

СРЕДНЕПАЛЕОЦЕН-РАННЕЭОЦЕНОВЫЙ (60.5–53.0 МЛН ЛЕТ) ЭТАП МАГМАТИЗМА НА ЮГЕ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ

А.В. Гребенников, С.А. Касаткин, Д.Г. Федосеев, А.И. Ханчук

ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, пр. 100 лет Владивостоку 159, г. Владивосток, 690022; e-mail: greandr@hotmail.com

Поступила в редакцию 12 марта 2020 г.

Сихотэ-Алинский орогенный пояс является важным объектом для понимания эволюции взаимодействия литосферных плит на восточной окраине Азиатского палеоконтинента. В то же время, прецизионные изотопно-геохимические и геохронологические данные по этому региону имеют весьма ограниченный и разрозненный характер. Приводятся новые изотопные данные о возрасте раннепалеогенового магматизма, позволяющие дополнить существующий материал и обосновать на юге Дальнего Востока России особый среднепалеоцен-раннеэоценовый (60.5–53.0 млн лет) магматический этап с преобладанием кислых пород А-типа в период геодинамической перестройки континентальной окраины.

Ключевые слова: палеоцен–ранний эоцен, породы А-типа, Сихотэ-Алинь, Дальний Восток России.

ВВЕДЕНИЕ

На юге Дальнего Востока России широко распространены мел-палеогеновые магматические породы, которые по геологическим данным разделены на многочисленные комплексы [9]. Их возрастная корреляция затруднена из-за малого количества датировок, выполненных современными методами исследования, что приводит к противоречивым выводам о специфике проявлений магматической деятельности и эволюции конвергентных границ плит на рубеже позднемелового-палеогенового периода.

С позиции концепции тектоники литосферных плит существуют две альтернативные модели мел-палеогеновой геодинамической эволюции Сихотэ-Алиня. В первой, неразрывно связывая позднемеловой и раннепалеогеновые этапы развития, предполагается непрерывная субдукция Тихоокеанской плиты (в СЗ направлении) под Азиатский палеоконтинент (напр. [7, 26 и ссылки в ней]). Согласно второй, в начале палеогена край континента был вовлечен в растяжение, с формированием вулcano-тектонических структур, перпендикулярных его простиранию; субдукция океанической плиты сменилась на ее трансформное скольжение [19–21, 25].

В ряде работ было показано, что раннепалеогеновый магматический комплекс в пределах Сихотэ-Алиня (богопольский вулканический и якутинский

плутонический) объединяет горные породы особого минералого-геохимического состава, которые резко отличаются от таковых предшествующего и последующего этапов магматизма. Этот комплекс характеризуется высокодифференцированным составом обогащенных летучими компонентами исходных магм и принадлежностью пород к магматическим образованиям А-геохимического типа [напр. 4, 5, 14, 24, 25]. Однако, в связи с ограниченным количеством прецизионных геохронологических данных, проблема их приуроченности к определенным этапам магматизма в период глобальной геодинамической перестройки Тихоокеанской окраины Азии не могла быть рассмотрена.

Новые данные, полученные U–Pb изотопным датированием цирконов методом LA-ICP-MS из пород ключевых объектов Сихотэ-Алиня, позволяют обосновать возрастной диапазон раннепалеогенового этапа магматизма на юге Дальнего Востока России.

ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Проявления палеоцен-раннеэоценовых вулcano-плутонических комплексов, по результатам актуализации изданных геологических карт масштаба 1:1000000 [2, 9, 16], имеют широкое распространение на всей территории Сихотэ-Алиня и Приамурья, протягиваются более чем на 1500 км вдоль побережья Японского моря и вдоль окончания разломов Тан-Лу

(рис. 1, а). С учетом ранее опубликованных данных [1, 5, 11–13, 17, 18, 24, 26, 28, 29, 32] к палеоцену–началу эоцена отнесены сопоставимые по составу пород магматические комплексы, которые на геологических картах и в объяснительных записках индексированы от позднемиоценовых до раннепалеоценовых. Наиболее западное проявление этих образований отмечено и на территории СВ Китая [27, 31].

В Южном Сихотэ-Алине породы этих комплексов выполняют вулкано-тектонические структуры (ВТС) и кальдеры очагового типа субширотного и северо-западного простирания как среди полей эффузивных пород Восточно-Сихотэ-Алинского вулканоплутонического пояса (ВСАВП), так и за его пределами (напр. [10, 21]). Размер отдельных ВТС, с учетом эрозионного вреза до уровня близповерхностных магматических камер, достигает 40×20 км (напр. Якутинская, см. [24]), а суммарный объем продуктов вулканизма на порядок превышает таковой для Йеллоустонской кальдеры (северо-запад США). Риодацит-риолитовый комплекс объединяет вулканические, экструзивные и жерловые образования кислого и умереннокислого состава. Гранитоиды лейкогранитового комплекса генетически связаны с вулканическими породами и характеризуются постепенными переходами к последним. В отдельных случаях они выполняют подводящие каналы или дуговые и радиальные разломы, образованные в результате тектоно-магматической просадки ВТС, и представляют собой остаточный раскристаллизованный в близповерхностных условиях расплав [10].

В качестве приоритетных объектов исследований, с учетом масштабов их проявления, геологоструктурных факторов и полноты фациальных разновидностей пород, нами выбраны ВТС южного Сихотэ-Алиня: Ноттинская, Ороченская, Берёзовская, и Караванная (рис. 1, б). Они расположены между двумя крупнейшими разрывными структурами Сихотэ-Алиня: Центральным и Восточным разломами. Главной структурной особенностью этих ВТС является их резкая дискордантность по отношению к складчатости осадочного основания. В их строении отмечено широкое развитие пирокластических образований (от литокластических до спекшихся туфов, игнимбритов и перлитов), флюидалных и сферолитовых экструзивных риолитов, характеризующих высокоэксплозивный характер извержений. Дайки и субпластовые залежи монцодиоритов, сиенитов, граносиенит-порфиров и гранит-порфиров представляют собой субинтрузивные тела с глубиной формирования от первых километров до непосредственных переходов в экструзивы.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

С целью выявления пространственно-временных закономерностей проявления раннепалеоценовых комплексов в пределах этих объектов был выполнен анализ U–Pb изотопного датирования цирконов из представительных проб всех фациальных разновидностей ВТС в национальном исследовательском центре геоанализа (г. Пекин, КНР) с помощью анализатора Thermo Fisher Element XR ICP-MS, оборудованного лазером $UP^{213}Nd: YAG$ (10 Hz) с диаметром пучка в 30 мкм. Исследование проведено стандартным методом. Наблюдаемый характер осцилляторной зональности, а также величины U/Th отношений соответствуют таковым цирконов магматического генезиса. Полученные конкордантные значения U–Pb возраста на уровне 2 сигма (2σ), рассчитанные для цирконов каждой генерации, приведены в табл. 1.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Согласно полученным результатам, кристаллизационный возраст магматических пород Ноттинской, Ороченской, Берёзовской и Караванной ВТС соответствует 60.6–55.4 млн лет: зelandий–танетий (средний–поздний палеоцен). Приведенные, а также опубликованные ранее (табл. 2) возрастные определения в сочетании с геологическими данными и геохимическими особенностями пород позволяют выделить особый этап магматизма в палеоцен–раннеэоценовое время на юге Сихотэ-Алиня.

Началу среднепалеоцен–раннеэоценового этапа предшествовали орогенные события на границе континент–океан. На рубеже мела и палеоцена произошло закрытие кампан–маастрихтского преддугового турбидитового бассейна Западного Сахалина и Хоккайдо. Палеоценовые континентальные грубообломочные отложения с прослоями углей Хоккайдо–Сахалинской впадины только частично унаследовали позднемиоценовую область прогибания [3, 30]. Предполагается, что позднемиоценовый субдукционный комплекс Восточно-Сихотэ-Алинской активной окраины, который описан и на Южном Сахалине, был деформирован в эшелонированную систему флексуобразных складок с начальной палеоценовой эксгумацией высокобарических комплексов [6], что характерно и для пояса Камуикотан на Хоккайдо [30]. На западе Хоккайдо и в его центральной зоне установлены эрозионная поверхность и отсутствие осадочных отложений от самых верхов маастрихта до верхнего палеоцена. Более поздние (верхнепалеоценовые) морские и эпиконтинентальные осадки накапливались только в отдельных впадинах [23]. Эти данные, свидетельствующие о начале трансенсии вдоль береговой линии,

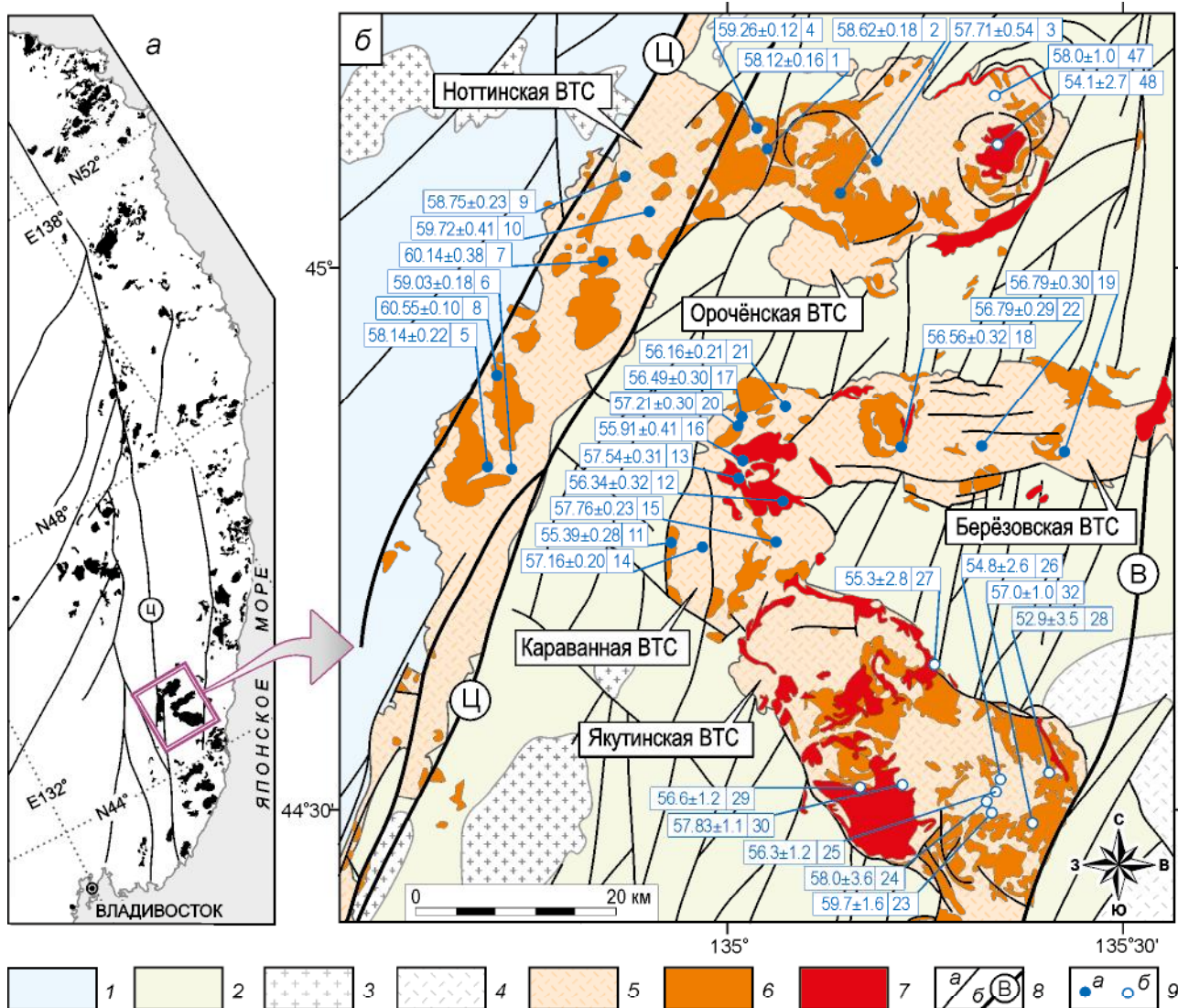


Рис. 1. Палеоцен-раннеэоценовые магматические породы юга Дальнего Востока России и северо-восточного Китая, составлено А.И. Ханчуком по результатам актуализации карт масштаба 1:1 000 000 [2, 9, 16] (а); схема распространения меловых и палеоценовых магматических комплексов южного Сихотэ-Алиня, по данным [8] (б).

1–2 – терригенные отложения: Самаркинский террейн средне-позднеюрской аккреционной призмы (1) и Журавлевско-Амурский раннемеловой турбидитовый бассейн (2); 3 – позднемеловые гранитоиды; 4 – позднемеловые вулканогенные образования; 5–7 – палеоцен-раннеэоценовые магматические комплексы: вулканические (5); экструзивные (6); интрузивные (субвулканические) (7); 8 – основные разломы (а) и главные сдвиги (б): Ц – Центральный Сихотэ-Алинский, В – Восточный; 9 – геохронологические датировки: авторские (а) и литературные (б) данные, согласно порядковому номеру в таблице 2.

согласуются с временными рубежами средне-поздне-палеоценового магматического этапа, столь широко проявленного в Сихотэ-Алине.

Необходимо отметить, что вулканогенные образования этого магматического этапа залегают в синсдвиговых впадинах на юге Сихотэ-Алиня с выраженным структурным несогласием по отношению к позднемеловым магматическим комплексам (напр. [10]), самый молодой возраст которых, по данным U–Pb (SHRIMP) датирования диоритов, составляет

60.5 ± 0.7 млн лет [1]. Их минералого-геохимические характеристики резко отличаются от таковых среднепалеоцен-раннеэоценовых магматических пород А-типа и соответствуют породам, сформированным в окислительной обстановке с участием водных флюидов, характерных для магматизма надсубдукционных геодинамических обстановок [4, 21, 26 и др.].

Верхний возрастной рубеж палеоцен-раннеэоценового этапа определен по характерному перерыву магматизма и накоплению осадочных угленосных

Таблица 1. Результаты LA-ICP-MS U–Pb изотопного датирования цирконов из палеоценовых магматических образований Нотгинской, Орочёнской, Берёзовской и Караванной ВТС.

№ п/п	Номер пробы	Кол-во точек	U/Th (± σ)	СКВО (конкордантности)	Вероятность (конкордантности)	Возраст, млн лет (± 2σ)	ВТС
1	AB-98/2	24	0.86 ± 0.23	0.15	0.70	58.12 ± 0.16	Орочёнская
2	AB-98/8	25	1.31 ± 0.25	1.80	0.18	58.62 ± 0.18	
3	AB-100/1	14	0.96 ± 0.41	5.40	0.02	57.71 ± 0.54	
4	AB-98	25	1.18 ± 0.18	1.04	0.002	59.26 ± 0.12	
5	AB-107	25	1.30 ± 0.27	0.61	0.44	58.14 ± 0.22	Нотгинская
6	AB-107/2	20	1.24 ± 0.25	0.21	0.65	59.03 ± 0.18	
7	AB-106/2	21	1.32 ± 0.24	0.34	0.56	60.14 ± 0.38	
8	AB-107/3	28	1.17 ± 0.17	0.88	0.35	60.55 ± 0.10	
9	AB-99	21	1.07 ± 0.25	1.16	0.28	58.75 ± 0.23	
10	AB-99/3	21	1.23 ± 0.22	0.19	0.66	59.72 ± 0.41	
11	AB-106	19	0.95 ± 0.21	0.76	0.75	55.39 ± 0.28	Караванная
12	AB-103	24	1.09 ± 0.46	0.43	0.51	56.34 ± 0.32	
13	AB-103/6	23	1.54 ± 0.32	0.65	0.42	57.54 ± 0.31	
14	AB-106/1	22	1.49 ± 0.55	1.70	0.19	57.16 ± 0.20	
15	AB-103/8	24	1.76 ± 0.25	0.25	0.62	57.76 ± 0.23	
16	AB-103/4	22	1.12 ± 0.45	0.07	0.79	55.91 ± 0.41	Берёзовская
17	AB-102/3	22	1.73 ± 0.44	0.04	0.85	56.49 ± 0.30	
18	AB-105/1	23	2.00 ± 0.53	0.45	0.50	56.56 ± 0.32	
19	AB-104/4	24	1.86 ± 0.36	0.16	0.69	56.79 ± 0.30	
20	AB-102/2	21	1.46 ± 0.27	0.67	0.41	57.21 ± 0.30	
21	AB-102/4	30	1.64 ± 0.37	0.98	0.32	56.16 ± 0.21	
22	AB-104/2	28	1.71 ± 0.45	0.29	0.59	56.79 ± 0.29	

Таблица 2. Среднепалеоцен-раннеэоценовые магматические образования Сихотэ-Алиня и СВ Китая.

№ п/п	Порода	Метод	Координаты	Возраст, млн лет	Ссылки
1	Экструзив, риолит	LA-ICP-MS	N45°06'44" E135°02'54"	58.12 ± 0.16	Орочёнская ВТС [данное исследование]
2	Экструзив, риолит		N45°04'47" E135°08'23"	58.62 ± 0.18	
3	Туф, риолит		N45°06'15" E135°11'51"	57.71 ± 0.54	
4	Туф, риолит		N45°07'39" E135°02'13"	59.26 ± 0.12	
5	Экструзив, риолит	LA-ICP-MS	N44°49'11" E134°41'53"	58.14 ± 0.22	Нотгинская ВТС [данное исследование]
6	Туф, риолит		N44°49'01" E134°43'25"	59.03 ± 0.18	
7	Экструзив, риолит		N45°00'36" E135°50'22"	60.14 ± 0.38	
8	Экструзив, риолит		N44°54'20" E134°42'37"	60.55 ± 0.10	
9	Игнимбрит, риолит		N45°05'05" E134°52'12"	58.75 ± 0.23	
10	Игнимбрит, риолит		N45°03'08" E134°54'14"	59.72 ± 0.41	
11	Экструзив, риолит	LA-ICP-MS	N44°45'12" E134°55'45"	55.39 ± 0.28	Караванная ВТС [данное исследование]
12	Интрузив, монцодиорит		N44°47'21" E135°04'02"	56.34 ± 0.32	
13	Интрузив, гранит		N44°48'33" E135°01'10"	57.54 ± 0.31	
14	Туф, риолит		N44°44'51" E134°57'46"	57.16 ± 0.20	
15	Туф, риодацит		N44°45'07" E135°03'52"	57.76 ± 0.23	
16	Интрузив, сиенит	LA-ICP-MS	N44°49'36" E135°01'09"	55.91 ± 0.41	Берёзовская ВТС [данное исследование]
17	Дайка, гранит		N44°51'55" E135°01'22"	56.49 ± 0.30	
18	Экструзив, риолит		N44°50'16" E135°13'17"	56.56 ± 0.32	
19	Экструзив, риолит		N44°49'52" E135°25'37"	56.79 ± 0.30	
20	Экструзив, риолит		N44°51'46" E135°01'16"	57.21 ± 0.30	
21	Туф, риолит		N44°52'35" E135°04'37"	56.16 ± 0.21	
22	Туф, риолит		N44°50'19" E135°19'08"	56.79 ± 0.29	

Таблица 2. (Продолжение).

№ п/п	Порода	Метод	Координаты	Возраст, млн лет	Ссылки		
23	Игнимбрит, риолит	Rb-Sr	N44°30'39" E135°21'31"	59.7 ± 1.6	[24]		
24	Игнимбрит, риолит		N44°30'55" E135°21'28"	58.0 ± 3.6			
25	Игнимбрит, риолит		N44°31'16" E135°21'08"	56.3 ± 1.2			
26	Игнимбрит, риолит		N44°31'40" E135°21'26"	54.8 ± 2.6			
27	Интрузив, гранит		N44°38'24" E135°16'07"	55.3 ± 2.8			
28	Экструзив, перлит		N44°32'06" E135°24'23"	52.9 ± 3.5			
29	Экструзив, дацит		U-Pb	N44°31'22" E135°09'56"		56.6 ± 1.2	[1]
30	Интрузив, гранит		SHRIMP	N44°31'37" E135°13'27"		57.8 ± 1.1	
31	Туф, риолит	U-Pb	N43°21'51" E134°34'18"	53.5 ± 0.5	[17]		
32	Туф, риолит	SHRIMP	N43°21'51" E134°34'18"	52.3 ± 0.4			
33	Интрузив, монцодиорит	LA-ICP-MS	N44°30'04" E136°10'13"	56.3 ± 0.7	[26]		
34	Интрузив, гранит		N44°29'17" E136°07'29"	57.1 ± 0.4			
35	Интрузив, гранит		N49°20'33" E137°37'26"	57.8 ± 1.1			
36	Интрузив, гранодиорит	LA-ICP-MS	N50°34'52" E139°46'07"	58.7 ± 0.4	[12]		
37	Интрузив, гранит		N50°35'53" E139°47'59"	57.2 ± 0.9			
38	Интрузив, сиенит		N50°05'54" E139°48'36"	59.8 ± 0.6			
39	Туф, риолит		N44°16'29" E134°46'38"	60.0 ± 0.9			
40	Туф, риолит	LA-ICP-MS	N43°49'19" E135°16'29"	55.0 ± 1.3	[29]		
41	Интрузив, гранит	N43°44'09" E135°15'56"	55.7 ± 0.7				
42	Экструзив, перлит	LA-ICP-MS	N44°14'58" E135°27'04"	55.7 ± 0.7	[11]*		
43	Туф, риолит		N44°15'24" E135°26'25"	57.5 ± 1.5			
44	Экструзив, риолит	LA-ICP-MS	N42°41'59" E130°49'42"	55.5 ± 2.5	[15]		
45	Интрузив, гранит	LA-ICP-MS	N43°43'44" E135°14'24"	56.0 ± 1.0	[28]		
46	Туф, риолит	LA-ICP-MS	N44°29'39" E135°23'14"	57.0 ± 1.0	[32]		
47	Туф, риолит	LA-ICP-MS	N45°09'32" E135°20'06"	58.0 ± 1.0	[18]		
48	Интрузив, сиенит		N45°06'39" E135°20'33"	54.1 ± 2.7			
49	Туф, риолит	LA-ICP-MS	N44°17'10" E135°17'59"	54.3 ± 2.9	[5]		
50	Интрузив, гранодиорит	LA-ICP-MS	N47°14'60" E132°17'60"	54.0 ± 1.0	[31]		
51	Интрузив, диорит		N47°13'59" E132°13'26"	56.3 ± 0.8	[27]		
52	Интрузив, гранодиорит		N47°13'44" E132°15'12"	51.5 ± 0.3			

Примечание. * – возраст богопольской свиты в стратотипическом разрезе (р. Падь Колобенкова, Зеркальненская впадина).

раннеэоценовых отложений, которые с размывом залегают на палеоэоценовых вулканитах и перекрываются базальтоидами суворовской (на юге) и кузнецовской (на севере) свит [9, 15]. Возраст нижних угленосных толщ этих впадин, согласно данным спорово-пыльцевого анализа, датируется самым концом палеоэоцена или ранним эоценом. Результаты K–Ar датирования вулканических пород суворовской свиты соответствует среднему эоцену 45.7–45.1 млн лет [11]. В наиболее изученных типовых разрезах эффузивных пород кузнецовского комплекса андезиты датируются в интервале 49.5–47.5 млн лет [22].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные новые данные о возрасте раннепалеоэоценовых пород позволяют дополнить существующий материал по магматизму юга Дальнего Востока в

период геодинамической перестройки Сихотэ-Алинского орогенного пояса на границе мела и палеоэоцена и выделить особый среднепалеоэоцен-раннеэоценовый этап магматизма с возрастным интервалом 60.5–53.0 млн лет.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность член-корр. РАН А.А. Сорокину (ИГИП ДВО РАН, г. Благовещенск) за критические замечания, позволившие значительно улучшить качество статьи. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-05-00100.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аленичева А.А., Сахно В.Г. U–Pb-датирование экструзивно-интрузивных комплексов рудных районов южной части

- Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса (Россия) // Докл. АН. 2008. Т. 419, № 1. С. 81–85.
- Васькин А.Ф. (Ред.). Государственная геологическая гарта Российской Федерации. 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист М-53. Хабаровск: Объясн. зап. СПб.: ВСЕГЕИ, 2009. 376 с.
 - Гладенков Ю.Б., Баженова, О.К., Гречин В.И. В., Маргулис Л.С., Сальников Б.А. Кайнозой Сахалина и его нефтегазоносность. М.: ГЕОС, 2002. 225 с.
 - Гребенников А.В., Попов В.К. Петрогеохимические аспекты позднемиоценового и палеогенового игнимбритового вулканизма Восточного Сихотэ-Алиня // Тихоокеан. геология. 2014. Т. 33, № 1. С. 41–65.
 - Гребенников А.В., Максимов С.О. Причины появления вулканических пород А-типа на активных окраинах континентов на примере Южного Сихотэ-Алиня (Дальний Восток России) // Геология и геофизика. 2020. DOI: 10.15372/GiG2020114.
 - Жаров А.Е. Аккреционная тектоника и геодинамика Южного Сахалина // Геотектоника. 2004. № 4. С. 45–63.
 - Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.П. Тектоника литосферных плит территории СССР. М.: Недра, 1990. 328 с.
 - Коваленко С.В. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. СПб.: ВСЕГЕИ, 2007.
 - Коваленко С.В. (Ред.). Геологическая карта Российской Федерации. 1:1 000 000 (третье поколение). Лист (L-(52), 53; (K-52), 53). оз. Ханка: Объясн. зап. СПб.: ВСЕГЕИ, 2011. 684 с.
 - Михайлов В.А. Магматизм вулканотектонических структур южной части Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса. Владивосток, 1989. 164 с.
 - Павлюткин Б.И., Чекрыжов И.Ю., Петренко Т.И. Проблемы стратиграфии палеогена-неогена Зеркальненской впадины (Восточный Сихотэ-Алинь) // Тихоокеан. геология. 2016. Т. 35, № 4. С. 49–64.
 - Петров О.В., Морозов А.Ф., Чепкасова Т.В., Шевченко С.С. Геохронологический атлас-справочник основных структурно-вещественных комплексов России / Ред. О.В. Петров, А.Ф. Морозов, Т.В. Чепкасова, С.С. Шевченко. СПб.: ВСЕГЕИ, 2015. (Интернет ресурс: <http://geochronatlas.vsegei.ru>).
 - Попов В.К., Гребенников А.В. Новые данные о возрасте эффузивов богопольской свиты в Приморье // Тихоокеан. геология. 2001. Т. 20, № 3. С. 47–54.
 - Попов В.К., Гребенников А.В. Хасано-Амурский ареал (палеоцен-миоцен): кислый вулканизм / Под ред. А.И. Ханчука. Геодинамика, Магматизм и Металлогения Востока России. Владивосток: Дальнаука, 2006. Т. 1. С. 354–361.
 - Попов В.К., Чашин А.А., Тсутсуми Ы., Чекрыжов И.Ю., Будницкий С.Ю. Новые данные по геохронологии эоцено-олигоценного вулканизма Краскинской рифтогенной впадины (Юго-Западное Приморье) // Междунар. науч.-исслед. журн. 2018. Т. 12, № 78. С. 75–78.
 - Роганов Г.В., Супруненко О.И. (Ред.). Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист N-54. Николаевск-на-Амуре: Объясн. зап. СПб.: ВСЕГЕИ, 2014. 477 с.
 - Сахно В.Г., Ростовский Ф.И., Аленичева А.А. U-Pb-изотопное датирование магматических комплексов Милоградского золото-серебряного месторождения (Южное Приморье) // Докл. АН. 2010. Т. 433, № 2. С. 219–226.
 - Сахно В.Г., Коваленко С.В. Магматические комплексы Ороченской кальдеры Восточно-Сихотэ-Алинского пояса: изотопное датирование (U-Pb-SHRIMP), микро- и редкоземельный состав и золото-серебряная минерализация // Докл. АН. 2018. Т. 479, № 4. С. 417–421.
 - Ханчук А.И., Голозубов В.В., Мартынов Ю.А., Симаненко В.П. Раннемеловая и палеогеновая трансформные окраины (калифорнийский тип) Дальнего Востока России // Тектоника Азии: Тезисы XXX тектонического совещания. М.: ГЕОС, 1997. С. 240–243.
 - Ханчук А.И., Иванов В.В. Мезо-кайнозойские геодинамические обстановки и золотое оруденение Дальнего Востока России // Геология и геофизика. 1999. Т. 40, № 11. С. 1635–1645.
 - Ханчук А.И. (Ред.). Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России. Кн. 1 и 2. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 1. 572 с.
 - Чашин А.А., Попов В.К. Кайнозойский вулканизм в рифтогенных впадинах Восточного Сихотэ-Алиня: Результаты новых геохронологических и геохимических исследований: Материалы III Всерос. конф. с междунар. участием «Геологические процессы в обстановках субдукции, коллизии и скольжения литосферных плит». Владивосток: Дальнаука, 2016. С. 253–256.
 - Ando H., Tomosugi T. Unconformity between the Upper Maastrichtian and Upper Paleocene in the Nakobuchi Formation, north Hokkaido, Japan: A major time gap within the Yezo forearc basin sediments // Cretaceous Res. 2005. V. 26. P. 85–95.
 - Grebennikov A.V., Maksimov S.O. Fayalite rhyolites and a zoned magma chamber of the Paleocene Yakutinskaya volcanic depression in Primorye, Russia // J. Mineral. Petrol. Sci. 2006. V. 101. N 2. P. 69–88.
 - Grebennikov A.V., Khanchuk A.I., Gonevchuk V.G., Kovalenko S.V. Cretaceous and Paleogene granitoid suites of the Sikhote-Alin area (Far East Russia): geochemistry and tectonic implications // Lithos. 2016. V. 261. P. 250–261.
 - Jahn B.M., Valui G., Kruk N., Gonevchuk V., Usuki M., Wu J.T.J. Emplacement ages, geochemical and Sr-Nd-Hf isotopic characterization of Mesozoic to early Cenozoic granitoids of the Sikhote-Alin Orogenic Belt, Russian Far East: crustal growth and regional tectonic evolution // J. Asian Earth Sci. 2015. N 111. P. 872–918.
 - Li P.-C., Liu Z.-H., Li S.-C., Zhao Q.-Y., Shi Q., Li C.-H., Yang X.-H. Late Paleocene–early Eocene granitoids in the Jiamusi Massif, NE China: Zircon U–Pb ages, geochemistry, and tectonic implications // International Geol. Rev. 2018. V. 61. N. 4. P. 1–16.
 - Tang J., Xu W., Niu Y., Wang F., Ge W., Sorokin A.A., Chekryzhov I.Y. Geochronology and geochemistry of Late Cretaceous–Paleocene granitoids in the Sikhote-Alin Orogenic Belt: Petrogenesis and implications for the oblique subduction of the paleo-Pacific plate // Lithos. 2016. V. 266–267, P. 202–212.
 - Tsutsumi Y., Yokoyama K., Kasatkin S.A., Golozubov V.V. Ages of igneous rocks in the southern part of Primorye, Far East Russia // Memoirs of the National Museum of Nature and Sci. 2016. V. 51. P. 71–78.

30. Ueda H. Hokkaido / Moreno T., Wallis S., Kojima T., Gibbons W. (Eds.). The Geology of Japan // Geol. Soc. London, 2016. P. 201–221.
31. Wang Z.H., Yang H., Ge W.C., Bi J.H., Zhang Y.L., Xu W.L. Discovery and geological significance of the Eocene granodiorites in the Sanjiang basin, NE China: Evidence from zircon U-Pb chronology, geochemistry and Sr-Nd-Hf isotopes // Acta Petrologica Sinica. 2016. V. 32. N. 6. P. 1823–1838 (in Chinese with English abstr.).
32. Zhao P., Jahn B-m., Xu B. Elemental and Sr-Nd isotopic geochemistry of Cretaceous to Early Paleogene granites and volcanic rocks in the Sikhote-Alin Orogenic Belt (Russian Far East) and their implication on regional tectonic evolution // J. Asian Earth Sci. 2017. V. 146. P. 383–401.

Рекомендована к печати Г.Л. Кирилловой

после доработки 15.05.2020 г.

принята к печати 19.05.2020 г.

A.V. Grebennikov, S.A. Kasatkin, D.G. Fedoseev, A.I. Khanchuk

The Middle Paleocene–Early Eocene (60.5–53.0 Ma) stage of magmatism in the south of the Russian Far East

The Sikhote-Alin orogenic belt is a key area for understanding the evolution of the lithospheric plates' interaction in the East Pacific margin. At the same time the precise isotope-geochemical and geochronological data for the above said region are of a quite limited and scattered character. The new isotopic age data of the Early Paleogene magmatism are given which allow supplementing the current state of issue and establishing a specific Middle Paleocene–Early Eocene magmatic stage (60.5–53.0 Ma) in the south of the Russian Far East with the A-type acid magmatic rocks predominating during the geodynamic reconstruction of the continental margin.

Key words: Paleocene-Early Eocene, A-type rocks, Sikhote-Alin orogenic belt, Far East of Russia.