

УДК 550.4: 551.21

НАХОДКА ЭОЦЕНОВЫХ АДАКИТОВ В ПРИМОРЬЕ

© 2011 г. А. А. Чащин, В. П. Нечаев, Е. В. Нечаева, М. Г. Блохин

Представлено академиком А.И. Ханчуком 22.12.2010 г.

Поступило 13.01.2011 г.

Адакиты и адакитоподобные породы обнаружены во многих современных и древних вулканических дугах, коллизионных орогенах и на трансформных континентальных окраинах [1–4]. Интерес к ним вызван особыми условиями их генезиса, а также рудоносностью. Большинство исследователей считают, что адакитовые расплавы образуются путем частичного плавления субдуцированной литосферы или метасоматизированного ею надсубдукционного литосферного клина. Предполагается, что плавление субдуцированной океанической плиты вызвано тем, что она либо молодая (<20 млн лет) и горячая [2], либо находится под влиянием горячей астеносферной мантии в местах своего разрыва (slab windows) [3, 4]. Часто такие обстановки связывают с зонами скольжения плит [5, 6]. Описаны также случаи нахождения адакитоподобных пород в зонах межконтинентальных коллизий, как например в Тибете, где их появление объясняют плавлением низов континентальной коры в местах ее субдукции и скупивания [7]. Таким образом, выявление адакитов и изучение их особенностей имеют большое значение для реконструкции геодинамической истории регионов.

В Приморье породы с адакитовыми веществами характеристиками ранее были известны только среди позднемиоценовых вулкаников на северо-западе края [8].

В 2009 г. при изучении кайнозойских вулкаников западного Приморья нами были обнаружены породы, близкие по своим геохимическим характеристикам к адакитам. Они слагают небольшую экструзию размером 300 на 400 м на левом берегу р. Илистая, в 4.5 км ниже устья р. Абрамовка (рис. 1). Калий-аргоновая датировка пород, выполненная в лаборатории изотопной геохимии и геохронологии ИГЕМ РАН, свидетельствует об их среднеэоценовом возрасте (45.52 ± 1.1 млн лет).

По соотношению кремнезема и суммы щелочей проанализированные породы относятся к дацитам нормальной щелочности. По коэффициенту глиноземистости ($al = 2.39–2.66$) они высокоглиноземистые и весьма высокоглиноземистые. Соотношение щелочей K_2O/Na_2O в них изменяется от 0.66 до 0.70, что позволяет говорить о явно выраженной натровой специфике.

Геохимические особенности изученных дацитов выражены в повышенных концентрациях легких РЗЭ и Sr при низких концентрациях тяжелых РЗЭ и Y (табл. 1). Высокие значения Sr/Y (70–82) и La/Yb (37–41) позволяют уверенно идентифицировать их как адакиты (рис. 2). Согласно широкой используемой классификации, они относятся к высококремнистому типу адакитов [9]: $SiO_2 > 60\%$, $MgO 0.5–4$ мас. %, $Na_2O > 3.5$ мас. %, $Cr/Ni = 2.05–2.84$.

Спектры распределения редкоземельных элементов в описываемых адакитах имеют высоко фракционированный характер ($(La/Yb)_n = 26.67–30.02$, $La/Sm = 8.59–8.82$) с крутым отрицательным наклоном от La до Tb и пологим от Dy до Lu. Европиевая аномалия не проявлена. На графике распределения микроэлементов, нормированных к примитивной мантии (рис. 3), адакиты имеют максимум по Ba и глубокие минимумы по Ta–Nb и Ti, что характерно для известково-щелочных пород островных дуг и активных континентальных окраин. На дискриминационных диаграммах $(Y + Nb)–Rb$ и $(Yb + Ta)–Rb$ их фигуративные точки также располагаются в полях магматических пород островных дуг.

Магматические породы эоценового возраста изучены в регионе недостаточно детально. Тем не менее близкие по времени (46.2 ± 0.5 млн лет) дациты известны на юго-западе Приморья, где они слагают экструзию горы Школьная (рис. 1). Следует упомянуть, что С.В. Рассказов с соавторами [10], впервые изучившие геохимию и определившие изохронный Rb–Sr-возраст этих пород, не отметили их адакитовую специфику, хотя приводимые ими макро- и микроэлементный составы не оставляют в этом сомнения ($Sr/Y = 66$, $La/Yb = 64$)

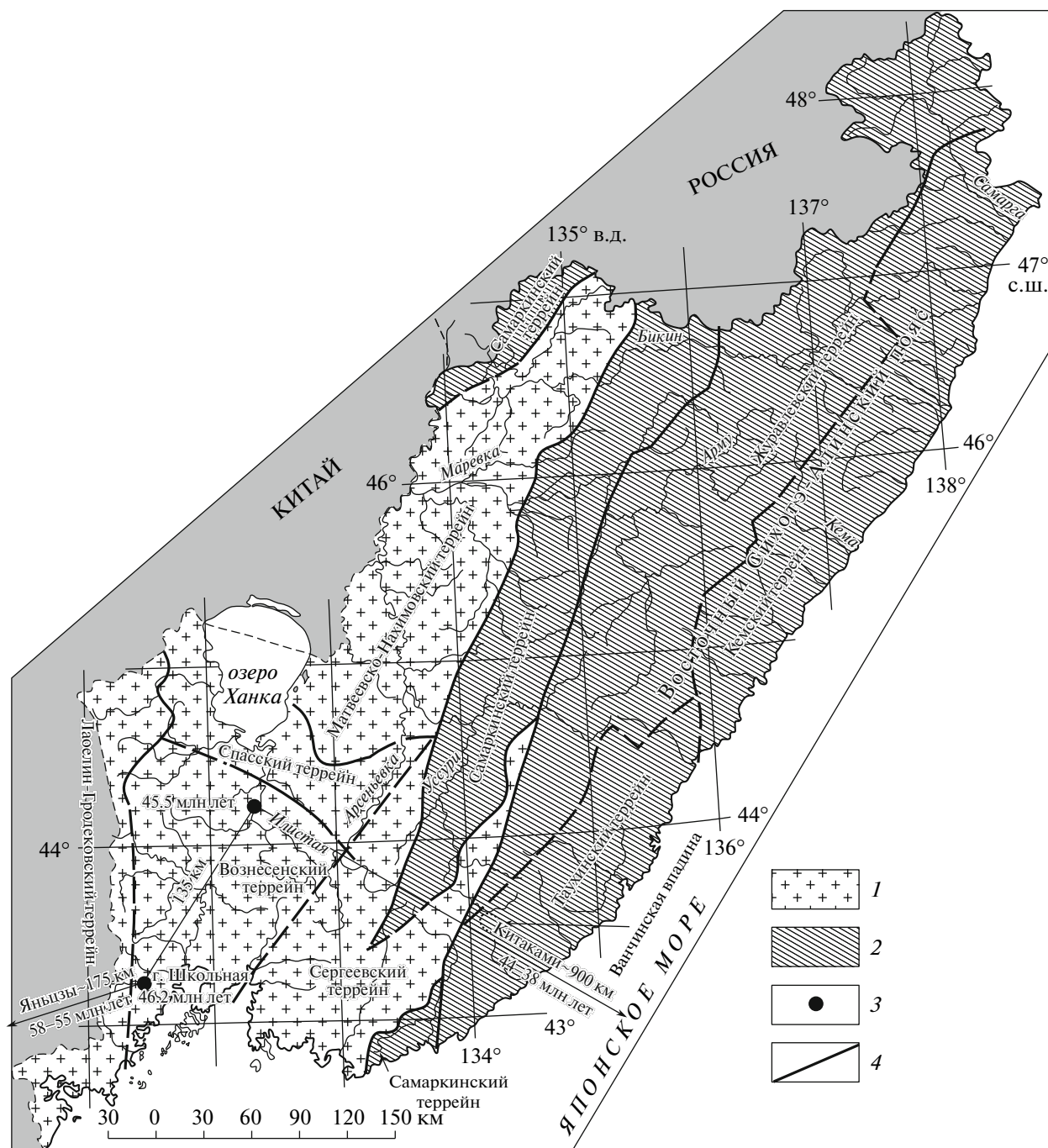


Рис. 1. Районы находок эоценовых адакитов на геотектонической схеме Приморья. 1 – террейны палеозойской консолидации; 2 – террейны мезозойской консолидации; 3 – экструзии эоценовых адакитов; 4 – главные разломы.

(рис. 2). От адакитов, выявленных нами, они отличаются более высоким содержанием Ti, U и пониженным – Sr, Hf, Zr и тяжелых лантаноидов (рис. 3). В целом же обе экструзии геохимически очень близки. Вместе с тем адакиты западного и юго-западного Приморья существенно отличаются от эоценовых трахиандезитов (43.7 ± 1.4 млн лет) осевой части южного Сихотэ-Алиня (Ван-

цинская впадина). Эти отличия выражены как в уровне содержания большинства макро- и микроэлементов, так и в характере распределения микроэлементов на спайдер-диаграммах (табл. 1, рис. 3). Предполагается, что появление трахиандезитов связано с взаимодействием базальтовых расплавов неясного происхождения с кислым материалом коры [11].

Таблица 1. Содержания петрогенных оксидов (мас. %) и микроэлементов (г/т) в эоценовых породах

Компонент	Адакиты				Трахиандезиты	
	МХ08/2-1	МХ08/2-4	МХ08/2-2	П-480-1*	049-18**	П-514/5**
SiO ₂	64.20	63.73	63.05	67.3	62.56	62.96
TiO ₂	0.65	0.62	0.69	0.98	0.85	0.88
Al ₂ O ₃	16.43	15.99	16.03	15.5	15.75	15.38
Fe ₂ O ₃	2.10	1.64	2.26	2.1	3.89	2.40
FeO	2.23	3.50	2.23	1.35	2.57	4.31
MnO	0.05	0.06	0.06	0.02	0.28	0.20
MgO	1.79	1.53	1.69	1.7	0.81	1.29
CaO	4.06	4.21	4.14	1.96	3.09	2.45
Na ₂ O	3.87	3.81	3.57	3.84	3.39	4.14
K ₂ O	2.73	2.54	2.45	2.95	3.55	3.75
P ₂ O ₅	0.23	0.21	0.23	0.17	0.36	0.41
H ₂ O	0.37	0.31	1.52	1.8	—	—
П.п.п.	1.30	1.29	1.48	0.06	2.41	1.36
Σ	100.02	99.42	99.40	99.73	99.51	99.53
Cr	30	37	37	—	—	—
Ni	11	13	18	—	—	—
Rb	60	55	57	5.8	93	112
Ba	976	923	987	965	631	805
Sr	640	656	706	505	249	366
Nb	8.86	8.3	6.79	10.1	19.4	24
Hf	4.95	4.56	3.42	2.28	7.7	7.3
Zr	144	166	139	73	274	314
Y	9.15	8.97	8.59	7.6	30.7	42
U	1.32	1.097	0.98	1.79	2.4	2.6
La	33.56	30.92	33.08	33.9	41.6	45.7
Ce	64.18	59.14	64.14	59	72.7	97.0
Pr	6.83	6.45	6.53	6.24	9.4	11.1
Nd	23.93	22.54	23.06	22.1	37.1	43.5
Sm	3.91	3.56	3.75	3.12	7.3	8.9
Eu	1.11	1.067	1.12	0.87	1.9	2.2
Gd	2.91	2.864	3.09	2.07	6.8	9.7
Tb	0.38	0.357	0.36	0.30	0.8	1.3
Dy	1.92	1.874	1.79	1.31	5.4	6.7
Ho	0.37	0.364	0.33	0.22	1.1	1.3
Er	0.92	0.959	0.93	0.55	3.0	3.8
Yb	0.86	0.829	0.81	0.53	2.9	3.3
Lu	0.14	0.131	0.10	0.07	0.4	0.5
Ta	0.51	0.424	0.42	0.77	1.2	2.0
Th	6.57	6.104	5.91	7.9	12.3	11.7
Pb	13.13	12.37	12.44	19	14.4	31.0
Cs	0.92	0.98	0.83	1.06	7.0	17.7
Sc	10.63	7.81	7.99	4.4	14.9	18

Примечание. Химический анализ пород (аналитики В.Н. Каминская, Г.А. Горбач) и определения РЗЭ и редких элементов методом ICP-MS (аналитик М.Г. Блохин) выполнены в Аналитическом центре ДВГИ ДВО РАН. * — данные по [10]; ** — по [11].

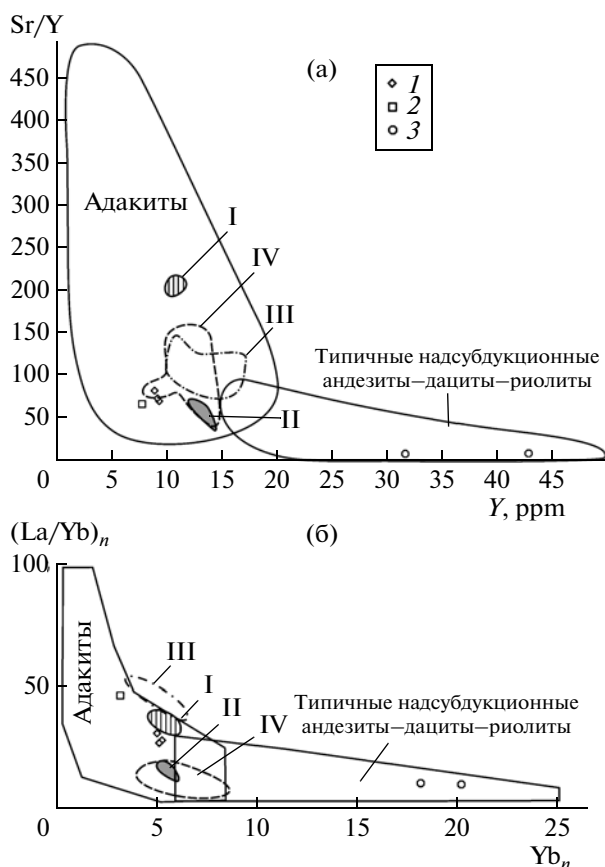


Рис. 2. Диаграммы Sr/Y–Y (а) по [2] и $(La/Yb)_n$ – Yb_n (б) по [15] для эоценовых адакитов Приморья. Здесь и на рис. 3: 1 – адакиты р. Илистая; 2 – адакиты горы Школьная [10]; 3 – трахиандезиты Ванчинской впадины по [11]. Поля составов адакитов: I – северо-восточной части Китая [12]; II – северо-восточной части Японии [13]; III – центрального Тибета [7]; IV – северо-западной окраины Северной Америки [4].

В сопредельных регионах эоценовые адакиты детально изучены в северо-восточном Китае и северо-восточной Японии (рис. 1). В Китае это адакиты с возрастом 58–55 млн лет, развитые в районе Яньцзы [12]. Адакиты Приморья от них отличаются повышенными содержаниями Rb, Ba, Nb, Ta, U и пониженными – Sr, Th и PЗЭ, а также более низкими величинами отношений Sr/Y и La/Yb и высокими – Ba/La. По сравнению с эоценовыми адакитами массива Китаками в Японии (44–38 млн лет) [13] они обогащены Rb, Ba, легким PЗЭ и обеднены U и тяжелыми PЗЭ. Помимо этого, им присущи несколько повышенные значения отношений Sr/Y, La/Yb и Ba/La.

В целом же по своим геохимическим характеристикам китайские и особенно японские адакиты гораздо ближе к адакитам западного и юго-западного Приморья, чем рассмотренные выше трахиандезиты центрального Сихотэ-Алиня. Возможно, они даже образуют единую формацию,

“японская” часть которой была отделена от “российской” в результате олигоцен-миоценового раскрытия Японского моря.

Сравнение эоценовых адакитов Приморья с близкими им по возрасту и кремнекислотности адакитами хорошо изученных геодинамических обстановок показывает, что они совершенно не соответствуют коллизионным магматическим комплексам. Так, от эоценовых (46–38 млн лет) высококальциевых адакитовых пород центрального Тибета [7] одновозрастные приморские адакиты отличаются более высокими содержаниями Al_2O_3 , Na_2O и заметной деплетированностью в отношении K_2O , MgO, а также большинства некогерентных элементов (Cs, Ba, Rb, Th, U, Sr, легкие PЗЭ) при близком содержании тяжелых лантаноидов. Отличия в формах графиков распределения микроэлементов на многокомпонентных диаграммах заключаются в отсутствии максимумов Sr, U, Zr и минимумов Ce, Hf, Rb в описываемых нами породах. Кроме того, им свойственны более низкие величины Sr/Y- и La/Yb-отношений (рис. 2).

Вместе с тем по уровню содержаний большинства микроэлементов (Cs, Ba, U, Sr, PЗЭ) и величинам Sr/Y-отношения приморские адакиты наиболее близки эоценовым адакитам северо-западной части Северной Америки. Считается, что эти породы были образованы при косо́й субдукции, осложненной разрывами поглощаемой океанической плиты [4].

Отличия изученных адакитов Приморья от однотипных пород Северной Америки заключаются в более высоких концентрациях La, Hf, Zr, а также в высоких величинах отношения La/Yb и низких – Ba/La. Им также свойственна несколько иная конфигурация графиков распределения микроэлементов на многокомпонентных диаграммах (рис. 3).

Таким образом, геохимические особенности впервые идентифицированных в Приморье адакитов эоценового возраста подтверждают геодинамическую модель [5, 6], согласно которой на палеогеновом этапе в регионе формируются разрывы (slab windows), через которые горячая океаническая астеносфера воздействует на субконтинентальную мантию.

Приведенные геохимические данные позволяют однозначно интерпретировать изученные дациты Приморья как адакиты. Однако этих данных достаточно только для предварительных выводов об их происхождении. Для корректного решения вопросов генезиса, эволюции и глубинных источников необходимо привлечение новых данных по редкоэлементному и особенно изотопному составу, а также широкое изучение ареала эоценовых адакитов в регионе. Еще одним поводом для детальных исследований в этом направлении является перспективная рудоносность кайнозойского магматического комплекса западного При-

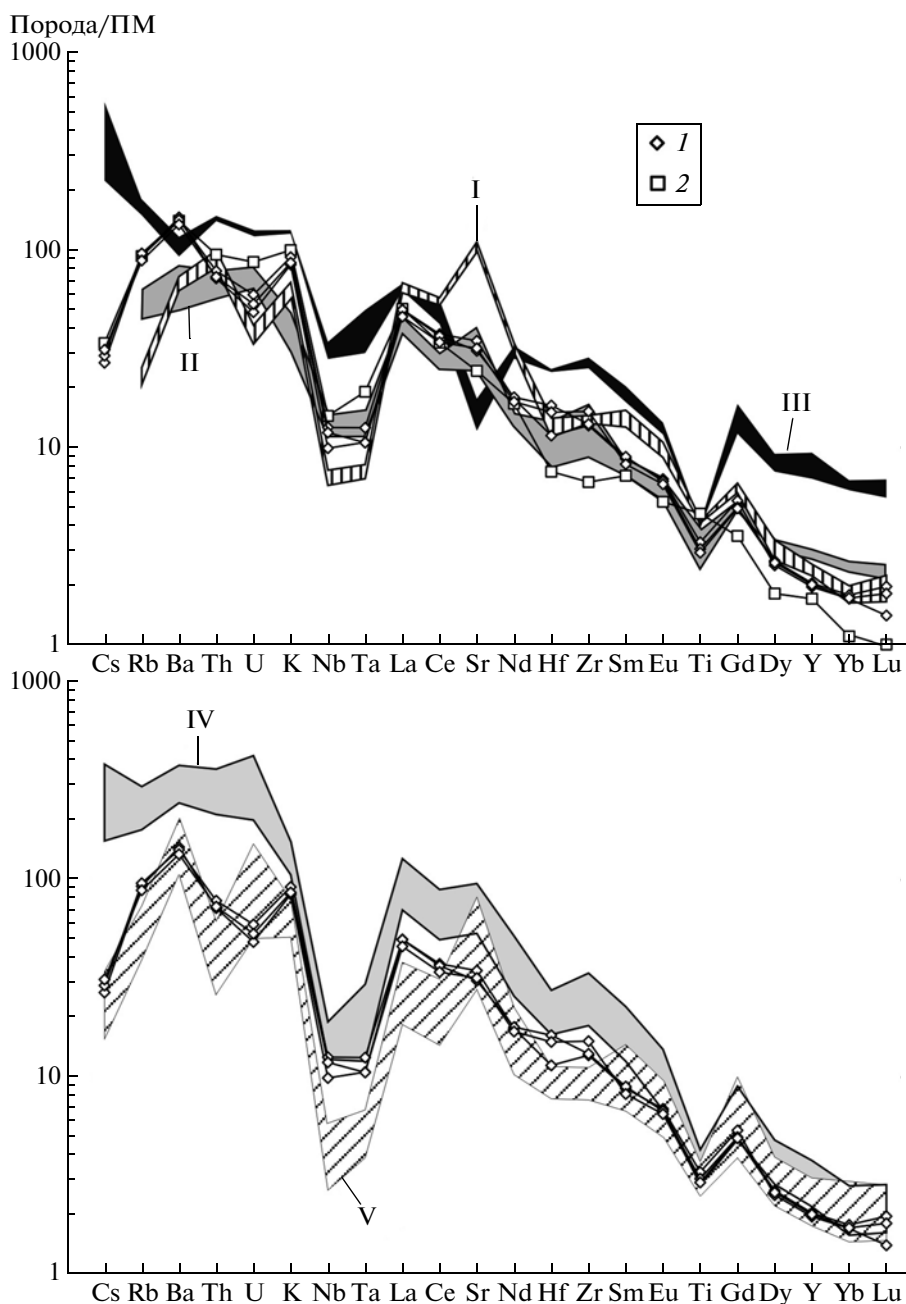


Рис. 3. Содержание микроэлементов, нормированных к примитивной мантии, в эоценовых адакитах Приморья. Обозначения те же, что на рис. 2.

морья, признаки которой обнаружены В.В. Серединым [14].

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (№ 11–05–01009–а) и проекта ДВО РАН (№ 09–III–А–08–412).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Castillo P.R. // Chin. Sci. Bull. 2006. V. 51. P. 257–268.
2. Defant M.J., Drummond M.S. // Nature. 1990. V. 347. P. 662–665.
3. Yagodzinski G.M., Lees J.M., Churikova T.G., et al. // Nature. 2001. V. 409. P. 500–504.
4. Ickert R.B., Thorkelson D.J., Marshall D.D., et al. // Tectonophysics. 2009. V. 464. P. 164–185.
5. Ханчук А.И., Голозубов В.В., Мартынов Ю.А., Симаненко В.П. В сб.: Тектоника Азии: Тез. XXX Тектонического совещания. М.: Геос, 1997. С. 240–243.
6. Ханчук А.И., Иванов В.В. // Геология и геофизика. 1999. Т. 40. № 11. С. 1635–1645.
7. Wang Q., Wyman D.A., Xu J., et al. // Earth and Planet. Sci. Lett. 2008. V. 272. P. 158–171.

8. Симаненко В.П., Голозубов В.В., Сахно В.Г. // Геохимия. 2006. № 10. С. 1–15.
9. Martin H., Smithies R.H., Rapp R., et al. // Lithos. 2005. V. 79. P. 1–24.
10. Рассказов С.В., Ясныгина Т.А., Саранина Е.В. и др. // Тихоокеан. геология. 2004. Т. 23. № 6. С. 3–31.
11. Чекрыжов И.Ю., Попов В.К., Паничев А.М. и др. // Тихоокеан. геология. 2010. Т. 29. № 4. С. 45–63.
12. Guo F., Nakamura E., Fan W., et al. // J. Petrol. 2007. V. 48. № 4. P. 661–692.
13. Tsuchiya N., Suzuki S., Kimura J., Kagami H. // Lithos. 2005. V. 79. P. 179–206.
14. Середин В.В. // ДАН. 2008. Т. 420. № 6. С. 799–804.
15. Martin H. // Lithos. 1999. V. 46. P. 411–429.