

4. Chomskis V. // Lietuvos TSR MA darbai. 1957. В 2. Р. 73.
5. Гарункштис А.А. // Стратиграфия четвертичных отложений и палеогеография антропогена юго-востока Литвы. Вильнюс, 1965. Вып. 2. С. 82.
6. Bauza D. // Geografijos metraštis. Vilnius, 1997. Т. 30. Р. 190.
7. Гайгалас А. И. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 2001. № 1. С. 68.
8. Вольдштедт А. // Вопросы географии четвертичного периода. М., 1955. С. 36.
9. Горецкий Г. И. // Ледниковый морфогенез. Рига, 1972. С. 29.
10. Гарэцкі Г. І. Новае у геалогі антрапагену Беларусі. Мн., 1979. С. 10.
11. Якушко О. Ф. // Труды географического факультета. Мн., 1958. Сб. 1. С. 80.
12. Губин В. Н. // Изв. Рус. геогр. об-ва. 2000. Т. 132. Вып. 2. С. 45.

Поступила в редакцию 12.02.2002.

Алексей Александрович Новик – аспирант кафедры общего землеведения. Научный руководитель – доктор географических наук, профессор О. Ф. Якушко.

УДК 552.32/33 (476.2)

Л.В. ШТЕФАН, Д.А. ДОМИНИКОВСКАЯ

КЛИНОПИРОКСЕНЫ ИЗ ТРУБОК ВЗРЫВА ЖЛОБИНСКОГО ПОЛЯ КАК ИНДИКАТОРЫ МАГМАТИЧЕСКИХ ЭТАПОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПОРОД

There are some types of monoclinic pyroxenes in Belarus diatremes. It shown the studying pyroxenes form in deep (mantle) and crust conditions. Pyroxenes from diatremes of Globinsk field are the indicators of magmatic form conditions.

В щелочных породах трубок взрыва из Жлобинской седловины (Жлобинское поле, состоящее из 32 среднедевонских диатрем) одними из важнейших породообразующих и акцессорных минералов являются клинопироксены, состав которых изменяется от эгирина, диопсида, диопсид-авгита до хромдиопсида и напрямую зависит от состава исходного расплава, физико-химических и термодинамических условий его кристаллизации. Изучение этих важнейших для щелочных пород минералов может пролить свет на генезис пород и помочь проследить различные этапы их образования.

Во всех петрографических типах пород трубок взрыва (беспироксеновых оливиновых мелилититах, оливиновых мелилититах, щелочных пикритах и ультраосновных фойдитах) вместе с собственно магматическими клинопироксенами (диопсидом и диопсид-авгитом) в качестве акцессорной минеральной фазы встречается клинопироксен, который соответствует хромдиопсиду (содержание $\text{Cr}_2\text{O}_3 > 0,5$ мас. %) [1], что, по мнению многих исследователей, отвечает наиболее глубинному клинопироксену, попавшему в породы из включений мантийных ксенолитов [1–3].

Как правило, первичная (магматогенная) фаза большинства выделенных петрографических типов пород содержит клинопироксен, частично или полностью замещенный хлоритом, кальцитом или вторичным кварцем, а чаще всего – смесью этих минералов. Клинопироксен представлен ограниченными зернами (микролитами, фено- и микрофенокристаллами) во вкрапленниках и в основной массе щелочных магматитов, за исключением беспироксеновых оливиновых мелилититов и оливиновых мелилититов (в последних пироксен встречен только во вкрапленниках, которые составляют до 5 %). Содержание пироксена в различных петрографических типах пород изменяется от единичных зерен до 35 % площади шлифа. Клинопироксен из щелочных магматитов Жлобинского поля представлен кальциевым диопсидом с содержанием титана 0,43–1,20 мас. % TiO_2 и железа 4,5–7,0 мас. % FeO (таблица). Этот пироксен отличается от хромдиопсидов из тяжелой фракции исследованных пород меньшим содержанием хрома ($< 0,5$ мас. % Cr_2O_3), большей кальциевостью ($\text{Ca}/(\text{Ca}+\text{Mg})=0,50\text{--}0,54$ атомных количеств), значительным содержанием глинозема (2,5–5,5 мас. % Al_2O_3) и высоким содержанием железа.

Представительный химический состав клинопироксенов из диатрем Беларуси*

Химический состав, мас. %	Хромдиопсиды			Диопсиды		
	1	2	3	1	2	3
SiO ₂	52,92	54,31	52,11	51,82	51,43	50,96
TiO ₂	0,36	0,27	0,32	0,42	0,96	0,95
Al ₂ O ₃	1,38	0,78	2,47	2,07	2,41	2,19
Cr ₂ O ₃	0,72	1,71	1,40	0,02	0,13	0,10
FeO+Fe ₂ O ₃	4,02	3,93	4,41	7,75	5,69	6,62
MnO	0,10	0,07	0,05	0,08	0,11	0,06
MgO	15,99	16,35	15,50	13,46	14,78	14,52
CaO	23,65	22,21	22,42	23,61	23,98	23,88
Na ₂ O	0,78	0,87	1,26	0,67	0,54	0,46
K ₂ O	0,01	<0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
Сумма	99,93	100,50	99,96	99,91	100,04	99,75
Ca/Ca+Mg	0,51	0,49	0,51	0,53	0,52	0,53
AlIV	0,008	0,025	0,028	0,029	0,102	0,116
AlVI	0,052	0,005	0,079	0,016	0,008	0,006

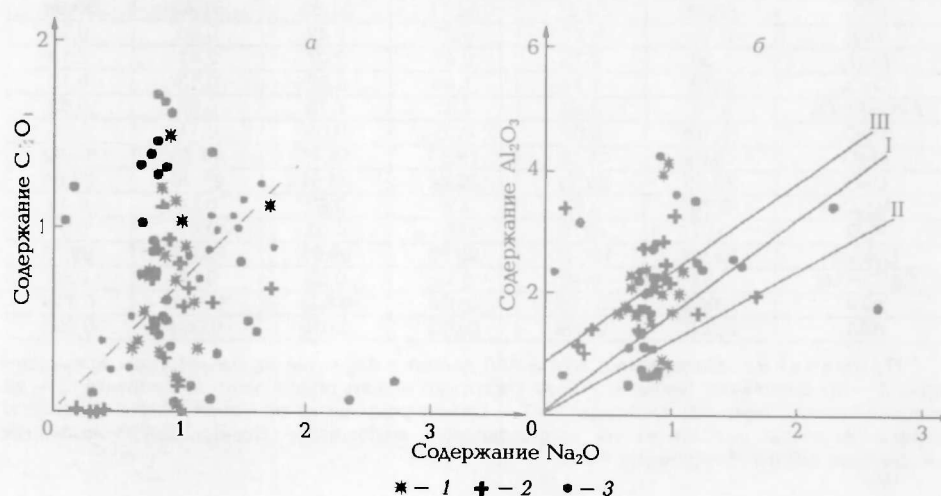
* Примечание. Содержание AlIV и AlVI дается в формульных количествах. Хромдиопсиды: 1 – из щелочного пикрита; 2 – из беспироксенового оливинового меллитита; 3 – из ультраосновного фойдита; диопсиды: 1–3 – клинопироксены из основной массы щелочного пикрита. Анализы выполнены на микрозондовом анализаторе Superprobe-733, аналитик А.А. Вишневский (НАН Украины, г. Киев).

В некоторых разновидностях лампрофиров, из которых состоит одно силлоподобное тело и субвулканические фации некоторых трубок взрыва, прослеживаются отчетливо зональные клинопироксены. Здесь фенокристаллы пироксена имеют светлое ядро диопсидового и более темную кайму эгириновое или эгирин-авгитового составов. В клинопироксенах из лампрофиров помимо зональности часто наблюдаются структуры распада твердых растворов. В некоторых зернах диопсида были обнаружены эпитахические выделения эгирина, или ромбического пироксена. Зональность пироксенов, по-видимому, отражает смену термодинамических условий их кристаллизации. При этом более высокотемпературные пироксены, неустойчивые в изменившихся физико-химических условиях, могут сохраниться от полной перекристаллизации благодаря появлению защитной относительно более низкотемпературной каймы второй фазы кристаллизации пироксена [5, 6].

подавляющее большинство проанализированных зерен хромдиопсида из тяжелой фракции пород трубок взрыва имеет среднее содержание хрома ~1,0 мас. % Cr₂O₃. При анализе химического состава хромдиопсидов из отдельных диатрем было установлено, что в небольшой части исследованных пироксенов существует довольно четкая прямая корреляция между содержаниями Cr₂O₃ и Na₂O (мас. %), а также Al₂O₃ и Na₂O (мас. %) (рисунок). Эти две характерные черты состава хромдиопсидов свидетельствуют о присутствии в минералах одновременно юриитового и жадеитового компонентов. Такая особенность одновременно юриитового и жадеитового компонентов. Такая особенность одновременно юриитового и жадеитового компонентов является типоморфным признаком клинопироксенов, сформировавшихся в условиях повышенного давления (в парагенезисе с гранатом) [7, 8]. В большей же части клинопироксенов такие особенности отсутствуют, что свидетельствует об образовании этих зерен на меньших глубинах.

На графике Al₂O₃ – Na₂O (см. рисунок) большая часть фигуративных точек, отвечающих составам хромдиопсидов из различных петрографических типов пород Жлобинского поля, попадает в поле хромдиопсидов из ультраосновных включений в базальтоидах [9] (выше линии I, где Al₂O₃:Na₂O=1:1). Если использовать подход Н.В. Соболева, С.М. Саблукова и Л.И. Будкиной [8, 9], которые предложили выделять фации глубинности, основываясь на молекулярных отношениях Al₂O₃ и Na₂O, то часть клинопироксенов (над линией III) можно отнести к шпинель-пироксеновой фации глубинности. Хромдиопсиды, которые легли в поле между линиями I и III, относятся к гроспидитовой субфации, а хромдиопсиды, которые расположились в поле под

линией II, относятся к коэситовой субфации: пироповым перидотитам и хромшпинелевым дунитам и перидотитам [9].



Соотношение хрома и натрия (а) и алюминия и натрия (б) в хромдиопсидах из трубок Жлобинского поля, мас. %.
1 – беспироксеновые оливиновые мелилититы и оливиновые мелилититы; 2 – ультраосновные фойдиты; 3 – щелочные пикриты

По содержанию $\text{Ca}/\text{Ca}+\text{Mg}$ (в среднем около 0,50) клинопироксены Жлобинского поля относятся преимущественно к чистым диопсидам среднетемпературных областей [5–9]. Однако в щелочных пикритах встречаются единичные зерна субкальциевых хромдиопсидов, которые относятся к высокотемпературным областям ($\text{Ca}/\text{Ca}+\text{Mg}=0,34$) (см. таблицу).

В щелочных пикритах, оливиновых мелилититах и беспироксеновых оливиновых мелилититах часть проанализированных хромдиопсидов имеет минимальную примесь четырехвалентного алюминия (либо полное его отсутствие), что косвенно может указывать на кристаллизацию при довольно высоких давлениях, т. е. на принадлежность пироксенов к гранат- и двупироксеновым парагенезисам [9]. По содержанию глинозема бесхромовые клинопироксены также можно разделить на принадлежащие к эклогитовому парагенезису и парагенезису эклогитоподобных пород [9] (см. таблицу). Основными особенностями клинопироксенов эклогитового парагенезиса считаются повышенное содержание Na_2O и резкое преобладание шестивалентного алюминия над четырехвалентным. Этот признак является отличительным для клинопироксенов из эклогитов высоких давлений [9]. Обращает на себя внимание тот факт, что при близости химизма клинопироксенов из трубок взрыва (как хромсодержащих, так и бесхромовых) распределение алюминия четверной и шестерной координации значительно различается. Если исходить из представлений Н.Л. Добрецова, Н.В. Соболева и других [8–10], что повышение содержания шестивалентного алюминия в общем алюминии всех силикатов (и клинопироксенов, в частности) обычно свидетельствует о барофильных условиях образования последних, то можно предположить, что исследованные кристаллы образовались при разных давлениях или, что вероятнее, на разных глубинах. Содержание в хромдиопсидах минимальной примеси четырехвалентного алюминия, максимальной – шестивалентного указывает на высокую роль давления в процессе кристаллизации таких пироксенов [8, 11].

На основании изучения типоморфных особенностей клинопироксенов из пород трубок взрыва Жлобинского поля были прослежены различные этапы формирования пород. На начальном этапе эволюции расплава происходи-

ла кристаллизация интрателлурических вкрапленников, которые являются наиболее барофильными фазами среди всех изученных в тяжелой фракции минералов. Последующее минералообразование происходило на разных уровнях верхней мантии и земной коры и зависело от различного геодинамического режима магмообразования. Окончательная же кристаллизация пород, судя по петрографическому составу их основной массы, происходила в субвулканических условиях. В пределах Жлобинской седловины на основании данных глубинного сейсмического зондирования уверенно устанавливаются вертикальные неоднородности литосферы: коровый волновод (12–21 км), раздел Мохо (40–52 км) и более глубинные границы [4]. Эти своеобразные рубежи на путях подъема магматических расплавов и являлись, по-видимому, границами остановок, на которых происходила частичная кристаллизация вещества при его подъеме вплоть до эксплозивного внедрения. Присутствие в трубках взрыва Жлобинского поля клинопироксенов, которые заметно различаются по химическому составу, свидетельствует о кристаллизации щелочных магматитов в разных фациальных условиях. Кристаллизация клинопироксенов началась в термодинамических условиях, которые соответствовали мантийной области стабильности минералов коэситовой субфации шпинель-пироповой фации, и продолжалась вплоть до уровня, соответствующего стабильности шпинель-пироксеновой фации, что соответствует условиям средних и нижних горизонтов земной коры.

1. Ипупин И. П. // Тр. ЦНИГРИ. 1988. Вып. 229. С. 7.
2. Владимиров Б. М., Соловьева В. М., Александров В. А. и др. // Кимберлиты и кимберлитоподобные породы: Кимберлиты – ультраосновная формация древних платформ. Новосибирск, 1990.
3. Никишов К. Н. Петролого-минералогическая модель кимберлитового процесса. М., 1984.
4. Никитин Е. А., Дроздов В. А., Штефан Л. В. и др. // Литосфера. 1994. № 1. С. 23.
5. Йодер Г., Тилли К. Происхождение базальтовых магм. М., 1965.
6. Кокс К. Г., Белл Дж. Д., Панкхерст Р. Дж. Интерпретация изверженных горных пород. М., 1982.
7. Харьков А. Д., Зинчук Н. Н., Крючков А. И. Геолого-генетические основы шлихо-минералогического метода поисков алмазных месторождений. М., 1995.
8. Соболев Н. В. Глубинные включения в кимберлитах и проблема состава верхней мантии. Новосибирск, 1974.
9. Саблуков С. М., Будкина Л. И. // Тр. ЦНИГРИ. 1988. Вып. 229. С. 16.
10. Добрецов Н. Л. Глобальные петрологические процессы. М., 1990.
11. Породообразующие пироксены / Н. Л. Добрецов, Ю. Н. Кочкин, А. П. Кривенко, В. А. Кутолин. М., 1971.

Поступила в редакцию 04.06.1999.

Лариса Васильевна Штефан – кандидат геолого-минералогических наук, старший преподаватель кафедры динамической геологии.

Диана Алексеевна Доминиковская – кандидат геолого-минералогических наук, доцент.