др.] Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (3-е поколение). Серия Дальневосточная. Лист М-52 (Благовещенск). Объяснительная записка. – СПб. : Картфабрика ВСЕГЕИ, 2012. – 496 с.
21. *Рассказов С. В., Приходько В. С., Саранина Е. В., Масловская М. Н., Ясныгина Т. А., Семенова В. Г., Травин А. В.* Пространственно-временные вариации мантийных и корочных компонентов в позднекайнозойских вулканических породах Среднеамурской впадины // Тихоокеанская геология. – 2003. – Т. 22, № 3. – С. 3–27.

22. Рыбалко В. И., Белянский Г. С., Рязанцева М. Д., Бажанов В. А. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (3-е поколение). Лист L-52, 53; K-52, 53. (оз. Ханка). Объяснительная записка. – СПб. : Картофабрика ВСЕГЕИ, 2011. – 684 с.
23. Сасим С. А., Дриль С. И., Травин А. В. [и др.] Шошонит-латитовая серия Восточного Забайкалья: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ возраст, геохимия и Sm-Nd изотопный состав пород Акатуевской вулкано-плутонической ассоциации Александрово-Заводской впадины // Геология и геофизика. – 2016. – Т. 57, № 5. – С. 962–982.
24. Сухов В. И. Вулканогенные формации юга Дальнего Востока. – М. : Недра, 1975. – 112 с.
25. Сухов В. И. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Хингано-Буреинская. Лист M-53-XXI. Объяснительная записка. – М. : Союзгеолфонд, 1970. – 84 с.
26. Тектоника, глубинное строение, металлогения области сочленения Центрально-Азиатского и Тихоокеанского поясов. Объяснительная записка к тектонической карте масштаба 1:1 500 000 / Под ред. Л. П. Карсакова. – Хабаровск, Владивосток: ИТиГ ДВО РАН, 2005. – 264 с.
27. Туркина О. М., Ножкин А. Д. Океанические и рифтогенные метавулканические ассоциации зеленокаменных поясов северо-западной части Шарыжалгайского выступа (Прибайкалье) // Петрология. – 2008. – Т. 16, № 5. – С. 501–526.
28. Требования к геохимической основе госгеолкарты РФ масштаба 1:1 000 000. – М., 2001.
29. Харитонычев Г. И. Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Сихотэ-Алинская. Лист M-53-XXIX. Объяснительная записка. – М. : Союзгеолфонд, 1970. – 58 с.
30. Шаруева Л. И., Саутченкова Р. А., Макаров В. И., Поганов Г. В. [и др.] Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (3-е поколение). Серия Дальневосточная. Лист N-54 (Николаевск-на-Амуре). Объяснительная записка. – СПб. : Картофабрика ВСЕГЕИ, 2014. – 496 с.
31. *Condie K. C.* High field strength element ratios in Archean basalts: a window to evolving sources of mantle plumes? // *Lithosphere*. – 2005. – V. 79. – P. 491–504.
32. *Condie K. C.* Sources of Proterozoic mafic dyce swarms: constraints from Th/Ta and La/Yb ratios // *Precambrian Research*. – 1997. – V. 81. – P. 3–14.
33. *McDonough W., Sun S. S.* The composition of the Earth // *Chemical Geology*. – 1995. – V. 120, Is. 3–4. – P. 223–253.
34. *Pearse J. A., Norry M. J.* Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y, and Nb variations in volcanic rocks // *Contributions to Mineralogy and Petrology*. – 1979. – V. 69. – P. 33–47.
35. *Peccerillo A., Taylor S. R.* Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey // *Contributions to Mineralogy and Petrology*. – 1976. – V. 58, № 1. – P. 63–81.
36. *Turner S., Arnaud N., Liu J., Rogers N., Hawkesworth C., Harris N., Kelley S., Van Calsteren P., Deng W.* Post-collision, shoshonitic volcanism on the Tibetan Plateau: Implications for convective thinning of the lithosphere and the source of ocean island basalts // *Journal of Petrology*. – 1996. – V. 37. – P. 45–71.

REFERENCES

1. *Anoykin V. I.* Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii masshtaba 1:200 000. Izd. 2-ye. Seriya Bureinskaya. List M-53-VIII (Chegdomyn). Ob'yasnitel'naya zapiska [State Geological Map of the Russian Federation, scale 1:200,000, 2nd ed. Series Bureinskaya. Sheet M-53-VIII (Chegdomyn). Explanatory note]. St. Petersburg, Kartfabrika VSEGEI publ., 2002, 123 p. (In Russ.)
2. *Anoykin V. I., Zablotskiy Ye. M.* Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii masshtaba 1:200 000. Izd. 2-ye. Seriya Bureinskaya. List M-53-XIV. Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation, scale 1:200 000. 2nd ed. Series Bureinskaya. Sheet M-53-XIV. Explanatory note]. St. Petersburg, Kartfabrika VSEGEI publ., 2004, 102 p. (In Russ.)
3. *Akhmet'yev M. A., Botyleva M. P.* Neogen-chetvertichnyye andezito-bazal'ty Vostochnogo Sikhote-Alinya [Neogene-Quaternary andesite-basalts of the Eastern Sikhote-Alin]. Petrologiya neogen-chetvertichnykh bazal'toidov severo-zapadnogo sektora Tikhookeanskogo podvizhnogo poyasa, Moscow, Nedra publ., 1971, P. 13–47. (In Russ.)
4. *Varnavskiy V. G., Sedykh A. K., Rybalko V. I.* Paleogen i neogen Priamur'ya i Primor'ya [Paleogene and Neogene of the Amur Region and Primorye]. Vladivostok, DVO AN SSSR publ., 1988, 184 p. (In Russ.)
5. *Vas'kin A. F., Dymovich V. A., Atrashenko A. F.* et al. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1:1 000 000 (tret'ye pokoleniye). Seriya Dal'nevostochnaya. List M-53. (Khabarovsk). Ob'yasnitel'naya zapiska [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:1,000,000 (third generation). Far Eastern series. Sheet M-53. (Khabarovsk). Explanatory note]. St. Petersburg, Kartfabrika VSEGEI publ., 2009, 376 p. (In Russ.)
6. *Vulkanogennoye orudneniye na Dal'nem Vostoke* [Volcanic mineralization in the Far East]. B. I. Burde, V. N. Voyevodin, Vladivostok, DVNTS publ., 1980, 136 p. (In Russ.)
7. *Golozubov V. V.* Tektonika yurskikh i nizhnemelovykh kompleksov severo-zapadnogo obramleniya Tikhogo okeana [Tectonics of the Jurassic and Lower Cretaceous complexes of the northwestern framing of the Pacific Ocean]. Vladivostok, Dal'nauka publ., 2006, 239 p. (In Russ.)
8. *Dobkin S. N.* Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii (2-ye izdaniye). Masshtab 1:200 000. List M-53-XIII. Bureinskaya seriya. Ob'yasnitel'naya

- zapiska [State Geological Map of the Russian Federation (2nd edition). Scale 1:200,000. Sheet M-53-XIII. Bureinsky series. Explanatory note]. St. Petersburg, Kartfabrika VSEGEI publ., 2015, 384 p. (In Russ.)
9. *Dobkin S. N., Novosolov B. A., Borodin A. M., Gracheva V. T.* Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii (2-ye izd.). Masshtab 1:200 000. List M-52-XKHKH. Bureinskaya seriya. Obyasnitel'naya zapiska [State Geological Map of the Russian Federation (2nd ed.). Scale 1:200,000. Sheet M-52-XXX. Bureinsky series. Explanatory note]. St. Petersburg, Kartfabrika VSEGEI publ., 2000, 236 p. (In Russ.)
 10. *Dymovich V. A.* Gosudarstvennaya geologicheskaya karta SSSR masshtaba 1:200 000. List M-53-XXX. Obyasnitel'naya zapiska [State geological map of the USSR, scale 1:200,000. Sheet M-53-XXX. Explanatory note]. Moscow, Soyuzgeolfond publ., 1987, 111 p. (In Russ.)
 11. *Yesin S. V., Prusevich A. A., Kutolin V. A.* Pozdnekaynozoykiy vulkanizm i glubinnoye stroyeniye Vostochnogo Sikhote-Alinya [Late Cenozoic volcanism and deep structure of Eastern Sikhote-Alin]. Novosibirsk, Sibirskaya izdatel'skaya firma publ., 1992, 164 p. (In Russ.)
 12. *Zabrodin V. Yu., Borodin A. M., Gur'yanov V. A.* et al Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1:1000 000 (3-ye pokoleniye). Seriya Dal'nevostochnaya. List N-53 (Shantarskiye o-va). Obyasnitel'naya zapiska [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:1000,000 (3rd generation). Far Eastern series. Sheet N-53 (Shantar Islands). Explanatory note]. St. Petersburg, Kartfabrika VSEGEI publ., 2007, 448 p. (In Russ.)
 13. *Kuz'menko S. P.* Gosudarstvennaya geologicheskaya karta SSSR masshtaba 1:200 000. Serii Khingano-Bureinskaya i Sikhote-Alinskaya. Listy: M-53-XXII (Kharpi), M-53-XXIII (Bolon'), M-53-XXIV (Manoma). Obyasnitel'naya zapiska [State geological map of the USSR at a scale of 1:200,000. Khingan-Bureinskaya and Sikhote-Alinskaya series. Sheets: M-53-XXII (Harpy), M-53-XXIII (Bologne), M-53-XXIV (Manoma). Explanatory note]. Moscow, Soyuzgeolfond publ., 1989, 122 p. (In Russ.)
 14. *Martynov Yu. A.* Geokhimiya bazal'tov aktivnykh kontinental'nykh okrain i zrelykh ostrovnykh dug (na primere Severo-Zapadnoy Patsifiki) [Geochemistry of basalts of active continental margins and mature island arcs (on the example of the Northwestern Pacific)]. Vladivostok, Dal'nauka publ., 1999, 218 p. (In Russ.)
 15. *Martynov Yu. A.* Petrologiya eotsen-miotsenovoy kontrastnoy formatsii Nizhnego Priamur'ya [Petrology of the Eocene-Miocene contrast formation of the Lower Amur region]. Vladivostok, DVNTS AN SSSR publ., 1983, 144 p. (In Russ.)
 16. *Nigay Ye. V.* Udurchukanskaya svita i ayakitskiy kompleks: razmeshcheniye, vozrast, geokhimiya (Bureinskiy massiv, Sikhote-Alinskaya skladchataya sistema) [Udurchukan Formation and Ayakit Complex: Location, Age, Geochemistry (Bureian massif, Sikhote-Alin fold system)]. Otechestvennaya geologiya [Domestic geology], 2021, No. 6, P. 85–99. (In Russ.)
 17. *Opalikhina Ye. S.* Miotsen-rannechetvertichnyye platonbazal'ty i ikh polozheniye sredi vulkanitov Vostochno-Sikhotealinskogo vulkanicheskogo poyasa [Miocene-Early Quaternary plateau basalts and their position among the volcanic rocks of the East Sikhotealinsky volcanic belt]. Magadan, SVKNII DVO RAN, 2001, P. 178–180. (In Russ.)
 18. *Petrograficheskiy kodeks Rossii.* Magmaticheskiye, metamorficheskiye, metasomaticheskiye, impaktnyye obrazovaniya [Petrographic Code of Russia. Magmatic, metamorphic, metasomatic, impact formations]. Sharpenok L. P. St. Petersburg, VSEGEI publ., 2009, 200 p. (In Russ.)
 19. *Petrologiya neogen-chetvertichnykh bazal'toidov severozapadnogo sektora Tikhookeanskogo podvizhnogo poyasa* [Petrology of Neogene-Quaternary basaltoids in the northwestern sector of the Pacific Mobile Belt]. Gapeyeva G. M., Moscow, Nedra publ., 1971, 148 p. (In Russ.)
 20. *Petruk N. N., Volkova Yu. R., Shilova M. N.* et al. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1:1000 000 (3-ye pokoleniye). Seriya Dal'nevostochnaya. List M-52 (Blagoveshchensk). Obyasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1000,000 (3rd generation). Far Eastern series. Sheet M-52 (Blagoveshchensk). Explanatory note]. St. Petersburg, Kartfabrika VSEGEI publ., 2012, 496 p. (In Russ.)
 21. *Rasskazov S. V., Prikhod'ko V. S., Saranina Ye. V., Maslovskaya M. N., Yasnygina T. A., Semenova V. G., Travin A. V.* Prostranstvenno-vremennyye variatsii mantiynykh i korovykh komponentov v pozdnekaynozoykskikh vulkanicheskikh porodakh Sredneamurskoy vpadiny [Spatio-temporal variations of mantle and crustal components in Late Cenozoic volcanic rocks of the Middle Amur depression]. Tikhookeanskaya geologiya, 2003, V. 22, No. 3, P. 3–27. (In Russ.)
 22. *Rybalko V. I., Belyanskiy G. S., Ryazantseva M. D., Bazhanov V. A.* Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1:1000 000 (3-ye pokoleniye). List L-52, 53; K-52, 53. (Oz. Khanka). Obyasnitel'naya zapiska [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:1000,000 (3rd generation). Sheet L-52, 53; K-52, 53. (Oz. Khanka). Explanatory note]. St. Petersburg, Kartfabrika VSEGEI publ., 2011, 684 p. (In Russ.)
 23. *Sasim S. A., Dril' S. I., Travin A. V.* et al., Shoshonitlatitovaya seriya Vostochnogo Zabaykal'ya: ⁴⁰Ar/³⁹Ar vozrast, geokhimiya i Sm-Nd izotopnyy sostav porod Akatuyevskoy vulkano-plutonicheskoy assotsiatsii Aleksandrovo-Zavodskoy vpadiny [Shoshonite-latitude series of Eastern Transbaikalia: ⁴⁰Ar/³⁹Ar age, geochemistry, and Sm-Nd isotope composition of rocks of the Akatuevka volcano-plutonic association of the Alexander-Zavodsk depression]. Geologiya i geofizika [Geology and geophysics], 2016, V. 57, No. 5, P. 962–982. (In Russ.)
 24. *Sukhov V. I.* Vulkanogennyye formatsii yuga Dal'nego Vostoka [Volcanogenic formations in the south of the Far East]. Moscow, Nedra publ., 1975, 112 p. (In Russ.)
 25. *Sukhov V. I.* Gosudarstvennaya geologicheskaya karta SSSR masshtaba 1:200 000. Seriya Khingano-Bureinskaya. List M-53-XXI. Obyasnitel'naya zapiska [State geological map of the USSR, scale 1:200,000. Khingan-Bureinskaya series. Sheet M-53-XXI. Explanatory note]. Moscow, Soyuzgeolfond publ., 1970, 84 p. (In Russ.)

26. *Tektonika*, glubinnoye stroyeniye, metallogeniya oblasti sochleneniya Tsentral'no-Aziatskogo i Tikhookeanskogo pojasov. Obyasnitel'naya zapiska k tektonicheskoy karte masshtaba 1:1 500 000 [Tectonics, deep structure, metallogeny of the junction area of the Central Asian and Pacific belts. Explanatory note to the tectonic map in scale 1:1 500 000]. Ed. L. P. Karsakova, Khabarovsk, Vladivostok, ITiG DVO RAN publ., 2005, 264 p. (In Russ.)
27. *Turkina O. M., Nozhkin A. D.* Okeanicheskiye i riftogeniye metavulkanicheskiye assotsiatsii zelenokamennykh pojasov severo-zapadnoy chasti Sharyzhalgayskogo vystupa (Pribaykal'ye) [Oceanic and riftogenic metavolcanic associations of greenstone belts in the northwestern part of the Sharyzhalgai salient (CiBaikal region)]. *Petrologiya* [Petrology], 2008, V. 16, No. 5, P. 501–526. (In Russ.)
28. *Trebovaniya k geokhimicheskoy osnove gosgeolkarty RF* masshtaba 1:1 000 000 [Requirements for the geochemical basis of the State Geological Map of the Russian Federation at a scale of 1:1,000,000]. Moscow, 2001. (In Russ.)
29. *Kharitonychev G. I.* Geologicheskaya karta SSSR masshtaba 1:200 000. Seriya Sikhote-Alinskaya. List M-53-XXIX. Obyasnitel'naya zapiska [Geological map of the USSR at a scale of 1:200,000. Sikhote-Alinskaya series. Sheet M-53-XXIX. Explanatory note]. Moscow, Soyuzgeolfond publ., 1970, 58 p. (In Russ.)
30. *Sharuyeva L. I., Sautchenkova R. A., Makar V. I., Roganov G. V.* et al. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1:1 000 000 (3-ye pokoleniye). Seriya Dal'nevostochnaya. List N-54 (Nikolaevsk-na-Amure). Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1,000,000 (3rd generation). Far Eastern series. Sheet N-54 (Nikolaevsk-on-Amur). Explanatory note]. St. Petersburg, Kartfabrika VSEGEI publ., 2014, 496 p. (In Russ.)
31. *Condie K. C.* High field strength element ratios in Archean basalts: a window to evolving sources of mantle plumes? *Lithosphere*, 2005, V. 79, P. 491–504.
32. *Condie K. C.* Sources of Proterozoic mafic dyce swarms: constraints from Th/Ta and La/Yb ratios. *Precambrian Research*, 1997, V. 81, P. 3–14.
33. *McDonough W., Sun S. S.* The composition of the Earth. *Chemical Geology*, 1995, V. 120, Is. 3–4, P. 223–253.
34. *Pearse J. A., Norry M. J.* Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y, and Nb variations in volcanic rocks. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 1979, V. 69, P. 33–47.
35. *Peccerillo A., Taylor S. R.* Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 1976, V. 58, № 1, P. 63–81.
36. *Turner S., Arnaud N., Liu J., Rogers N., Hawkesworth C., Harris N., Kelley S., Van Calsteren P., Deng W.* Post-collision, shoshonitic volcanism on the Tibetan Plateau: Implications for convective thinning of the lithosphere and the source of ocean island basalts. *Journal of Petrology*, 1996, V. 37, P. 45–71.

Статья поступила в редакцию 17.06.22; одобрена после рецензирования 18.10.22; принята к публикации 18.10.22.
The article was submitted 17.06.22; approved after reviewing 18.10.22; accepted for publication 18.10.22.