

**Вулканические и палеогеографические события в районе современного пос. Ключи за последние 30 тыс. лет****В.В. Пономарева<sup>1</sup>, Н.В. Горбач<sup>1</sup>, И.Ф. Пендза<sup>2</sup>, М.В. Портнягин<sup>3,4</sup>, А.Н. Rogozin<sup>1</sup>, Е.С. Кляницкий<sup>1</sup>, А.А. Плечова<sup>3</sup>**<sup>1</sup>*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: ponomareva@kscnet.ru*<sup>2</sup>*Lakehead University, Sustainability Sciences Department, Orillia, L3V0B9, Канада*<sup>3</sup>*Институт геохимии и аналитической химии им. В.И.Вернадского РАН, Москва*<sup>4</sup>*GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research, Киль, Германия*

Исследования позднечетвертичных отложений в районе пос. Ключи (Камчатка) позволили установить и датировать природные события, происходившие здесь в последние 30 тысяч лет. Среди них лавовые излияния из региональной трещинной зоны, наложенной на массив Плоских сопок, мощные пеплопады удаленных вулканов, андезитовый этап активности вулкана Заречного, образование и спуск большого подпрудного озера и таяние ледников подножия в. Шивелуч.

Последние 11 тысяч лет территория современного пос. Ключи находилась в довольно стабильных условиях и не подвергалась воздействию катастрофических геологических процессов. Отложения этого времени представлены здесь только почвенно-пирокластическим чехлом, в котором в виде прослоев тефры мощностью до 9 см запечатлены крупные пеплопады, связанные с извержениями как близко расположенных вулканов Шивелуч, Ушковский, Ключевской и Безымянный, так и удаленных вулканов Кизимен, Хангар и Ксудач [7]. Однако, около 30 тысяч лет назад этот район в прямом смысле был ареной взаимодействия воды, льда и пламени, что запечатлено отложениями различного генезиса.

В 2013-2018 гг. в районе пос. Ключи нами было исследовано около двадцати разрезов ледниковых и озерных отложений, а также описаны заключенные в них прослойки вулканических пеплов. Затем все пеплы (около 80 образцов) были геохимически охарактеризованы с помощью анализа индивидуальных частиц вулканического стекла с применением электронного зонда и метода масс-спектрометрии индуцировано-связанной плазмы с лазерной абляцией (LA-ICP-MS). Анализы выполнялись в Гельмгольц Центре исследований океана ГЕОМАР (Германия). Для одного из разрезов было получено 8 радиоуглеродных дат методом ускорительной масс-спектрометрии в лаборатории Бета Аналитикс (США). Полученные геохимические данные позволили провести корреляции горизонтов тефры между разрезами и таким образом распространить полученные в одном разрезе возрасты на другие разрезы.

Пос. Ключи и прилегающие к нему территории расположены на толще предположительно средне- и позднечетвертичных лав мощностью около 900 м, вскрытых скважиной пробуренной в 2005-2007 гг. с целью поиска термальных вод [2]. Верхние потоки этой толщи, которые обнажаются вдоль берега р. Камчатки и вскрываются на территории пос. Ключи котлованами и канавами (рис. 1), по составу отвечают мегаплагиофировым трахиандезибазальтам и тяготеют к региональной трещинной зоне, наложенной на массив Плоских сопок [6]. Лавы перекрыты пачкой озерных отложений, которые содержат хорошо выраженные горизонты тефры (рис. 2). В самом низу разреза залегают три маркирующие тефры, возраст которых на основании полученных нами дат можно оценить в ~30 тыс. лет. Нижний из прослоев, возможно связанный с извержением в районе кальдеры Гейзерной, залегают прямо на лавах, выполняя понижения лавового рельефа и смешиваясь с частицами корки лавового потока (рис. 2). Такое залегание дает основания полагать, что выпадение пепла произошло вскоре после излияния лав и не отделялось от него периодом эрозии. Таким

образом, возраст лав в районе пос. Ключи удалось оценить в 30 тыс. лет с помощью тефрохронологического метода, который ранее использовался на Камчатке только для датирования голоценовых лав (например, [1]). Именно такой возраст (30-40 тыс. лет) и предполагался для этих лав И.В. Мелекесцевым на основании геоморфологических данных [3], но до сих пор датировать их не удавалось.



Рис. 1. Поверхность лавового потока, вскрытая котлованом на ул. Школьной. В стенке котлована обнажаются рыхлые отложения позднеплейстоцен-голоценового возраста общей мощностью ~8 м (рис. 2).

Ритмично-слоистые отложения, перекрывающие лаву, свидетельствуют о длительном пребывании этой территории под водами обширного озера. Мы практически не обнаружили на лавах закалочной корки, которая могла бы образоваться, если бы лавы втекали в озеро. Поэтому мы полагаем, что озеро образовалось после остывания лав. Более детально оценить время затопления этой территории можно будет после изучения осадка между нижними горизонтами тефры.

Во время последнего оледенения территория пос. Ключи оказалась непосредственно на западной границе обширного ледового поля. Об этом можно судить по изменению характера связанных с ледниковыми процессами отложений при движении по району с востока на запад. Так, сразу на восток от территории Камчатской вулканологической станции (далее – Вулканостанции), в канавах вдоль пер. Вулканный нами были описаны мощные отложения зоны «мертвого льда», типичные для краевых зон ледников, но уже в карьере южнее Вулканостанции они сменяются стратифицированными «струистыми» флювиогляциальными отложениями, которые быстро уменьшают свою мощность в западном направлении (рис. 2) и полностью выклиниваются в районе ул. Зеленой. Все связанные с ледником отложения представлены грубым (от песка до валунов) окатанным материалом, по составу отвечающим породам в. Шивелуч, что подтверждает распространение ледника от в. Шивелуч на юг [3]. В некоторых местах, как например, на Ключевском пирсе по правому борту р. Камчатка, поток ледниковых вод эродировал озерные отложения, но в районе ул. Школьной он уже ослабел настолько, что всего лишь отложил переносимый им обломочный материал поверх них.

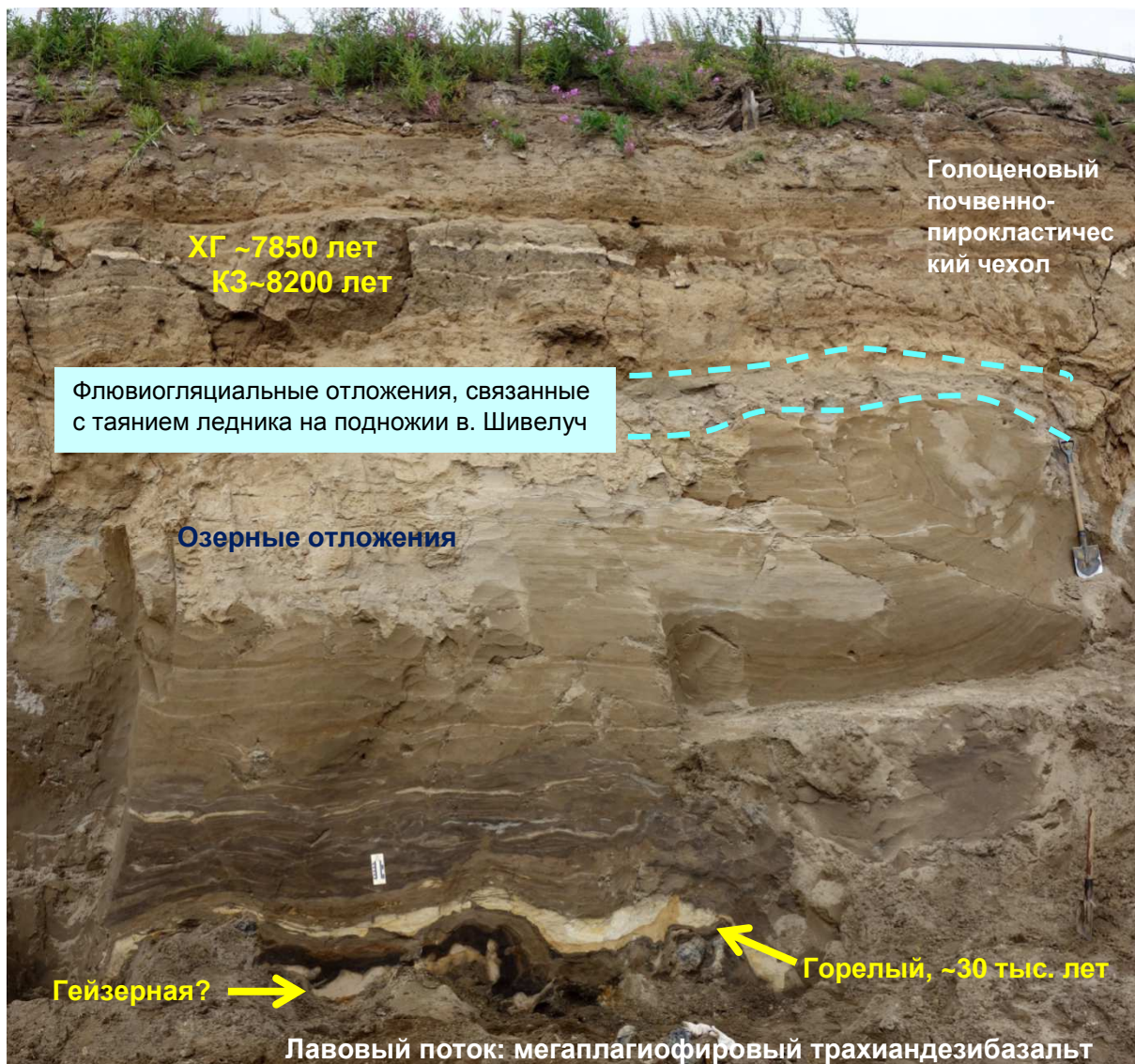


Рис. 2. Перекрывающие лавовый поток рыхлые отложения сохранили летопись вулканических пеплопадов за последние 30 тыс. лет, а также следы таяния ледника с отложением стратифицированных песков и гальки, по составу отвечающих андезитам в. Шивелуч. Раннеголоценовые маркирующие пеплы: ХГ- в. Хангар, возраст по [8], КЗ – в. Кизимен [9].

Обширный ледник, распространившийся к югу от Шивелуча, по-видимому, сыграл свою роль в образовании в долине р. Камчатки обширного озера, остатками которого являются многочисленные современные озера. Кроме того, роль подпруды могли играть лавовые потоки и воздымающийся хр. Кумроч. Судя по полученным нами датам, озеро существовало на территории пос. Ключи как минимум с 30 до 11,5 тыс. лет. Затем, по-видимому, в связи с резким таянием льда и прорывом дамбы, озеро было спущено, что фиксируется началом накопления на поверхности озерных или флювиогляциальных отложений субаэрального почвенно-пирокластического чехла.

Исследования тефры, захороненной в озерных отложениях, позволило нам выявить и датировать периоды активизации вулканов Шивелуч (эруптивные центры Байдарного отрога), собственно Шивелуч и Заречный, а также пока неизвестного базальтового вулкана, состав стекол в тефре которого ближе всего к составам Ключевского.

Пепловые горизонты, по геохимии вулканического стекла и минеральному составу соответствующие андезитам вулкана Шивелуч были зафиксированы во всех



разрезах в возрастном интервале от ~11,5 до 28 тыс. лет. Период активности эруптивных центров Байдарного отрога, с которыми были связаны извержения андезибазальтового состава, ограничен интервалом ~12-17 тыс. лет, что близко к оценкам времени их активности в работе [4].

Анализ минерального состава тефры и сопоставление геохимических особенностей вулканических стекол в различных разрезах в пос. Ключи и вдоль реки Камчатка с аналогичными данными для внутрикратерных лав и пирокластических отложений вулкана Заречного позволил нам идентифицировать более 10 горизонтов пеплов, принадлежащих андезитовому этапу активности этого вулкана. Согласно радиоуглеродным датам, полученным для одного из разрезов, этот этап активности имел место ~21,5 и ~17,5 тыс. лет назад.

Кроме того, нами было обнаружено около десяти тефр удаленных вулканов, причем для некоторых из них удалось установить источники. Была установлена тефра, идентичная по составу «дацитовой пемзе» вулканического центра Горелый [5] (рис. 2), возможно, тефра извержения в районе кальдеры Гейзерной, а также тефры, связанные с неустановленными пока центрами в пределах Срединного хребта.

Исследования выполнялись в 2013-2018 гг. в рамках проекта РНФ № 16-17-10035 и проекта РФФИ № 15-05-06440а.

Авторы благодарны работникам коммунальных и строительных организаций пос. Ключи за предоставленную возможность доступа к котлованам и канавам, а также за оказанное содействие и поддержку во время полевых работ.

#### Список литературы

1. *Брайцева О. А., Егорова И. А., Несмачный И. А. и др.* Тефрохронологическое датирование лавовых комплексов и реконструкция истории формирования современного вулкана // Бюл. вулканол. ст. 1978. № 55. С. 41-54.
2. *Евтухов А.Д.* Отчет о результатах поисковых работ на теплоэнергетические подземные воды для теплоснабжения п. Ключи Камчатской области, проведенных в 2005-2007 гг. // Камчатский филиал Территориального фонда геологической информации по Дальневосточному округу, Петропавловск-Камчатский, 2007. 225 с.
3. *Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Эрлих Э.Н. и др.* Вулканические районы Центральной Камчатской депрессии // Камчатка, Курильские и Командорские острова. М.: Наука, 1974. С. 213-224.
4. *Певзнер М. М., Бабанский А. Д., Толстых М. Л. и др.* Перестройка магматической системы вулканического массива Шивелуч как следствие крупномасштабных обрушений его постройки в позднем плейстоцене — раннем голоцене // Доклады академии наук. 2012. Т. 447. № 3. С. 318–321.
5. *Селянгин О.Б., Пономарева В.В.* Строение и развитие Гореловского вулканического центра // Вулканология и сейсмология. 1999. № 2. С. 3-23.
6. *Флеров Г.Б., Чурикова Т.Г., Ананьев В.В.* Вулканический массив Плоских Сопок: геология, петрохимия, минералогия и петрогенезис пород (Ключевская группа вулканов, Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2017. № 4. С. 30-47.
7. *Braitseva O.A., Ponomareva V.V., Sulerzhitsky L.D. et al.* Holocene key-marker tephra layers in Kamchatka, Russia // Quaternary Research. 1997. № 47. С. 125-139
8. *Cook E., Portnyagin M., Ponomareva V. et al.* First identification of cryptotephra from the Kamchatka Peninsula in a Greenland ice core: implications of a widespread marker deposit that links Greenland to the Pacific northwest // Quaternary Science Reviews. 2018. V.181. С. 200-206.
9. *Ponomareva V., Portnyagin M., Pendea F. et al.* A full Holocene tephrochronology for the Kamchatsky Peninsula region: applications from Kamchatka to North America // Quaternary Science Reviews. 2017. V. 168. P. 101-122.