

УДК 552.32

ЛЕЙЦИТОВЫЕ БАЗАНИТЫ И КАЛИЕВЫЕ ШОНКИНИТЫ УГЛОВСКОЙ ВПАДИНЫ (ЮЖНОЕ ПРИМОРЬЕ)

© 2004 г. Член-корреспондент РАН В. Г. Сахно, С. О. Максимов,
В. К. Попов, Г. П. Сандмирова

Поступило 07.07.2004 г.

Находки калиевых щелочных пород основного состава всегда привлекали внимание петрологов, геохимиков, геологов как возможные индикаторы глубинных процессов и условий, при которых генерировались калиевые магмы, а также для решения геодинамических реконструкций геологического прошлого [7].

В Южном Приморье в пределах Артемо-Угловской угленосной впадины при проведении буроразведочных работ еще в 50-х годах прошлого столетия были обнаружены щелочные вулканиды, выделенные в две основные группы: щелочные долериты и шшонитовые и лейцитовые абсарокиты [2]. Значительная часть находок щелочных пород сделана по кернам буровых скважин, но вся коллекция в настоящее время утеряна. Геологические исследования и поиски уникальных пород в пределах Угловской впадины в настоящее время принесли успех. Были обнаружены останцы эродированных вулканов в бортах Угловской впадины, а в центре ее – шток-лакколлит, представляющий собой эродированную экструзию, которая по описанию А.Т. Октябрьского [2] является приповерхностным аналогом лав лейцитовых абсарокитов.

Детальные исследования пород этих эродированных вулканов на двух основных участках в районе горы Перевальная и горы Орловка (рис. 1) позволили дать их петролого-геохимическую характеристику, определить возраст пород этого комплекса и провести возрастное сопоставление с базальтами плато (Шуфанским и Шкотовским), а также извержениями щелочных базальтоидов моногенных вулканов Уссури-Амурской депрессии [4].

Пространственно ареал щелочных базитов приурочен к Угловской грабен-синклинальной впадине

северо-восточного простирания, выполненной угленосными озерно-болотными отложениями и контролирующей крупными северо-восточными сбросо-сдвигами [5]. Угловская впадина в региональном плане представляет звено северо-восточной полосы грабенообразных угленосных депрессий протяженностью свыше 200 км от Краскинской на юго-западе до Даубихинской на северо-востоке (рис. 1).

Щелочные породы района горы Перевальная слагают непротяженные дайковые тела подводящих каналов и обнаружены в элювиальных развалах значительно эродированных лавовых потоков. Выделяются два петрографических типа вулканических пород: лейцитовые и анортотлазовые базаниты.

Лейцитовые базаниты представляют собой базальтоподобные темно-серые с желтоватыми оттенками, иногда пепельные, субафировые, пузырчатые вулканические породы с многочисленными жемами, миароловыми полостями, выполненными анальцитом и натролитом. Все разновидности вулканических пород обогащены апатитом, образующим пойкилитовые включения в породообразующих силикатах. Петрографической особенностью щелочных пород горы Перевальная, наряду с обогащенностью лейцитом, является высокая концентрация ильменита, образующего сплошной войлок игольчатых сплетений (рис. 2а).

Магнезиальный оливин – единственный минерал фенокристов – слагает мелкие призматические и коленообразные кристаллы. Основная масса обогащена лейцитом, образующим овальные выделения диаметром 0.05–0.8 мм (рис. 2а), а в безлейцитовых разностях сложена агрегатами лейст анортотлаза с включенными в них очень редкими мелкими зернами титанистого авгита и пластинками биотита. Отмечаются гнездовые скопления фельдшпатоида (содалита?), замещаемые бурым каолинитовым агрегатом с гидроксидами железа.

В целом для калиевых щелочных пород горы Перевальная характерны: 1) бесплагиотлазовый оливин-лейцит – пикроильменитовый и 2) оливин-анортотлазовый парагенезис, обогащенность по-

Дальневосточный геологический институт
Дальневосточного отделения
Российской Академии наук, Владивосток
Институт геохимии им. А.П. Виноградова
Сибирского отделения Российской Академии наук,
Иркутск

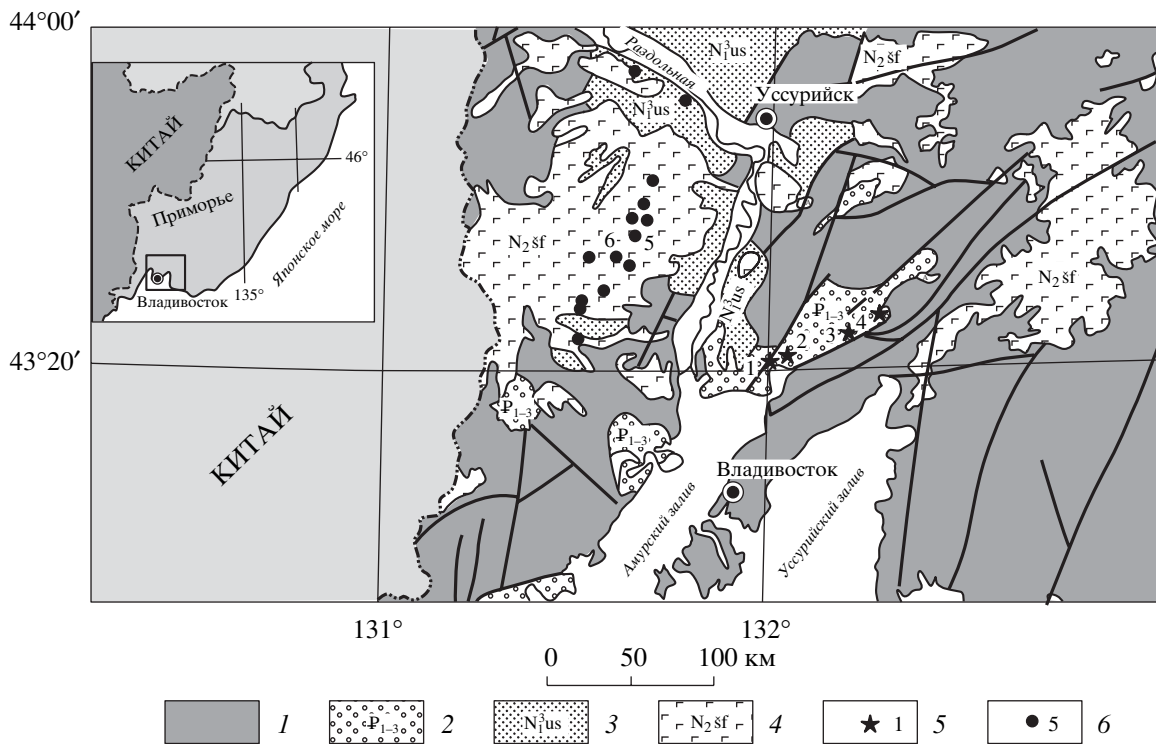


Рис. 1. Схема размещения калиевых щелочных пород Угловской впадины и центров щелочного базальтоидного вулканизма Шуфанского плато. 1 – породы фундамента; 2 – отложения палеогеновых впадин; 3 – отложения усть-суифунской свиты Раздольненской депрессии; 4 – базальтоиды Шуфанского плато; 5 – центры щелочного вулканизма Угловской впадины: 1 – гора Кирсанова, 2 – гора Перевальная, 3 – гора Орловка, 4 – участок Заозерный; 6 – центры щелочно-базальтового вулканизма Шуфанского плато: 5 – шлаковый конус Хабэ, 6 – экструзия “Тригопункт”.

род ильменитом, апатитом, литофизами и жеодами, выполненными цеолитом. В базанитах отсутствуют столь типичные для неогеновых базальтов лерцолитовые включения и мегакристовые ассоциации.

Субвулканическая лакколитообразная залежь высококальциевых оливин-биотит-ортоклазовых шонкинитов горы Орловка расположена в центральной части Угловской депрессии в 15 км северо-восточнее горы Перевальная и контролируется северо-восточным продолжением единого сбросо-сдвига, обрамляющего юго-восточный борт депрессии.

Экструзия характеризуется неоднородным, полифациальным составом с последовательной лейкократизацией пород: от оливин ($mg' = 84\%$)-титанавгит-титанбиотит (11% TiO_2)-ортоклазовых до лейкократовых сиенитовых разностей типа лаурвикитов.

Все типы пород, особенно мезократовые разности, обогащены апатитом (до 3–5%), тонкоигльчатый агрегат которого заключен в пороодообразующие силикаты. Рудный минерал представлен магнезиальным ильменитом, образующим тонкие игльчатые лейсты, включенные в силикатные фазы, а также титаномagnetитом, количество которого возрастает по мере лейкократизации по-

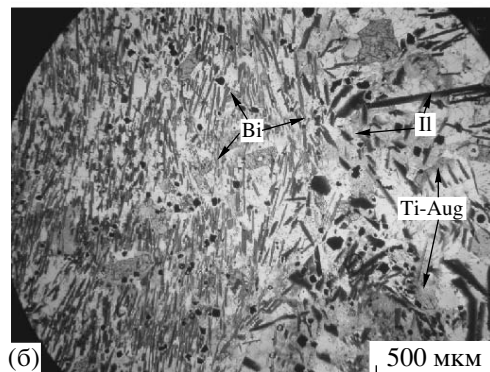
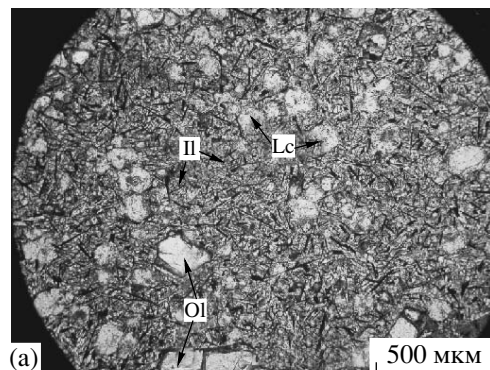


Рис. 2. Фото лейцитиливинового базанита горы Перевальная (а) и калиевого шонкинита горы Орловка (б).

Таблица 1. Химический состав минералов из щелочно-основных пород Угловской впадины

Минерал	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	NaO	K ₂ O	Сумма	mg'
Образец М-5589												
Ol	39.59	0.70	0.90	0.16	12.07	0.26	47.61	0.79	0.00	0.00	100.63	87.5
Ol	40.47	0.40	0.22	0.19	10.57	0.21	46.44	0.14	0.10	0.10	98.29	88.7
Ilm	0.00	51.66	0.25	0.64	41.46	0.62	5.40	0.00	0.00	0.00	100.03	18.9
Ilm	0.00	49.25	0.32	0.63	44.88	0.74	4.07	0.00	0.00	0.00	99.88	13.9
Kfs	66.24	0.00	17.76	–	1.05	0.00	0.10	0.80	4.25	9.36	99.36	–
Образец М-5560												
Ol	40.29	0.20	0.90	0.13	15.36	0.25	44.68	0.13	0.00	0.00	100.97	83.8
Ol	39.83	0.40	0.00	0.18	15.59	0.17	45.65	0.18	0.00	0.00	101.65	83.9
Cpx	48.11	3.95	4.58	0.24	7.08	0.17	13.73	21.13	0.47	0.04	99.51	77.6
Cpx	49.40	3.00	4.48	0.12	8.42	0.21	13.05	21.28	0.92	0.09	100.97	73.4
Ilm	0.00	49.88	0.13	0.64	43.34	0.95	3.57	0.00	0.00	0.00	98.50	12.9
Kfs	64.36	0.17	19.29	0.00	0.42	0.00	0.00	0.15	2.15	14.39	101.05	–
Kfs	63.78	0.00	20.20	0.03	0.28	0.04	0.00	0.24	2.63	12.29	99.42	–
Образец М-5611												
Cpx	46.88	3.70	5.41	0.04	7.92	0.26	13.85	22.33	0.54	0.01	100.95	75.7
Cpx	49.49	2.53	3.59	0.00	8.05	0.23	13.83	21.29	0.48	0.00	99.51	75.0
Bi	33.93	10.99	14.65	0.08	13.99	0.14	12.02	0.00	0.66	7.56	94.04	60.5
Bi	34.67	10.74	18.59	0.05	13.50	0.19	10.67	0.00	0.89	6.29	95.68	58.3
Ilm	0.00	49.41	0.16	0.13	43.51	0.77	5.00	0.00	0.00	0.00	98.98	17.0
TiMt	0.00	13.97	1.42	0.14	79.46	0.68	1.61	0.00	0.00	0.00	97.29	3.5
TiMt	0.00	8.08	0.71	0.20	84.00	0.93	2.19	0.00	0.00	0.00	96.11	4.4
Kfs	65.92	0.00	20.73	0.01	0.00	0.00	0.00	0.78	6.40	6.63	100.47	–
Kfs	61.47	0.01	20.82	0.00	0.38	0.00	0.01	0.11	0.99	14.34	98.13	–

Примечание. М-5589 – лейцитовый базанит; М-5560 – оливин-анортоклазовый шонкинит; М-5611 – ортоклазовый шонкинит. Все железо, как FeO. Определения выполнены на микроанализаторе JXA-5A в ДВГИ ДВО РАН, аналитик Н.А. Екимова.

род и наложении процесса позднемагматической флюидно-щелочной перекристаллизации.

Характерна такситовость пород, обилие миароподобных, пегматоидных обособлений, выполненных крупнокристаллическим агрегатом из лейст калишпата, пластин биотита, лучистых кристаллов натролита. Контрастно-гнездовое, струйчатое (рис. 2б) скопление темноцветов и лейкократовых фаз, возможно, отражает процесс флюидно-эманационной дифференциации на поздней стадии становления массива.

Особенности минерального состава калиевых щелочных вулканических и субинтрузивных пород Угловской впадины обусловлены различным сочетанием калийсодержащих фаз: анортоклаза, лейцита, титанистого биотита с высокомагнезиальным оливином ($mg' = 87-91\%$), титан-авгитом ($mg' = 74-78\%$) (табл. 1) и субсолидусными: содалитом, анальцимом, натролитом, а также нео-

бычно высокой концентрацией, особенно в базанитах, пикроильменита (MgO 5.4%).

Калиевый характер щелочности определяет преобладание оливин-лейцитовой минералогической ассоциации в вулканических и оливин-ортоклазовой – в интрузивных разностях, обогащенность последних титанистым биотитом (табл. 1), выделение титанистого и глиноземистого клинопироксена.

В целом обогащенность пород титанистых лейцитовых базанитов и шонкинитов Угловской депрессии флюидной составляющей, как и относительно восстановительный характер условий кристаллизации (ильменитовый парагенезис), составляют специфику проявления этого калиевого щелочного магматизма.

Еще одна точка коренных выходов калиевых щелочных пород, аналогичных Орловскому штоку, известна в 7 км к северо-востоку от горы Орловка (на правом берегу р. Ивнянка участок Заозерный) (рис. 1).

Таблица 2. Химический (мас. %) и микроэлементный (г/т) составы базальтов и щелочных пород Угловской впадины и Шуфанского плато

Компо- нент	1 (М-5556)	2 (М-5559)	3 (М-5560)	4 (184)	5 (М-5595)	6 (М-5600)	7 (Ш-99-18)	8 (М-5160)	9 (Ш-99-16)
	Вулкан Сопка Орловская			Вулкан Сопка Перевальная			Шуфанское плато		
SiO ₂	47.70	46.90	46.52	47.86	48.95	48.32	53.10	46.60	47.48
TiO ₂	3.84	3.76	3.67	3.47	3.99	3.77	1.67	1.97	2.18
Al ₂ O ₃	16.65	15.57	14.95	8.59	13.27	14.21	15.25	14.90	13.74
Fe ₂ O ₃	4.88	4.92	2.35	7.79	4.98	4.56	2.63	2.18	4.07
FeO	3.76	4.17	6.06	2.59	3.43	3.80	8.53	8.00	7.67
MnO	0.10	0.10	0.10	0.48	0.15	0.18	0.15	0.34	0.13
MgO	4.26	5.90	6.93	7.06	6.23	5.94	6.04	8.93	10.52
CaO	6.28	5.97	6.43	7.60	6.43	6.49	8.26	8.00	7.48
Na ₂ O	3.04	3.09	1.89	1.28	3.30	3.07	2.29	3.40	2.80
K ₂ O	5.59	5.89	6.39	5.80	4.15	4.29	0.69	2.57	1.91
P ₂ O ₅	0.51	0.81	1.00	1.68	1.10	1.09	0.24	0.86	0.47
H ₂ O ⁻	0.37	0.32	0.38	3.36	1.05	1.47	0.19	0.55	0.00
П.п.п.	2.61	2.12	2.95	2.76	2.53	2.36	0.47	1.70	1.38
Сумма	99.59	99.50	99.62	100.32	99.56	99.55	99.51	100.00	99.83
Ni		100	86		120	120		185	
Co		27	19		18	29		60	
Cr		115	130		245	230		250	
V		135	135		150	150		130	
Rb		49.7	79.0		62.4	86.0	11.9	32.9	46.9
Cs		0.26	3.81		1.35	1.75	0.14	0.22	0.26
Sr		884	1224		1413	1350	498	611	556
Ba		1730	2410		2538	2421	209	786	813
Y		18	33		42	38	20	15	24
Zr		610	758		647	698	93	173	137
Nb		42.1	51.3		17.7	21.5	7.1	42.6	31.9
Ta		2.72	3.35		1.26	0.67	0.40	2.95	1.79
Hf		17.06	21.04		13.35	18.41	2.20	4.16	3.21
La		53.58	114.60		142.22	124.79	9.0	35.12	22.3
Ce		128.03	235.62		298.62	262.07	18.5	63.88	44.4
Pr		13.35	29.45		38.21	32.68	3.3	7.17	6.1
Nd		57.14	123.81		157.84	139.94	17.0	34.32	26.1
Sm		8.27	17.24		21.39	18.15	4.4	6.89	5.6
Eu		2.60	5.17		6.38	5.39	1.7	2.18	1.9
Gd		6.77	13.41		16.42	14.10	4.8	6.53	5.7
Tb		0.78	1.57		2.08	1.84	0.67	0.89	0.80
Dy		3.99	7.27		8.70	7.43	3.55	4.73	4.46
Ho		0.73	1.24		1.41	1.23	0.66	0.74	0.80
Er		1.47	2.94		4.12	3.21	1.67	1.81	2.00
Tm		0.20	0.39		0.50	0.42			
Yb		1.09	2.29		2.80	2.15	1.29	1.15	1.67
Lu		0.15	0.30		0.40	0.34	0.19	0.17	0.26
Pb		12.15	12.98		17.17	18.90	1.67	1.35	2.02
Th		4.15	8.36		7.00	6.09	0.65		2.76
U		1.54	1.96		1.54	1.51	0.18	0.62	0.61
Ce/Yb		117.46	102.89		106.65	121.89	14.34	55.54	26.58
Nb/Yb		38.62	22.40		6.32	10.00	5.50	37.04	19.10
Zr/Nb		14.49	14.48		14.77	32.46	13.10	4.06	4.29

Примечание. 1–3 – анортоклазовые оливин-биотитовые шонкиниты; 4–6 – лейцитовые оливиновые базальты; 7 – толеитовый базальт; 8, 9 – щелочные базальты; в скобках – номер образца. Пропуск – определения не проводились. Химические анализы выполнены методом мокрой химии в Аналитическом центре ДВГИ ДВО РАН, аналитик Л.И. Алексеева; Ni, Cr, Co, V – спектральным количественным анализом в Аналитическом центре ДВГИ ДВО РАН, аналитик Л.И. Азарова; элементы на ИСРМС – в Аналитическом центре СО РАН, г. Иркутск: 2, 3, 5, 6 – аналитик Г.П. Сандиминова, 4 – по [2], 7, 9 – по [3], 8 – экструзия “Тригопункт”, 9 – экструзия Хабэ. Местоположение участков отбора образцов – на рис. 1.

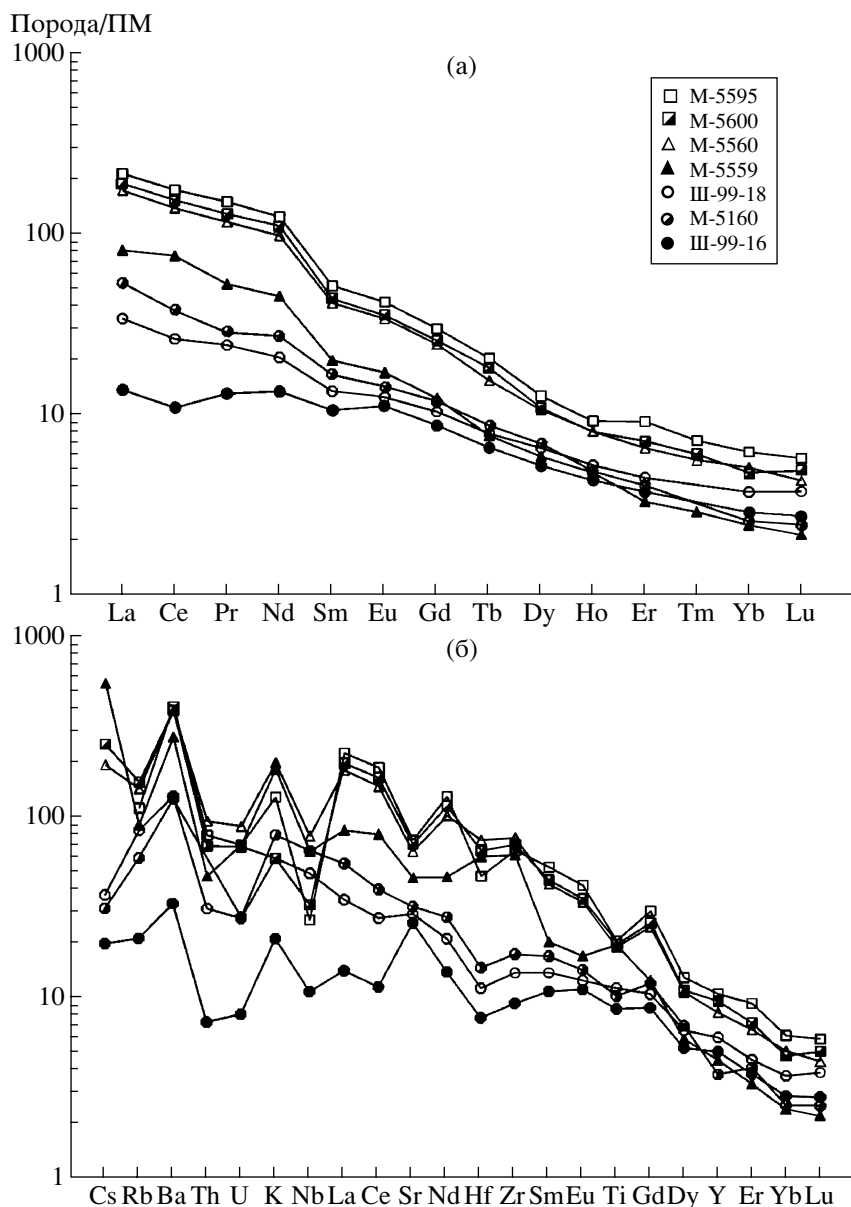


Рис. 3. Концентрация REE (а) и редких элементов (б), нормированных к примитивной мантии (ПМ) [8]. Номера проб соответствуют номерам табл. 2.

Редкоземельный состав высококальциевых пород Угловской впадины характеризуется обогащенностью LILE-, LREE-, а также HFSE-элементами и заметно отличается по этим показателям от щелочных базальтов и особенно толеитов верхнемиоценовых плато-базальтов (табл. 2). На графике распределения REE (рис. 3) выделяются три ступенчатых интервала, соответствующие составам легкой, средней и тяжелой групп редких земель.

Обособленным спектром распределения REE на спайдерграммах (рис. 3) отличается Ol–Ort–Vi-шонкинит Орловской экструзии (№ 5559), представляющий собой более лейкократовую разность, насыщенную пегматоидными и миароловыми полостями.

Различия в характере распределения могут определяться относительно подвижным поведением REE и фракционированием LREE, HREE, при участии водно-щелочнокарбонатного флюида и изменением структуры расплава на близосolidном этапе [6].

Особенности состава и структурного контроля щелочного магматизма Угловской впадины отчетливо проявляются при сравнении с шуфанскими плато-базальтами. Расположенная в 40 км к северо-западу от Угловской депрессии (рис. 1) эта крупная вулканическая постройка приурочена к Раздольненской депрессии, выполненной ранне-среднемиоценовыми галечниками, кислой пиро-

Таблица 3. Возраст и изотопные данные калиевых щелочных базальтоидов Угловской впадины и Шуфанского плато

№ п.п.	Вулкан	Порода	Координаты		Калий, % ±σ	⁴⁰ Ar _{рад} , (нг/г) ± σ	Возраст, млн. лет, ±1.6 σ	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr ±2σ
			широта	долгота				
2	Орловский, экструзия	Калиевый шонкинит	43°21′	132°13′	5.05 ± 0.04	4.93 ± 0.18	14.0 ± 0.8	0.70542 ± 7
3					5.46 ± 0.04	5.46 ± 0.22	14.4 ± 0.8	0.70572 ± 8
5	Перевальный, лавы	Лейцитовый базанит	43°21′	132°03′	3.25 ± 0.04	3.31 ± 0.12	14.6 ± 0.9	0.70491 ± 8
6					3.51 ± 0.04	3.79 ± 0.14	15.5 ± 0.9	0.70478 ± 6
7	Шуфанское плато, низы разреза	Базальт			0.551*	28.53 (Нмм ³ /г)*	13.3 ± 1.0*	0.703810 ± 6**
9	Шуфанское плато (Хабэ)	Оливиновый базальт			1.430*	39.8 (Нмм ³ /г)*	7.1 ± 0.3*	0.704705 ± 4**

Примечание. Определения абсолютного возраста К–Аг-методом проводились в лаборатории изотопной геохимии и геохронологии ИГЕМ РАН на масс-спектрометре МИ-1201 ИГ методом изотопного разбавления с применением в качестве трассера ³⁸Аг. Определения калия – методом пламенной спектрофотометрии. Аналитики: М.М. Аракелянц и В.А. Лебедев. Порядковые номера соответствуют такому табл. 2.

* Абсолютный возраст (К–Аг) по [3]. ** Определения изотопов стронция проводились в лаборатории изотопии в Институте геохимии СО РАН, аналитик Г.П. Сандимирова, по [4].

кластикой, озерно-болотными отложениями. Депрессия контролируется в своем заложении и ориентировке региональной субмеридиональной Уссури-Амурской рифтогенной структурой.

Активная вспышка верхнемиоценового базальтового вулканизма проявилась в области пересечения этой субмеридиональной зоны растяжения со скрытой субширотной тектонической структурой глубокого заложения, разделяющей также блоки глубинного фундамента Южного Приморья.

В пределах Шуфанского вулканического плато, образованного многопоточным покровом толеитовых оливиновых базальтов и их высококонтаминированных дифференциатов, нами установлены многочисленные центры проявления более молодого щелочно-базальтового вулканизма. Они группируются в единую линейную полосу субмеридионально-северо-восточного направления (рис. 1).

Возрастной интервал формирования шуфанских плато-толеитов оценивается в 13.3–8.2 млн. лет [3]. Щелочные и субщелочные оливиновые базальты, слагающие небольшие экструзии и шлаковые конуса, отличаются от плато-базальтов повышенными концентрациями К, Ti, P и REE и более низкой кремнекислотностью. Базальты содержат полиминеральную ассоциацию мегакристов, включающую анортоклаз, глиноземистый клинопироксен, апатит, шпинель и крупные пакеты слюды, а также обогащены лерцолитовыми и разнообраз-

ными мантийными и коровыми ксенолитами. Абсолютный возраст щелочного базальта из шлакового конуса Хабэ соответствует 7.1 млн. лет [3] (табл. 3).

Петрогеохимические и минералогические особенности калиевого щелочного магматизма Угловской впадины характеризуются определенной спецификой – обогащенностью К, Ti, Ba, Zr, LREE, которая, возможно, свидетельствует о глубинности генерации расплавов.

Не обсуждая природу этой компоненты и выделяя ее как К–Т–Р–L (калий–титан–фосфор–LREE), подчеркнем ее участие в калиевых базальтовых сериях. Присутствие К–Т–Р–L-компоненты в высокотитанистых калиевых расплавах отмечалось нами ранее для проявлений калиевых пикритов Среднего Приамурья и Охотского массива [1]. Ее влияние устанавливается и в щелочных базальтах Шуфанского плато, что отражается элементами конформности графиков распределения REE с угловскими лейцитовыми базанитами (рис. 3), но при относительной обедненности первых.

Проявление калиевого щелочного магматизма в Южном Приморье, выразившееся излиянием оливин-пикроильменит-лейцитовых базанитов, контролировалось регенерированной в миоцене северо-восточной структурой растяжения и предшествовало региональному раскрытию структур pull-apart с проявлением объемного плато-базальтового вулканизма. Последовательность магматических собы-

тий подтверждается возрастными К–Аг-датировками (табл. 3).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Максимов С.О., Сахно В.Г. // ДАН. 2001. Т. 394. № 4. С. 510–517.
2. Октябрьский А.Т. // Тр. Дальневост. политехн. ин-та. 1959. Т. 54. В. 1. 120 с.
3. Рассказов С.В., Саранина Е.В., Мартынов Ю.А. и др. // Тихоокеан. геология. 2003. Т. 22. № 1. С. 92–109.
4. Сахно В.Г. Позднемезозойско-кайнозойский континентальный вулканизм Восточной Азии. Владивосток: Дальнаука, 2001. 338 с.
5. Седых А.К. Геология докембрия и тектоника Дальнего Востока. Владивосток, 1978. С. 164–167.
6. Rollinson H. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation. N. Y., 1993. 352 p.
7. Flynn R.T., Burnham C.W. // Geochim. et cosmochim. acta. 1976. V. 42. № 6. P. 685–701.
8. Sun S.-S., Donough W.F. // Geol. Soc. Austral. Spec. Publ. 1989. № 42. P. 312–345.