

УДК 551.21 : 552.313.8

Ф. ЖУКОВ, В. ПЕТЕРСЕЛЛЬ, Ю. ФОМИН

## ПРИЗНАКИ ПАЛЕОЗОЙСКОГО ВУЛКАНИЗМА В ЭСТОНИИ

В геологической литературе Эстонской ССР значительное внимание уделяется вопросу геологии и генезиса Кярдлаской погребенной структуры (Viiding и др., 1969; Piggus, 1976; Масайтис, 1977; Piiuga, Suuroja, 1984; Кала и др., 1984). Многие авторы в работах последних лет (Масайтис, 1977; Piiuga, Suuroja, 1984; Кала и др., 1984) связывают образование этой кольцевой (в плане) кратерной валообразной (в разрезе) структуры с ударным воздействием метеорита. Вопрос этот дискуссионный и, на данной стадии изученности, все еще требует накопления дополнительного убедительного фактического материала.

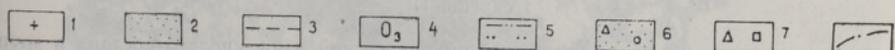
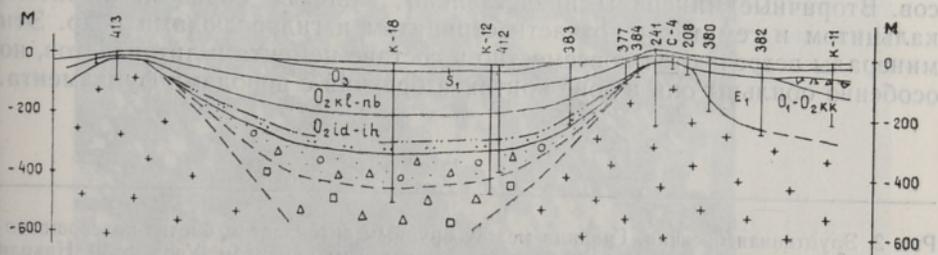
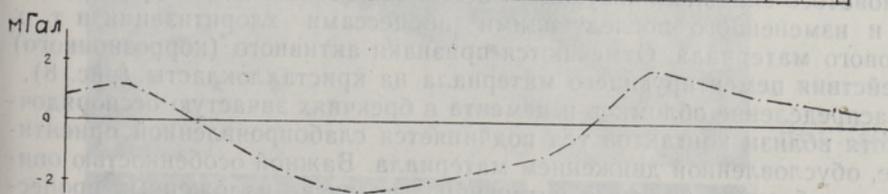
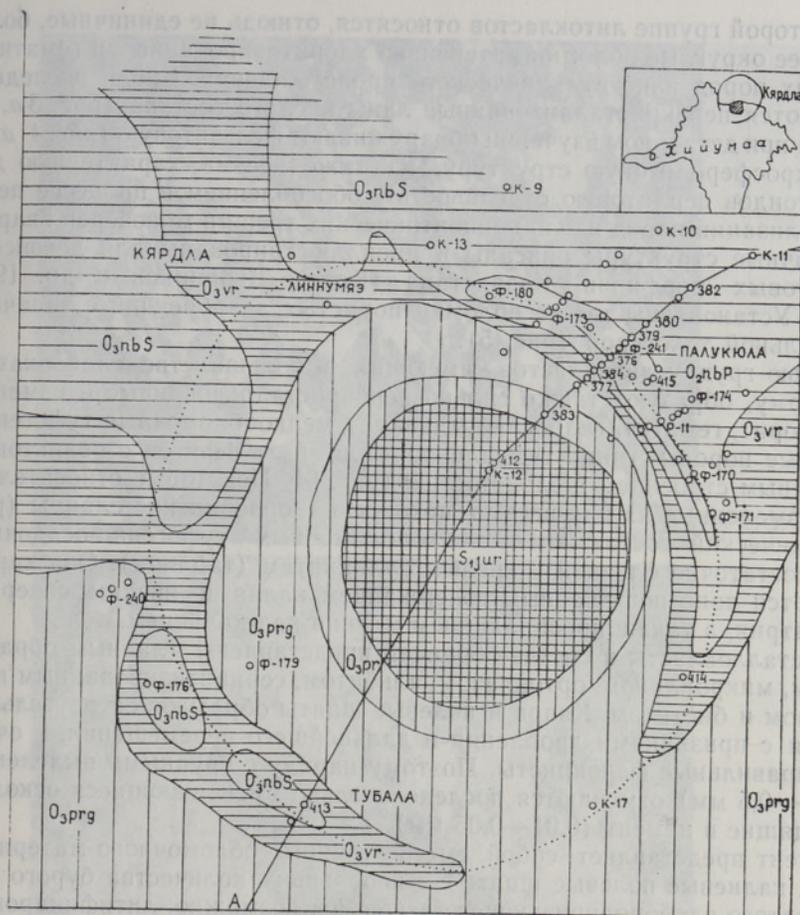
При проведении Эстонским геологическим управлением буровых работ в пределах Кярдлаской структуры выше кристаллических образований докембрия скважиной К-18 были вскрыты породы, внешне напоминающие взрывные брекчии. Макроскопическое сходство этих образований с вулканогенными породами послужило поводом для петрографического изучения как брекчий, так и перекрывающих их палеозойских образований. В частности это касается также металлоносных диктионемовых сланцев ордовика, которые были вскрыты в зоне несогласия на северо-востоке непосредственно за пределами кольцевой структуры (рис. 1).

Эксплозивные брекчии залегают на докемрийском фундаменте, сложенном гранитоидами и гнейсами. О морфологии тел, сложенных брекчиями, судить на основании единичных скважин очень трудно. Наблюдения взаимоотношений между брекчиями и вмещающими их гнейсами (скв. К-18, глуб. 360—423 м) свидетельствуют о рвущем характере контакта с образованием иногда весьма тонких (<1 мм) апофиз или микрозон брекчий во вмещающих породах.

В петрографическом отношении брекчии характеризуются прежде всего высоким содержанием (до 80—90%) обломков кристаллов и разнообразных литокластов.

В составе литокластов выделяются три группы пород. Преобладают ксенолиты гранито-гнейсового основания различной величины (от первых миллиметров и меньше до, по-видимому, крупных глыб) и формы, которые отличаются от аналогичных вмещающих пород широким развитием вторичных минералов (хлорита, альбита, серицита, гематита, кальцита). Литокласты гранитов и гнейсов испытали интенсивное дробление с последующим растаскиванием материала в виде остроугольных обломков породообразующих минералов. Однако такая взаимосвязь состава кристаллокластов и ксенолитов наблюдается не всегда (рис. 2).

Рис. 1. Схема расположения и строения Кярдлаской структуры (по Кала и др. (1984) с дополнениями авторов). На врезке показаны кольцевые элементы, выделенные А. Мардла при дешифровке космофотографий. На геологической карте штриховкой обозначены полосы выхода; индексами — возраст стратиграфических единиц; точечной линией — гребень кольцевого вала; кружками — местоположение буровых скважин (цифрами выборочно их номера). 1 — породы кристаллического фундамента, нередко брекчиро-



ванные; 2 — терригенные и глинистые породы нижнего кембрия; 3 — терригенные породы и диатомовые сланцы нижнего ордовика; 4 — карбонатные породы ордовика и силура (индексами обозначен возраст стратиграфических единиц); 5 — алевроитовые глины и алевролиты среднего ордовика; 6 — конглобрекции, туфоалевролиты, редко туффиты; 7 — вулканические брекции (эксплозивные); 8 — график локальной аномалии  $\Delta g$ .

Ко второй группе литокластов относятся, отнюдь не единичные, более или менее округлые обломки интенсивно хлоритизированных и гематизированных пород явно вулканического происхождения. Среди последних встречаются перекристаллизованные лавы кислого состава (рис. 3 *а, б*), которые при детальном изучении обнаруживают фельзитовую (рис. 4 *а, б*) или микросферолитовую структуру, а также весьма характерную для липаритондов перлитовую отдельность с обособлением в процессе перекристаллизации пород вдоль концентрических трещин монозерен кварца. Аналогичные структуры описаны и проиллюстрированы для девонских липаритовых порфиров Казахстана (Коптев-Дворников и др. 1967, с. 295). Установлены также обломки пористых лавобрекчий с типичной флюидалной текстурой (рис. 5).

Третью группу литокластов, имеющих в большинстве слабоокатанную форму, образуют также сильно перекристаллизованные и измененные (хлорит, гематит, гидрослюды, кварц) мелкообломочные туфогенно-осадочные породы типа туфоалевролитов и туффитов с реликтовым обломочным строением и слоистостью (рис. 6). Некоторые относительно слабо измененные из них весьма похожи на ордовикские сланцы (рис. 7). Химический состав этих мелкообломочных туфогенно-осадочных пород достаточно близкий к кислым вулканитам (таблица). Они характеризуются явно повышенным содержанием калия и низким содержанием натрия, а также преобладанием магния над кальцием.

Кристаллокласты в составе брекчий представлены главным образом кварцем, микроклином, ортоклазом, альбитом, серицитизированным плагиоклазом и биотитом. Кварц и полевые шпаты образуют остроугольные обломки с признаками дробления и дальнейшего перемещения, и очень редко правильные фенокристы. Поэтому наряду с крупными выделениями (0,3—0,5 мм) отмечаются последовательно уменьшающиеся осколки, переходящие в цемент (0,01—0,05 мм).

Цемент представляет собой смесь тонкого обломочного материала (кварц, калиевые полевые шпаты) и небольшого количества бурого или зеленоватого слабополярризующего вещества, возможно, литифицированного и измененного последующими процессами хлоритизации и т. п. пеплового материала. Отмечаются признаки активного (коррозионного) воздействия цементирующего материала на кристаллокласты (рис. 8).

Распределение обломков и цемента в брекчиях зачастую беспорядочно, хотя вблизи контактов тел подчиняется слабопроявленной ориентировке, обусловленной движением материала. Важной особенностью описываемых брекчий является интенсивное развитие наложенных процессов. Вторичные минералы представлены, главным образом, хлоритом, кальцитом и гематитом, отчасти серицитом и гидрослюдами и др. Эти минералы встречаются повсеместно в составе цемента и литокластов, но особенно обильны они в зоне контакта брекчий с породами фундамента.

---

Рис. 2. Эруптивная брекчия. Граница между крупным литокластом биотит-полевошпатовых гнейсов и мелкообломочным кварц-полевошпатовым цементом. Увел.  $\times 30$ . Никולי скрещены.

Рис. 3. Литокласт перекристаллизованной вулканической лавы кислого состава в эруптивных брекчиях. Увел.  $\times 30$ . *а* — никולי параллельны; *б* — никולי скрещены.

Рис. 4. Фельзитовая с переходом к микросферолитовой структура и перлитовая отдельность вулканической лавы кислого состава. Тот же литокласт. Увел.  $\times 150$ . *а* — никולי параллельны, *б* — никולי скрещены.

Рис. 5. Пористая лавобрекчия кислого состава с флюидалной текстурой. Литокласт в эруптивных брекчиях. Увел.  $\times 30$ . Никולי параллельны.

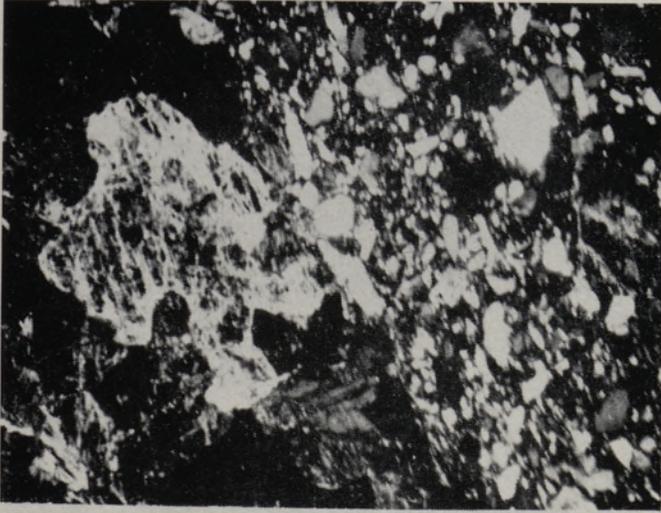


Рис. 2.

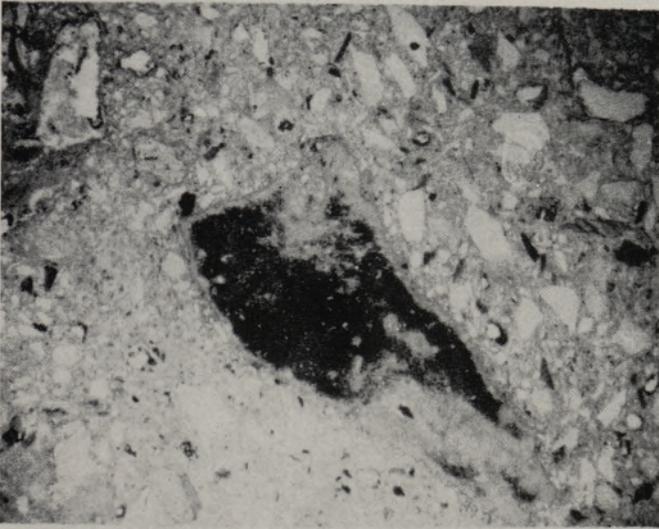


Рис. 3а.

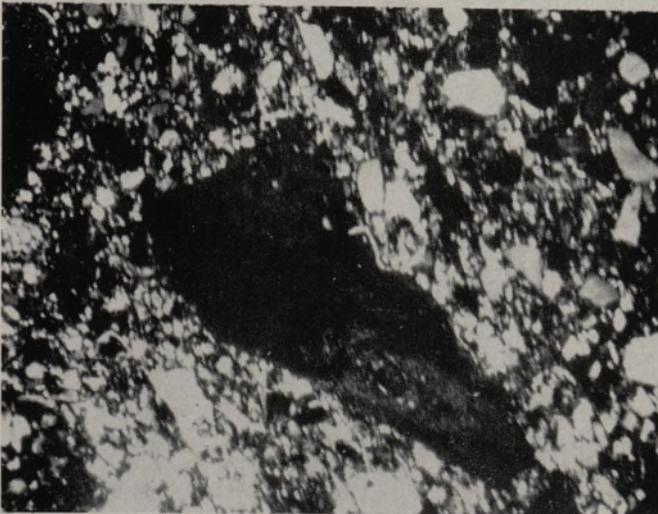


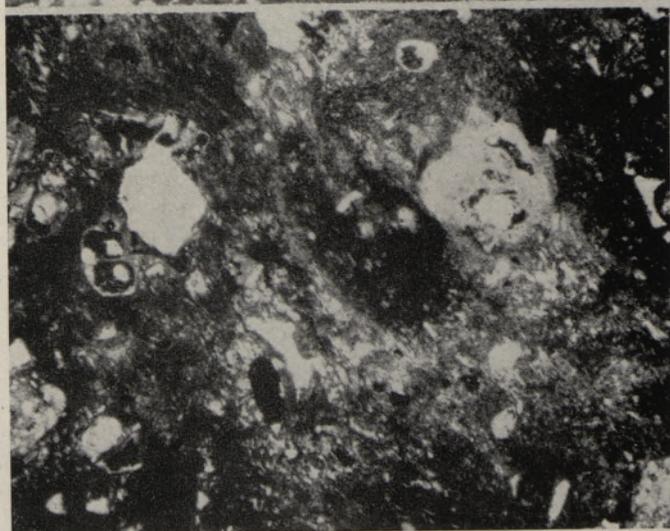
Рис. 3б.



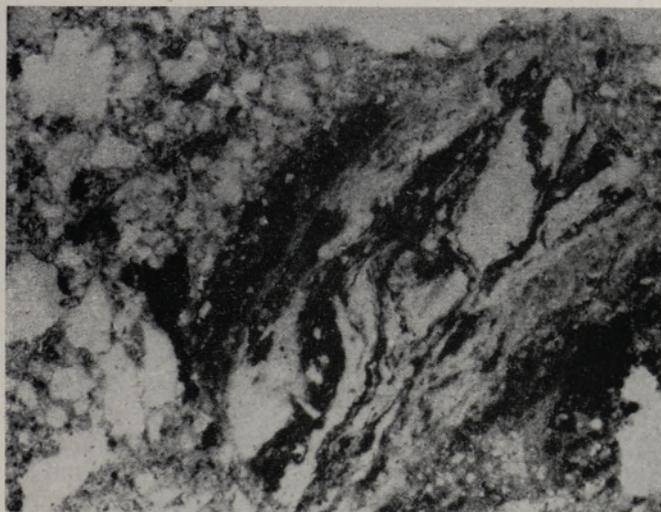
Puc. 4a.



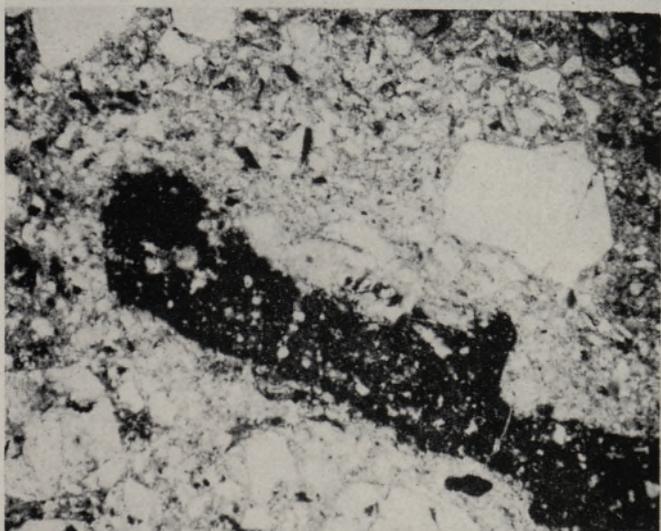
Puc. 4δ.



Puc. 5.



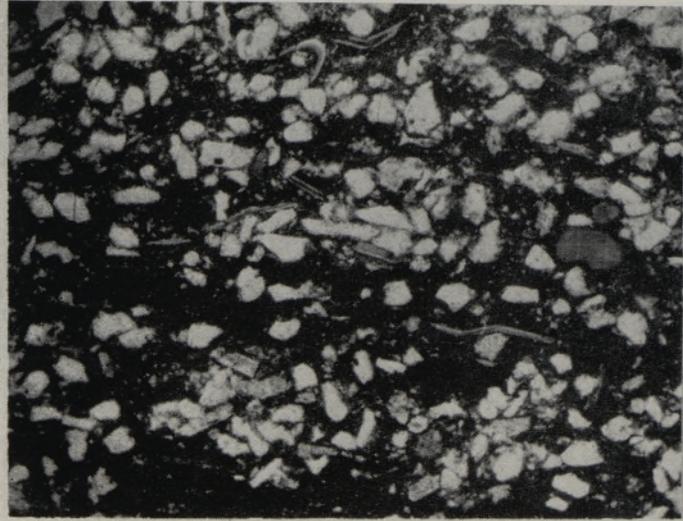
Puc. 6.



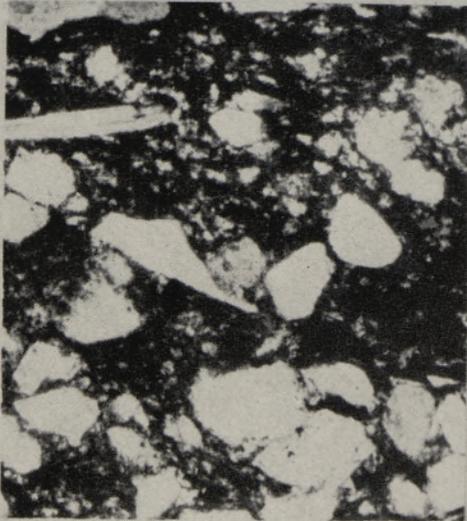
Puc. 7.



Puc. 8.



Puc. 9.



Puc. 10 a.



Puc. 10 δ.



Puc. 10 b.

Сходные по своим петрографическим особенностям и условиям залегания породы описаны рядом исследователей под названием валунчатых даек (Ловеринг, 1951), эруптивных (Мерлич, 1958) и вулканических брекчий (Коптев-Дворников и др., 1967) и др. Эти авторы объясняют формирование брекчий вулканогенным путем.

Е. Б. Яковлева (Коптев-Дворников и др. 1967), отмечая сложность и спорность генезиса подобных брекчий, анализирует существующие гипотезы их образования и приводит признаки, или удовлетворяющие, или противоречащие той или иной гипотезе.

Фактический материал по брекчиям Кярдлаской структуры не позволяет однозначно принять гипотезы насыпного тектонического и метеоритного происхождения этих пород.

Гипотезе образования брекчий насыпным путем противоречит обнаружение тонких, очень плотно заполненных кластическим материалом апофиз, а также коррозионное взаимоотношение цемента с обломками. Трудно объяснить образование брекчий также тектоническим путем. С этим не согласуется отсутствие в брекчиях и, особенно на контактах, признаков тектонических подвижек и, наоборот, присутствие в составе обломочного материала чуждых обломков, не относящихся к гранито-гнейсовым вмещающим породам, в том числе явно вулканогенных. Эти же факты, а также более позднее локальное изменение пород трудно объяснить гипотезой о метеоритном происхождении брекчий. По мнению Г. И. Туговика (1974) для того, чтобы однозначно отнести тела таких брекчий к метеоритным кратерам, в них должны быть установлены остатки вещества метеоритного воздействия (в частности импактиты) и признаки ударного изменения (наличие конуса сотрясения). К нашему случаю не подходит также гипотеза, объясняющая возникновение т. н. песчаных даек путем выдавливания брекчиевого материала из нижних горизонтов (Ляхович, 1953).

Наиболее удовлетворительно происхождение этих брекчий объясняется вулканогенным (эксплозивным) путем. Этому объяснению не противоречат факты существенной (но не полной) зависимости состава обломочного материала брекчий от состава вмещающих пород фундамента, а также весьма ограниченного участия в брекчиях пирокластического (пеплового) материала, если учесть механизм эксплозий. Т. С. Ловеринг (1951) и Б. В. Мерлич (1958) полагают, что подобные брекчии формируются в результате подземных взрывов в участках скопления вулканических газов. В образовавшиеся полости вместе с газами поступает только обломочный материал, как глубинный, так и оторванный от стенок каналов, без участия лавы, причем такие процессы могут происходить отнюдь не только вблизи вулканического центра.

---

Рис. 6. Литокласт слоистых туффигов (туфоалевролитов) в эруптивных брекчиях. Увел.  $\times 70$ . Николи параллельны.

Рис. 7. Обломок предположительно ордовикских туфоалевролитов в эруптивных брекчиях. Увел.  $\times 30$ . Николи параллельны.

Рис. 8. Ориентированное расположение обломочного материала в эруптивных брекчиях. Коррозионное воздействие цемента на кристаллокласты. Увел.  $\times 30$ . Николи параллельны.

Рис. 9. Туффиговый материал в составе диктионемовых сланцев. Увел.  $\times 70$ . Николи параллельны.

Рис. 10. Серповидные, копьевидные обломки кварца в диктионемовых сланцах. *а, б* — увел.  $\times 150$ , *в* — увел.  $\times 70$ . Николи параллельны.

Химический состав мелкообломочных туфогенно-осадочных пород (1—4) Кярдлаской структуры и диктионемовых сланцев (5—9) окрестности г. Хаапсалу

Проба	Сква- жина	Глубина отбора, м	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S <sub>общ</sub>	FeS <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	Потери при прокали- вании	Сумма
1	К-18-3672	367,0—367,2	72,34	0,31	12,83	0,80	1,69	0,03	1,29	0,79	0,65	8,58	0,06	<0,1	0,08	0,41	1,72	101,00
2	К-18-3804	380,1—380,4	72,18	0,37	11,56	1,36	1,94	0,02	2,05	0,91	0,50	8,18	0,07	<0,1	0,12	0,39	1,23	100,76
3	К-18-3866	386,3—386,6	70,96	0,42	10,46	1,73	1,98	0,03	1,96	0,85	0,45	8,50	0,08	0,1	0,17	0,59	1,82	99,93
4	К-18-3952	395,0—395,9	63,42	0,50	14,07	2,38	3,29	0,03	3,52	1,04	0,60	8,00	0,12	<0,1	0,12	0,48	2,47	99,86
5	736	87,9—89,0	46,12	0,74	12,22	5,03			1,45	0,48	0,06	7,92			1,67		24,51	100,40
6	737	89,0—90,0	46,47	0,69	11,30	9,78			1,63	0,61	0,04	6,27			9,94		23,31	100,10
7	738	90,0—91,0	47,39	0,68	12,38	6,61			1,87	0,66	0,07	7,80			4,28		22,62	100,08
8	739	91,0—92,0	48,69	0,41	12,59	6,36			1,62	0,40	0,10	8,87			3,15		25,07	100,11
9	740	92,0—93,0	42,25	0,67	14,19	5,36			1,74	0,37	0,10	9,55			1,54		26,34	100,57

Анализы выполнены в Управлении геологии ЭССР Н. Н. Степанченко (1—4) и в Институте химии АН ЭССР под руководством Ю. Л. Халдна (5—9).

Учитывая геологическое положение и состав брекчий, можно допустить их принадлежность к глубинным (гипабиссальным) частям палеовулканической постройки. О возможности формирования эруптивных брекчий на значительных глубинах писал В. Н. Котляр (1960), полагавший, что и интрузивные процессы в определенных условиях могут осложняться явлениями газовых прорывов, приводящих к образованию таких брекчий в виде слепых или достигающих поверхности тел, но без выбросов вулканического материала и изменения лав.

К подобным же выводам по существу пришли П. Ф. Иванкин (1965) и Г. И. Туговик (1974), показавшие, что не только вулканические, но и гипабиссальные интрузивные процессы могут сопровождаться эксплозиями. При этом, как считает Г. И. Туговик (1974), эксплозивный брекчиевый материал, находящийся под высоким давлением, способен проникать в мельчайшие трещины, образуя тела самой различной морфологии.

Ассоциация новообразованных минералов (хлорит, карбонат, гидрослюда и др.) весьма характерна для вулканических брекчий, она формируется в заключительной стадии вулканизма (Котляр, Яковлев, 1984 и др.) и косвенно подтверждает широкое участие в процессе формирования брекчий газовой-водной составляющей.

Наличие вулканических процессов в районе Кярдлаской структуры и в Северной Эстонии в целом в постпротерозойское время косвенно подтверждается наличием их признаков в диктионемовых сланцах нижнего ордовика.

При микроскопическом изучении сланцев в их составе постоянно присутствует примесь тонкозернистого (0,02—0,2 мм) обломочного материала, количество которого в общем непостоянно вплоть до формирования самостоятельных слоек мощностью 2—6 мм. Обломки имеют преимущественно кварц-полевошпатовый (с примесью биотита) состав. Форма обломков и степень их окатанности свидетельствуют о туфогенной природе, по крайней мере части кластического материала. Это, в частности, совершенные по форме призматические кристаллокласты калишпата (рис. 9), а также нехарактерные для терригенно-осадочных пород остроугольные (серповидные, копьевидные и др.) обломки кварца (рис. 10 а, б, в). Такие обломки часто имеют поперечное положение по отношению к слоистости. Кроме того, здесь отмечаются отдельные обломки кислых вулканических пород с фельзитовой структурой. Резко повышенное содержание калия и пониженное содержание натрия, а также преобладание магния над кальцием в диктионемовых сланцах (таблица) косвенно указывают на близость их химического состава с туфогенно-осадочными породами Кярдлаской структуры.

Приведенные факты указывают на сингенетичность формирования пирокластического материала и позволяют в соответствии с существующими классификациями вулканогенно-осадочных продуктов (Коптев-Дворников и др. 1967) диагностировать породы слоек от туфогенных алевролитов (алевропесчаников) до тонкообломочных туффитов.

Вопрос о геологическом возрасте проявлений вулканизма в районе Кярдлаской структуры на данной стадии изучения еще не может быть решен однозначно. Исходя из геолого-структурного положения находок вулканогенных пород, их состава и взаиморасположения с терригенными осадками можно говорить о наличии минимум двух фаз палеозойского вулканизма.

Находки пород с признаками палеозойского вулканизма могут помочь в поисках разнообразной рудной минерализации. Вулканические сооружения и стратифицированные слои пирокластических пород при наличии других благоприятных условий многими авторами рассматриваются как важный поисковый критерий (Туговик, 1974; Жуков, 1978; Котляр, Яков-

лев, 1984). О перспективной металлоносности района свидетельствуют также прямые находки полиметаллической (сульфидной) минерализации, причем часть ее имеет явно эндогенные геохимические (высокие содержания  $Tl$ ,  $As$ ,  $Pb$ ,  $Mo$  и др. в пирите) и изотопно-геохимические признаки ( $\delta^{34}S$  пирита колеблется от  $+3,5$  до  $+4,5\%$ ), которые говорят о наличии глубинного источника рудного вещества (Петерсэль, 1976).

## ЛИТЕРАТУРА

- Жуков Ф. И. Рудные месторождения в породах низких ступеней метаморфизма Карпато-Балканской области. Киев, 1978.
- Иванкин П. Ф. О закрытых эксплозиях, сопровождающих гипабиссальные интрузии, и их роль при формировании рудных месторождений. Геология и геофизика, 1965, № 10, 23—33.
- Кала Э., Пуура В., Сууро Я. Главные черты строения Кярдлаского погребенного кратера. — Изв. АН ЭССР. Геол., 1984, 33, № 1, 1—7.
- Коптев-Дворников В. С., Яковлева Е. Б., Петрова М. А. Вулканогенные породы и методы их изучения. М., 1967.
- Котляр В. Н. Экструзивы, эффузивы и оруденение. — Изв. вуз-ов, Геология и разведка, 1960, № 9, 60—81.
- Котляр В. Н., Яковлев П. Д. Вулканизм и оруденение. М., 1984.
- Ловеринг Т. С. Об изменении пород как поисковым признаке на руды в округе Восточный Тинтик (Юта). М., 1951.
- Ляхович В. В. О генезисе песчаных даек туфогенной толщи тунгусской серии. — ДАН СССР, 1953, 90, № 1, 93—96.
- Масайтис В. Л. Морфология и глубинное строение земных метеорных кратеров и астроблем. — Письма в Астрон. ж., 1977, № 3, 36—40.
- Мерлич Б. В. Эксплозивные брекчиевые дайки в Закавказье. — Изв. АН СССР, сер. Геология, 1958, № 3, 46—57.
- Петерсэль В. Х. Основные черты геологии и рудоносности кристаллического фундамента южного склона Балтийского щита. — Автореф. канд. дис. Таллин, 1976.
- Туговик Г. И. Эксплозии и рудный процесс. М., 1974.
- Viiding, H., Kala, E., Pobul, E. Paluküla mõistatus laheneb. — Eesti Loodus, 1969, N 8, 464—474.
- Pirrus, E. Paluküla struktuuri vanusest. — В кн.: Geoloogiline kogumik, 3. Tallinn, 1976, 83—87.
- Puura, V., Suuroja, K. Kärda kraater, maarõue varjatud uunikum. — Eesti Loodus, 1984, N 9, 559—565.

Управление геологии Эстонской ССР

Поступила в редакцию  
18/X 1985

Институт геохимии и физики  
Академии наук Украинской ССР

F. ZUKOV, V. PETERSELL, J. FOMIN

## PALEOSOILISE VULKANISMI TUNNUSED EESTIS

Artiklis on käsitletud vulkanismi ilminguid Eesti paleosoikumis. Eesti NSV Geoloogia Valitsuse poolt Kärda maetud rõngasstruktuuri epitsentris puuritud puursüdamiku K-18 läbilõikes tehti kindlaks eksplosiivsete bretšade olemasolu. Bretšad lasuvad purustatud kristalsel aluskorral 360—423 m sügavusel maapinnast ja nende koosseisus eristatakse tugevasti muundunud granitoidse aluskorra tükke, ümberkristalliseerunud haput laavat ning tufiite ja tufoaleuroliite. Viimaste keemiline koostis on küllalt lähedane hapudele vulkaniitidele.

Vulkanogeense materjali olemasolu vaadeldakse ka diktüoneemakildas. Nende koostises oleva kvartsi ja kaaliumpäevakivi terade kuju ning kulutatavuse aste tõendavad viimaste tufogeenset päritolu. Kilda terrigeense materjali keemiline koostis on aga küllalt lähedane puuraugus K-18 kirjeldatud tufiitidele ja tufoaleuroliitidele.

Vulkanogeense materjali ilmingud Eesti paleosoikumis on veel vähe uuritud. Nende geoloogilis-struktuurne asend, koostis ja suhted ümbritsevate kivimitega lubavad kahelda Kärda struktuuri meteoriitses tekkes ja oletada vähemalt kahe geneetilisel seotud paleosoilise vulkanismi faasi olemasolu.

## THE SIGNS OF PALAEOZOIC VOLCANICITY IN ESTONIA

The present paper deals with the signs of volcanicity in the Estonian Palaeozoic. The core K-18 drilled from the epicentre of the Kärđla buried ring structure was subjected to the studies by the Geological Board of the Estonian SSR. The results obtained indicate the existence of explosive breccias on crystalline basement at a depth of 360—423 m from the earth's surface. They are composed of strongly transformed bedrock particles, recrystallized acid lava, tuffites and tufosilts. In view of chemical composition the latter are rather close to acid volcanites.

The occurrence of volcanic material in dictyonema shale is studied as well. The shape of quartz and K-feldspar grains and the degree of weathering give evidence of their tufogenic origin. The chemical composition of the terrigenous material comprised in dictyonema shale is rather similar to that of tuffites and tufosilts described from the core K-18.

The occurrence of volcanic matter in the Estonian Palaeozoic has been insufficiently studied so far. Their geologico-structural position, composition and relations with the surrounding rocks arouse suspicion against meteoritic origin of the Kärđla structure and enable one to suppose that there are at least two genetically connected phases of Palaeozoic volcanicity.