

**Возраст и масштаб сильнейших эксплозивных извержений в районе кальдеры Пальцевской (Восточная Камчатка)****Л.И. Базанова<sup>1</sup>, В.В. Пономарева<sup>1</sup>, М.В. Портнягин<sup>2,3</sup>, А.Б. Перепелов<sup>4</sup>**<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: bazli@kscnet.ru*<sup>2</sup> *Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва;*<sup>3</sup> *GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research, Киль, Германия*<sup>4</sup> *Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск*

Мы представляем новые данные о крупнейших эксплозивных извержениях в районе «забытой» кальдеры Пальцевской 0,9-1,3 млн. лет назад. Проксимальные пирокластические отложения представлены мощными толщами пемз и игнимбритов, а удаленная тефра залегает в осадках Тихого океана и оз. Эльгыгытгын (Чукотка) на расстоянии до 1500 км от источника. Объем тефры одного из последних извержений превышал 140 км<sup>3</sup>, а магнитуда достигала семи.

Одной из предпосылок прогноза будущих гигантских извержений является понимание масштаба и повторяемости аналогичных событий в прошлом. Однако реконструкция извержений на основе изучения пирокластических отложений вблизи эруптивных центров крайне трудна из-за сложной стратиграфии пирокластических толщ, лишь частичной их обнаженности и подверженности эрозии. Кроме того, изучение лишь проксимальной пирокластике не дает возможности адекватно оценить объем изверженных продуктов, не учитывая значительную их часть, представленную тефрой дальнего разноса. Исследования тефры, захороненной в непрерывно накапливающимся морских и озерных осадках, восполняют этот пробел, позволяя получить летопись эксплозивных извержений и более корректно оценить их масштаб. Так, сводная колонка осадков подводной горы Детройт (Тихий океан, ~600 км на восток от Камчатки) содержит 140 датированных прослоев тефры, захороненной здесь за последние 6 млн. лет, в то время как многолетние исследования на Камчатке позволили описать вблизи вулканов не более 50 пемзовых и игнимбритовых толщ и датировать с разной степенью точности не более сорока из них.

Мощные толщи игнимбритов и пемз широко распространены в бассейнах рек Богачевка и Сторож и участвуют в строении фундамента Гамченской группы вулканов (рис. 1, 2). Некоторые исследователи выделяли здесь две отдельные пирокластические толщи с возрастaми 4-2 и 2-1 млн. лет [1, 3], и действительно, единственная Ar-Ar дата 1,29±0,01 млн. лет, впоследствии полученная для низа верхней толщи [4], вполне соответствует прежним оценкам ее возрастa. Пирокластические толщи включают по несколько остывших единиц, которые, как предполагалось, сформировались в результате ряда последовательных извержений, разделенных длительными перерывами и эпизодами эрозии [3]. А.Е. Шанцер и Т.С. Краевая ещё в 1980 г. уверенно обосновали наличие здесь кальдеры диаметром ~11 км, названной ими Пальцевской [3], с которой могли быть связаны местные игнимбриты, но затем эта кальдера была забыта и в более поздних работах не упоминалась [например, 2].

В 1979 г. Л.И. Базановой и А.Б. Перепеловым были детально изучены и опробованы разрезы игнимбритовых толщ в бортах долин рек Богачевка, Трухинка и Сторож (урочище Оленья тундра) (рис. 1). Строение наиболее представительных из них в долине р. Богачевка в целом соответствует описанной А.Е. Шанцером и Т.С. Краевой последовательности отложений в хр. Тумрок [3]. Низы разреза сложены вулканогенно-осадочными образованиями мощностью до 50-60 м, залегающими на эродированной поверхности терригенных отложений палеогена [2, 3]. Выше они сменяются агломератовыми туфами основного состава, иногда с единичными маломощными (до 2

м) потоками базальтов и пачками (1-2 м) почти рыхлой тефры андезитового состава. Как правило, эта часть разреза венчается горизонтом мощных (до 10-15 м) валунных конгломератов. Выше следует эффузивная часть разреза с серией различных по мощности (3-15 м) базальтовых потоков и пачками агломератовых туфов (до 20-25 м), содержащих обломки эффузивов и прослой пеплов. Общая мощность эффузивной пачки 90-110 м.

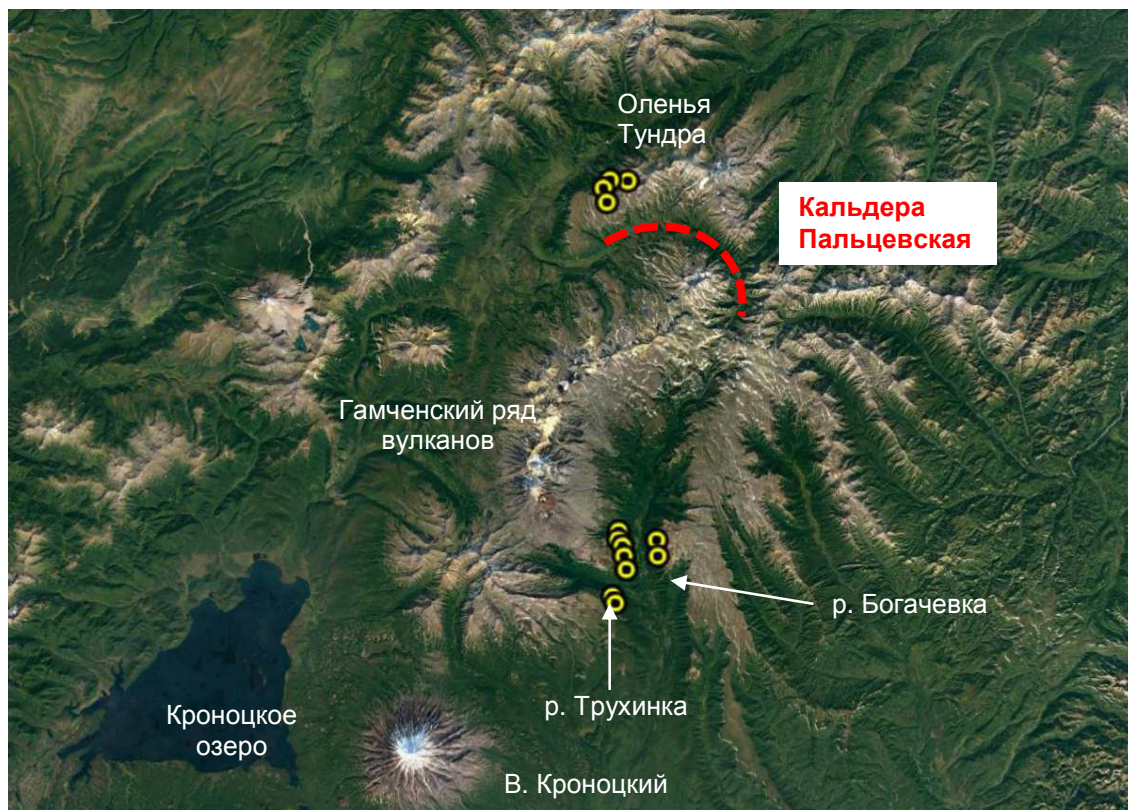


Рис. 1. Положение кальдеры Пальцевской и изученных разрезов игнимбритов (желтые кружки)

Игнимбритовая толща мощностью 120-160 м надстраивает разрез и в свою очередь перекрывается мощными (более 100 м) покровными лавами, бронирующими поверхность плато. В игнимбритовой толще насчитывается не менее трех остывших единиц мощностью до 30 м, часто с зональным строением. В таких случаях наблюдаются постепенные переходы от рыхлых агломератовых разностей через слабо спекшиеся к собственно игнимбрикам. Несваренные зоны представлены либо мелкообломочными светлыми пемзовыми туфами, либо черными туфами с обилием стекловатых бомб и лапилли. Отдельные единицы игнимбритов разделяются пачками слоистых аллювиальных и пролювиальных отложений (до 15 м), иногда с четкими эрозионными границами, а также горизонтами агломератовых туфов основного состава и лав, что подтверждает выводы о перерывах между игнимбриксообразующими извержениями, сделанные в работе [3]. Изученный нами разрез урочища Оленья тундра в целом аналогичен вышеописанному. Прослеживание фациальных переходов и возможных несогласий внутри толщ затруднено, поскольку борта обследованных нами долин частично задернованы, а обнажения местами закрыты осыпями.

В 2018 г. мы геохимически охарактеризовали серию образцов пемз и игнимбритов района с помощью анализа индивидуальных частиц вулканического стекла с применением электронного зонда и метода масс-спектрометрии индуцированной плазмы с лазерной абляцией (LA-ICP-MS). Анализы выполнялись в Гельмгольц Центре исследований океана ГЕОМАР и Университете г. Киль (Германия) по методике, разработанной М.В. Портнягиным [6, 7]. Было получено 450

микрондных анализов вулканического стекла из 23 образцов игнимбритов и пеплов и 88 LA-ICP-MS анализов стекла из 14 образцов. Изученные пемзы и игнимбриты содержали как свежее, так и полностью девитрифицированное стекло. Последнее анализировалось только с помощью LA-ICP-MS анализа. Поскольку большое количество элементов-примесей не обнаруживают мобильности в процессе изменения вулканического стекла в спекшихся туфах, они могут использоваться для прямого сравнения составов этих туфов и стекол в удаленной тефре [7]. Наши новые данные были сравнены с ранее полученными нами данными о химическом составе стекла из прослоев удаленной тефры, залегающих как в наземных, так и морских отложениях.

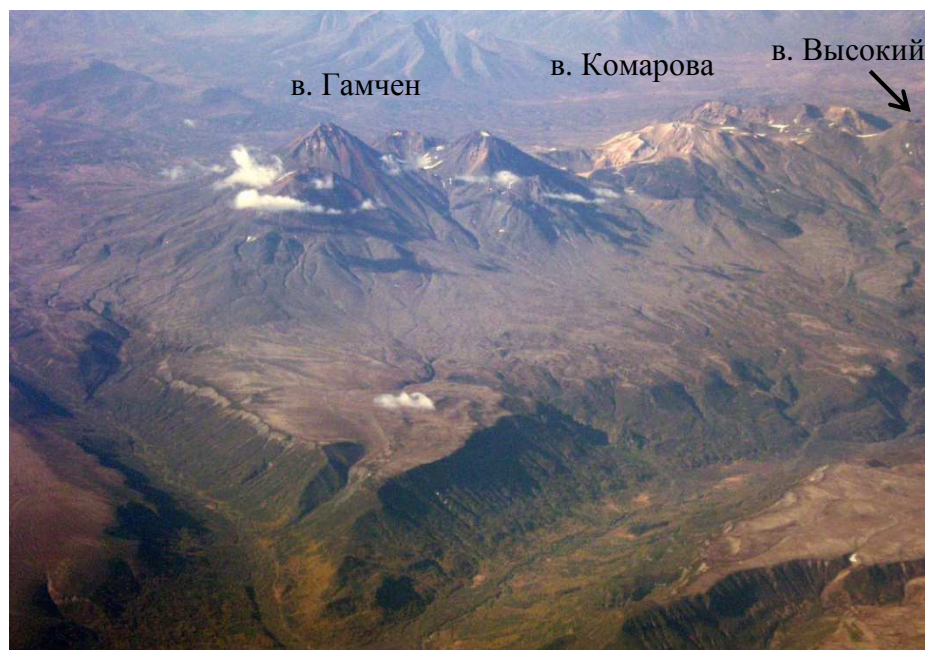


Рис. 2. Позднеплейстоцен-голоценовые вулканы Гамченской группы расположены на плато, сложенном раннеплейстоценовыми игнимбритами и перекрывающими их покровными лавами. Вид на северо-запад. На переднем плане слияние рек Богачевка (справа) и Трухинка (слева), в бортах которых изучались разрезы игнимбритов.

Удаленные тефры, близкие по составу пирокластике района кальдеры Пальцевской, были обнаружены в ранее изученных нами осадочных колонках Тихого океана и оз. Эльгыгытгын (Чукотка) (рис. 3А). Стекло из тефры Т3, которая слагает самый мощный (7 см) из восьми пепловых горизонтов, описанных в колонке оз. Эльгыгытгын (рис. 3Б) [5], очень близко по составу игнимбриту самой верхней единицы (1082-79) в долине р. Богачевки (рис. 3В). Согласно возрастной модели данной колонки, возраст тефры Т3 оценивается в 0,918 млн. лет, и действительно, коррелирующийся с ней игнимбрит залегают в разрезе выше, чем игнимбрит с возрастом ~1,29 млн. лет [4]. Близкие по составу и возрасту тефры мощностью до 10 см были обнаружены также в кернах из глубоководных скважин 882 и 884, полученных в ходе рейса 145 программы океанического бурения (ODP). Скважины расположены на подводной горе Детройт, в ~600 км на восток от Камчатки (рис. 3А). Полученные как по проксимальным, так и по удаленным разрезам данные позволяют говорить о серии сильнейших эксплозивных извержений в районе кальдеры Пальцевской 0,9-1,3 млн. лет назад. Магнитуда извержения, давшего тефру Т3, достигала семи, а объем тефры превышал 140 км<sup>3</sup>. К игнимбритам и пемзам этих извержений близки по составу продукты голоценовых вулканов Высокий и Комарова, входящих в Гамченскую группу (рис. 2). Последнее извержение в. Комарова произошло всего несколько сотен лет назад, что говорит о сохраняющейся активности этого вулканического центра. Мы



надеемся, что дальнейшие исследования позволят нам установить количество крупных извержений, произошедших в течение выявленного нами периода активности, и оценить их возраст.

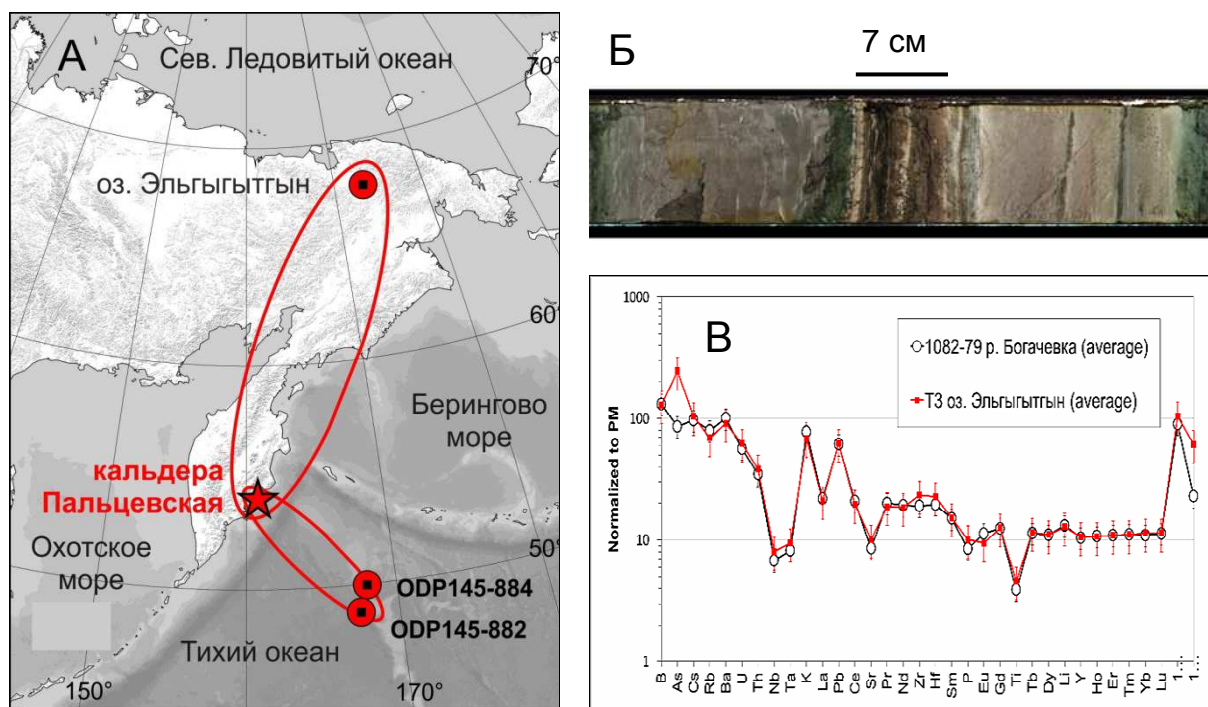


Рис. 3. Тефра дальнего разноса, связанная с извержениями в районе кальдеры Пальцевской. А - Схема распространения тephры извержений Пальцевского эруптивного центра. Б - Тephра ТЗ в осадочной колонке оз. Эльгыгытгын. В - Сопоставление микроэлементного состава вулканического стекла из верхней единицы игнимбритов в долине р. Богачевка и из удаленного пепла ТЗ в осадочной колонке оз. Эльгыгытгын (Чукотка).

Исследования выполнялись в рамках проекта РНФ №16-17-10035.

### Список литературы

1. Вулканический центр: строение, динамика, вещество (Карымская структура) / Отв. ред. Ю.П. Масуренков. М.: Наука, 1980. 300 с.
2. Геологическая карта, лист N-57-XI, 1:200000. СПб.: ВСЕГЕИ, 1994.
3. Шанцер А.Е., Краевая Т.С. Хребет Тумрок. Формационные ряды наземного вулканического пояса (на примере позднего кайнозоя Камчатки) / Отв. ред. К.Н. Рудич. М.: Наука, 1980. С. 33–64.
4. Bindeman I.T., Leonov V.L., Izbekov P.E. et al. Large-volume silicic volcanism in Kamchatka: Ar-Ar, U-Pb ages and geochemical characteristics of major pre-Holocene caldera-forming eruptions // J. Volcanol. Geoth. Res. 2010. Vol. 189. No. 1, 2. P. 57–80.
5. van den Bogaard C., Jensen B. J. L., Pearce N. J. G. et al. Volcanic ash layers in Lake El'gygytyn: eight new regionally significant chronostratigraphic markers for western Beringia // Clim. Past. 2014. Vol.10. P. 1041–1062.
6. Ponomareva V., Portnyagin M., Pendea F. et al. A full Holocene tephrochronology for the Kamchatky Peninsula region: applications from Kamchatka to North America // Quaternary Science Reviews. 2017. Vol. 168. P. 101–122.
7. Ponomareva V., Bubenshchikova N., Portnyagin M. et al. Large-magnitude Pauzhetka caldera-forming eruption in Kamchatka: Astrochronologic age, composition and tephra dispersal // J. of Volcanology and Geothermal Research. 2018. Vol. 366. P. 1–12.