

## **ТЕФРА В ЛЕССОВО-ПАЛЕОПОЧВЕННЫХ СЕРИЯХ ПРЕДКАВКАЗЬЯ: НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО УСЛОВИЯМ ЗАЛЕГАНИЯ И ХРОНОСТРАТИГРАФИИ**

**Е.А. Константинов<sup>1</sup>, В.В. Пономарева<sup>2</sup>, М. Данишик<sup>3</sup>, М.В. Портнягин<sup>4</sup>, Е.А. Мазнева<sup>1</sup>, Н.В. Сычев<sup>1</sup>, А.Л. Захаров<sup>1</sup>, М. Фрехен<sup>5</sup>, С. Тсукамото<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Институт географии РАН, Москва, Россия, eakonst@igras.ru,

<sup>2</sup> Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, Россия,

<sup>3</sup> John de Laeter Centre/School of Earth and Planetary Sciences, Curtin University, Перт, Австралия

<sup>4</sup> GEOMAR Helmholtz Center for Ocean Research Kiel, Киль, Германия,

<sup>5</sup> Leibniz Institute for Applied Geophysics, Ганновер, Германия

## **TEPHRA IN THE LOESS-PALEOSOL SEQUENCES OF THE CISCAUCASIA: NEW DATA ON THE BEDDING CONDITIONS AND CHRONOSTRATIGRAPHY**

**E.A. Konstantinov<sup>1</sup>, V.V. Ponomareva<sup>2</sup>, M. Danisik<sup>3</sup>, M.V. Portnyagin<sup>4</sup>, E.A. Mazneva<sup>1</sup>, N.V. Sychev<sup>1</sup>, A.L. Zakharov<sup>1</sup>, M. Frechen<sup>5</sup>, S. Tsukamoto<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Institute of Geography RAS, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Institute of Volcanology and Seismology, FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia

<sup>3</sup> John de Laeter Centre/School of Earth and Planetary Sciences, Curtin University, Perth, Australia

<sup>4</sup> GEOMAR Helmholtz Center for Ocean Research Kiel, Kiel, Germany;

<sup>5</sup> Leibniz Institute for Applied Geophysics, Hannover, Germany

Тефра – фрагментированный вулканический материал, выброшенный в воздух вулканическим извержением. Она представляет собой крайне удобный инструмент для корреляции и датирования осадочных горных пород, работая как стратиграфический маркер. Крупные фракции тефры, такие как вулканические бомбы, лапилли и крупный пепел формируют мощные горизонты в отложениях вблизи вулканических центров. Вулканический пепел (<2 мм), а особенно его мелкие фракции, может разноситься на огромные расстояния от вулкана, формируя небольшие прослой и линзы или рассеиваясь в осадке. Зафиксированная дальность разноса пепла достигает 5–7 тыс. км (например, Cook et al., 2018). Выпадение тефры происходит по меркам геологического времени мгновенно - от первых дней до нескольких месяцев. Таким образом, тефра образует изохрону в осадке, что позволяет прямо коррелировать удаленные разрезы, опираясь на уникальность химического состава вулканического стекла для каждого отдельного извержения. Кроме того, тефра является прекрасным материалом для прямого датирования различными методами — U-Th, (U-Th)/He, K/Ar, 40Ar/39Ar. А по дальности разноса тефры и ее мощности палеовулканологи способны определять объемы извержений.

В четвертичных отложениях на Восточно-Европейской равнине известно более сотни местонахождений видимых прослоев вулканического пепла (Карлов, 1957, Цеховский и др., 1998). Подавляющее большинство местонахождений расположено южнее линии Воронеж-Пенза. Около десятка местонахождений описаны внутри толщ лессовых отложений. Эти местонахождения представляют огромную ценность в свете проблем лессово-почвенной стратиграфии, особенно в интервале среднего плейстоцена, где люминесцентные методы датирования ограничены в своем применении. Однако подавляющее большинство пеплов до сих пор не имеют надежной возрастной привязки и геохимической атрибуции к вулканическим центрам.

В лессово-палеопочвенных сериях Предкавказья ранее были описаны две крупные линзы с вулканическим пеплом – вблизи станции Темижбекская и села Отказное. Пепел в обрыве правого берега Кубани вблизи станции Темижбекская был впервые документирован еще в 1930-х годах. Стратиграфическая интерпретация этой пепловой линзы существенно отличается у разных авторов. Н.А. Лебедева (1963) относит пепел к среднему плейстоцену.

О.А. Богатиков и др. (2001) на основании радиоуглеродного датирования перекрывающей пепел палеопочвы, оценивает возраст вулканического пепла как 22 тыс. л.н. Нерешенным вопросом в изучении Темижбекского местонахождения остается также стратиграфическая интерпретация горизонтов лессов и палеопочв, перекрывающих пепловую линзу. Неполно освещены в литературе локальные обстановки седиментации вулканического пепла.

Пепловый горизонт внутри лессовой толщи в обрыве вблизи дамбы Отказненского водохранилища был описаны В. Ударцевым во второй половине 1980-х годов (Болиховская, 1995). Он залегает на высоте около 190 м абс. внутри педокомплекса VI в виде гнезд и мелких линз пепла, мощность которых достигает 10 см. Н.С. Болиховская (2016) соотносит педокомплекс VI с донским оледенением, которое по ее оценкам соответствует морской изотопной стадии 16 (621-676 тыс. лет назад). Линза пепла мощностью 0,7-1,0 м была также установлена внутри лессовой толщи примерно в 600 м к югу от дамбы (Б.Ф. Галай – личное сообщение, Богатиков и др., 2001). Однако обоснованной хроностратиграфической интерпретации этой пепловой линзы не проводилось.

С целью установления возраста и источника вулканического пепла нами проведены исследования на двух вышеуказанных местонахождениях. Выполнена расчистка и документация обнажений, отбор проб, геодезическая привязка, (U-Th)/He датирование пеплового материала, ОСЛ-датирование вмещающих лессовых отложений (для Темижбекской) и серия литологических анализов (для Темижбекской). (U-Th)/He датирование выполнено М. Данишиком в Центре Джона Де Лотера Школы Земли и планетарных наук (Перт, Австралия). Люминесцентное датирование выполнено Н.В. Сычевым под руководством М. Фрехена и С. Тсукамото в Лейбницком Институте прикладной геофизики (Ганновер, Германия). Микронзондовый (EMPA) анализ частиц вулканического стекла выполнен М.В. Портнягиным и В.В. Пономаревой в центре ГЕОМАР (Киль, Германия).

**Местонахождение Темижбекская** (N 45,43177°; E 40,84136°) расположено в черте одноименной станции (рис. 1) в обрыве коренного правого берега реки Кубань. В районе станции долина Кубани делает крутой поворот с северного направления на юго-западное. Высота бровки обрыва над меженным уровнем реки Кубань составляет 45 м. Линза пепла обнажается в оползневой стенке срыва. Мощность видимой части линзы пепла изменяется от 0,2 до 1,5 м. По простиранию линза прослеживается примерно на 20 м. Пепел залегает в интервале глубин 10-12 м от бровки обрыва. Перекрывает линзу пепла сложнопостроенная толща лессовидных суглинков, дифференцированная по механическому составу и вмещающая, одну хорошо развитую (внизу) и две слабо развитые палеопочвы (в средней части).

Линза пепла, вероятно, выполняет древнюю эрозионную форму (балку или ложбину), которая полностью была нивелирована аккумуляцией и не читается в современном рельефе. Характер залегания, слоистые текстуры с резкими контактами и высокая чистота пеплового материала указывают на его переотложенную природу путем транспорта и сортировки в водном потоке. Выпадение, размыв и переотложение пепла – вероятно, были близкими по геологическим масштабам времени событиям.

В лессах Предкавказья, в условиях нормального горизонтального залегания лессового чехла, верхняя хорошо развитая палеопочва, имеющая выраженный пик магнитной восприимчивости и полноценные гумусовый и карбонатный горизонты, не бывает моложе мезинского педокомплекса, отвечающего морской изотопной стадии (МИС) 5 (Величко и др., 2012; Konstantinov et al., 2018). Палеопочва слоя 9 (первая над пеплом) имеет буроватый гумусовый горизонт средней мощности (около 1 м), гипсовое засоление и уровень рассеянных карбонатов в основании, что позволяет допустить ее соответствие средней (крутицкой) фазе мезинского педокомплекса, выделяемого в Приазовье и Прикубанье (Velchko et al., 2009, 2012; Panin et al., 2018; Mazneva et al., 2021). В скважине SB-1, расположенной всего в 50 км к СВ от Темижбекской, крутицкая почва выделяется на близких глубинах -7-8 м (Mazneva et al., 2021), что подкрепляет данную гипотезу.

Вышележащая последовательность также хорошо коррелирует с керном скважины SB-1: слабо развитые палеочвы S1SS1 (МИС 5а) и L1SS1 (МИС 3) и перекрывающая их зона с высоким содержанием песка (МИС 2). Таким образом, лессово-палеопочвенная стратиграфия разреза Темижбекская позволяет предполагать, что формирование линзы пепла происходило ранее МИС 5с.

Педостратиграфическая интерпретация согласуется с результатами люминесцентного датирования лессовидных суглинков, выполненного по калиевому полевому шпату. Возраст образца, полученного из основания хорошо развитой палеопочвы над пеплом, составил около 95 тыс. л.н. Дата из суглинков под пеплом – около 240 т.л. Возраст пепла, полученный на основании (U-Th)/He цирконов из вулканического материала, позволяет соотнести его формирование с концом МИС 8.

По химическому составу вулканические стекла в пепле имеют довольно однородный состав и отвечают высококалийному риолиту. Наличие крупных (более 100 мкм) пемзовидных частиц указывает на относительно близкий источник извержения. Все это подкрепляет правоту отнесения пепла из Темижбекской к Эльбрусскому вулканическому центру (Мелекесцев и др., 2005).

**Местонахождение Отказное.** Линзы вулканического пепла обнаружены в стенках обрыва восточного берега Отказненского водохранилища, примерно в 700 м к югу от дамбы. Основная линза (участок 1) шириной 15-18 м и мощностью до 0,7 м вскрывается в стенке западной экспозиции (44,29480; 43,85719) лессового мыса, выдающегося примерно на 120 м от основной части берега. Высота берегового обрыва на участке 1 составляет примерно 15-18 м от подножья (185-188 м абс.). Обнаженная часть обрыва высотой 12 м. Линза залегает в толще лессовых пород на глубине около 7-8 метров от бровки обрыва.

Описание строения отложений на участке 1 (по наблюдению от подножья):

Слой 1 (0,0-1,0 м). Голоценовая почва (черноземовидная). Нижняя граница не резкая.

Слой 2 (1,0 – 3,0 м). Лесс светло палевый массивный, распадается на блоковые отдельности в стенке обрыва (размером со строительные пеноблоки). Нижняя граница не резкая.

Слой 3 (3,0-3,7 м). Палеопочва бледно-серо-бурая. Распадается в стенке на мелкопризматические отдельности (до 10 см). Нижняя граница не резкая.

Слой 4 (3,7-5,0 м). Лесс палевый массивный, распадается в стенке на призматические отдельности (10-15 см). Нижняя граница не резкая.

Слой 5 (5,0-6,0 м). Палеопочва бледно-серо-бурая. Распадается в стенке на мелкопризматические отдельности (до 10 см). Нижняя граница не резкая.

Слой 6 (6,0-7,0 м). Лесс палевый массивный, распадается в стенке на призматические отдельности (10-20 см). Нижняя граница резкая.

Слой 7 (7,0-7,7 м). Линза вулканического пепла, состоящая из двух прослоев.

7,0-7,4 м – серый цементированный пепел (туф), слоистый. Толщина отдельных прослоев 1-3 см. Падение слоев согласуется с общей вогнутой формой залегания линзы туфа. Нижняя граница резкая.

7,4-7,7 м - вулканический пепел светло-бежевый, слабосцементированный, массивный. Состоит из пемзовидных частиц размерностью мелкого-среднего песка. Мощность изменяется по простиранию от 10 до 30 см. Нижняя граница резкая.

Слой 8 (7,7-10,0). Лессовидный суглинок бледно-серо-бурый, залегающий согласно с вышележащей линзой – педоседимет, заполняющий эрозионную форму. Нижняя граница не резкая.

Слой 9 (10,0-11,0). Лесс палевый массивный, распадается в стенке на призматические отдельности (10-20 см). Нижняя граница резкая.

Слой 10 (11,0-12,0). Суглинок слабосцементированный светло-бурый с обилием карбонатных конкреций (размером 1-5 см), залегающих субгоризонтальными прослоями по 5-10 см толщиной.

Вторая линза вулканического пепла (участок 2, 44.294669, 43.858115) расположена в 50-70 м от участка 1, в оползневой стенке северо-восточной экспозиции того же лессового мыса. Обнаженность пепловой линзы слабая, склон сильно трансформирован оползневыми процессами, залесен. Определить истинную ширину линзы не представляется возможным, видимая ширина – 5-7 м. Видимая мощность – 20-30 см. Вероятно, пепел участка 2 принадлежит тому же геологическому телу, что было вскрыто на участке 1. Вулканический пепел, вероятно, выполняет эрозионную форму, простирающуюся с ЮВ на СЗ.

По химическому составу тефра из линзы участка 1 относится к риолитам, что вместе с высокой долей крупных пемзовидных частиц дает основание атрибутировать тефру к Эльбрусскому вулканическому центру. На основании (U-Th)/He цирконов возраст тефры отнесен к рубежу МИС 13 и 14. Таким образом, новая дата существенно (более чем на 100 тыс. лет) омолаживает прежде принятую (Болиховска, 1995) оценку возраста пепла. Это, в свою очередь, позволяет предварительно соотнести педокомплекс VI, внутри которого залегает пепел, с воронским педокомплексом, выделяемым А.А. Величко (2012).