

Моногенный вулканизм Малко-Петропавловской зоны поперечных дислокаций: оценка вулканоопасности для территории Авачинского залива, городов Вилючинск и Петропавловск-Камчатский

О.В. Бергаль-Кувикас^{1,2,3,4}, И.Н. Биндеман^{2,5}, А.В. Чугаев², О.Р. Хубаева^{1,3}

¹ *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: kuvikas@mail.ru*

² *Минералогический музей имени А.Е. Ферсмана РАН, Москва*

³ *Институт физики Земли РАН, Москва*

⁴ *Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва*

⁵ *Университет Орегона, Орегон, США*

В работе представлены результаты комплексного изучения моногенного вулканизма в Малко-Петропавловской зоне поперечных дислокаций (МПЗ), высказывается предположение о формировании моногенного вулканизма на границах разновозрастных слэбов, на продолжении Авачинского трансформного разлома. В районе МПЗ проживает около 75 % населения (~250 тыс. чел.) Камчатки, поэтому изучение вулканоопасности актуально.

Проблема исследования

В зонах субдукции вулканизм представляет собой индикатор глубинных процессов, происходящих на мантийном (включая зону плавления слэба) и коровом уровнях. Ареальный моногенный вулканизм, как правило, свидетельствует о наличии региональных зон дислокаций и долгоживущих глубинных разломов.

На Камчатке, в районе МПЗ, широко проявлен моногенный вулканизм в форме шлаковых конусов в долинах рек Паратунка и Большой Виллой, в районе г. Вилючинск, на побережье Халактырского пляжа и территории Авачинского залива, а также в форме экструзивных куполов в районе г. Петропавловск-Камчатский (рис. 1). По данным Росстата [5], порядка 250 тыс. человек проживает в городах Петропавловск-Камчатский, Вилючинск и Елизово. Тут же расположен аэропорт и морской торговый порт, где в летний период времени останавливаются туристические лайнеры из Тихоокеанского-Азиатского региона. Таким образом, изучение моногенного вулканизма является важной проблемой не только с научной точки зрения, но и актуально для социально-экономического развития региона.

Результаты и обсуждение

Моногенный вулканизм МПЗ включает в себя шлаковые конуса и экструзивные купола. Голоценовые моногенные шлаковые конуса представлены магнезиальными оливин-содержащими базальтами (50-53 мас. % SiO₂, 6.5-7.7 мас. % MgO, 0.8-0.9 мас. % K₂O) с относительно высокими содержаниями флюид-немобильных элементов (3.5-4.25 ppm Nb, 4-7 ppm Ta), в то время как экструзивный купол г. Мишенной, расположенный в центре г. Петропавловска-Камчатского, сложен роговообманковыми андезитами (~57 мас. % SiO₂, ~3 мас. % MgO, ~0.7 мас. % K₂O). По данным Шеймовича с соавторами [6], возраст образования г. Мишенной оценивается в 600 тыс. лет. Магмы плиоцен-голоценовых стратовулканов Корякский, Авачинский, Козельский варьируют от андезитов до дацитов с содержанием SiO₂ 52-62 мас. %, MgO 2-6 мас. %, K₂O 0.5-1.3 мас. %) и характеризуются относительно низкими содержаниями флюид-немобильных элементов (1-4 ppm Nb, 2-5 ppm Ta). Изотопный состав Pb в породах варьирует в относительно широких диапазонах: для ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb от 18.231 до 18.502, для ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb от 15.493 до 15.598, и для ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb от 37.991 до 38.321. Масштабы вариаций, оцененных коэффициентами вариаций v (%), всех трех изотопных отношений Pb близки и составляют $v_{6/4} = 0.29$, $v_{7/4} = 0.14$ и

$v_{8/4} = 0.20 \%$. Эти вариации (прежде всего, по $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) не могут быть объяснены разновозрастностью изученных магматических образований. Таким образом, они отражают первичную неоднородность магматических расплавов по изотопному составу Pb, что может свидетельствовать как о гетерогенности мантийного источника, так и о процессах контаминации мантийных расплавов на коровом уровне.



Рис. 1. Фото моногенных конусов и экструзивного купола МПЗ.

Наличие долгоживущего Авачинского трансформного разлома на субдущирующей плите [1], морфология континентального шельфа [4], наличие низкоскоростной аномалии на глубинах 60-120 км [7], фиксирование повышенной электропроводности верхней коры [3], повышенный тепловой поток и фиксирование различных разрывных нарушений [2] подтверждают наличие аномальной зоны в районе МПЗ. Происхождение данной зоны связано с историей формирования Тихоокеанской плиты и северо-западного обрамления Пацифики [4]. По границе Авачинского трансформного разлома происходила аккреция разновозрастных террейнов палеодуг к континентальной окраине и формирование вулканических поясов на севере от МПЗ, на юге отмечено наличие долгоживущего вулканического пояса, формирующего начало Курильской островной дуги (рис. 2).

Заключение

Моногенный вулканизм МПЗ и аномальные геохимические характеристики магм моногенных вулканов, наряду с геофизическими наблюдениями, свидетельствуют о наличии границы слэбов в районе МПЗ, формировавшихся в результате длительной эволюции субдущирующейся Тихоокеанской плиты.

Так как генерируемые моногенные вулканы являются одноактными образованиями, предугадать их локализацию в широкой области поперечных дислокаций довольно сложно. Тем не менее, основываясь на изучении предыдущих

извержений, вулканопасность заключается в формировании воронок взрывов, шлаковых конусов, лавовых потоков, маломощных эксплозивных извержений. Если извержение произойдет на территории Авачинского залива, в том числе и в Авачинской губе, возможны фреато-магматические взрывы и изменения береговой линии.

Для обеспечения безопасности населения и инфраструктуры городов необходимо проводить постоянный мониторинг изменения среды, в том числе постоянные сейсмические наблюдения, газовые измерения, измерения деформации земной коры. Применение разных методов мониторинга позволит минимизировать риски.

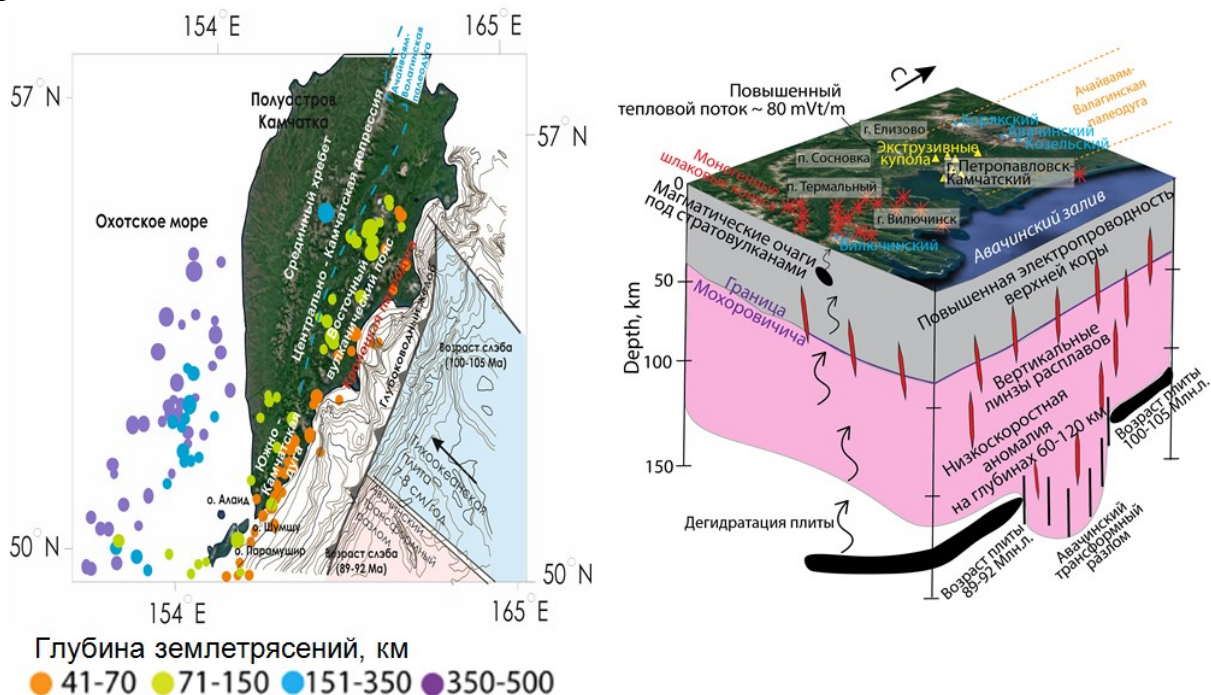


Рис. 2. Геолого-геофизическое строение Камчатки и положение МПЗ на границах разновозрастных слэбов. Проявления моногенного вулканизма показаны на врезке красными звездочками (шлаковые конуса) и жёлтыми треугольниками (экструзивные купола).

Благодарности

Аналитические работы по измерению петрогенных элементов выполнены в центре коллективного пользования ИГЕМ РАН за счет гранта РНФ № 19-17-00241. Полевые работы финансировались за счет мегагранта Минобрнауки РФ 14.W03.31.0033. Анализ изотопного состава Pb проведен при финансовой поддержке гранта № 13.1902.21.0018. Благодарим И. Утешева, О. Петрова, Р. Кулиш за помощь в проведении полевых работ, Л.И. Базанову, О.В. Дирксена, И.В. Мелекесцева за консультации и научные дискуссии о геологическом строении МПЗ.

Список литературы

1. Андреев А.А. Трансформные разломы земной коры северо-запада Тихого океана // Тихоокеанская геология. 1993. № 3. С. 14-20.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации 1:200 000. Серия Южно-Камчатская. Листы N-57-XXI (Северные Коряки), N-57-XXVII (Петропавловск-Камчатский), N-57-XXXIII (Сопка Мутновская): Объясн. зап. М., 2000. 302 с.
3. Логинов В.А., Гонтовая Л.И. Структура литосферы в районе Авачинско-Корякской группы вулканов по геофизическим данным (Камчатка) // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы XXIII ежегодной научной конференции, посвящённой Дню вулканолога, 2020 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2020. С. 107-109.
4. Селиверстов Н.И. Строение дна прикамчатских акваторий и геодинамика зоны сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг. М.: Научный мир, 1998. 164 с.

5. Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru>. Дата обращения: 1 ноября 2020 г.
6. Шеймович В.С., Головин Д.И., Герцев Д.О. Андезитовая экструзия горы Мишенной (Камчатка) и ее возраст // Вулканология и сейсмология. 2007. №. 4. С. 41-47.
7. Gontovaya L.I., Popruzhenko S.V., Nizkous I.V. Upper mantle structure in the ocean-continent transition zone: Kamchatka // Journal of Volcanology and Seismology. 2010. V. 4. № 4. P. 232-247.