

ИЗОТОПНОЕ ДАТИРОВАНИЕ УЛЬТРАКАЛИЕВОГО МАГМАТИЗМА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧУКОТКИ: Rb-Sr ВОЗРАСТ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МОНЦОНИТОВ ШТОКА ЛИНКОР

С.В. Ефремов, В.Д. Козлов, Г.П. Сандиминова, С.И. Дриль

Институт геохимии СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Фаворского, 1а, Россия

Статья посвящена изотопному датированию ультракалиевого магматизма Центральной Чукотки. На основании оценки возраста монцонитов штока Линкор (107 ± 2.2 млн лет), полученной Rb-Sr изохронным методом с использованием ранее опубликованных изотопных геохронологических данных, показано, что возраст одного из этапов ультракалиевого магматизма может быть ограничен временным интервалом 113—107 млн лет. Магматические породы этого возраста распространены на всей территории Центральной Чукотки, что позволяет связать их образование с одним из крупных геодинамических событий в геологической истории региона. Таким событием могла быть аккреция Маинитской островной дуги к Чукотскому микроконтиненту.

Полученные результаты имеют важное значение для расшифровки геологической истории региона и могут быть использованы для построения более детальных геодинамических моделей.

Ультракалиевый магматизм, изотопный возраст.

ISOTOPE DATING OF ULTRAPOTASSIC MAGMATISM IN THE CENTRAL CHUKCHI REGION: Rb-Sr AGE AND GEOCHEMISTRY OF MONZONITES FROM THE LINKOR STOCK

S.V. Efremov, V.D. Kozlov, G.P. Sandimirova, and S.I. Dril'

Isotope dating of ultrapotassic magmatism in the central Chukchi region was carried out. Based on the Rb-Sr isochron age of monzonites from the Linkor stock (107 ± 2.2 Ma) and using earlier obtained geochronological isotope data, we have estimated the time of one of the stages of ultrapotassic magmatism, 107–113 Ma. Igneous rocks of this age occur throughout the central Chukchi region, which suggests their genetic relationship with some great geodynamic event there, likely, the accretion of the Mainit island arc to the Chukchi microcontinent.

The results obtained permit the reconstruction of the geologic history of the region and can be used to construct more detailed geodynamic models.

Ultrapotassic magmatism, isotopic age

Крупные тектонические перестройки, как правило, сопровождаются интенсивным проявлением магматизма, что позволяет использовать возраст магматических пород для оценки возраста тектонических процессов и определения их места в геологической истории данного региона. Этот подход наиболее актуален для областей, имеющих сложное геологическое строение, таких как коллизионные орогены, расшифровать историю развития которых практически невозможно без изотопных геохронологических данных.

По современным геологическим представлениям, Центральная Чукотка является сложнопостроенным коллизионным орогеном, в его состав, помимо континентального, входит несколько островодужных террейнов [Зоненшайн и др., 1990; Nokleberg et al., 2000]. По данным этих авторов, в мезозойской истории региона произошло два крупных тектонических события, сопровождавшихся интенсивным проявлением магматизма: коллизия Чукотского микроконтинента с Северо-Азиатским кратоном и заложение Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (ОЧВП).

Изотопное датирование мезозойских гранитоидов Центральной Чукотки показало, что существует четыре временных периода гранитообразования: 144—139, 127—126, ~103, 85—82 млн лет (рис. 1), которые могут быть сопоставлены с тем или иным геодинамическим событием в геологической истории региона [Ефремов и др., 2000]. При этом гранитоиды с возрастом 144—139 и ~103 млн лет тесно ассоциируют с ультракалиевыми базитами, что свидетельствует об интенсивности тектонических преобразований, захватывавших всю континентальную литосферу региона. Теоретически именно эти рубежи могут быть сопоставлены с вышерассмотренными тектоническими событиями. Однако, если в отношении первого возрастного рубежа не возникает никаких сомнений, то с интерпретацией второго существует ряд проблем.

К одной из таких проблем следует отнести несоответствие вещественной характеристики магматизма сопоставляемому геодинамическому событию, так как производные ультракалиевых магм не свойственны для островных дуг и активных континентальных окраин. По своим геохимическим особенностям они

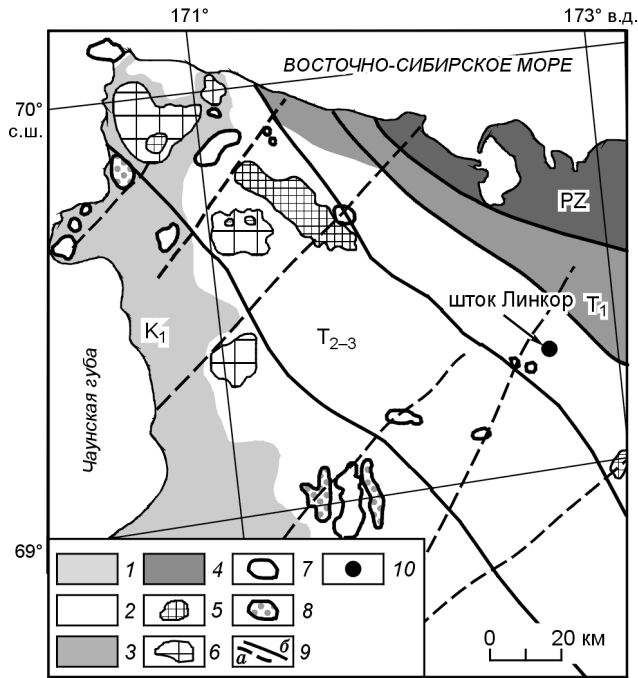


Рис. 1. Геологическая схема восточного побережья Чаунской губы.

1—4 — геологические толщи разного возраста: 1 — ранне-меловые вулканогенно-осадочные отложения, 2 — средне-позднетриасовые терригенные отложения, 3 — раннетриасовые терригенные отложения, 4 — позднепалеозойские терригенные и карбонатные отложения; 5—8 — меловые магматические образования: 5 — посторогенные гранитоиды (возраст 85—82 млн лет), 6—8 — позднеорогенные магматические образования: 6 — гранитоиды с возрастом 127—126 млн лет, 7 — гранитоиды и 8 — вулканиты с возрастом 144—139 млн лет; 9 — разломы выделенные: а — по геофизическим, б — по геологическим данным; 10 — шток Линкор.

соответствуют орогенным ультракалиевым базитам в классификации С.Ф. Фоули [Foley et al., 1987] и должны быть связаны с коллизийным событием. Другой важной проблемой является отсутствие достоверных изотопных датировок магматических пород с возрастом около 103 млн лет на восточном побережье Чаунской губы, что не позволяет нам рассматривать этот тектонический процесс как региональный.

В последнее время нами по монцонитам штока Линкор получена новая Rb/Sr датировка, позволяющая снять эти противоречия и увязать в едином ключе геодинамические события и магматическую активность в геологической истории Центральной Чукотки.

Шток Линкор расположен на восточном побережье Чаунской губы. Это небольшое магматическое тело, сложенное флогопит-пироксеновыми монцонитами, площадь которого не превышает 12 км². По своей вещественной характеристике (табл. 1, рис. 2) монцониты соответствуют производным ультракалиевых магм. Наиболее наглядно это иллюстрируется рис. 2, а, где помимо геохимического спектра гранитоидов штока, приведены поля составов ультракалиевых пород Испании и Тибета.

Монцонитам штока Линкор свойственна высокая щелочность при невысоком содержании оксида титана (<1.5 мас.%), высокое содержание оксида магния (>3 мас.%), значительное преобладание калия

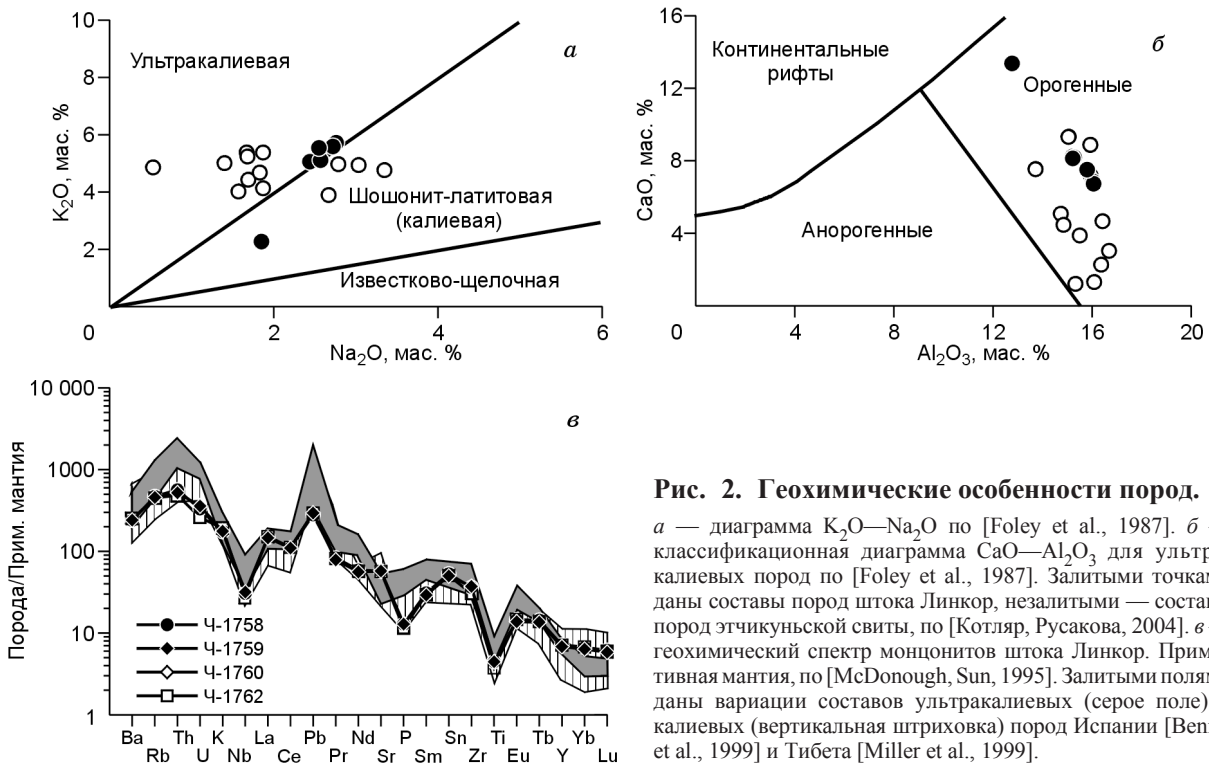


Рис. 2. Геохимические особенности пород.

а — диаграмма K_2O-Na_2O по [Foley et al., 1987]. б — классификационная диаграмма $CaO-Al_2O_3$ для ультракалиевых пород по [Foley et al., 1987]. Залитыми точками даны составы пород штока Линкор, незалитыми — составы пород этхикуньской свиты, по [Котляр, Русакова, 2004]. в — геохимический спектр монцонитов штока Линкор. Примитивная мантия, по [McDonough, Sun, 1995]. Залитыми полями даны вариации составов ультракалиевых (серое поле) и калиевых (вертикальная штриховка) пород Испании [Benito et al., 1999] и Тибета [Miller et al., 1999].

Таблица 1.

Геохимическая характеристика гранитоидов штока Линкор

Компонент	Ч-1757	г-1758	г-1759	г-1760	Ч-1761	г-1762
	Кумулат	Монзонит				
SiO ₂ , мас. %	50.93	57.75	57.33	57.42	57.61	58.83
TiO ₂	0.95	0.89	0.89	0.87	0.86	0.75
Al ₂ O ₃	12.77	15.28	15.22	16.03	16.06	15.8
Fe ₂ O ₃ *	8.32	6.08	6.13	6.21	6.33	5.48
MnO	0.14	0.1	0.1	0.1	0.1	0.09
MgO	7.18	3.46	3.41	3.03	3.14	2.26
CaO	13.37	8.18	8.13	6.86	6.73	7.51
Na ₂ O	1.85	2.44	2.57	2.76	2.72	2.55
K ₂ O	2.27	5.06	5.11	5.72	5.59	5.54
P ₂ O ₅	0.42	0.27	0.27	0.31	0.31	0.24
П.п.п.	1.51	0.09	0.51	0.27	0.17	0.57
Сумма	99.71	99.60	99.67	99.58	99.62	99.62
Cs, г/т	5	15	15	14	14	15
Rb	104	282	274	282	288	270
Li	25	51	53	42	46	62
Ba	950	1580	1590	2030	2010	1650
Sr	1170	1140	1150	1280	1128	1130
Pb	28	42	44	48	Н.д.	44
Cu	49	24	15	17	»	13
Co	32	16	12	16	»	11
Ni	110	46	28	31	»	21
Cr	210	111	62	78	»	46
V	190	73	51	72	»	45
Sc	Н.д.	10	7	10	»	7
Sn	21	7.3	6.9	6.4	»	7.0
W	1.5	5.7	2.2	1.9	3.33	2.0
La	Н.д.	97	95	97	Н.д.	99
Ce	»	185	185	189	»	188
Pr	»	21	20	21	»	21
Nd	»	74	70	75	»	72
Sm	»	13	12	13	»	12
Eu	»	2.2	2.1	2.5	»	2.2
Gd	»	11	10	11	»	10
Tb	»	1.4	1.4	1.5	»	1.4
Dy	»	6.1	6.0	6.2	»	6.0
Ho	»	1.2	1.1	1.2	»	1.1
Er	»	3.7	3.6	3.6	»	3.5
Tm	»	0.4	0.4	0.4	»	0.4
Yb	»	2.9	2.8	2.9	»	3.0
Lu	»	0.4	0.4	0.4	»	0.4
Y	»	31	29	32	»	31
Nb	30	20.1	20.9	19.9	»	18.8
Zr	180	380	390	360	370	320
Th	Н.д.	45	42	38	Н.д.	39
U	»	7.3	7.9	6.6	»	5.7

Примечание. Использованные аналитические методы: РФА (петрогенные элементы, Nb, Zr, аналитик Т.С. Айсуева); атомно-адсорбционный (Li, Rb, Cs, аналитик С.И. Шингарова); концентрации остальных элементов определены методом ICP-MS (аналитики Е.В. Смирнова, Г.П. Сандмирова, ИГХ СО РАН). Н.д. — нет данных. Кумулат — разновидность породы массива, обогащенная пироксеном, слагает „карманы“ в эндоконтактной части штока.

* Все железо в пересчете на Fe₂O₃.

Таблица 2.

Изотопные характеристики пород штока Линкор

№ п/п	Проба	Rb, мкг/г	Sr, мкг/г	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$\pm 2\sigma$
1	Ч-1757 (вал)	121	1194	0.291	0.71184	0.00005
2	Ч-1758 (вал)	273	1090	0.718	0.71251	0.00022
3	Ч-1759 (вал)	281	1113	0.724	0.71240	0.00015
4	Ч-1760 (вал)	289	1268	0.654	0.71236	0.00015
5	Ч-1757(ПШ)	116	294	1.130	0.71316	0.00014
6	Ч-1760 (флогопит)	870	163	15.290	0.73467	0.00016
7	Ч-1757 (флогопит)	327	233	3.978	0.71752	0.00013

Примечание. Определение изотопного состава Sr пород проводилось на масс-спектрометре МИ-1201Т в однолучевом режиме. Правильность изотопного анализа контролировалась по стандарту ВНИИМ, величина $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в котором составила $0.70801 \pm \pm 13$ ($n = 28$). Нормирование измеренных величин изотопных отношений Sr в пробах к рекомендованному значению стандарта ВНИИМ не проводилось. Погрешности измерения величин $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ (1 %) и $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0.05 %) определены по воспроизводимости параллельных измерений. Эти величины использованы при расчете изохроны. ПШ — полевой шпат. Аналитики Л.С. Лелюхина, Ю.А. Пахольченко, Э.В. Банковская (ИГХ СО РАН).

над натрием ($\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} > 2$). В отличие от классических представителей этого типа пород, они не являются ни щелочными ($\text{Al}/(\text{Na}+\text{K}) > 1$), ни избыточно калиевыми ($\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3 = 0.33\text{—}0.34$). Геохимические особенности выражены в аномальном обогащении некогерентными элементами, значительном преобладании относительных концентраций элементов с большим радиусом иона (LILE) над высокозаряженными катионами (HFSE), легких редкоземельных элементов (LREE) над тяжелыми (HREE), относительном недостатке Eu ($\text{Eu}^*/\text{Eu} \ll 1$). По вещественной характеристике они наиболее близки ультракалиевым породам орогенных областей [Foley et al., 1987], обычно образующихся в конце коллизионного события, либо сразу после него — в зонах локального растяжения [Benito et al., 1999; Miller et al., 1999].

Для определения возраста штока Линкор в Институте геохимии СО РАН (г. Иркутск) по методике [Козлов и др., 1995] было выполнено изучение изотопного состава Sr в слагающих его породах. Результаты этих исследований приведены в табл. 2 и использованы для построения изохроны (рис. 3, а). Расчет абсолютного Rb/Sr возраста выполнен по программе Isoplot/Ex [Ludwig, 2001]. Полученный возраст составляет 107 ± 2.2 млн лет, что значительно меньше полученных ранее датировок для пород первого этапа ультракалиевого магматизма и несколько древнее датировок для наиболее ранних вулканитов Чаунского сектора ОЧВП (102—104 млн лет) [Котляр, Русакова, 2004].

Ввиду того, что большинство геологических тел, сложенных мезозойскими магматическими породами, залегают в более древних осадочных толщах (T_{1-3}) и пространственно разобщены, в ряде случаев невозможно использовать геологические методы датирования. Не помогают в этом и вещественные критерии, так как ультракалиевые породы разных возрастных уровней имеют довольно близкие геохимические характеристики.

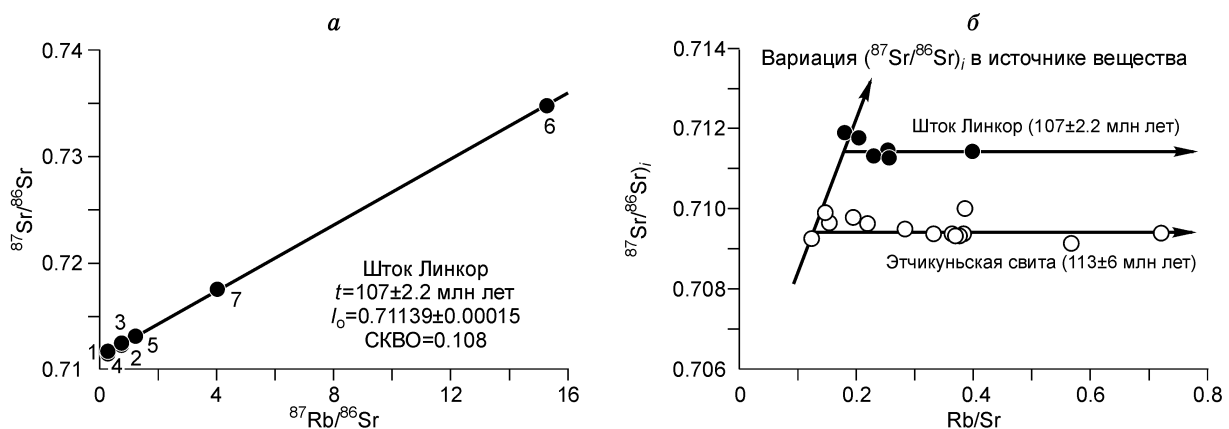


Рис. 3. Изотопная характеристика пород.

а — Rb/Sr изохрона для гранитоидов штока Линкор. Цифрами даны порядковые номера проб (см. табл. 2). б — диаграмма $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ —Rb/Sr. Усл. обозн. см. на рис. 2, а, б.

Ранее шток Линкор был отнесен нами к первому этапу ультракалиевого магматизма [Дудкинский и др., 1993]. Полученная датировка свидетельствует о том, что часть массивов, отнесенных к первому этапу на основании вещественных и геологических критериев, может иметь более молодой возраст. Это же можно сказать в отношении вулканических и субвулканических образований, образующих с этими гранитоидами единые вулканоплутонические ассоциации (см. рис. 1).

В рассматриваемом регионе два наиболее крупных поля вулканических пород (Апальхинский купол, Палянская вулканоплутоническая структура) по комплексу геологических и вещественных признаков могут быть связаны с первым этапом ультракалиевого магматизма [Ефремов, 1994]. Однако по другим вулканическим полям нет необходимой информации. Фрагментарные данные по вулканитам этчикуньской свиты, считающейся стратиграфическим аналогом вышерассмотренных вулканитов, приведены в работе [Котляр, Русакова, 2004]. По своей вещественной характеристике они также могут быть отнесены к производным калиевой и ультракалиевой серий орогенных областей (см. рис. 2). Две Rb/Sr датировки, полученные по породам в целом, дают возрасты 128 ± 7 , 129 ± 22 млн лет. Несмотря на значительную ошибку, этот факт свидетельствует о присутствии ультракалиевых вулканитов моложе 139 млн лет.

Для получения более корректной датировки было выполнено тестирование первичных аналитических данных на их соответствие изохронной модели (см. рис. 3, б). Эта модель подразумевает постоянство первичных отношений изотопов Sr при разных величинах Rb/Sr. Анализируя диаграмму, мы видим, что для большинства точек составов вулканитов характерен значительный разброс, свидетельствующий о нарушении условия закрытости системы. Это может быть вызвано разными факторами, наиболее вероятными из них являются вариации величины Rb/Sr в источнике вещества ультракалиевых пород и вторичные изменения. Скорее всего, в вулканитах этчикуньской свиты проявлены оба процесса. На диаграмме мы видим, что часть составов вулканитов и гранитоидов штока Линкор образуют вектор, который может быть интерпретирован как тренд вариации состава протолита ультракалиевых пород региона. Подобные вариации в источниках ультракалиевых магм являются обычными и неоднократно обсуждались в литературе [Benito et al., 1999].

Учитывая требования изохронной модели, для расчета возраста вулканитов нами были отобраны пробы, имеющие близкие первичные отношения изотопов стронция (образующие горизонтальный вектор на рис. 3, б). С учетом этих данных была рассчитана новая изохрона, давшая возраст вулканитов этчикуньской свиты 113 ± 6 млн лет ($I_0 = 0.70932 \pm 0.0001$, СКВО = 0.96). Полученная оценка возраста вполне согласуется с возрастом монцонитов штока Линкор, значительно моложе датировок для пород первого этапа ультракалиевого магматизма и несколько древнее датировок для наиболее ранних вулканитов Центрально-Чукотского сектора ОЧВП. Все это свидетельствует о том, что на восточном побережье Чаунской губы магматические образования, относимые ко второму этапу ультракалиевого магматизма распространены более широко, чем предполагалось ранее.

Так как этап магматизма с возрастом около 103 млн лет был проявлен на всей территории Центральной Чукотки, включая восточное побережье Чаунской губы, тектоническое событие, ответственное за его инициализацию, имело региональное значение. Это событие произошло до заложения ОЧВП и, вероятно, связано с аккрецией одного из островодужных террейнов к Чукотскому коллизионному орогену. Возраст этого события должен укладываться в интервал 113—103 млн лет. Этим террейном, скорее всего, была Маинитская островная дуга, аккрецированная перед заложением ОЧВП.

Полученные результаты имеют важное значение для расшифровки геологической истории региона и могут быть использованы для построения более детальных геодинамических моделей.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 05-05-64052).

ЛИТЕРАТУРА

Дудкинский Д.В., Ефремов С.В., Козлов В.Д. Геохимические черты мезозойских гранитоидов повышенной основности восточного побережья Чаунской губы (Чукотка) // Тихоокеан. геология, 1993, № 6, с. 74—84.

Ефремов С.В. Геохимия и рудоносность гранитоидов Чаун-Чукотки (Центральная Чукотка): Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Иркутск, ИГХ СО РАН, 1994, 20 с.

Ефремов С.В., Козлов В.Д., Сандмирова Г.П. Rb/Sr возрасты гранитоидов Центральной Чукотки — новый взгляд на историю геологического развития региона // Докл. РАН, 2000, т. 375, № 6, с. 816—819.

Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР. М., Недра, 1990, т. 2, 336 с.

Козлов В.Д., Сандмирова Г.П., Пахольченко Ю.А., Калмычкова Т.Н., Игнатов В.В., Альмухамедов Е.А. О мезозойском возрасте рудоносных гранитов массива Кыдыл-Тау (Монгольский Алтай) // Геология и геофизика, 1995, т. 36 (3), с. 73—77.

Котляр И.Н., Русакова Т.Б. Меловой магматизм и рудоносность Охотско-Чукотской области: геолого-геохронологическая корреляция. Магадан, СВКНИИ, 2004, 152 с.

Benito R., López-Ruiz J., Cebriá J.M., Hertogen J., Doblás M., Oyarzun R., Demaiffe D. Sr and O isotope constraints on source and crustal contamination in the high-K calc-alkaline and shoshonitic Neogene volcanic rocks of SE Spain // *Lithos*, 1999, № 46, p. 773—802.

Foley S., Venturelly G., Green D.H., Toscani I. The ultrapotassic rocks: characteristics, classification, and constraints for petrogenetic models // *Earth Sci. Rev.*, 1987, v. 24, p. 81—134.

Ludwig K.R. Users manual for Isoplot/Ex. A geochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkeley, Berkeley Geochronology Center, 2001, Special Publication, № 1, 52 p.

Miller C., Schuster R., Klotzli U., Frank W., Purtscheller F. Post-collisional potassic and ultrapotassic magmatism in SW Tibet: geochemical and Sr-Nd-Pb-O isotopic constraints for mantle source characteristics and petrogenesis // *J. Petrol.*, 1999, v. 40, № 9, p. 1399—1424.

McDonough W.F., Sun S. The composition of the Earth // *Chem. Geol.*, 1995, v. 120, p. 223—253.

Nokleberg W.J., Parfenov L.M., Monger J.W.H., Norton I.O., Khanchuk A.I., Stone D.B., Scotese C.R., Scholl D.W., Fujita K. Phanerozoic tectonic evolution of the Circum-North Pacific. Professional Paper, 1626, USGS, 2000, <http://geopubs.wr.usgs.gov/prof-paper/pp1626/>.

*Рекомендована к печати 22 июня 2007 г.
В.А. Верниковским*

*Поступила в редакцию
21 февраля 2007 г.*