

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРАМАФИТОВ ИЛЬМЕНОГОРСКОЙ СДВИГОВОЙ ЗОНЫ

Н. Н. Банева, Е. В. Медведева, А. И. Русин

Ультрамафиты широко развиты в Ильменогорской сдвиговой зоне. Иногда они слагают относительно крупные серпентинитовые массивы (Няшевский, Булдымский и др.), но чаще представлены мелкими будино- и линзообразными телами тальк-антофиллитовых, тальк-карбонатных, тремолит-антофиллитовых, оливин-энстатитовых, энстатитовых и других пород размером от нескольких сантиметров до десятков, реже сотен метров. Вызывались различные мнения об их формационной принадлежности, о строении и истории развития Ильменогорской зоны, петрографии пород и ограниченных петрохимических данных. Вначале метагипербазиты относились к раннегеосинклинальной дунит-гарцбургитовой (офиолитовой) ассоциации [5]. Позже, было выдвинуто представление об их рифтогенной природе [2, 3]. Все ультрамафиты рассматривались как рифейские аповулканические породы, будинированные и испытавшие позднебайкальский зональный метаморфизм и региональный кремнекислый метасоматоз в каледонское время. Аповулканический (“метакоматитовый”) генезис предполагался и В.Я. Левиным с соавторами [8], считавшими, что метагипербазиты слагают согласные послынные тела, приуроченные к определенным стратиграфическим горизонтам в архей-протерозойском амфиболит-гранулитовом “ядре антиклинория”.

Строительство трассы водовода, вскрывшей уникальный по обнаженности разрез в средней части Ильменских – Вишневых гор, а также полученные нами новые геохимические данные позволяют пересмотреть устоявшиеся представления о геологии и структуре района. Было установлено, что в так называемом “ядре антиклинория” преобладающим развитием пользуются не гнейсы и амфиболиты, а гранитоидные бластомилониты [4]. Они содержат многочисленные включения мафит-ультрамафитовых пород, тектонические блоки и клинья раннедокембрийского фундамента и пластически деформированные тела нефелиновых и щелочных сиенитов. Субмеридиональная ориентировка зоны, протягивающейся более чем на 100 км, и текущее положение мезозойских пегматитовых жил позволили трактовать ее как глубинный фрагмент постколлизийного регионального сдвига. Вопреки распространенному мнению о палингенно-метасоматическом генезисе щелочных пород, было выдвинуто предположе-

ние об их генетической связи с мантийным мафит-ультрамафитовым магматизмом и принадлежности к щелочно-ультраосновной интрузии центрального типа, дезинтегрированной и растащенной по зоне регионального сдвига [10]. Оценка количественных параметров метаморфизма сдвиговой зоны, основанная на раздельном исследовании составов минералов матрикса и порфирокластов бластомилонитов, показала, что они отвечают повышенным давлениям флюида (до 10–13 кбар) и средним температурам (400–500°C). Такими же температурами, но более низкими давлениями (3–4 кбар) характеризуется и метаморфизм пород “сланцевого обрамления” осевой зоны сдвига, который было принято связывать с термальным воздействием “гнейсово-амфиболитового ядра антиклинория”.

Детальное картирование, проведенное В.Г. и Е.В. Кориневскими [7] в межозерье Б. Миассово-Таткуль, показало, что в кварцито-сланцевых толщах сайтовской серии, развитых к востоку от осевой зоны сдвига, породы мафит-ультрамафитовой ассоциации характеризуются хаотическим распространением. Они несут минералогические свидетельства высокопараметрических условий образования и, несомненно, должны рассматриваться как “чужеродные блоки”, неравновесные метаморфическому окружению. Была отмечена необычность минерального и петрохимического состава “метабазитов”, не позволяющая использовать для их диагностики типовые классификации магматических пород, и выявлены новые разновидности ультрамафитов (шпинелевые клнопироксениты, вебстериты, горнотолит-пироксеновые породы). Выполненные нами нормативные пересчеты позволили установить, что породы мафит-ультрамафитовой ассоциации не только в “сланцевом обрамлении”, но и в осевой зоне сдвига постоянно содержат нормативные нефелин и оливин и относятся к щелочному ряду (мейтельгит-якупирингитовая серия). Этот вывод находит подтверждения в полученных нами представительных ISP-MS данных по геохимии ультрамафитовых пород Ильменогорской зоны (см. табл. 1).

Анализ геохимических данных выявляет специфичность ультрамафитов не только в количественных содержаниях, но и в распределении редких и редкоземельных элементов, а также в индикаторных отношениях. Прежде всего, обращают на себя внимание очень высокие содержания редкоземель-

Таблица 1. Состав редких и редкоземельных элементов в гипербазитах Ильменогорской сдвиговой зоны, г/т

	Урабаево		Кыштымский опорный разрез				Осиновый мыс				Няшевский			Булдымский	
	К2-02	97	КТ-45-06	КТ-5-06	КТ-IV-4	3-4	7	8	9	НЗ-02	НЗ	М07-6	44-3332	15-22	
Rb	1.10	57.19	1.30	1.20	0.78	0.29	5.81	1.63	0.93	57.37	2.94	0.10	0.77	12.87	
Ba	463.15	75.19	330.39	19.59	21.75	31.61	269.47	300.31	470.23	461.98	736.57	2.88	46.28	80.90	
K	1600.00	—	—	1800.00	200.00	200.00	900.00	1600.00	400.00	—	—	—	—	—	
Nb	0.64	15.44	1.16	9.58	0.69	0.26	26.86	1.46	0.59	0.10	0.22	0.00	1.55	12.07	
La	15.19	108.90	5.76	10.39	0.16	1.98	249.11	28.42	14.47	6.19	5.38	0.28	13.55	31.95	
Ce	6.40	151.83	10.83	25.00	0.32	0.94	63.60	22.63	13.70	15.02	10.32	0.44	13.96	48.72	
Pb	4.24	6.40	85.47	11.49	9.17	6.13	12.69	4.63	3.88	3.42	3.20	0.31	1.38	1.71	
Sr	50.64	107.37	33.68	132.23	9.28	35.98	89.68	87.86	192.59	122.45	23.54	2.61	283.73	43.98	
Nd	3.54	46.97	3.69	13.80	0.13	0.37	21.66	2.99	4.61	3.57	5.52	0.25	1.83	11.18	
Sm	0.74	5.79	0.69	3.15	0.03	0.07	3.93	0.35	0.71	1.00	1.26	0.04	0.28	1.48	
Zr	8.01	12.35	4.17	40.04	6.76	3.54	34.31	23.73	4.73	14.19	33.68	0.00	1.60	5.06	
Eu	0.28	1.30	0.35	0.89	0.01	0.04	0.75	0.22	0.29	0.39	0.43	0.01	0.08	0.36	
Ti	152.84	—	—	8200.00	500.00	500.00	569.01	508.25	257.91	1910.44	202.72	71.49	—	—	
Tb	0.09	0.65	0.14	0.50	0.01	0.01	0.57	0.07	0.09	0.21	0.19	0.01	0.04	0.18	
Yb	0.14	3.30	1.24	1.70	0.07	0.06	2.02	0.28	0.30	0.79	0.52	0.03	0.14	0.61	
V	22.84	38.12	69.84	108.74	18.52	33.17	59.77	66.95	24.64	212.48	33.52	25.56	42.38	79.53	
Co	66.99	101.59	67.44	38.28	87.16	96.04	99.16	51.07	79.57	36.07	102.45	95.15	75.53	41.77	
Ni	1994.65	1702.91	1043.17	461.17	1407.41	1259.60	2526.55	1770.56	1751.03	161.40	2832.10	1550.32	165.57	219.82	
Cr	1597.22	943.96	2605.25	1028.86	833.67	684.87	2297.42	1014.76	2611.11	448.61	3236.11	1772.41	868.83	1178.10	
Pr	0.92	15.98	1.06	3.16	0.03	0.10	5.97	1.39	1.42	0.86	1.32	0.06	0.78	3.98	
Eu	0.28	1.30	0.35	0.89	0.01	0.04	0.75	0.22	0.29	0.39	0.43	0.01	0.08	0.36	
Gd	0.64	4.87	0.72	3.43	0.04	0.08	3.55	0.39	0.58	1.17	1.13	0.04	0.22	1.10	
Dy	0.48	4.19	1.13	3.19	0.06	0.07	3.30	0.43	0.51	1.47	1.08	0.04	0.22	1.03	
Ho	0.09	0.86	0.27	0.64	0.02	0.01	0.76	0.10	0.10	0.34	0.22	0.01	0.05	0.22	
Er	0.22	2.60	0.89	1.81	0.06	0.04	2.12	0.29	0.30	0.91	0.60	0.03	0.16	0.72	
Tm	0.03	0.44	0.15	0.26	0.01	0.01	0.31	0.04	0.05	0.13	0.08	0.01	0.02	0.10	
Lu	0.02	0.57	0.19	0.24	0.01	0.01	0.29	0.04	0.05	0.12	0.08	0.01	0.02	0.10	
Y	1.97	26.97	8.06	15.07	0.42	0.39	21.81	3.40	3.62	8.86	5.29	0.26	1.69	6.93	

Примечание. 1 – район дер. Урабаево, антофиллитовая порода; 2–6 – Кыштымский опорный разрез; 2 – оловин-пироксен-актинолитовая порода, 3 – гипербазит, 4 – пироксенит, 5 – хромшпинелиевый энстагит, 6 – серпентинизированный гипербазит; 7–9 – Осиновый мыс: 7 – серпентинит, 8 – вебстерит, 9 – серпентинит по вебстериту; 10–12 – Няшевский массив, серпентиниты; 13–14 – Булдымский массив [9], слабо измененные гипербазиты. Все анализы сделаны в лаборатории ФХМИ ИГГ УрО РАН.

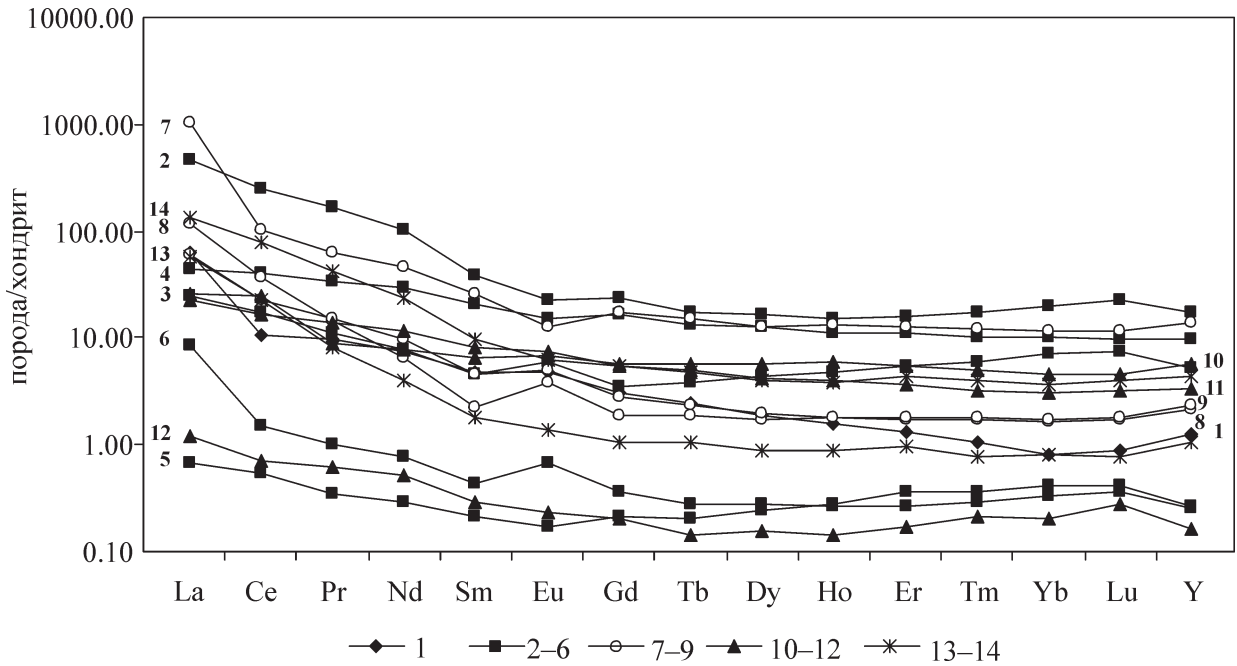


Рис. 1. Диаграмма распределения редких земель в ультрамафитах Ильменогорской сдвиговой зоны.

1 – район дер. Уразбаево, 2–6 – Кыштымский опорный разрез, 7–9 – Осиновый мыс, 10–12 – Няшевский массив, 13–14 – Булдымский массив. Номера проб и названия пород соответствуют приведенным в табл. 1.

ных элементов, сумма которых в большинстве проб изменяется от 27 до 100 ppm и иногда достигает 350–360 ppm. На спайдер-диаграммах (рис. 1, 2) отчетливо видна однотипность трендов дифференци-

ации с явным обогащением легкими лантаноидами (La/Sm от 3.3 до 81.9, Ce/Yb от 4.7 до 99.7). В ультрамафитах всех других габбро-гипербазитовых комплексов Урала преобладает хондритовый тип

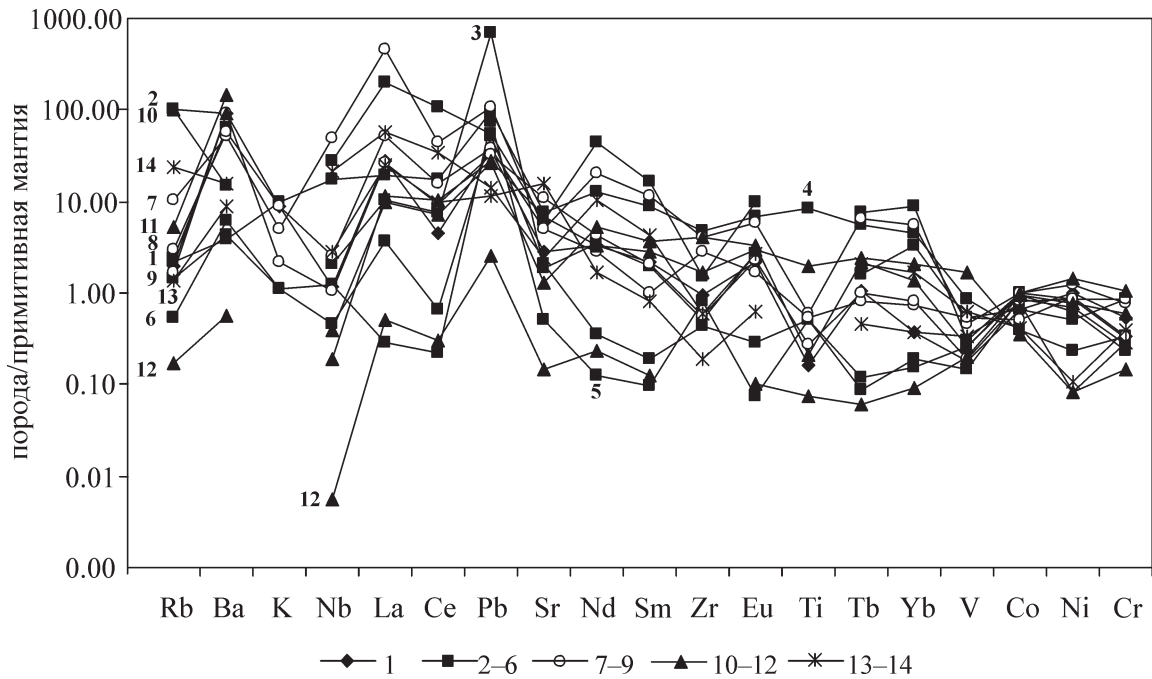


Рис. 2. Спайдер-диаграмма распределения редких элементов в ультрамафитах Ильменогорской сдвиговой зоны.

1 – район дер. Уразбаево, 2–6 – Кыштымский опорный разрез, 7–9 – Осиновый мыс, 10–12 – Няшевский массив, 13–14 – Булдымский массив. Номера проб и названия пород соответствуют приведенным в табл. 1.

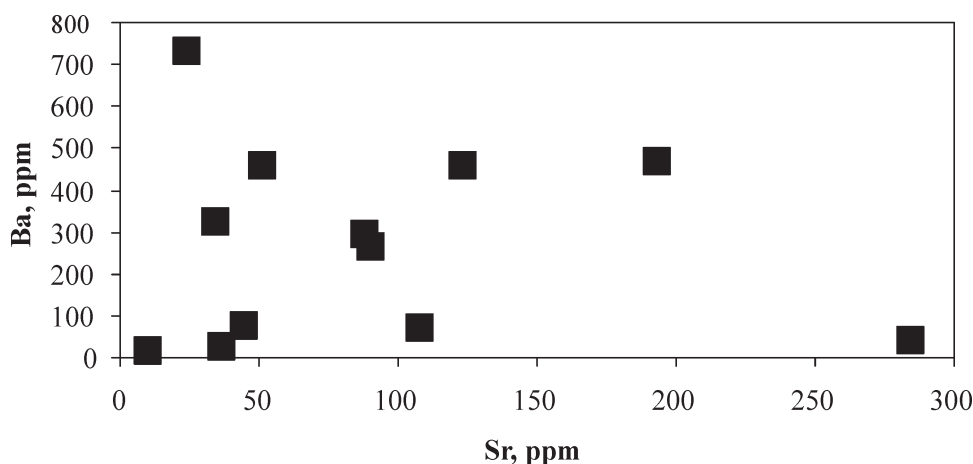


Рис. 3. Соотношение Sr-Ba в ультрамафитах Ильменогорской зоны.

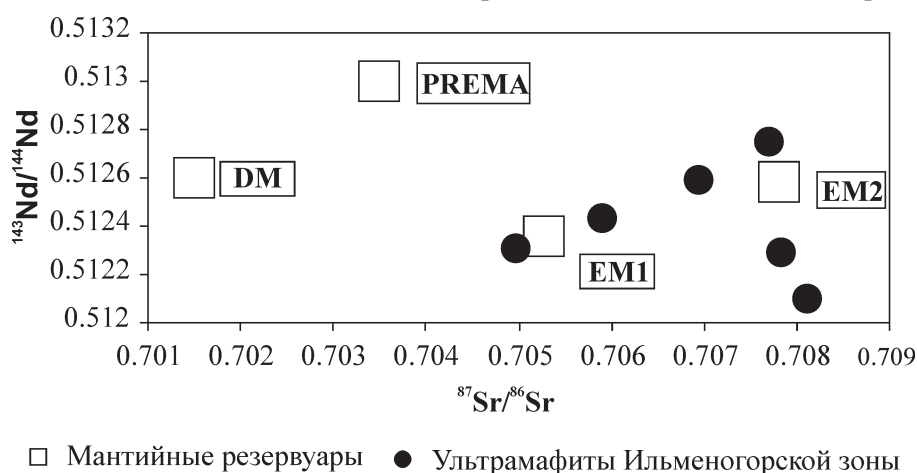
распределения, иногда с повышением концентрации тяжелых РЗЭ либо некоторым уменьшением легких лантаноидов [11, 12]. В сравнении с примитивной мантией (рис. 2) ультрамафиты Ильменогорской зоны в большинстве своем характеризуются повышенными содержаниями Rb, Ba, K, Nb, La, Ce, Pb и пониженными концентрациями Ti, V, Ni, Sr. Тренды распределения редких элементов, в совокупности с индикаторными отношениями ($Nb/Ta = 16$, $Zr/Hf = 43$, $U/Th = 16$, $Ce/Yb = 2.5$), указывают на вероятную принадлежность ультрамафитов Ильмен к обогащенной мантии [13]. Такой же вывод можно сделать, основываясь на пределах колебаний индикаторного отношения Sm/Nd , составляющего 0.0997–0.2071 [1].

Важной геохимической особенностью ультрамафитов Ильменогорской зоны могут служить данные по щелочноземельным элементам (рис. 3). Высокие концентрации в породах Sr (до 193 ppm) и, особенно, Ba (до 737 ppm) явно отличают их от всех других ультрамафитовых комплексов Урала. Индикаторное отношение $Sr/Ba = 0.37$ близко по

своему значению некоторым типам ультрамафитов щелочно-ультраосновных комплексов [6], что можно отнести к дополнительным аргументам в выводах о формационной принадлежности ультрамафитов Ильмен [10].

Следует особо отметить полученные в последнее время новые данные по изотопии Nd и Sr (рис. 4). Они определенно свидетельствуют о связи ультрамафитов Ильменогорской зоны с обогащенными мантийными резервуарами типа EM1 и EM2 [13]. Ранее подобное заключение, основывающееся на данных по изотопии Nd, Sr, C и O в карбонатах Вишневогорского миаскитового и Булдымского гипербазитового массивов, было сделано И.Л. Недосековой и С.В. Прибавкиным [9].

Таким образом, основываясь на всей совокупности аналитических данных, можно утверждать, что ультрамафиты Ильменогорской сдвиговой зоны обладают несомненной геохимической спецификой, связанной с принадлежностью их к обогащенной мантии. Повышенные содержания в них редких и редкоземельных элементов, тренды их распре-



□ Мантийные резервуары ● Ультрамафиты Ильменогорской зоны

Рис. 4. Соотношения $^{87}Sr/^{86}Sr$ – $^{143}Nd/^{144}Nd$ в ультрамафитах Ильменогорской зоны.

EM1, EM2 – обогащенная мантия; DM – деплетированная мантия; PREMA – примитивная мантия [13].

ления и индикаторные отношения согласуются с выводами [10] о сохранности в зоне регионального сдвига фрагментов щелочно-ультраосновной ассоциации платформенного типа. Щелочные породы этой зоны являются производными глубинного мантийного магматизма, и только такая трактовка адекватна изотопным данным, указывающим на однотипность мантийных резервуаров для ультрамафитов и карбонатитов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Интеграционного проекта УрО – СО РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Балашиов Ю.А., Балашиова Л.Г., Константинова Л.И.* Глубинная зональность литосферы как причина разнообразия щелочного магматизма: изотопно-геохимические критерии // *Геохимия магматических пород. Школа "Щелочной магматизм Земли"*. Санкт-Петербург, 2008. С. 14–16.
2. *Варлаков А.С.* Рифтогенные доэвгеосинклинальные офиолиты в допалеозойской истории Урала // *Эволюция офиолитовых комплексов*. Свердловск, 1981. С. 34–48.
3. *Варлаков А.С., Кузнецов Г.П., Кораблев Г.Г., Муркин В.П.* Гипербазиты Вишневогорско-Ильменогорского метаморфического комплекса (Южный Урал) // *Миасс: Имин УрО РАН*, 1998. 195 с.
4. *Ворожук Д.В., Русин А.И.* Опорный геологический разрез средней части Ильменогорско-Сысертской полиметаморфической зоны // *Путеводитель геологических экскурсий*. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. С. 64–95.
5. Ильменогорский комплекс магматических и метаморфических пород. // *Тр. ИГЗ. Вып. IX. Свердловск, 1971. 158 с.*
6. *Капустин Ю.Л.* Геохимия стронция и бария в породах карбонатитовых комплексов // *Геохимия*. 1983. № 7. С. 931–944.
7. *Кориневский В.Г., Кориневский Е.В.* Новое в геологии, петрографии и минералогии Ильменских гор // *Научное издание. Миасс: ИМин УрО РАН*, 2006. 102 с.
8. *Левин В.Я., Роненсон Б.М., Самков В.С. и др.* Щелочно-карбонатитовые комплексы Урала // *Екатеринбург: Уралгеолком*, 1997. 274 с.
9. *Недосекова И.Л., Прибавкин С.В., Пушкарев Е.В.* Новые данные по геохимии карбонатитов Ильмено-Вишневогорского комплекса (Ю.Урал) // *Ежегодник-2004. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН*, 2005. С. 198–206.
10. *Русин А.И., Краснобаев А.А., Русин И.А., Вализер П.М., Медведева Е.В.* Щелочно-ультраосновная ассоциация Ильменских-Вишневых гор // *Геохимия, петрология, минералогия и генезис щелочных пород: мат-лы Всероссийского совещания. Миасс: ИМин УрО РАН*, 2006. С. 222–227.
11. *Ферштатер Г.Б., Беа Ф.* Геохимическая типизация уральских офиолитов // *Геохимия*. 1996. № 3. С. 195–218.
12. *Шмелев В.Р.* Магматические комплексы зоны главного уральского разлома (Приполярный сектор) в свете новых геохимических данных // *Литосфера*. 2005. № 2. С. 41–59.
13. *Hofmann A.M.* Mantle geochemistry: the message from oceanic volcanism // *Nature*. 1997. V. 385/16. P. 219–229.