

Ксенолиты оливиновых габбро в лавах Кронцового вулкана (Восточная Камчатка)

Овсянников Г.Н.^{1,2}, Горбач Н.В.¹, Rogozin A.N.¹, Tobelko D.P.^{1,3}

Olivine gabbro xenoliths from the Kronotsky volcano rocks (Eastern Kamchatka)

Ovsyannikov G.N., Gorbach N.V., Rogozin A.N., Tobelko D.P.

¹ *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский;*

e-mail: george_ovs@mail.ru

² *МГУ им. М.В. Ломоносова, Геологический факультет, г. Москва*

³ *ГЕОХИ РАН им. В.И. Вернадского, г. Москва*

Ксенолиты оливинсодержащих, оливиновых габбро и габброноритов обнаружены на северном склоне Кронцового вулкана в лавах низко-К высоко-Fe базальтов и андезибазальтов. Ксенолиты интерпретированы как продукты кристаллизационной дифференциации очага Кронцового вулкана, P-T параметры предварительно оценены в 1100 °C и 3.47 кбар.

Кронцовый – крупнейший из стратовулканов фронтальной зоны Восточного вулканического пояса Камчатки (ВВП). Его постройка сложена преимущественно лавами и туфами толеитовых низко-К высоко-Fe базальтов и андезибазальтов (SiO_2 47.04-53.15 масс. %; K_2O 0.24-0.65 масс. %; FeO^*/MgO 1.2-2.89), реже андезитов [2].

Ксенолиты оливинсодержащих и оливиновых габбро, реже габброноритов обнаружены нами в лавах и бомбах на северном склоне вулкана и на острове Линдера Кронцового озера в ходе полевых работ 2022-2023 гг. [3]. Ксенолиты размером от 1 до 20 см в диаметре имеют пористую или массивную текстуру, структуру от мелкозернистой до крупнозернистой, резкие или размытые контакты с вмещающими породами, округлую, реже угловатую форму (рис. 1).

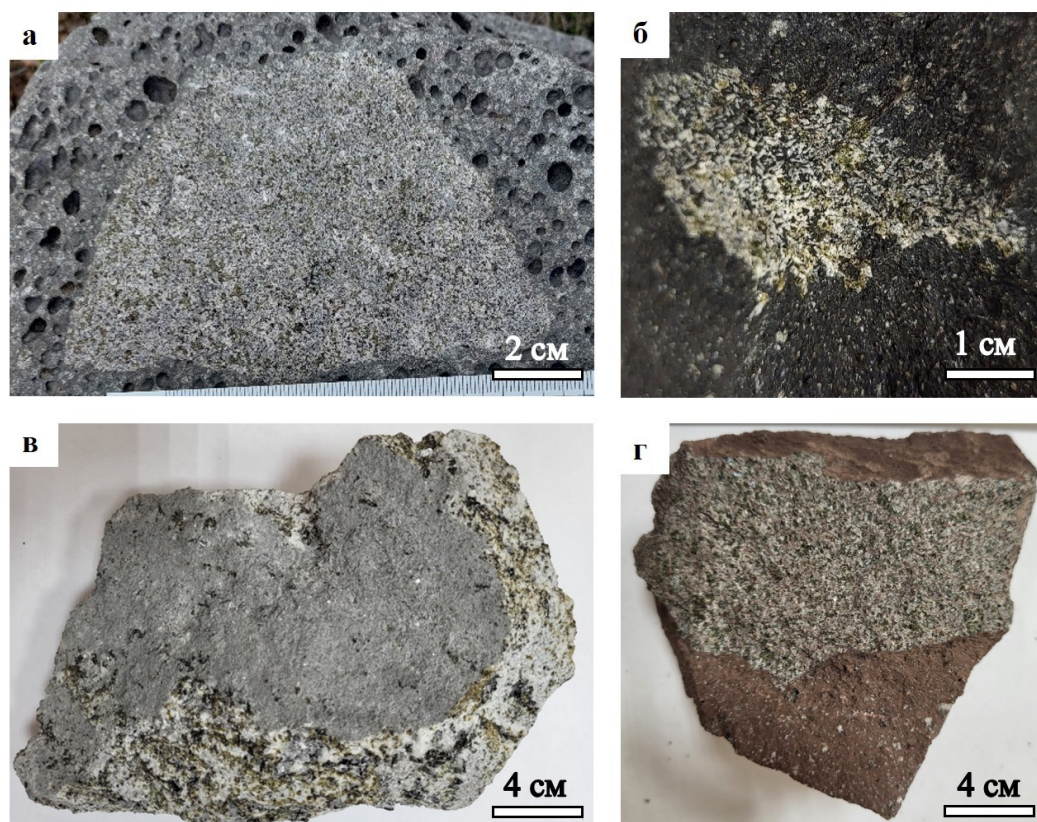


Рис. 1. Макрофото образцов ксенолитов из пород северного склона Кронцового вулкана. а – массивный ксенолит оливиновых габброноритов из пористых ОI-Срх-Pl андезибазальтов; б – пористый ксенолит оливиновых габбро из ОI-Срх базальтов; в – крупный массивный крупнозернистый ксенолит оливинового габбро из Орх-Срх-Pl андезита; г – слабопористый ксенолит среднезернистого оливинсодержащего габбро из измененного Орх-Срх-Pl андезита.

Петрографическое исследование

Микроскопически ксенолиты имеют офитовую и пойкилофитовую структуру с существенным идиоморфизмом удлиненного плагиоклаза (45-55 об. %) по отношению к клинопироксену (35-40 об. %) и ортопироксену (0-5 об. %). Кристаллы ксеноморфного оливина (5-10 об. %) содержатся в пироксенах или выделяются отдельно. Рудные минералы, как правило, не встречаются. Интерстиции в пористых ксенолитах заполнены минералами и стеклом вмещающей породы. Химический состав представительного ксенолита, масс. %: SiO₂ 50.60; TiO₂ 0.24; Al₂O₃ 20.50; FeO* 6.70; MnO 0.13; MgO 7.11; CaO 12.60; Na₂O 2.14; K₂O 0.12; P₂O₅ 0.01; (результаты нормированы; аналитик В.М. Чубаров, Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН). Параметры минерального состава ксенолитов и вмещающих пород отражены в таблице. Состав минералов определен при помощи электронно-зондового микроанализа в лабораториях Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (аналитик Т.М. Философова) и Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (аналитик Н.Н. Коротаева).

Таблица. Параметры фенокристаллов ксенолитов и вмещающих пород северного склона Кроноцкого вулкана

| | Оливин, Fo, мол. % | Плагиоклаз, An, мол. % | CPX, Mg# | OPX, Mg# |
|----------------|-----------------------|---------------------------|-----------|-----------|
| Ксенолиты | 66-76; 71 | 71-85; 76 | 75-79; 76 | 70-78; 74 |
| Вмещающие | | | | |
| Базальты | 65-83; 75 | 67-81; 72 | 58-84; 74 | – |
| Андезибазальты | 62-80; 69 | 66-84; 75 | 44-72; 56 | – |
| Андезиты | – | 63-80; 72 | 65-79; 69 | 49-66; 56 |

Примечание. Через тире указаны вариации значений, после точки с запятой – средние. Прочерк в таблице означает систематическое отсутствие минерала в данном типе пород.

Взаимодействие ксенолитов с вмещающими породами

На основе петрографического изучения выделено три типа взаимодействия ксенолита и вмещающей породы – (1) отсутствие видимых изменений ксенолита; (2) частичное плавление внешних кайм минералов ксенолитов, локальная закалка стекла вмещающей породы, образование новых внешних зон на минералах ксенолита; (3) существенное плавление минералов ксенолита в его краевых частях, образование ортопироксен-титаномагнетитовых симплектитов по оливину, замещение моноклинного пироксена ромбическим, изменение содержания кальция в пороодообразующих минералах, образование сростаний титаномагнетита, ильменита и сульфидов железа, окисление данных минералов. Реакционные взаимодействия тем существеннее, чем больше разница валового состава ксенолита и породы, они наиболее проявлены в андезибазальтах и андезитах (рис. 2).

Оценка параметров образования ксенолитов

Параметры образования ксенолитов предварительно оценены по двупироксеновому геобарометру и геотермометру [8] в 3.47 Кбар и 1100.7 °С соответственно.

Обсуждение результатов

Минералогические особенности ксенолитов не позволяют отнести их к алливалитам, многократно описанным для объектов фронтальной зоны ВВП [1, 4, 6]. Оливин изученных ксенолитов содержит меньше форстеритовой, а плагиоклаз – меньше анортитовой компоненты, чем в алливалитах, кроме того, отмечается значительное содержание пироксенов.

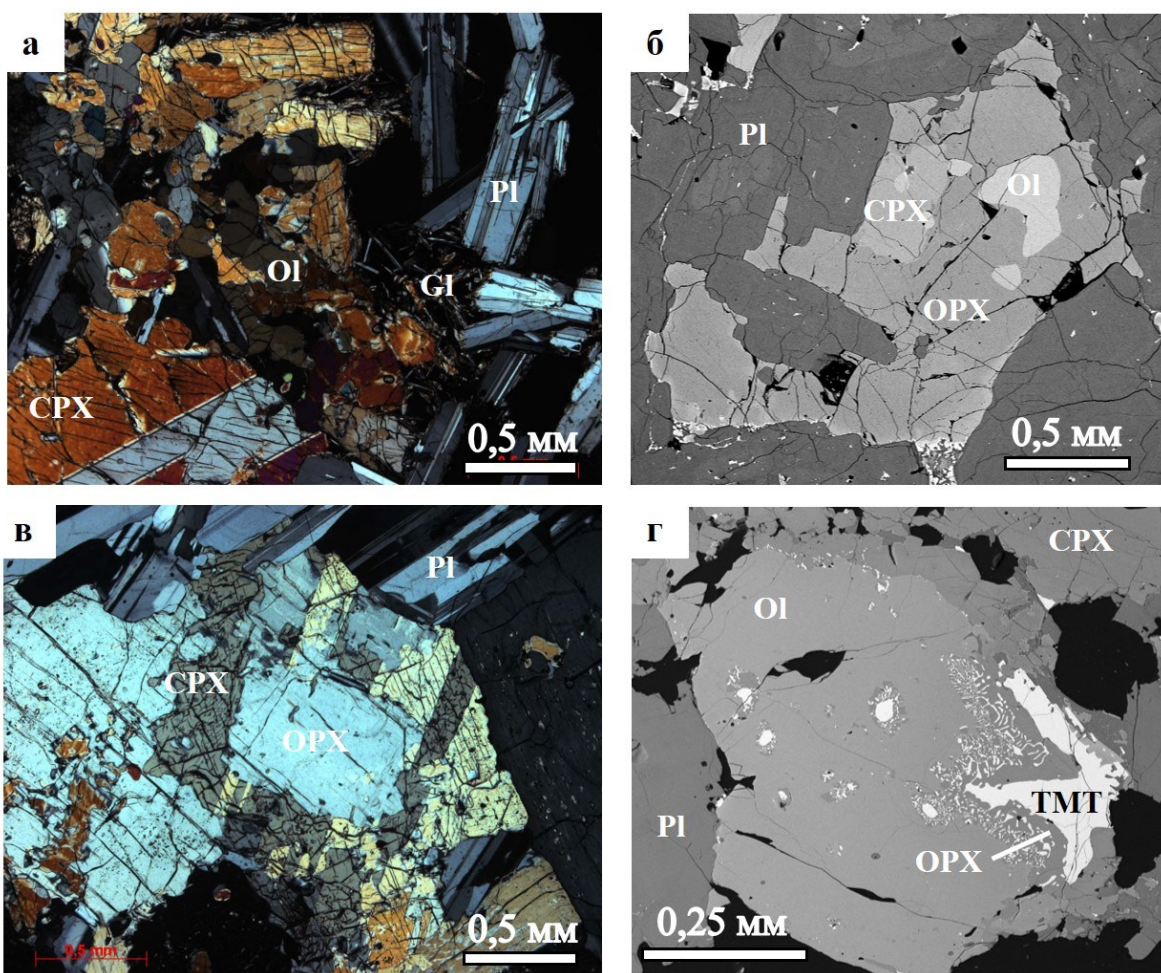


Рис. 2. Микрофото образцов ксенолитов из пород северного склона Кроноцкого вулкана. а – слабопористое оливинсодержащее габбро с продуктами кристаллизации вмещающего андезибазальта в интерстициях, б – ойокристалл клинопироксена с вростками ортопироксена и оливина в окружении идиоморфных кристаллов плагиоклаза в оливиновом габбронорите. По паре ортопироксен-клинопироксен определены Р-Т параметры, в – реакционное взаимодействие оливинового габбро и Орх-Срх-Pl андезита: ортопироксен замещает клинопироксен, г – реакционное взаимодействие оливинового габбро и Срх-Pl андезибазальта: развитие ортопироксен-титаномагнетитовых симплектитов по оливину. Фото а, б – в проходящем свете в скрещенных николях, фото в, г – в отраженных электронах (аналитики Т.М. Философова, Н.Н. Коротаева). Pl – плагиоклаз, Ol – оливин, CPX – клинопироксен, OPX – ортопироксен, Gl – стекловатый участок вмещающей породы с микролитами, TMT – титаномагнетит.

На основе сходства химического и минерального составов ксенолитов и вмещающих пород Кроноцкого вулкана (рис. 3) мы предполагаем, что ксенолиты являются продуктами кристаллизационной дифференциации толеитового расплава в его магматическом очаге. Оливин вмещающих пород в целом более магнезиальный, чем оливин ксенолитов, а в некоторых случаях демонстрирует обратную зональность, что может быть связано с поступлением в магматический очаг менее дифференцированных порций расплава с последующим выносом кристаллической каши и твердых фрагментов габбро. Структурно-текстурные и минералогические особенности изученных ксенолитов схожи с ксенолитами вулкана Килауэа [7], которые интерпретированы как дифференциаты расплавов в магматическом очаге. Полученные нами оценки Р-Т параметров образования ксенолитов близки к таковым для магматического очага базальтов вулкана Жупановский — еще одного крупного объекта во фронтальной зоне ВВП [5].

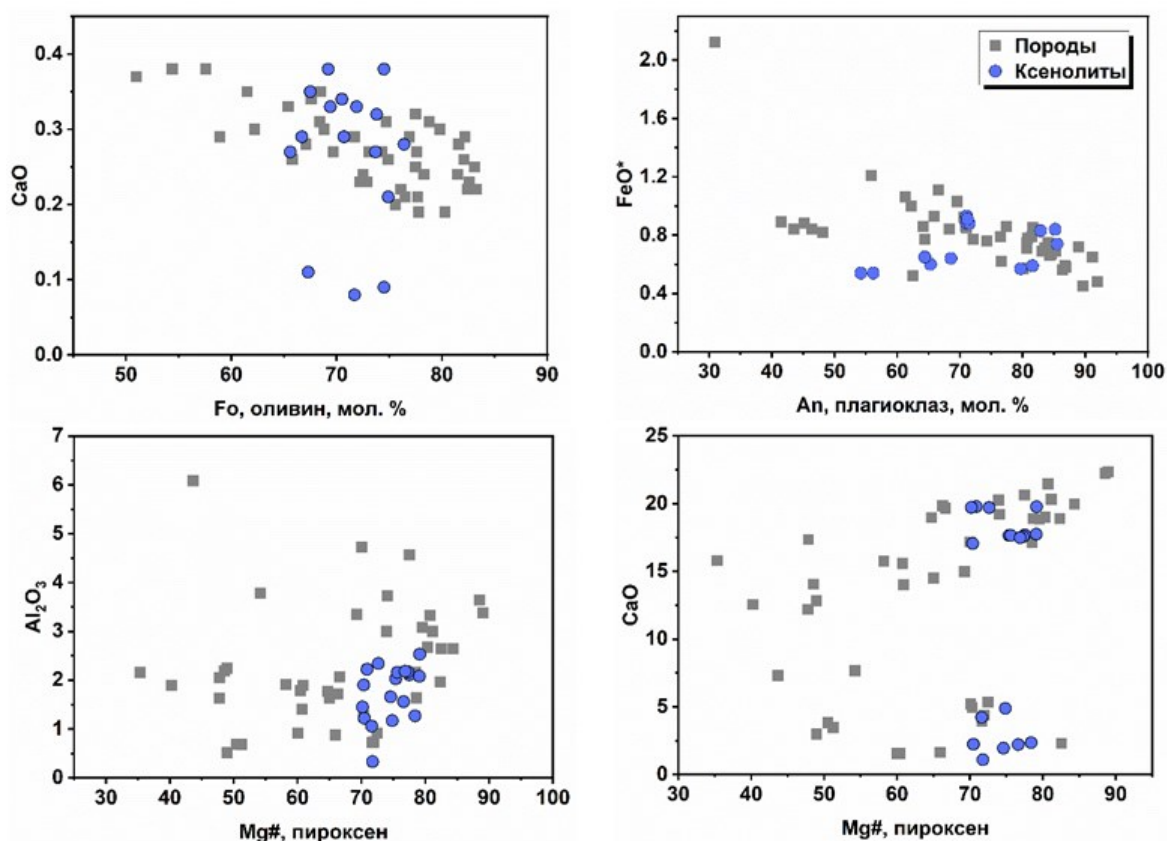


Рис. 3. Диаграммы CaO, масс. %–Fo, мол. %, FeO* масс. %–An, мол. %, Al₂O₃, масс. %–Mg#, CaO, масс. %–Mg# для сравнения составов оливина, плагиоклаза и пироксенов пород и ксенолитов северного склона Кроноцкого вулкана. $Mg\# = Mg/(Mg+Fe^{2+}+Fe^{3+}+Mn)$.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 23-27-00053 «Условия происхождения и эволюции магм во фронтальной зоне островной дуги на пример вулкана Кроноцкого (Восточная Камчатка)» (<https://rscf.ru/project/23-27-00053/>).

Список литературы

1. Вольнец О.Н., Щека С.А., Дубик Ю.М. Оливин-анортитовые включения вулканов Камчатки и Курил // Включения в вулканических породах Курило-Камчатской островной дуги. М.: Наука. 1978. С. 124-167.
2. Горбач Н.В., Rogozin A.H. Особенности геологического строения и состава пород вулкана Кроноцкого – крупнейшего стратовулкана фронтальной зоны Восточного вулканического пояса Камчатки // Вулканология и сейсмология. 2023. № 5. С. 26-45.
3. Горбач Н.В., Rogozin A.H., Овсянников Г.Н. Полевые работы на северных склонах Кроноцкого вулкана в июле-августе 2023 г. // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2023. № 4. Вып. 60. С. 114-121. <https://doi.org/10.31431/1816-5524-2023-4-60-114-121>
4. Плечов П.Ю., Шишкина Т.А., Ермаков В.А., Портнягин М.В. Условия формирования алливалитов – оливин анортитовых кристаллических включений – в вулканитах Курило-Камчатской дуги // Петрология. 2008. Т. 16. № 3. С. 275-276.
5. Плечова А.А., Портнягин М.В., Базанова Л.И. Происхождение и эволюция исходных магм фронтальных вулканов Камчатки по данным изучения магматических включений в оливине вулкана Жупановский // Геохимия. 2011. № 8. С. 787-812.
6. Шишкина Т.А., Плечов П.Ю., Портнягин М.В. Условия формирования оливин-плагиоклазовых кумулятов вулкана Ксудач (Камчатка) // Геология и разведка. 2009. № 1. С. 8-17.
7. Fodor R.V., Moore R.B. Petrology of gabbroic xenoliths in 1960 Kilauea basalt: crystalline remnants of prior (1955) magmatism // Bulletin of Volcanology. 1994. V. 56. P. 62-74.
8. Putirka K.D. Thermometers and barometers for volcanic systems // Reviews in mineralogy and geochemistry. 2008. V. 69. №. 1. P. 61-120.