

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. М.В. ЛОМОНОСОВА

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПАЛЕОГЕОГРАФИИ ПЛЕЙСТОЦЕНА И ГОЛОЦЕНА

Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием
«Марковские чтения 2020 года»,
посвященной 115-летию со дня рождения академика К.К. Маркова

*Ответственные редакторы:
доктор географических наук Н.С. Болиховская,
кандидат географических наук Т.С. Ключиткина,
доктор географических наук Т.А. Янина*

Москва – 2020

УДК 551.8; 551.7

Актуальные проблемы палеогеографии плейстоцена и голоцена: Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Марковские чтения 2020 года» / Отв. редакторы Н. С. Болиховская, Т. С. Клювиткина, Т. А. Янина. – М.: Географический факультет МГУ, 2020. – 496 с.

В книге опубликованы материалы, представленные в докладах Всероссийской научной конференции с международным участием «Марковские чтения 2020 года: Актуальные проблемы палеогеографии плейстоцена и голоцена» (6–8 ноября 2020 г., Москва), посвященной 115-летию со дня рождения академика К.К. Маркова. Авторами на современном уровне знаний, отражающем развитие идей К.К. Маркова (1905–1980), освещаются ключевые вопросы палеогеографии и стратиграфии квартера: строение, генетические типы, дробная климатостратиграфия и абсолютный возраст четвертичных отложений; распространение и периодизация покровных и горных оледенений; колебания уровня внутренних и внешних морей Евразии; периодизация и корреляция палеоклиматических событий. Даны результаты мультидисциплинарных исследований разрезов четвертичных отложений и широкий спектр региональных палеогеографических реконструкций изменений на протяжении плейстоцена и голоцена различных компонентов природной среды (рельефа и комплексов четвертичных пород, морских, озерных и речных бассейнов, лёссово-почвенного покрова и криогенных образований, климата, наземной и водной флоры, растительности и животного мира) в континентальных и морских областях Северной Евразии. Приведены реконструкции особенностей развития растительности и климата ряда горных и равнинных районов Сибири и Русской равнины в эпохи обитания древнего человека.

Книга адресована исследователям эволюции природной среды в плейстоцене и голоцене, а также учащимся ВУЗов.

Проведение конференции и публикация сборника научных статей с материалами докладов Всероссийской конференции с международным участием «Марковские чтения 2020 года» выполнены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект РФФИ № 20-05-20003)

Рецензенты:

профессор, доктор географических наук А. В. Бредихин
профессор, доктор географических наук В. В. Рогов

Actual problems of Pleistocene-Holocene palaeogeography: Proceedings of “The Markov Readings in 2020 year” All-Russian Conference / Responsible Editors N. S. Bolikhovskaya, T. S. Klyuvitkina, T. A. Yanina. – Moscow: Geographical faculty of Lomonosov Moscow State University, 2020. – 496 pp.

ISBN 978-5-906731-76-0

© Географический факультет МГУ, 2020

© Коллектив авторов, 2020

ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ КРИОГЕНЕЗА В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ

Таратунина Н.А.^{1,2}, Рогов В.В.¹, Стрелецкая И.Д.¹, Курбанов Р.Н.^{1,2},
Янина Т.А.^{1,2}, Курчатова А.Н.³

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, taratunina@igras.ru; ²Институт географии РАН, Москва; ³Тюменский индустриальный университет

Авторами в 2015–2019 гг. проведены полевые исследования в Нижнем Поволжье, которые позволили выявить разновозрастные посткриогенные структуры (псевдоморфозы, криотурбации, инволюции и др.) – следы реликтового сезонного и многолетнего промерзания. Реконструкция истории криогенных явлений на территории Нижнего Поволжья является важной научной задачей в понимании палеогеографических условий этого региона и причин колебаний уровня Каспийского моря, поскольку регрессивные этапы являются наименее изученными [Янина и др., 2017]. Лёссово-почвенные серии Нижнего Поволжья предоставляют уникальную возможность реконструировать этапы развития ландшафтов в период между хазарской и хвалынской трансгрессиями Каспийского моря. Цель данного исследования – реконструкция истории развития мерзлотных процессов в позднем плейстоцене на основании следов криогенеза в отложениях на территории Нижнего Поволжья.

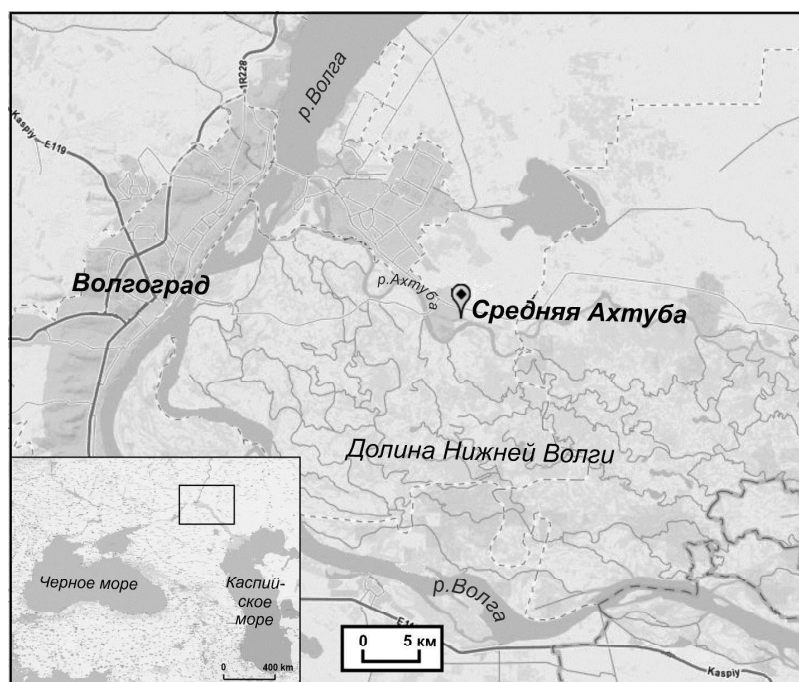


Рис. 1. Местоположение района исследований (источник: Google).

Материалы и методы. В основу работы положены результаты комплексного изучения разреза Средняя Ахтуба ($H_{\text{абс}} 14.89$ м), расположенного на левом борту Волго-Ахтубинской долины (рис. 1), в 3 км к югу от населенного пункта Средняя Ахтуба (координаты N 48°42'01.3"; E 44°53'37.1").

В разрезе высотой 18.5 м вскрывается строение нижнехвалынской равнины Северного Прикаспия: реперный горизонт шоколадных глин хвалынской трансгрессии, мощная полифациальная толща ательских континентальных осадков и комплекс отложений эпохи хазарского трансгрессивно-регрессивного этапа Каспия с тремя четко выраженными горизонтами палеопочв (рис. 2). Комплексное изучение отложений включало гранулометрический, минералогический, микроморфологический анализы, расчет коэффициента криогенной контрастности (ККК).

Гранулометрический, минералогический и микроморфологический анализы выполнены в лаборатории криотрасологии Института криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН. Гранулометрический анализ образцов осуществлён на лазерном гранулометре Mastersizer 3000 (Malvern) с диспергацией в водной среде. Для образцов выполнена стандартная пробоподготовка [Константинов, Еременко, 2012], включающая обработку соляной кислотой; для дополнительной дезагрегации частиц применялась встроенная функция ультразвука. Лазерные гранулометры дают шкалу измерения частиц по 100 диапазонам их размера, благодаря чему указанная фракция крупной пыли была разделена на подфракции 0.01–0.025 и 0.025–0.05 мм, что дало возможность проследить, какая часть подфракции преобладает в том или ином образце породы.

Определение минералогического состава выполнено на рентген-дифрактометре D2Phase (Bruker); здесь же получены данные для подсчета ККК. Для этого проведен минералогический анализ двух узких фракций – тонкого песка (0.05–0.1 мм) и крупной пыли (0.01–0.05 мм).

Микростроение лёссов и морфология частиц изучены в образцах ненарушенного сложения и нарушенного состояния при помощи растрового электронного микроскопа Hitachi TM 3000 в комплексе с энерго-дисперсионным спектрометром Swift 3000 по стандартной методике [Рогов, 2000]. Всего получено более 500 изображений.

Абсолютное датирование отложений выполнено ОСЛ-методом в Скандинавской лаборатории люминесцентного датирования (Орхусский университет, Дания); детальная характеристика лабораторных измерений и результаты приведены в статье [Янина и др., 2017].

Строение разреза. Краткое описание разреза (слои 22–1), его стратификация и результаты абсолютной геохронометрии приведены согласно работе [Янина и др., 2017] (рис. 2).

Уникальной особенностью разреза Средняя Ахтуба является наличие реликтовых мерзлотных образований – криотурбаций, полигональных клиновидных структур (как псевдоморфоз по полигонально-жилным льдам, так и изначально грунтовых жил), мелкополигональные трещинные образования. В разрезе установлены следы четырех этапов криогенеза. Следы первого (снизу вверх) выражены в почвенном горизонте слоя 14, отвечающем морской изотопной стадии (МИС) 5a. Он представляет собой клиновидные структуры, наиболее ярко выраженные в этой почве, пронизывающие и два нижележащих уровня погребённых почв (слои 16–18). Их ширина в верхней части 12–20 см, высота – от 0.8 до 2.5 м; расстояние между грунтовыми клиньями 40–60 см. Заполнены клиновидные структуры более светлым вышележащим материалом лёсса. Клинья имеют относительно широкий раструб по верху, быстро сужаются и продолжают в виде ветвящихся хвостов, иногда распадающихся на 2–3 отдельных. Очевидно, выражены только нижние части клиньев; основное растрескивание и рост жил происходил при формировании вышележащих лёссов, при однородности материала и его цвете следы криогенной трансформации отложений выявить трудно.

Второй этап формирования криогенных явлений приурочен к верхней части лессового горизонта (слой 12, МИС-3). В нем обнаружены довольно крупные псевдоморфозы шириной до 40 см, вертикальной протяженностью 1.0–1.2 м, с неровными краями, «плечиками», «перематым» материалом. Жилы заполнены вышележащим аллювиальным песком, отвечающим второй половине МИС-3 (слой 11). Полученные датировки указывают на то, что формирование этих криогенных форм происходило в подстадию МИС-3b (около 45–42 т.л.н.)

Третий и четвертый этапы приурочены к горизонтам слаборазвитых палеопочв внутри аллювиальной пачки (МИС-3). В разрезе они представляют собой нарушения пластичного характера (криотурбации и инволюции). В этих двух горизонтах интенсивность проявления криогенных процессов различна, однако носит схожий характер. Это преимущественно нарушения в виде мелких грунтовых клиньев глубокого сезонного протаивания и последующего промерзания. Верхние – вертикальной протяженностью до 30 см, заполнены вышележащим слоистым аллювиальным материалом с высолами по границам, слоистая структура которых частично сохраняется внутри деформаций; форма конусовидная, корытообразная; границы неровные, волнообразные. Нижние деформации представлены инволюциями, турбирующими подстилающую почву; заполнены они вышележащим аллювиальным материалом. Вертикальная протяженность 30 см, горизонтальная – до 20 см. Формы последних схожи с теми, что наблюдаются в структуре «пятен-медальонов» в современной криолитозоне. Нехватка данных абсолютного датирова-

ния не позволяет точно определить время образования инволюций нижнего уровня в интервале 0–28 т.л.н., верхний горизонт был затронут криогенными явлениями около 30 т.л.н.

Результаты гранулометрического анализа в целом показывают типичное для лессов распределение фракций. Однако для более подробной характеристики размера частиц анализ тонкопесчаной (0.1–0.05 мм) и крупно пылевой (0.05–0.01 мм) части лессов сделан более подробно: обычный диапазон этих фракций был поделен надвое – на более тонкую и более грубую. В горизонтах лёссов наблюдалось преобладание фракции крупной пыли (до 60%), незначительное присутствие частиц размером более 0.25 мм и небольшое содержание глинистой фракции (<0.001мм) – не более 1.5–2.5%. При этом в лёссовых пачках максимум содержания частиц принадлежит большеразмерной части (0.025–0.05мм) фракции крупной пыли. Некоторыми авторами такая особенность трактуется как показатель формирования лёссовой толщи в холодных и сухих условиях [Deng et al., 2010]. Гранулометрический состав почвенных горизонтов, разделяющих лёссовые толщи, с одной стороны, более песчаный, но и глинистой составляющей в них больше, чем в лёссах.

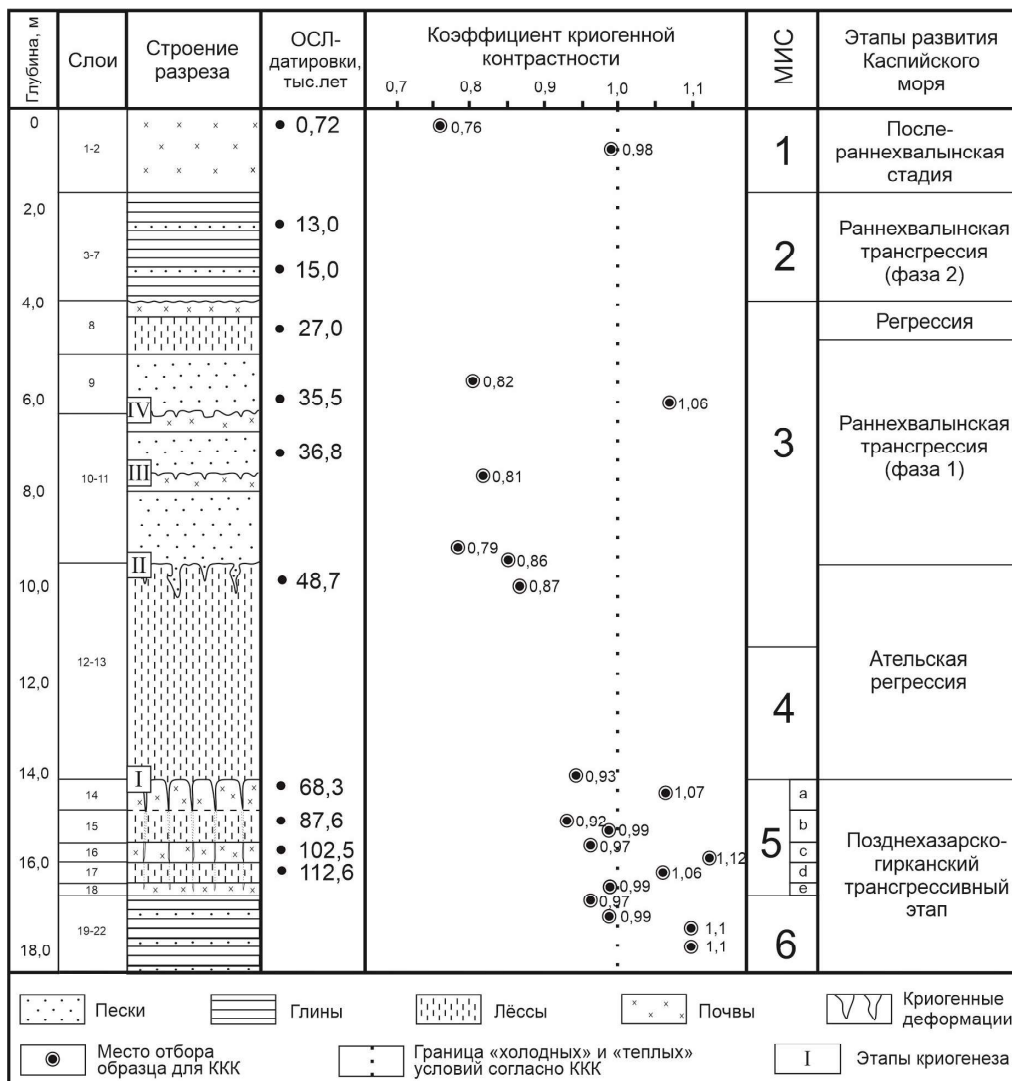


Рис. 2. Схема разреза Средняя Ахтуба со значениями ККК, данными ОСЛ-датирования.

Значения ККК по разрезу Средняя Ахтуба (рис. 3) колеблются в достаточно широком диапазоне, они фиксируют как затронутые криогенезом горизонты, так и не несущие его видимых следов. ККК отражает прежде всего не низкие отрицательные температуры, а развитие криогенного разрушения при образовании льда в микротрещинах частиц скелета в условиях достаточной влажности грунта. В сухие этапы лёссонакопления (ательский лёсс) более низкие значения ККК можно объяснить существованием морозных (сухих) пород в условиях недоста-

точного увлажнения. Наиболее холодная палеомерзлота реконструируется в то время, когда почва МИС-5а закончила свое формирование. При достаточном увлажнении в МИС-4 произошло значительное растрескивание горизонтов с образованием ледяных жил, замещенных в дальнейшем (МИС-3) псевдоморфозами. Далее следует МИС-3 с короткими фазами потепления и, вероятно, увлажнения в периоды формирования горизонтов палеопочв вследствие поднятия уровня Каспия [Янина и др., 2017]. Увеличившееся влагосодержание в толще отложений позволило в условиях высокотемпературной мерзлоты (либо непродолжительного низкотемпературного похолодания) сформироваться полупокровной слабообразованной островной мерзлоте.

Основу микростроения составляют крупные агрегаты (1–3 мм) разной степени слитности. Эти агрегаты разделяются трещинами извилистой конфигурации и изометричными порами неправильной формы размером 0.1–0.3 мм и составлены частицами разной крупности и состава – от остроугольных частиц кварца тонкопесчаной размерности до слитной массы включений («примазок») сложного состава, содержащих железо, кальций и кремний. Кроме этого, внутри агрегатов встречаются сгустки окристаллизованного кальцита.

Морфология песчаных кварцевых частиц в исследуемом разрезе весьма разнообразна и отражает условия формирования отложений в разных слоях лёссов. Хорошо окатанные, с гладкой и слабоэродированной поверхностью частицы характерны для песчаного заполнения клиньев в почвах, что говорит о преобладании эолового переноса в период их формирования, но в целом в образцах лёсса по всему разрезу более половины частиц представлены угловатыми зёрнами с многочисленными сколами и острыми краями, что указывает на криогенный механизм их разрушения.

По современным представлениям лёссово-почвенные серии формируются в условиях динамики климата, причем горизонты лёссов образуются в этапы похолодания [Величко и др., 2015]. При этом общепризнанным стало признание эолового фактора главным источником материала. Наиболее изученные регионы лёссонакопления – долины рек Дуная, Рейна, Хуанхэ, свидетельствуют о том, что формирование мощных толщ лёссово-почвенных серий связано с поступлением материала из крупных аллювиальных систем [Stevens et al., 2016]. Отмечается, что доминирующим является именно локальный перенос материала (в пределах десятков километров), иными словами, ветер переносит затронутые мерзлотными процессами отложения, формируя мощные толщи лёссов. При этом криогенное преобразование материала продолжается, окончательно формируя типичные особенности лёссов (пылеватый состав, строение и микроморфология минерального скелета). Такое предположение согласуется с полученными данными по Нижней Волге, где в холодный и относительно сухой этап ательской регрессии Каспия формировались мощные горизонты лёссов (в разрезе Средняя Ахтуба мощность составляет более 7 м).

Изучение микроморфологии лёссовых толщ показывает значительную роль их криогенного преобразования, особенно это заметно по морфологии частиц песчаной фракции, представленной угловатыми формами с многочисленными сколами и острыми краями, раковистыми изломами.

Выводы. Полученные результаты позволили реконструировать этапы развития криогенеза в позднем плейстоцене на территории Нижнего Поволжья. Изучение криогенных структур, новые ОСЛ датировки и лабораторные исследования для разрезов позволили выделить основные этапы развития сезонной и многолетней мерзлоты в регионе:

1. Первый этап формирования криогенных явлений происходил в ранневалдайскую ледниковую эпоху (МИС-4) в условиях ательской регрессии Каспия. Произошло значительное растрескивание горизонтов с образованием ледяных жил. Тонкие жилы большой мощности (до 2.5 м) секут два горизонта палеопочв, которые отвечают эпохам потепления (МИС-5а,с), и внедряются в микулинскую межледниковую почву (МИС-5е). Жилы расположены на расстоянии 40–50 см друг от друга, образуя регулярную сетку. Этот реперный горизонт прослеживается во всех изученных разрезах.

2. Второй этап выражен в виде псевдоморфоз, глубоко вдающихся в горизонт ательских лёссов. Формирование криогенных форм происходило в подстадию МИС-3b (около 45–42 т.л.н.), в условиях, когда в результате начавшегося подъёма уровня Каспийского моря в долине Волги образовался эстуарий и в районе разреза формировались аллювиальные отложения. Само формирование клиньев, по-видимому, связано с затоплением прилегающей равнины во-

дами Волги, увлажнением лёссов и их растрескиванием в результате развития криогенных явлений.

3. Криогенез следующей поры затронул осадконакопление в условиях усиливающегося похолодания и аридизации климата: третий этап отмечается около 40–28 т.л.н.; четвёртый этап – около 30 т.л.н. Такие образования характерны для современной тундры в структуре пятен-медальонов, которые, вероятно, активно развивались в указанные этапы формирования аллювиальной пачки.

4. В позднем плейстоцене развитие криогенеза в Нижнем Поволжье происходило в холодные периоды МИС-3 и 4, при этом основным фактором, определявшим характер многолетней мерзлоты, являлось увлажнение территории. Следы возможного криогенеза, отвечающего наиболее холодной, поздневалдайской фазе оледенения (МИС 2), в разрезе отсутствуют. По-видимому, они были уничтожены абразией хвалынского бассейна, как и верхняя часть палеопочвы (слой 8).

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (полевые работы 2015–2018 по проекту 16-17-10103, геохронологические работы по проекту № 19-77-10077).

Литература:

Рогов В.В. Особенности морфологии частиц скелета криогенного элювия // Криосфера Земли. 2000. Т. 4. № 3. С. 67–74.

Константинов Е.А., Еременко Е.А. Значение метода лазерной дифракционной гранулометрии при изучении лёссов (на примере разреза Мелекино, Северное Приазовье) // Отечественная геология. 2012. № 3. С. 47–54.

Величко А.А., Борисова О.К., Захаров А.Л., Карпухина Н.В., Кононов Ю.М., Константинов Е.А., Курбанов Р.Н., Морозова Т.Д., Панин П.Г., Семенов В.В., Тесаков А.С., Тимирева С.Н., Титов В.В. Лёссово-почвенная формация юга Восточно-Европейской равнины и ее соотношение с морскими азово-черноморскими отложениями // Материалы IX Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода (Иркутск, 15–20 сентября 2015 г.). Иркутск, 2015.

Янина Т.А., Свиточ А.А., Курбанов Р.Н. и др. Опыт датирования плейстоценовых отложений Нижнего Поволжья методом оптически стимулированной люминесценции // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2017. № 1. С. 21–29.

Deng J., Wang L., Zhang Z.Z., Bing H. Microstructure characteristics and forming environment of late Quaternary Period loess in the Loess Plateau of China // Environ Earth Sci. 2010. № 59. P. 1807–1817.

Stevens T., Buylaert J., Lu H., Thiel C., Murray A., Frechen M., Yi Sh., Zeng L. Mass accumulation rate and monsoon records from Xifeng, Chinese Loess Plateau, based on a luminescence age model // Journal of Quaternary Science. 2016. V. 31. P. 391–405.