

**ВУЛКАНИТЫ ХАБАРОВСКОГО АККРЕЦИОННОГО КОМПЛЕКСА  
(ЮГ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА)**

**И.П. Войнова**

ФГБУН Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, ул. Ким Ю Чена 65, г. Хабаровск, 680000;  
e-mail: ipvoynova@yandex.ru

Поступила в редакцию 5 июня 2015 г.

Приводятся результаты изучения вулканитов хабаровского аккреционного комплекса, являющегося фрагментом юрской аккреционной призмы Сихотэ-Алинского орогенного пояса (юг Дальнего Востока). Вулканиты присутствуют в ассоциации с раннепермскими известняками в блоках меланжа, а также с триасовыми слоистыми кремнями. Приводится петрографическая, петрохимическая и геохимическая характеристика вулканитов и делаются выводы о геодинамических условиях их формирования. Вулканиты представлены океаническими плюмовыми базальтами двух типов: 1) внутриплитными базальтами типа OIB, сформированными на океанических островах и гайотах в перми и триасе, и 2) базальтами типа Т (transitional)-MORB (наименее обогащенными базальтами типа E-MORB), сформированными на срединно-океаническом хребте в перми. Кроме базальтов в меланже имеют место туфолавы дацитового состава, сформированные в надсубдукционной обстановке.

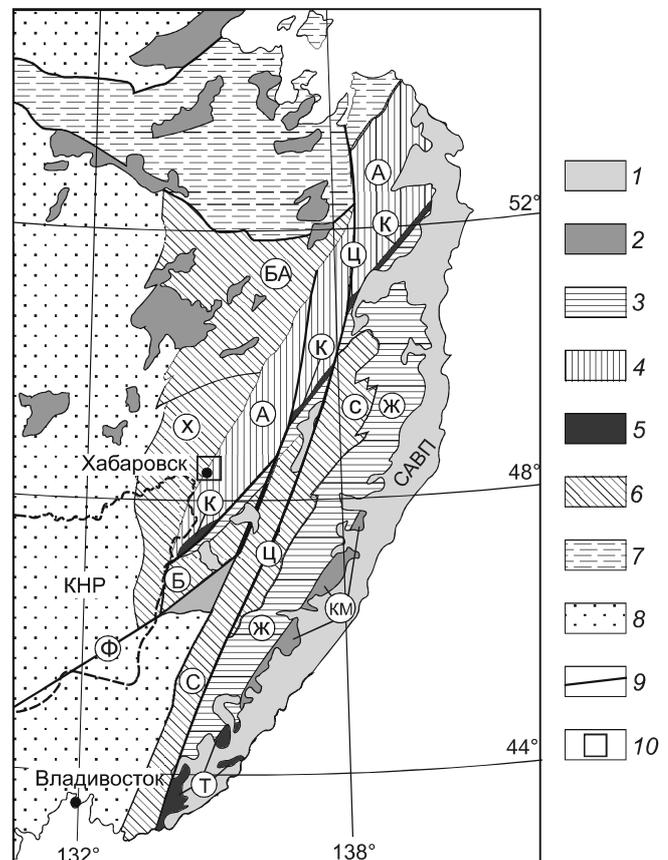
**Ключевые слова:** вулканиты, петрохимия, геохимия, геодинамические условия, аккреционная призма, Хабаровский террейн, юг Дальнего Востока.

**ВВЕДЕНИЕ**

Хабаровский аккреционный комплекс слагает южную часть Баджальского террейна, условно выделяемую как Хабаровский террейн, и входит в состав юрской, по [7], или позднеюрско-раннемеловой, по [16, 17], аккреционной системы Сихотэ-Алинского орогенного пояса (рис. 1). Образования комплекса обнажаются в изолированных выходах в береговых обрывах правого борта р. Амур (район г. Хабаровска

**Рис. 1.** Тектоническая схема юга Дальнего Востока России (по [7, 13, 16, 17], с упрощениями и дополнениями) и местонахождение района исследования.

1–2 – комплексы вулканических поясов и вулканоплутонические ареалы: 1 – поздний мел-кайнозойские (в том числе САВП – Сихотэ-Алинский вулканический пояс), 2 – досенонские (в том числе Кемской баррем-альбской островодужной системы (КМ)); 3–4 – турбидитовые террейны: 3 – раннемеловой Журавлевский (Ж), 4 – раннемеловой Амурский (А); 5–6 – аккреционные террейны: 5 – раннемеловые: аптский Киселевско-Маноминский (К), неокомский Таухинский (Т), 6 – юрские: Хабаровский (Х), Баджальский (БА), Бикинский (Б), Самаркинский (С); 7 – палеозойско-мезозойский Монголо-Охотский орогенный пояс; 8 – докембрийские и раннепалеозойские террейны и супертеррейны; 9 – разломы, в том числе крупные: Центрально-Сихотэ-Алинский (Ц) и Фушунь-Мишань (Ф); 10 – местоположение района исследования.



и с. Воронежское-2), в хр. Хехцир (в пределах Хехцирского заповедника в правом борту протоки Амурской, на сопке Два Брата, в районе ст. Красная речка) и в хр. Вандан.

Геологическое строение комплекса изучалось И.Ю. Брагиным, С.В. Зябровым, Б.Н. Натальиным, И.В. Кемкиным, А.Н. Филипповым, Е.К. Шевелевым и описано в работах [1, 7, 10–15, 18, 20, 40]. Образование комплекса слагают многократно чередующиеся разновеликие тектонические блоки и надвиговые пластины. Комплекс представлен триасово-юрскими кремнистыми, кремнисто-глинистыми и терригенными отложениями, меланжем, содержащим пермские сланцы и известняки в позднеюрско-раннемеловом матриксе. Возраст кремнисто-терригенных отложений определен по многочисленным находкам радиолярий, конодонтов, фораминифер, криноидей, брахиопод и аммонитов. Отложения смяты в асимметричные разноамплитудные складки СВ простирания. Породы большей частью расланцованы и разбиты многочисленными сбросами, сдвигами и надвигами. Вулканы встречаются редко, известны их выходы в пределах Хабаровска и на сопке Двух братьев в его окрестностях.

Представление о геологическом строении комплекса можно получить из описаний разрезов в правом борту р. Амур в районе и близ г. Хабаровска, где приводится подробная характеристика литологии и структуры отложений, а также их фаунистическая характеристика [13, 15]. Большая часть комплекса здесь образована кремнисто-терригенной ассоциацией. В нем, преимущественно в микститах, отмечаются, хоть и в небольших объемах, вулканы – в береговых обрывах правого борта р. Амур выше по течению от хабаровского моста через него. В то время как кремнисто-терригенная составляющая комплекса изучена достаточно подробно, вулканические образования в его составе остаются до сих пор практически мало описанными [4], а в статьях [32, 33], посвященных аккреционным комплексам обширного региона, включающего Центральную Азию, русский Дальний Восток и Японию, на петрохимических диаграммах приводится одна точка, характеризующая состав вулканитов из разреза в г. Хабаровске. Поэтому можно считать, что в данной статье приводится первое подробное описание вулканитов хабаровского комплекса. И хотя репрезентативность выборки вулканитов из-за редкости выходов и измененности пород обеспечить сложно, эти первые оригинальные данные и результаты исследований вулканитов хабаровского комплекса представляются заслуживающими внимания.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования производились на основе петрографического и петрогеохимического описания вулканитов, пробы которых были отобраны из разреза хабаровского аккреционного комплекса в береговых обрывах правого борта р. Амур в районе моста через него в пределах г. Хабаровска (рис. 2). Геологическая обстановка проявлений вулканитов описывается на основе опубликованных материалов предшественников и собственных наблюдений. Возраст вулканитов определяется как соответствующий возрасту фаунистически охарактеризованных ассоциирующих и вмещающих образований.

Петрогеохимическая характеристика базальтов основывается на аналитических данных. Петрогенные элементы определялись рентгенофлуоресцентным методом в СВКНИИ, г. Магадан (аналитик Мануилова В.И.). На редкие и редкоземельные элементы образцы анализировались в Хабаровском инновационно-аналитическом центре ИТиГ ДВО РАН методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на масс-спектрометре Elan DRC II Perkin Elmer (США) (аналитик Д.В. Авдеев). Предварительное кислотное разложение производилось по методическим приемам, изложенным в [39], для градуировки прибора использовались многоэлементные растворы производства Перкин Элмер, в качестве внутреннего стандарта – изотоп ксенона  $^{129}\text{Xe}$ , содержащийся в аргоне. Результаты анализов представлены в таблице. При построении диаграмм сумма петрогенных элементов приводилась к 100 %.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### Геологическая ситуация проявлений вулканитов

Разрез, содержащий вулканиты, представлен пластинами микститов, плитчатых серо-зеленых кремней и яшм, зеленовато-серых и красных кремнистых аргиллитов, оталькованных и хлоритизированных туфопесчаников и туфоалевролитов. Микстит определяется как тектонический меланж, содержащий линзы известняков, кремней, песчаников, вулканитов [13–15] (рис. 2).

Разрез хорошо фаунистически охарактеризован [1, 11–13, 15, 18, 20, 23, 24]: в кремнях определены радиолярии  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $J_1$  и конодонты  $T_{3к}$ ; в аргиллитах и кремнистых алевролитах – радиолярии  $J_{1,2}$ ; в терригенных породах и туфоалевролитах – радиолярии  $J_3$ . В меланже в линзах известняков найдены пермские фораминиферы, для линз кремней и алевролитов указывается триасово-юрский возраст. Из карбонатно-

Таблица. Химический состав вулканитов хабаровского комплекса.

№ образца	ВИП 1/1 Хбр 07	ВИП 1/2 Хбр 07	ВИП 1/3 Хбр 07	ВИП 2/2 Хбр 07	ВИП 3/1 Хбр 07	ВИП 3/3 Хбр 07	ВИП 3/4 Хбр 07	ВИП 3/5 Хбр 07	ВИП 3/6 Хбр 07	ВИП 3/7 Хбр 07
№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO <sub>2</sub>	63.92	51.01	51.68	47.52	52.48	49.93	52.49	59.37	60.57	62.71
TiO <sub>2</sub>	0.61	3.34	3.1	3.64	1.49	1.88	1.8	0.78	0.71	0.57
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.95	12.91	12.44	13.76	10.22	15.01	12.32	13.23	13.85	13.33
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.74	11.17	9.5	11.38	8.13	11.57	10.1	5.82	5.53	4.89
MnO	0.15	0.21	0.21	0.23	0.28	0.23	0.3	0.18	0.16	0.17
MgO	2.11	4.08	3.41	4.27	2.45	2.86	2.88	2.35	2.4	2.13
CaO	4.91	6.71	8.14	7.63	11.31	8.12	8.25	5.91	4.93	4.59
Na <sub>2</sub> O	4.18	4.45	4.48	4.94	3.64	4.74	4.34	4.49	4.54	4.65
K <sub>2</sub> O	0.99	0.1	0.11	0.12	0.12	0.36	0.13	0.78	0.87	0.79
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.14	0.49	0.44	0.49	0.8	0.23	0.99	0.15	0.16	0.13
п.п.п.	5.28	5.51	6.5	6.01	9.07	5.02	6.38	6.91	6.27	6
Сумма	99.98	99.99	99.99	99.98	99.99	99.95	99.99	99.97	99.98	99.98
Sc	9.76	23.24	20.72	23.20	9.91	32.48	9.79	9.41	10.86	9.36
Rb	31.70	1.27	1.03	1.73	18.21	10.29	2.00	22.38	27.42	25.91
Sr	191.09	150.85	147.03	206.12	113.40	151.29	132.65	135.55	152.16	138.84
Y	15.11	21.52	18.77	20.71	16.43	31.43	35.05	12.70	13.86	19.71
Zr	69.14	128.03	107.35	132.82	71.62	112.87	208.53	62.62	72.62	67.18
Nb	5.45	28.02	24.41	27.95	5.16	7.57	43.54	3.84	5.25	3.35
Cs	1.38	0.19	0.20	0.29	0.82	0.67	0.17	1.23	1.55	1.19
Ba	127.58	88.33	94.25	119.66	145.81	117.08	113.62	87.52	123.57	126.39
La	22.76	25.46	21.13	22.94	24.35	7.24	34.77	15.91	16.20	13.95
Ce	44.05	55.05	45.43	51.44	43.38	18.40	78.32	33.85	34.13	29.06
Pr	4.97	7.15	5.89	6.75	4.71	2.76	10.43	4.02	4.04	3.47
Nd	19.80	31.95	26.74	30.74	18.92	14.74	47.96	16.33	16.30	14.43
Sm	3.56	7.12	6.09	6.99	3.36	4.35	10.88	3.05	3.10	2.77
Eu	0.77	2.07	1.71	2.04	0.69	1.49	3.34	0.68	0.70	0.65
Gd	3.89	7.94	6.69	7.76	3.85	6.06	12.08	3.28	3.39	3.39
Tb	0.43	0.96	0.81	0.94	0.43	0.88	1.48	0.35	0.38	0.39
Dy	2.94	5.33	4.63	5.23	3.02	6.09	8.15	2.52	2.69	2.79
Ho	0.50	0.84	0.71	0.82	0.54	1.20	1.37	0.43	0.48	0.53
Er	1.61	2.22	1.91	2.15	1.78	3.53	3.61	1.45	1.61	1.71
Tm	0.15	0.19	0.16	0.18	0.18	0.43	0.36	0.13	0.16	0.17
Yb	1.51	1.57	1.37	1.55	1.68	3.19	2.66	1.43	1.59	1.61
Lu	0.14	0.13	0.11	0.13	0.18	0.41	0.28	0.14	0.16	0.18
Hf	1.99	4.37	3.62	4.44	2.06	3.15	6.10	1.76	2.04	1.83
Ta	0.39	1.93	1.66	1.93	0.41	0.47	2.82	0.24	0.35	0.20
Th	5.31	1.56	1.20	1.58	4.57	0.48	2.56	4.92	4.98	4.34

Примечание. Породообразующие оксиды – в мас. %, микроэлементы – в ppm. 1, 8–10 – туфолавы из меланжа, 2–7 – базальты: базальты-спилиты из меланжа (5, 7) и в ассоциации с кремнями (2–4), 6 – базальты-спинифекс из меланжа.

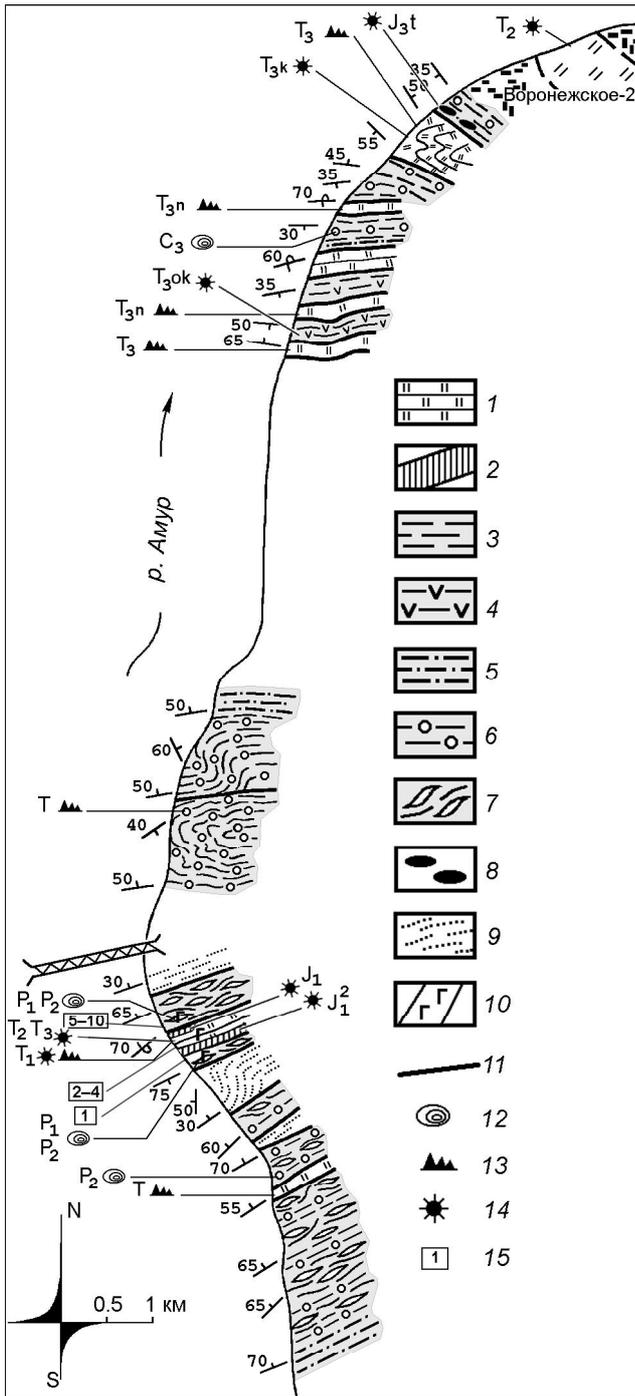
марганцевых конкреций из алевролитов турбидитовых гоизонтов были датированы радиолярии поздним титонем [1]. Для радиолярий из матрикса был определен раннемеловой возраст [10, 15], но, учитывая их плохую сохранность и новые данные [25, 40], в более поздних публикациях были высказаны сомнения в достоверности этих датировок и предложено считать возраст матрикса позднеюрским [7, 40].

Вулканиты присутствуют в виде блоков в меланже, обнажающемся в береговом обрыве близ моста. Выше по течению под береговым обрывом, сложен-

ном кремнями, присутствуют глыбы, а в межень при низких уровнях воды обнажаются блоки базальтов, которые предположительно можно соотнести с соответствующей пластиной кремней в обрыве (рис. 2). Вулканические породы разреза представлены подушечными лавами, гиалокластитам, лавобрекчиями и туфолавами.

По геологическим ассоциациям вулканиты подразделяются на 2 группы:

1) Вулканиты в меланже – представлены подушечными лавами базальтов и макроскопически



**Рис. 2.** Геологический разрез хабаровского комплекса, по [13] с упрощениями и дополнениями, и местоположение точек отprobования.

1 – плитчатые кремни и яшмы, 2 – кремнистые аргиллиты, 3 – алевролиты и алевроаргиллиты, 4 – туффиты и туфоалевролиты, 5 – песчаники, 6 – галечные и галечно-глыбовые микститы, 7 – меланж, 8 – марганцевые и карбонатные конкреции, 9 – метапесчаники и сланцы, 10 – местопоявления вулканитов (внемасштабный знак); 11 – разломы. Фауна (по [1, 15, 20, 23, 24, 40]): 12 – фораминиферы, 13 – конодонты, 14 – радиолярии. 15 – местоположение точек отprobования вулканитов (цифры соответствуют порядковому номеру проб в таблице).

трудно определяемыми обломочными породами (гиа-локластитами, лавобрекчиями, туфолавами). Базальты ассоциируют с известняками: нередко прослои и мелкие линзы известняков встречаются в глыбах эффузивов. Также отмечается наличие известковистых туфов и туфогенного материала вишнево-красной окраски в известняках. Это свидетельствует о синхронности накопления известковистого материала и вулканизма, а обнаружение в известняках раннепермских фузули-нид дает основание отнести блоки карбонатно-вулканогенных отложений этого разреза к нижней перми [1, 12]. О возрасте обломочных вулканитов судить сложно. Нахождение их в меланже дает возможность высказаться, по аналогии с другими вулканитами из меланжа, но очень предположительно, за их пермский возраст, в то же время, наличие в разрезе ниже по течению в районе Воронежских высот туфотерригенных пород с позднеюрскими радиоляриями [23] наводит на мысль и о возможно позднеюрском их возрасте.

2) Вулканы в слоистом разрезе – представлены базальтами, ассоциирующими с кремнями (соотносимые с пластиной кремней), содержащими триасовую фауну.

**Петрографическая характеристика**

Среди лав петрографически выделяются 2 типа базальтов:

Базальты первого типа (преобладают), условно – базальты-спилиты, имеют место и в меланже, и в ассоциации с кремнями.

Минеральный состав базальтов первого типа представлен альбитизированным плагиоклазом с расщепленными краями, иногда образующим редкие мелкие порфировые вкрапленники, реже присутствует моноклинный пироксен, образующий пластины и кристаллизующийся в интерстициях между кристаллами плагиоклаза, единично амфибол (?), нацело замещенный, предполагаемый по поперечным разрезам. Рудный минерал образует иглы и рудную сыпь. В основной массе в малых количествах присутствует зеленое стекло. Вторичные изменения: альбитизация плагиоклаза, хлоритизация (хлорит, хлорит-пеннин) пироксена и амфибола (?), лейкоксенизация (по титаномagnetиту), гематитизация стекла (полосами). Имеют место прожилки и изометричные выделения кальцита, кварца (иногда с иглками хлорита). Структура базальтов – редкомелкопорфировая, основная масса – микролитовая, спилитовая.

2) Базальты второго типа (редки), условно – базальты-спинифекс (плагиоклазовые), встречаются лишь в меланже.

Базальты второго типа сложены веерообразными, радиально-лучистыми, дендритовидными аг-

регатами лейст плагиоклаза. Основной массы мало, она образована зеленым криптокристаллическим стеклом, иногда гематитизированным, содержащим криптозернистые агрегаты темноцветного минерала, полностью замещенного боуленгитом (первично оливин?). Вторичные минералы – хлорит, боуленгит, кальцит (чаще образует прожилки). Структура базальтов афировая, метельчатая, по характеру сходная со спинифекс, но образованная плагиоклазом.

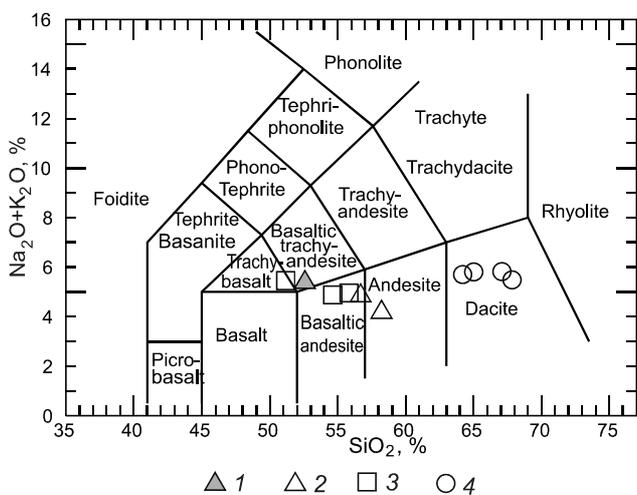
Обломочные вулканические породы встречены лишь в меланже. Они представляют собой литокри-

сталлокластические образования (туфолавы), сложенные угловатыми или полуокатанными обломками корродированного альбитизированного плагиоклаза, реже – моноклинного пироксена, амфибола (?), рудного минерала, биотита. Основной массы мало, она образована стеклом с сыпью рудного минерала и микрозернистыми агрегатами плохо различимых минералов. Плагиоклаз подавлен – наблюдается искривление зональности. Встречаются обломки гиалобазальтов. Вторичные минералы – кальцит (в том числе в виде прожилков), серицит, хлорит, хлорит-пеннин, биотит (но образует хорошие пластинчатые удлиненные кристаллы), зеленый амфибол тремолит-актинолитового ряда.

**Петрогеохимическая характеристика**

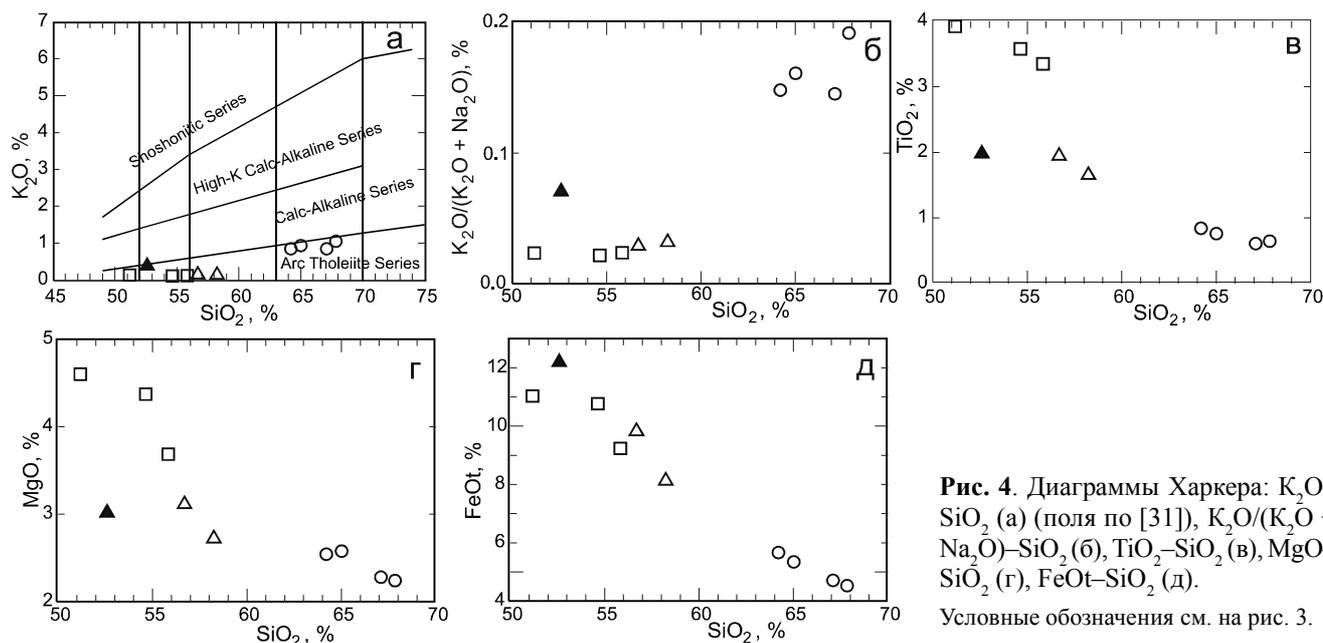
На классификационных диаграммах лавы соответствуют субщелочным–известково-щелочным базальтам-андезиобазальтам ( $SiO_2$  – 51–59 %), туфолавы – дацитам ( $SiO_2$  – 64–68 %) (рис. 3). Все породы характеризуются низкими содержаниями калия (рис. 4 а) и резким превашированием натрия в составе щелочей ( $K_2O / (K_2O + Na_2O) < 0.1$  в базальтах и  $< 0.2$  в дацитах) (рис. 4 б), что, возможно, частично может быть и следствием процесса спилитизации. Базальты в ассоциации с кремнями характеризуются повышенными содержаниями титана и магния ( $TiO_2$  – 3–4 %,  $MgO$  – 3.5–5 %) по сравнению с лавами в меланже ( $TiO_2$  – 1.5–2 %,  $MgO$  – 2.5–3 %) (рис. 4 в, г), содержания  $FeOt$  сравнимы и достаточно велики (рис. 4 д).

На спайдер-диаграммах (рис. 5) хондрит-нормированных содержаний редкоземельных (рис. 5 а) и



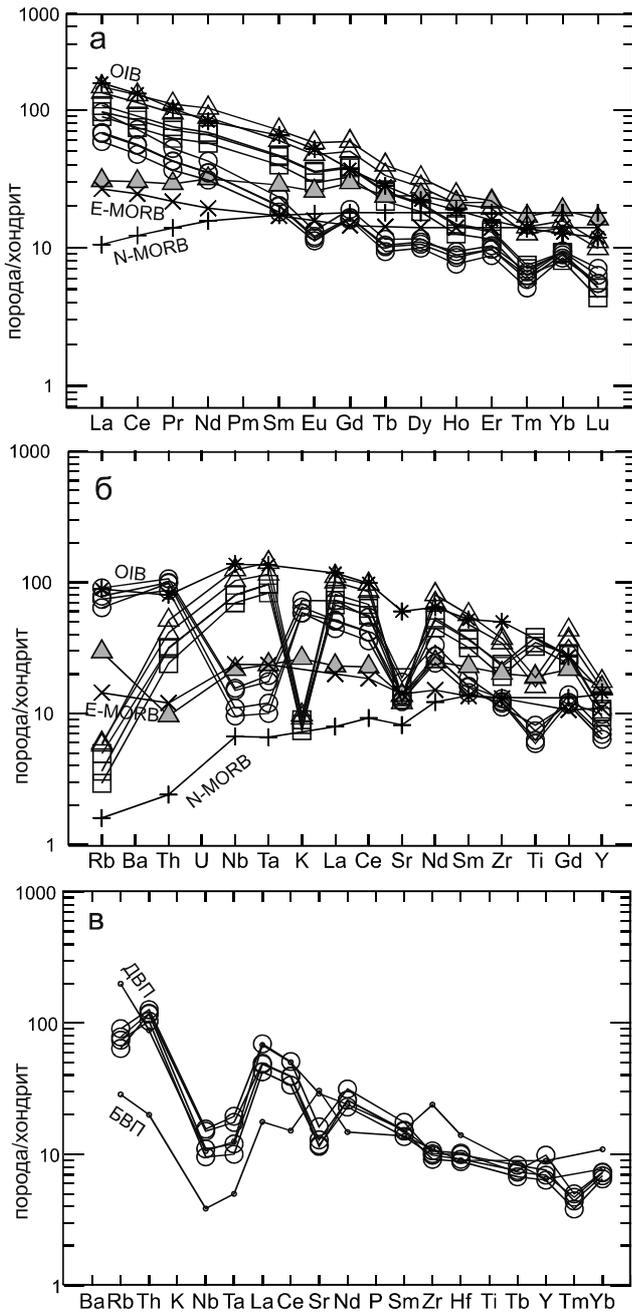
**Рис. 3.** Классификационная диаграмма  $(Na_2O+K_2O)-SiO_2$ , по [25].

1 – базальты-спинифекс в меланже, 2 – базальты-спилиты в меланже, 3 – базальты-спилиты в ассоциации с кремнями, 4 – туфолавы дацитового состава.



**Рис. 4.** Диаграммы Харкера:  $K_2O-SiO_2$  (а) (поля по [31]),  $K_2O / (K_2O + Na_2O) - SiO_2$  (б),  $TiO_2 - SiO_2$  (в),  $MgO - SiO_2$  (г),  $FeOt - SiO_2$  (д).

Условные обозначения см. на рис. 3.



**Рис 5.** Спайдер-диаграммы хондрит-нормированных содержаний редкоземельных (а), по [35], и редких (б), по [34], (в) по [37], элементов.

БВП – базальты вулканических поясов, ДВП – дациты вулканических поясов. Условные обозначения см. рис. 3.

редких (рис. 5 б) элементов выделяются 3 типа распределений, характерных для:

- 1) базальтов-спинифекс с субгоризонтальным видом графика хондрит-нормированных содержаний REE, превышающих хондритовый уровень в 30 раз,
- 2) базальтов-спилитов с обогащением LREE (La) у базальтов, ассоциированных с кремнями, – в 90–100

раз, у базальтов из меланжа – 100–110 раз, 3) туфолов – с обогащением LREE в 60–100 раз (рис. 5а). Спайдер-кривая содержаний REE, нормированных по хондриту, у туфолов более крутая, чем у базальтов, – La/Sm – 5–7, La/Yb – 8–15, тогда как в базальтах-спилитах La/Sm – 3–4, La/Yb – 13–16, а в базальтах-спинифекс – La/Sm – 0.8, La/Yb – 0.2. На спайдер-диаграммах распределения редких элементов (RE) (рис. 5 б) туфолы характеризуются минимумами Ta-Nb (причем значительными), Ti, Eu (неглубокими) и максимумами Rb, Th, K, базальты-спилиты – минимумами Rb, K и максимумами Ta-Nb, базальты-спинифекс – субгоризонтальным распределением с минимумом Th. Кроме того, для всех пород проявлен минимум по Sr, что характерно для внутриплитных магм (только для базальтов-спинифекс он почти не выражен). Примечательны равные содержания Sr для всех разновидностей пород, причем содержания Sr соответствуют таковому в E-MORB (рис. 5 б). Нормирование по различным типам MORB демонстрирует близость базальтов-спинифекс к E-MORB, а базальтов-спилитов – к OIB. Спайдер-диаграммы туфолов сходны со спайдер-диаграммой для дацитов вулканических поясов (рис. 5 в).

Дискриминационные петрогеохимические диаграммы, служащие для установления геодинамической природы вулканических пород, представлены на рис. 6. На диаграммах  $MnO \cdot 10 - TiO_2 - P_2O_5 \cdot 10$  (рис. 6 а),  $Zr/Y - Zr$  (рис. 6 б),  $Th - Hf/3 - Nb/16$ ,  $Th - Zr/117 - Nb/16$ ,  $Th - Hf/3 - Ta$  (рис. 6 в, из-за их схожести приводится только последняя),  $La/10 - Y/15 - Nb/8$  (рис. 6 г),  $Zr/4 - Nb \cdot 2 - Y$  (рис. 6 д) фигуративные точки составов базальтов-спилитов располагаются в полях внутриплитных базальтов океанических островов (OIB), близко к границе с полем E-MORB (рис. 6 в). На диаграммах  $Zr/4 - Nb \cdot 2 - Y$  (рис. 6 д),  $MnO \cdot 10 - TiO_2 - P_2O_5 \cdot 10$  (рис. 6 а), позволяющих уточнить характер щелочности, фигуративные точки базальтов-спилитов, ассоциирующихся с кремнями, размещаются в пограничной области толеитовых и щелочных разновидностей, а точки базальтов этого же типа, но из меланжа, смещены в сторону поля щелочных базальтов (рис. 6 а). Базальты-спинифекс имеют более примитивный характер, их составы на диаграммах  $MnO \cdot 10 - TiO_2 - P_2O_5 \cdot 10$  (рис. 6 а),  $Zr/Y - Zr$  (рис. 6 б) соответствуют базальтам типа MORB, а на диаграммах  $Th - Hf/3 - Nb/16$ ,  $Th - Zr/117 - Nb/16$ ,  $Th - Hf/3 - Ta$  (рис. 6 в) и  $Zr/4 - Nb \cdot 2 - Y$  (рис. 6 д) их фигуративные точки размещаются на границе полей N-MORB и E-MORB, что соответствует на диаграмме  $La/10 - Y/15 - Nb/8$  (рис. 6 г) наименее обогащенным базальтам типа E-MORB, идентифици-

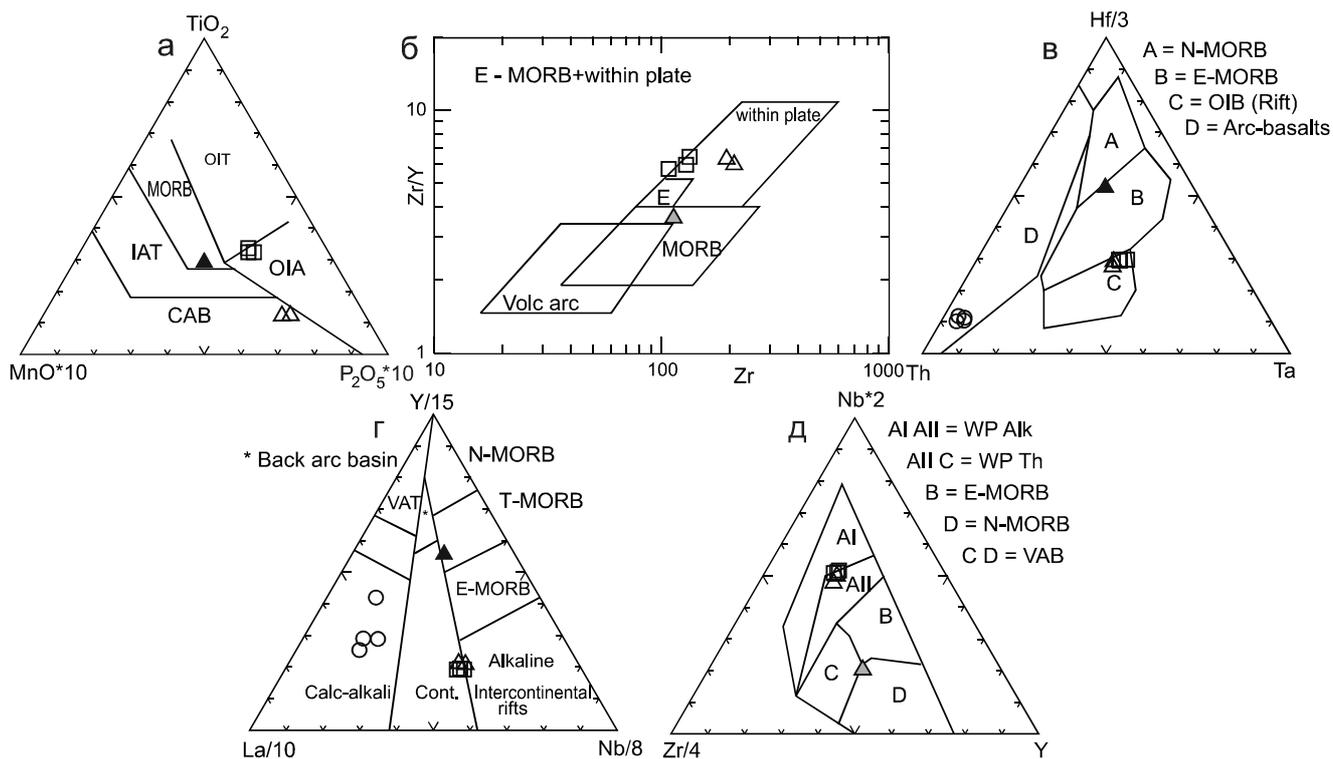


Рис. 6. Дискриминационные диаграммы.

а –  $MnO \cdot 10 - TiO_2 - P_2O_5 \cdot 10$ , по [27], (поля базальтов: CAB – известково-щелочных, IAT – островодужных толеитов, MORB – срединно-океанических хребтов, OIT – базальты океанических островов толеитовые, OIA – базальты океанических островов щелочные); б –  $Zr/Y - Zr$ , по [29], (поля базальтов: within plate – внутриплитные базальты, Volc arc – островодужные базальты); в –  $Th - Hf/3 - Ta$ , по [38], (поля: А – базальты типа N-MORB, В – базальты типа E-MORB и внутриплитные толеитовые, С – базальты внутриплитные щелочные, D – вулканиты вулканических дуг); г –  $La/10 - Y/15 - Nb/8$ , по [21], (поля: VAT – островодужные толеиты, Calc-alkali – известково-щелочные базальты вулканических дуг, Back arc basin – базальты задуговых бассейнов, Alkaline – щелочные океанические базальты, Intercontinental rifts – базальты внутриконтинентальных рифтов, Cont – континентальные базальты, T-MORB – переходные (transitional) базальты, или наименее обогащенные E-MORB); д –  $Zr/4 - Nb \cdot 2 - Y$ , по [26], (поля: AI – внутриплитные щелочные базальты, AII – внутриплитные толеиты и внутриплитные щелочные базальты, B – E-MORB, D – N-MORB и базальты океанических дуг, C – внутриплитные толеиты и базальты океанических дуг). Условные обозначения см. на рис. 3.

руемым как переходные (transitional) базальты типа T-MORB. Таким образом, базальты-спилиты можно отнести к внутриплитным базальтам, формировавшимся на океанических островах и гайотах, а для базальтов-спинифекс можно предположить формирование в пределах срединно-океанического хребта.

Точки туфолав на диаграммах  $Th - Hf/3 - Nb/16$ ,  $Th - Zr/117 - Nb/16$ ,  $Th - Hf/3 - Ta$ , применимых и для вулканитов среднего и кислого состава, размещаются в поле островодужных пород известково-щелочного типа (рис. 6 в), как и на рис. 6 г.

Соотношения  $Nb - Zr - Y$  (рис. 7 а) свидетельствуют о плюмовых источниках базальтов, принадлежности базальтов-спинифекс к базальтам океанических плато и формировании базальтов-спилитов на океанических островах. Геохимические типы источников базальтов соответствуют тренду эволюции океанических мантийных магм, для базальтов-спинифекс – деплетированные, для базальтов-спилитов – обогащен-

ные (рис. 7 б). Источник туфолав, судя по диаграмме  $Th/Yb - Ta/Yb$ , имеет надсубдукционный характер (рис. 7 б).

#### ОБСУЖДЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Исходя из вышесказанного, можно полагать, что в меланже присутствуют базальты: 1) сформированные из плюмовых источников на срединно-океаническом хребте, типа наименее обогащенных E-MORB, или типа T-MORB, 2) внутриплитные плюмовые типа OIB, сформированные на океанических островах.

Хотя базальты типа T-MORB и представлены одним анализом, представляется важным все-таки его рассматривать, т.к. подобные базальты уже отмечались для аккреционных призм. Так В.В. Голозубовым и Н.Г. Мельниковым [8] в верхнепалеозойских образованиях себучарской свиты, включаемой теперь в самаркинский аккреционный комплекс южной части Самаркинского террейна, описаны базальты, которые

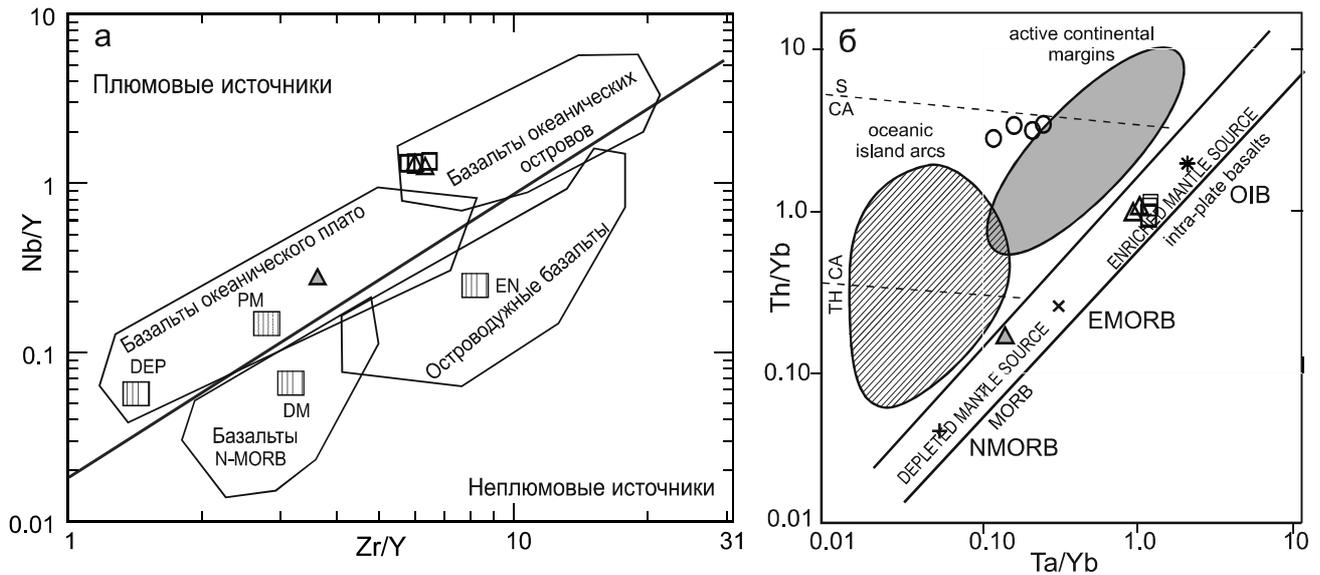


Рис. 7. Диаграммы Nb/Y–Zr/Y (а), по [22], и Th/Yb–Ta/Yb (б), по [30].

PM – примитивная мантия, DM – малоглубинная деплетированная мантия, EN – обогащенная мантия, DEP – глубинная деплетированная мантия; серии пород: TH – толеитовая, CA – известково-щелочная, S – щелочная. Условные обозначения см. на рис. 3.

были отнесены авторами к спилит-диабазовой формации эвгеосинклиналией по содержаниям петрогенных элементов, особенно низкому содержанию  $K_2O$ , и сопоставлены с толеитовыми базальтами, формирование которых предполагалось в подводных условиях в процессе растяжения. Базальты типа T-MORB выявлены и в позднеюрско-раннемеловых образованиях раннемеловой Киселевско-Маноминской аккреционной призмы, в ее юго-западном Нижнеуссурийском сегменте в районе пос. Снарского [5, 6, 19].

Учитывая ассоциацию внутриплитных базальтов в блоках меланжа с нижнепермскими известняками, можно считать их также раннепермскими. Кроме того, внутриплитный вулканизм предположительно продолжался и в триасе, о чем свидетельствует параллелизация внутриплитных базальтов с пластиной кремней триасового возраста. Возраст базальтов типа T-MORB остается неопределенным, но, скорее всего, они тоже пермские. Туфолавы также встречаются лишь в меланже, их петрогеохимические характеристики (значимые минимумы Ta-Nb, Ti и максимумы Rb, Th, K, соотношение Al и Ti, положение на дискриминационных диаграммах) свидетельствуют об их надсубдукционном происхождении.

Хабаровский террейн наряду с Самаркинским считается фрагментом юрской аккреционной призмы. В Самаркинском террейне вулканы представлены на всех уровнях от С-Р-Т по J, причем наиболее широко развиты юрские. В отличие от Самаркинского террейна, в Хабаровском океаниче-

ские вулканы ассоциируют с Р-Т образованиями и не встречаются среди юрских. Правда в Баджальском террейне, являющемся продолжением условно выделяемого Хабаровского террейна, имеют место вулканы основного состава как в ассоциации с карбон-пермскими известняками в микститах, так и слагающие мощные пластины среди триас-юрских кремней [9]. Но вулканы Баджальского террейна пока практически не изучены. Более широкий возрастной диапазон вулканитов Самаркинского террейна проявляется и в более широком спектре изменения их химического состава: состав внутриплитных базальтов изменяется от близкого к E-MORB до обогащенного OIB, причем среди последних появляются даже щелочные базальты калиевой специализации [2–3, 5, 6]. Зато в Самаркинском террейне не было обнаружено вулканитов надсубдукционного происхождения. Если наличие в Хабаровском террейне океанических базальтов в целом было предсказуемо, то надсубдукционные кислые породы встречены и диагностированы впервые, и не только в нем, но и в позднеюрских аккреционных призмах Сихотэ-Алинской аккреционной системы в целом. Вероятно, их можно воспринимать в качестве фрагмента вулканической дуги, с которой связана позднеюрская аккреционная призма.

Автор выражает глубокую признательность рецензентам С.В. Рассказову и В.В. Голозубову за конструктивные замечания и полезные советы, способствовавшие улучшению представляемой статьи.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ИТиГ ДВО РАН и финансировании Программы фундаментальных исследований РАН «Дальний Восток» (проект № 15-И- 2-030).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брагин И.Ю. Стратиграфия верхнепалеозойских и мезозойских толщ в районе Хабаровска // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1992. № 9. С. 35–40.
2. Войнова И.П. Характер строения и магматизма аккреционной системы Центрального Сихотэ-Алиня // Области активного тектогенеза в современной и древней истории Земли: Материалы XXXIX Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2006. Т. 1. С. 97–100.
3. Войнова И.П. Вулканыты плиты Изанаги (ретроспекции по аккреционным комплексам Сихотэ-Алиня) // Общие и региональные проблемы тектоники и геодинамики: Материалы ХLI Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2008. Т. 1. С. 153–157.
4. Войнова И.П. Вулканыты хабаровского аккреционного комплекса // Тектоника, магматизм и геодинамика Востока Азии: Материалы VII Косыгинских чтений. Хабаровск: ИТиГ им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, 2011. С. 167–170.
5. Войнова И.П. Типизация вулканытов аккреционных комплексов мезозойской конвергентной границы Азиатского континента и Палеоокеана (юг Дальнего Востока России): петрогеохимия, геодинамические ретроспекции // Тектоника и геодинамика континентальной и океанической литосферы: общие и региональные аспекты: Материалы XLVII Тектонического совещания. Т. 1. М.: ГЕОС, 2015. С. 73–77.
6. Войнова И.П. Типы вулканытов в Сихотэ-Алинской аккреционной системе (петрогеохимия, геодинамические ретроспекции) // Геологические процессы в обстановках субдукции, коллизии и скольжения литосферных плит: Материалы Второй Всерос. конф. с международным участием, Владивосток, 17–20 сентября 2014 г. Владивосток: Дальнаука, 2014. С. 165–167.
7. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России. Владивосток: Дальнаука, 2006. В 2 т. 981 с.
8. Голозубов В.В., Мельников Н.Г. Тектоника геосинклинальных комплексов южного Сихотэ-Алиня. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1986. 128 с.
9. Забродин В.Ю., Григорьев В.Б., Кременецкая Н.А. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:200 000. Комсомольская серия. Лист М-53-ХVI. М.: МПР РФ, 2002.
10. Зябрев С.В., Натальин Б.А. Возраст и тектоническая природа вулканогенно-кремнистых и терригенных пород в окрестностях Хабаровска // Стратиграфия докембрия и фанерозоя Забайкалья и юга дальнего Востока: Тез. докл. IV Дальневост. регион. Межведомств. стратигр. совещ. Хабаровск, 1990. С. 173–175.
11. Зябрев С.В. Стратиграфическая летопись кремнисто-терригенного комплекса хр. Хехцир и кинематика асимметричных складок – индикаторы субдукционной аккреции // Тихоокеан. геология. 1998. Т. 17, № 1. С. 76–84.
12. Клец Т.В. Биостратиграфия и конодонты триаса среднего Сихотэ-Алиня. Новосибирск: Изд-во Новосибирск. ун-та, 1995. 111 с.
13. Кириллова Г.Л., Натальин Б.А., Зябрев С.В., Сакаи Т., Ишида К., Ишида Т., Охта Т., Козаи Т. Верхнеюрско-меловые отложения Восточно-Азиатской континентальной окраины вдоль р. Амур / Путеводитель геологической экскурсии. Хабаровск: ДВО РАН, 2002. 72 с.
14. Микститы Сихотэ-Алинской складчатой системы. Владивосток: ДВО АН СССР, 1988. 111 с.
15. Натальин Б.А., Зябрев С.В. Строение мезозойских толщ долины р. Амур / Путеводитель геологической экскурсии. Хабаровск: ДВО АН СССР, 1989. 48 с.
16. Натальин Б.А., Борукаев Ч.Б. Мезозойские сутуры на юге Дальнего Востока СССР // Геотектоника. 1991. № 1. С. 84–97.
17. Натальин Б.А. Мезозойская аккреционная и коллизионная тектоника юга Дальнего Востока СССР // Тихоокеан. геология. 1991. № 5. С. 3–23.
18. Филиппов А.Н., Кемкин И.В. Кремнисто-глинистые отложения юрской аккреционной призмы хр. Хехцир, Сихотэ-Алинь: стратиграфия и генезис // Тихоокеан. геология. 2007. Т. 26, № 1. С. 51–69.
19. Филиппов А.Н., Говоров Г.И., Чашин А.А., Пунина Т.А. Вещественный состав и обстановки формирования кремнисто-вулканогенных образований Нижнеуссурийского сегмента Киселевско-Маноминского террейна (Западный Сихотэ-Алинь) // Тихоокеан. геология. 2010. Т. 29, № 4. С. 19–33.
20. Шевелев Е.К. К вопросу о возрасте вулканогенно-кремнисто-терригенных отложений фундамента Среднеамурской впадины // Тихоокеан. геология. 1987. № 3. С. 13–16.
21. Cabanis B., Lecomte M. Le diagramme La/10-Y/15-Nb/8: un outil pour la discrimination des series volcaniques et la mise en evidence des processus de melange et/ou de contamination crustale // C. R. Acad. Sci. Ser. II. 1989. V. 309. P. 2023–2029.
22. Condie K.S. High field strength element ratios in Archean basalts; a window to evolving sources of mantle plumes? // Lithos. 2005. V. 79. P. 491–504.
23. Ishida K., Ishida N., Sakai N. et al. Radiolarians from Khabarovsk section // Upper Jurassic-Cretaceous deposits of East Asia continental margin along the Amur River: The IV Intern. symp. Khabarovsk, 2002. P. 23–25.
24. Kojima S., Wakita K., Okamura Y., Natal'in B.A., Zyabrev S.V., Qing Long Zhang, Ji An Shao. Mesozoic radiolarians from the Khabarovsk complex, eastern USSR: their significance in relations to the Mino terrene, central Japan // J. Geol. Soc. Japan. 1991. V. 97, N 7. P. 549–551.
25. 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 // J. Petrol. Oxford. 1986. V. 27. P. 745–750.
26. Meschide M.A. A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram // Chem. Geol. 1986. V. 56. P. 207–218.
27. 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 Planet. Sci. Lett. 1983. V. 62. P. 53–62.
28. Pearce J.A., Cann J.R. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses // Earth Planet. Sci. Lett. 1973. V. 19. P. 290–300.
29. Pearce J.A., Norry M.J. Petrogenetic implication of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks // Contrib. Mineral. Petrol.

1979. V. 69. P. 33–47.
30. Pearce J.A. Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins // *Continental basalts and mantle xenoliths, Nantwich* // Shiva Publ. 1983. P. 230–249.
31. Peccerillo R., Taylor S.R. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey // *Contrib. Miner. Petrol.* 1976. V. 58. P. 63–81.
32. Safonova I.Yu., Santosh M. Accretionary complexes in the Asia-Pacific region: Tracing archives of ocean plate stratigraphy and tracking mantle plumes // *Gondwana Res.* 2014. V. 25. P. 126–158.
33. Safonova I.Yu., Utsunomiya A., Kojima S., Nakae S., Tomurtogoo O., Filippov A.N., Koizumi K. Pacific superplume-related oceanic basalts hosted by accretionary complexes of Central Asia, Russian Far East and Japan // *Gondwana Res.* 2009. V. 16. P. 587–608.
34. Sun S.S. Lead isotopic study of young volcanic rocks from mid-ocean ridges, ocean islands and island arcs // *Phil. Trans. R. Soc.* 1980. V. 297. P. 409–445.
35. Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes // *Magmatism in the oceanic basins* (A.D. Saunders, M. J. Norry (eds). *Geol. Soc. Spec. Publ.* 1989. N 42. P. 313–345.
36. Suzuki N., Kojima S., Kano H., Yamakita S., Misaki A., Ehiro M., Otoh Sh., Kurihara T., Aoyama M. Permian radiolarian faunas from chert in the Khabarovsk Complex, Far East Russia, and the age of each lithological unit of the Khabarovsk Complex // *J. Paleontol.* 2005. V. 79. P. 686–700.
37. Thompson R. N. British Tertiary volcanic province // *Scott. J. Geol.* 1982. V. 18. P. 49–107.
38. Wood D.A. The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province // *Earth Planet. Sci. Lett.* 1980. V. 50(1). P. 11–30.
39. Yu Z., Robinson Ph., Mc Goldrick P. An evaluation of methods for the chemical decomposition of geological materials for trace element determination using ICP-MS // *Geostandards Newsletter.* 2001. V. 25, N 2–3. P. 199–217.
40. Zybrev S.V., Matsuoka A. Late Jurassic (Tithonian) radiolarians from a clastic unit of the Khabarovsk complex (Russian Far East): Significance for subduction accretion timing and terrane correlation // *Island Arc.* 1999. V. 8, N 1. P. 30–37.

*Рекомендована к печати А.Н. Диденко*

*I.P. Voinova*

### **Volcanics of the Khabarovsk accretionary complex (the southern Far East of Russia)**

The paper presents the findings of the study on volcanics of the Khabarovsk accretionary complex which is a fragment of the Jurassic accretionary wedge of the Sikhote-Alin orogenic belt (the southern Far East of Russia). Volcanics occur in association with early Permian limestone in “block” m élanges, as well as with Triassic bedded cherts. Petrographic, petrochemical and geochemical characteristics of volcanics are given and conclusions about geodynamic settings of their formation are drawn. Volcanics are of two types of oceanic plume-related basalt: 1) OIB-like within-plate ocean island basalts formed in oceanic island and guyot environments in the Permian and Triassic, and 2) basalts of the T-MORB type (the least enriched basalts of E-MORB) formed in the mid-ocean ridge environment in the Permian. In addition to basalts in the m élange there also occur dacitic tuff lavas from the supra-subduction zone environment.

**Key words:** volcanics, petrochemistry, geochemistry, geodynamic settings, accretionary prism, Khabarovsk terrane, the southern Far East of Russia.