

С. С. ГОРОХОВ

О ВОЗМОЖНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ЭКЛОГИТОВ ИЗ ГЛИН

(Представлено академиком А. В. Сидоренко 29 IV 1971)

В последние годы в геологической литературе все чаще обсуждается проблема эклогитов и эклогитизации пород докембрия. Отмечается, что процессу эклогитизации подвергаются не только интрузивные образования основного и ультраосновного состава, но также и типично осадочные породы; мергели, доломитовые мергели, различные глины, граувакки и т. д. Подобные эклогиты описаны в Казахстане (^{1, 2}), на Тянь-Шане (³), Урале (^{4, 5}), в Шотландии (⁶), Баварии (⁷) и других районах. Как правило, эти эклогиты не сохраняют реликтовых минералов и структур первичных пород, и прошлое их приходится воссоздавать по ряду косвенных, преимущественно геологических признаков: это согласное залегание прослоев, горизонтов и линз среди заведомо осадочных метаморфизованных пород; полосчатость некоторых эклогитовых тел, связанная с первично-слоистой концентрацией осадочного материала; наличие в эклогитах прослоев и линз типично осадочного происхождения и т. д. Определенным доказательством в пользу первично-осадочной природы некоторых эклогитов служит также сравнительный анализ химического состава метаморфических эклогитов с химическими составами не только интрузивных тел, но и типично осадочных пород. Как было показано (^{8, 9}), при определении исходных материнских образований некоторых метаморфических пород, и в частности амфиболитов, следует иметь в виду, что вероятными аналогами для многих из них могли явиться осадочные породы типа глин и мергелей. Высказанная идея относительно природы субстрата амфиболитов в равной степени относится и к эклогитам, как к породам близкого химического состава, но более высокой степени метаморфизма.

С целью изучения перекристаллизации осадочных пород, сходных по составу с эклогитами, в условиях, близких к процессам анатектического их плавления и метаморфизма высоких ступеней, нами была проведена серия опытов на установке, обеспечивающей создание одновременно высоких давлений и высоких температур по ранее описанной методике (^{10, 11}). Исходным образцом послужили лагунные алевроитовые глины верхнечетвертичного возраста района месторождения Талнах. Основная часть породы (до 70%) представлена фракцией 0,1—0,001 мм, в сложении которой участвуют обломки карбоната (15—20%), полевого шпата и кварца (40%), а также гидроокислов железа, слюд, пироксенов, амфиболов и других минералов. Глинистая фракция (<0,001 мм) сложена минералами монтмориллонитовой группы и составляет более 20%. Химический состав отложений (аналитик Е. М. Хателишвили) близок к составу некоторых эклогитов метаморфических комплексов (^{3, 5}), а из интрузивных образований рассматриваемая порода сходна с породами габбро-базальтового ряда (¹²) (табл. 1).

Исходный образец, предварительно смоченный водой (10—12%), помещался в реакционную камеру, представляющую собой цилиндрический нагреватель. В зависимости от целей опытов перекристаллизацию породы проводили по двум режимам: в первом случае давление и температуру поднимали до заданных величин, а после некоторой выдержки (от 20 до

150 мин.) резко снижали до нормальных; во втором при определенном давлении температуру поднимали выше точки плавления породы и после небольшой выдержки спускали на 100; 200 и 300° с последующей резкой закалкой при комнатной температуре. Одностадийный режим экспериментов предусматривал перекристаллизацию глины в твердом состоянии, двухстадийный — из расплава исходной породы. Конечные новообразованные продукты изучались оптически и рентгенометрически.

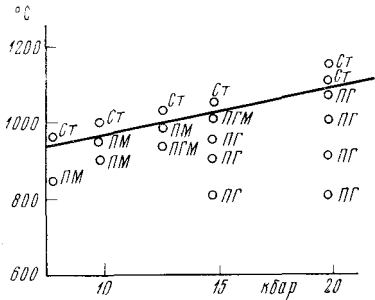


Рис. 1. Плавление глины и образование кристаллических фаз при высоких давлениях. П — пироксен, М — магнетит, Г — гранат, СТ — стекло

Глина при давлении 7—10 кбар в интервале температур 600—800° уплотняется и частично дегидратируется. Образец приобретает облик осветленного слабо диагенизированного аргиллита с мелкими выделениями первичных листочков слюды, рудного минерала, редко кварца и карбоната. С повышением температуры до 800° наблюдается некоторое разрастание чешуек слюды и укрупнение агрегатов карбонатных зерен. При температуре более 800° появляются мелкие (0,001 мм) кристаллы пироксена, хаотично расположенные среди слабополяризующей нераскристаллизованной массы глинистых минералов, агрегатов слюды и выделений магнетита. Плавление породы происходит около 950° (рис. 1). В экспериментах при давлении 13—15 кбар изменения породы происходят в той же последовательности, как и при 7—10 кбар. Образование кристаллов пироксена в опытах одностадийного режима кристаллизации отмечается при давлении 15 кбар и температуре 1000°. В опытах при 1050° пироксен составляет основную часть новообразованных минералов. Кристаллы его достигают 0,1—0,3 мм, имеют удлинненную призматическую форму, с тонкой

продольной штриховкой вдоль граней. В проходящем свете кристаллы пироксена бесцветны или слабо окрашены в желтый цвет. В крупных кристаллах, образовавшихся из расплава в интервале температур 800—1050° наблюдается отчетливый плеохроизм от желтого или буровато-желтого по N_g до слабо-желтого или бесцветного по N_p . По данным оптических констант ($N_g = 1,702$; $N_p = 1,692$; $N_g - N_p = 0,010$; $cN_g = 28-32^\circ$; $2V = 41-45^\circ$) и рентгенометрического анализа минерал соответствует клинопироксену.

В опытах при давлении 13 кбар и температуре 900—1000° отмечается появление редких мелких кристаллов граната (> 0,005 мм). Гранат является постоянным продуктом среди новообразованных минералов в опы-

Таблица 1

Породы	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
Алевритовая глина района Талнах	48,37	1,15	15,20	5,89	4,20	0,26	8,88	13,14	1,75	1,16	не опр.
Эклогит, Киргизский хребет * (3)	51,64	0,77	15,59	6,00	8,77	0,17	6,95	6,76	2,80	0,42	0,13
Эклогит, хр. Уралтау * (2)	48,86	3,66	12,12	4,61	10,36	0,11	7,50	9,23	3,12	0,20	0,23
Базальты по Дели * (12)	49,87	1,38	15,96	5,47	6,47	0,31	6,27	9,24	3,16	1,55	0,46

* Составы пород приведены к 100% без учета летучих.

В опытах при давлении 13 кбар и температуре 900—1000° отмечается появление редких мелких кристаллов граната (> 0,005 мм). Гранат является постоянным продуктом среди новообразованных минералов в опы-

тах при давлении 15 кбар и выше, размер кристаллов достигает 0,01—0,05 мм. Они располагаются как в интерстициях между кристаллами пироксена, так и в виде включений в крупные индивиды последнего; $N = 1,780$. Нижняя барическая граница образования кристаллов граната около 13 кбар. При 15 кбар породы плавятся при 1050°.

В интервале давлений 20—25 кбар основным минералом, кристаллизующимся из алевро-глинистого субстрата, также является клинопироксен. При кристаллизации из твердой фазы он слагает мелкозернистый (0,01—0,05 мм) агрегат с редкими зернами граната; при кристаллизации из расплава клинопироксен вырастает в виде крупных (до 1,5—2,0 мм) удлиненно-призматических и таблитчатых индивидов. Увеличивается количество кристаллов граната, который иногда преобладает над пироксеном. Полностью исчезает магнетит. Плавление породы при давлении 20 кбар происходит около 1100°.

В опытах, проведенных в относительно «сухих» условиях, без добавления воды, отмечается аналогичная последовательность образования минералов. Температура плавления при этом повышается на 100—150°, резко снижается скорость протекания реакции. Следует отметить, однако, что техника эксперимента не позволяет полностью исключить влияние воды, выделяющейся при дегидратации водосодержащих минералов и пиррофиллита — среды, передающей давление.

Таким образом, исходные алевролитовые глины при высоких давлениях и температурах переходят в два типа минеральных ассоциаций, устойчивых в различных термодинамических областях, это: клинопироксен + магнетит при давлении 7—12 кбар и температуре 800—1000° и клинопироксен + гранат + (магнетит) при давлении выше 13 кбар и температуре 800—1100°. Как по набору минералов, так и по качественной их характеристике последняя ассоциация минералов близка ассоциациям минералов метаморфических эклогитов. Переход осадочных пород алевро-глинистого состава в породу эклогитового типа происходит как в твердой фазе в присутствии воды, так и из расплава. Первый путь является моделью метаморфической перекристаллизации пород; второй имитирует вероятный процесс анатектического переплавления пород, возникающий в глубинных горизонтах литосферы лабильных геосинклинальных областей.

Условия формирования эклогитов находятся в тесной зависимости от состава исходных образований, влияния летучих, температурных, барических и других факторов. Присутствие воды в реакционной камере неизменно способствует снижению температуры плавления пород на 100—150°, а в случае твердофазного перехода резко ускоряет протекание реакции. Отсутствие в конечных продуктах экспериментов водосодержащих минералов свидетельствует, очевидно, о том, что давление нагрузки ($P_{\text{общ}}$) было выше парциального давления воды ($P_{\text{H}_2\text{O}}$).

Учитывая полученные экспериментальные данные по перекристаллизации пород осадочного происхождения, можно предположить, что при среднем геобарическом и геотермическом градиентах метаморфические эклогиты устойчивы в земной коре на глубинах 30—50 км⁽¹³⁾. Анализ геологических условий формирования эклогитов свидетельствует, однако, о том, что в подавляющем большинстве случаев они формируются в областях интенсивных тектонических движений и складчатости на значительно меньших глубинах. Так, образование метаморфических эклогитов комплексов верхнефранских варисцид, по данным Г. Штеттнера⁽¹⁴⁾, происходило на глубинах 10—15 км. Согласно расчетам, давление нагрузки на таких глубинах составляет 2,5—4,0 кбар. Однако локальные напряжения в этом районе за счет тектонических подвижек может поднять давление, как он считает, до 5,5—12 кбар. К аналогичным выводам о решающей роли тектонических напряжений, обуславливающих покрытие своеобразного «дефицита» по температуре и давлению при формировании

южно-уральских эклогитов, пришел и автор настоящей работы на основе анализа геологических и экспериментальных данных по перекристаллизации этих пород в различных термодинамических условиях ⁽⁵⁾.

Всесоюзный научно-исследовательский
институт синтеза минерального сырья
г. Александров

Поступило
27 IV 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ И. Ф. Трусова, Сов. геол., № 51 (1956). ² О. М. Розен, ДАН, 186, № 3 (1969). ³ И. Е. Медведева, Изв. высш. учебн. завед., геол. и разв., № 11 (1960). ⁴ А. Я. Архипенкова, Петрография и некоторые вопросы генезиса эклогитов д. Шубино (Ю. Урал), Автореф. кандидатской диссертации, М., 1962. ⁵ С. С. Горохов, ДАН, 200, № 2 (1971). ⁶ A. R. Alderman, Quart. J. Geol. Soc. London, 92 (1936). ⁷ P. Hahn-Weinheimer, Geol. Rundschau, 49, H 1 (1960). ⁸ А. В. Сидоренко и др., ДАН, 182, № 4 (1968). ⁹ О. М. Розен, Сов. геол., № 7 (1970). ¹⁰ А. Г. Давыдченко и др., Геол. и геофиз., № 1 (1970). ¹¹ С. С. Горохов и др., Тр. Всесоюзн. н.-п. инст. синтеза мин. сырья, 13 (1970). ¹² R. Daly, Igneous Rocks and the Depths of the Earth, N. Y., 1933. ¹³ В. В. Белоусов, Земная кора и верхняя мантия материков. «Наука», 1966. ¹⁴ G. Stettner, Gold. bavarica, № 60 (1969).