



DOI: <https://doi.org/10.15688/nav.jvolsu.2026.2.1>

UDC 902.2; 913.1/913.8

LBC 63.48; 26.889

Submitted: 24.08.2025

Accepted: 24.10.2025

**RECONSTRUCTION OF NATURAL CONDITIONS
IN THE LOWER VOLGA REGION BASED ON SPORE-POLLEN ANALYSIS
DATA OF THE ZELMEN PEAT BOG (REPUBLIC OF KALMYKIA)¹**

Natalia E. Ryabogina

University of Gothenburg, Gothenburg, Sweden

Idris A. Idrisov

Dagestan Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russian Federation

Eleonora D. Trubitsina

Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russian Federation

Alexander V. Borisov

Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science of the Russian Academy of Sciences,
Pushchino, Russian Federation

Abstract. The article presents the results of palynological analysis of the Zelmen peat bog in the Yergeni Upland (Republic of Kalmykia). Based on the data obtained, the dynamics of paleoecological conditions in the Lower Volga region over the past 3000 years are reconstructed. These reconstructions are compared with the results of long-term studies of buried soils under kurgans. It was found that the most humid conditions in the Lower Volga region occurred at the beginning of the 1st millennium BC. After that, a trend towards decreasing atmospheric humidity began, which continued until the early Sarmatian time with a peak of aridity in the 3rd century BC. The spore-pollen data do not confirm a short-term increase in humidity in the 1st century AD and an arid period in the 2nd century AD, which had been previously reconstructed from paleosol data. Sharply expressed humid conditions during the Great Migration Period are shown. During this period, the annual precipitation cycle changed, and the moisture supply in the cold season increased, which resulted in the formation of a peat layer in the Zelmen bog. After that, peat formation was not interrupted, either in the arid 8th century AD or in the humid 9th century AD. The pronounced humid conditions of the High Middle Ages (12th–13th centuries) are equally well reconstructed both by soil data and in the spore-pollen spectrum of the Zelmen peat bog. It is shown that the reasons for the discrepancies between palynological and paleopollen reconstructions of natural events of the past are associated with the features of the annual precipitation cycle and its reflection in soils and peat bogs. High rates of winter precipitation, as a rule, are not reflected in the spore-pollen spectra of peat bogs, while it is winter precipitation that determines the entire spectrum of soil properties.

Key words: paleoclimate, Lower Volga region, palynological analysis, peat bog, buried soils, annual precipitation cycle.

Citation. Ryabogina N.E., Idrisov I.A., Trubitsina E.D., Borisov A.V., 2026. Rekonstruktsiya prirodnih usloviy v Nizhnevolzhskom regione po dannym sporovo-pyl'tseвого analiza torfyanika Zel'men' (Respublika Kalmykiya) [Reconstruction of Natural Conditions in the Lower Volga Region Based on Spore-Pollen Analysis Data of the Zelmen

УДК 902.2; 913.1/913.8
ББК 63.48; 26.889

Дата поступления статьи: 24.08.2025
Дата принятия статьи: 24.10.2025

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ В НИЖНЕВОЛЖСКОМ РЕГИОНЕ ПО ДАННЫМ СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВОГО АНАЛИЗА ТОРФЯНИКА ЗЕЛЬМЕНЬ (РЕСПУБЛИКА КАЛМЫКИЯ) ¹

Наталья Евгеньевна Рябогина

Университет Гётеборга, г. Гётеборг, Швеция

Идрис Абдулбутаевич Идрисов

Дагестанский федеральный научный центр РАН, г. Махачкала, Российская Федерация

Элеонора Дмитриевна Трубицина

Тюменский научный центр СО РАН, г. Тюмень, Российская Федерация

Александр Владимирович Борисов

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пущино, Российская Федерация

Аннотация. В статье приводятся результаты спорово-пыльцевого анализа торфяника Зельмень на территории Ергенинской возвышенности (Республика Калмыкия). На основании полученных данных реконструирована динамика палеоэкологических условий в Нижневолжском регионе за последние 3000 лет. Полученные реконструкции сравниваются с результатами многолетних исследований погребенных подкурганов почв. Установлено, что наиболее гумидные условия в Нижневолжском регионе имели место в начале I тыс. до н.э. После этого начался тренд на снижение атмосферной увлажненности, который продолжался до раннесарматского времени с пиком аридности в III в. до н.э. Спорово-пыльцевые данные не подтверждают кратковременное увеличение увлажненности в I в. н.э. и аридный период во II в. н.э., реконструированные ранее по палеопочвенным свойствам. Показаны резко выраженные гумидные условия в эпоху Великого переселения народов. В этот период произошло изменение годового хода осадков и возрастание влагообеспеченности холодного времени года, в результате чего началось формирование торфяной толщи в болоте Зельмень. После этого торфообразование уже не прерывалось ни в аридном VIII в. н.э., ни в гумидном IX в. н.э. Яркие выраженные гумидные условия развитого средневековья (XII–XIII вв.) в равной мере хорошо реконструируются и по почвенным данным и в спорово-пыльцевом спектре торфяника Зельмень. Показано, что причины расхождений в реконструкциях природных событий прошлого, которые выявляются при сопоставлении результатов спорово-пыльцевого и палеопочвенного методов, связаны с особенностями годового хода осадков и его отражением в почвах и торфяниках. Высокие нормы зимних осадков, как правило, не отражаются в спорово-пыльцевых спектрах торфяников, в то время как именно зимние осадки определяют весь спектр почвенных свойств.

Ключевые слова: палеоклимат, Нижнее Поволжье, палинологический анализ, торфяник, погребенные почвы, годовой ход осадков.

Цитирование. Рябогина Н. Е., Идрисов И. А., Трубицина Э. Д., Борисов А. В., 2026. Реконструкция природных условий в Нижневолжском регионе по данным спорово-пыльцевого анализа торфяника Зельмень (Республика Калмыкия) // Нижневолжский археологический вестник. Т. 25, № 2. С. 5–25. DOI: <https://doi.org/10.15688/nav.jvolsu.2026.2.1>

Введение

История развития природной среды Нижневолжского региона изучена недостаточно

полно. Известны работы по исследованию пойменных и дельтовых отложений Волги, которые охватывают весь голоцен [Bolikhovskaya, Kasimov, 2010; Болиховская, 2011; Richards et al.,

2014]. Однако исследованные участки во многом подвержены влиянию транзитной реки, что может вносить изменения в природные архивы палеоэкологической информации. Проведены также палеоэкологические реконструкции по отложениям Каспийского моря. Морские отложения и информация о климатических условиях и растительности голоцена исследовались в мелководном северном секторе Каспия [Абрамова, 1980; Вронский, 1987; Лысенко и др., 2024]. Серия подробных и хорошо датированных исследований из глубоководных скважин позволила реконструировать изменения окружающей растительности, солености и уровня моря в южной и центральной части Каспийского бассейна в позднеледниково́е и голоцене [Leroy et al., 2013; Leroy et al., 2022].

Палеоэкологические данные из торфяных отложений были получены лишь на северо-западе Прикаспийской низменности из болота Харабулук [Kremenetski et al., 1999]. Они показали процессы изменения степной растительности на возвышенности Ергени, тесно связанной с природными процессами и освоением Прикаспия. Несмотря на инверсии радиоуглеродных датировок в нижней части керна, предполагается, что наиболее благоприятные условия на Ергенях были около 6–5 тыс. л.н. (не калиброванные даты), затем началось их ухудшение: исчезают редкие перелески из широколиственных деревьев и около 4,5 тыс. л.н. выявлен сдвиг к очень сухим и континентальным условиям. Увеличение увлажнения реконструировано по пыльцевым данным только около 3300–2800 и 900–600 л.н. (не калиброванные интервалы), в это время в полупустынях вновь появились редкие придолинные перелески.

В последние годы опубликованы работы, в которых показано наличие ряда перспективных объектов с органогенными накоплениями на территории Прикаспийской низменности [Идрисов и др., 2018]. По результатам их спорово-пыльцевого анализа предпринята попытка рассмотреть палеоэкологические события в Нижневолжском регионе в контексте реконструкции динамики климата Предкавказья и влияния природных и антропогенных факторов на возникновение и функционирование торфяников [Рябогина и др., 2020; Ryabogina et al., 2022].

Еще одним источником информации о природных условиях Прикаспийской низменности являются палеопочвенные данные по курганам разного времени [Демкин и др., 2010; 2013; Хомутова и др., 2017]. Однако эти данные в значительной степени фрагментарны, так как дают характеристику природных условий только на момент создания памятника. Тем не менее в почвенных свойствах отражается предшествующий этап развития природной обстановки, так как разные характеристики режимов почв демонстрируют разную степень сенсорности по отношению к изменяющимся условиям среды. Наиболее быстро на изменение климатических условий реагирует почвенное микробное сообщество [Хомутова, Борисов, 2022], менее сенсорным является солевой режим почв и карбонатный профиль [Демкин и др., 2010; Александровский, Александровская, 2005].

В этой связи задачей данного исследования было установление динамики палеоэкологических условий в Нижнем Поволжье по данным спорово-пыльцевого исследования торфяников в регионе и корреляция данных палинологического и палеопочвенного методов анализов.

Объекты исследований

Объекты исследования приурочены к северо-восточной части Ергенинской возвышенности. Платообразная возвышенность Ергени с востока резко ограничена береговым уступом хвалынского моря на высоте до +50 м. Возвышенность Ергени сложена мощной толщей песков ергенинской свиты раннего плейстоцена, подстилаемых водоупорными майкопскими глинами, на отдельных участках перекрываемых лессовидными породами. Песчаные отложения прорезаются системой крупных балок с запада на восток, эти реликтовые формы рельефа сформировались в среднем плейстоцене [Еременко, Панин, 2010; Панин и др., 2011; Беляев и др., 2016]. Ширина балок достигает 3 км, а глубина – несколько десятков метров. В балках выделяется несколько террас [Идрисов, Шишлина, 2022]. Дно балок часто плоское, на котором широко развиты участки с признаками гидроморфизма, в том числе засоления.

Территория Ергенинской возвышенности расположена в зоне с умеренно-континентальным климатом с холодными малоснежными зимами и жарким летом. Средние зимние температуры здесь $-7-9^{\circ}\text{C}$, летние $+25^{\circ}\text{C}$. Среднегодовое количество осадков 350–400 мм. Основная доля осадков приходится на летние месяцы [Агроклиматические ресурсы ... , 1974, с. 21].

Преобладающим типом ландшафтов являются северные полупустыни с участками опустыненной полынно-дерновинно-злаковой степи. На засоленных почвах распространены варианты солянковых полупустынь, по склонам балок – полынные сообщества. Байрачных лесов почти нет, древесно-кустарниковая растительность, приуроченная исключительно к склонам балок северной экспозиции, представлена небольшими группами деревьев из дубов, терна, тамарикса, спиреи и зарослями лоха. Под влиянием выпаса скота происходит усиление пустынных элементов, в частности, слабозадернованных участков с черной и белой полынью.

На территории Ергенинской возвышенности нами был проведен анализ космоснимков открытого доступа и выявлено несколько участков с признаками болот. Наиболее перспективным объектом оказался участок долины реки Зельмень у с. Садового, Республика Калмыкия ($47^{\circ}46'46''\text{N}$ $44^{\circ}28'12''\text{E}$; абсолютная высота 37 м) (рис. 1). Здесь водотоки наполняются преимущественно после таяния снега, но грунтовые воды в течение года постепенно инфильтрируются из толщи песков и поддерживают питание ручьев и влажность торфяников в балках.

Отбор образцов и датирование керна торфа

Керн органогенных отложений торфяника Зельмень был получен из самой глубокой части болота с помощью пробоотборника Эйдельмана для торфов. Весь керн составил 200 см, был упакован в пластиковые полутрубы диаметром 50 мм, перевезен в лабораторию и немедленно нарезан на образцы толщиной 1 см для хранения в холодильнике.

Растительные остатки в торфе были значительно разложены и представлены в основ-

ном мелкими тканями и клетками. Крупных фрагментов органического вещества не обнаружено, поэтому основная масса отложений (bulk) была единственным доступным материалом для датирования. Результаты датирования торфа и гиттии представлены в таблице 1. Калибровка дат по калибровочной кривой IntCal20 [Reimer et al., 2020], модель возраст – глубина, расчет скоростей аккумуляции и седиментации (рис. 2) проводились с использованием пакета Bchron [Haslett, Parnell, 2008].

Состав торфа

Для изучения свойств торфа через каждые 5 см отбирались пробы для определения потери при прокаливании (ППП) и анализа параметров гумификации донных отложений по стандартному протоколу [Heiri et al., 2001; Chambers et al., 2011]. При определении степени гумификации измельченный в порошок торф кипятили в растворе КОН, фильтровали, разбавляли в соответствии с протоколом и проводили точное измерение пропускания (Т) и поглощения света (D) на колориметре КФК-2 на волне длиной 540 нм в трехкратной повторности для каждого образца. Результат изменения поглощения света (варьируется от 0 до 1,5) прямо пропорционален изменению гумификации и степени разложения торфа (табл. 2). Также выполнен анализ таких физических свойств торфа, как объемная плотность (BD – bulk density), содержание органического вещества (OM – organic matter) и беззольная объемная плотность (OMBD – также называемая плотностью органического вещества) в соответствии с протоколом [Chambers et al., 2011].

Пыльцевой анализ и пыльцевые индексы

Всего из керна осадка для спорово-пыльцевого анализа было отобрано 22 образца через 10 см. Лабораторная обработка торфяного разреза включала деминерализацию соляной кислотой (10 %), затем кипячение в растворе гидроксида калия (10 %) в течение 5 мин, просеивание через сито 250 мкм. Для нижней части разреза керна мы использовали

сепарационный метод (тяжелая жидкость $\text{CdI}_2 + \text{KJ} + \text{H}_2\text{O}$, плотность $2,35 \text{ г/см}^3$). Если после разделения оставалось значительное количество частиц кремнезема, использовали обработку HF. После обработки остаток суспендировали в глицерине и учитывали не менее 300 пыльцевых зерен на образец.

Для идентификации пыльцевых зерен использовали атласы европейских, восточноевропейских и средиземноморских типов пыльцы [Куприянова, 1965; Куприянова, Аleshina, 1972; 1978; Reille, 1992; Beug, 2004].

Пыльцу *Poaceae* относили к типу *Cerealia* (культурные злаки), если ее размер превышал 45 мкм; в отдельных случаях удалось определить рожь. Злаковые отнесены к группе степных и луговых растений, хотя, вероятно, часть этой пыльцы принадлежит тростнику и связана с локальной болотной растительностью. В группу трав, связанных с антропогенной деятельностью, включена пыльца таксонов, которые по данным наших полевых наблюдений развиваются на современных антропогенно нарушенных почвах. Помимо пыльцы и спор растений подсчитывали непollenные палиноморфы (НПП) и микрочастицы угля.

Диаграмма создана в программах Tilia и TiliaGraph [Grimm, 1990]. Границы локальных пыльцевых зон (LPZ) определены кластерным анализом CONISS в TiliaGraph [Grimm, 1987]. Кроме того, по результатам пыльцевого анализа были рассчитаны индексы, хорошо показавшие эффективность для оценки изменений окружающей среды аридных регионов Монголии, Ближнего Востока и Центральной Азии [Herzschuh, 2007; El-Moslimany, 1990; Shumilovskikh et al., 2016].

Индекс открытости (AP/NAP : отношение древесной и травянистой пыльцы). Этот показатель широко применяется для оценки роли лесов в ландшафтах и тесно связан с вариациями увлажнения; полностью безлесная растительность соответствует показателю ниже 2.

Индекс аридности ($((\text{A}+\text{C})/\text{P})$: отношение суммы пыльцы полыни (A) и маревых (C) к пыльце злаков (P)) позволяет разделить в безлесных ландшафтах полупустыни / сухие степи (показатель выше 5), разнотравные степи / луга и лесостепи (ниже 5).

Индекс увлажнения ($(\text{A}+\text{P})/\text{C}$: отношение суммы пыльцы полыни (A) и злаков (P) к маревым (C)). Этот показатель очень близок широко известному соотношению A/C, которое имеет подтвержденную связь с годовым количеством осадков: индекс ниже 0,5 соответствует очень сухим полупустынным условиям, а поднимаясь выше 0,5 – указывает на увеличение увлажнения и распространение полынно-злаковой степи.

Результаты

Накопление торфа в болоте Зельмень началось около 1450 лет назад, поэтому модель «возраст – глубина» (рис. 2) показывает значительные изменения в скорости осадконакопления и хронологическую неопределенность ниже 120 см из-за низкой скорости накопления и большого временного разрыва между двумя самыми низкими датами.

Торф сформирован почти полностью остатками тростника. В нижней глинистой части профиля (200–120 см) из растительных остатков встречены преимущественно корни тростника *Phragmites*, ткани эпидермиса составляют не более 11 %, редко отмечены водоросли *Nitella*. Выше 120 см встречаемость тканей эпидермиса и проводящих тканей тростника значительно выше и составляет от 40 до 60 %, в остальном же растительные остатки представлены корнями тростника, реже – ветвейника и зеленого мха. В верхней части профиля (45–0 см) появляются корни и эпидермис рогаза (3 %), а также единично водоросли *Nitella*.

Изменения свойств торфа (BD, OM, OMBD) относительно возраста отложений наглядно показывают несколько сдвигов седиментации в сторону накопления органики (рис. 3). Показатели объемной плотности BD варьируют от 0,2 до 1,2 г/см³, снижаются на глубине 185 см (~6700 cal BP), 150 см (3800 cal BP), 144–137 см (3000–2400 cal BP) и наиболее резкое и значительное падение произошло при переходе к стабильному накоплению торфа на глубине 120 см (1450 cal BP). В этих же интервалах возрастает содержание органического вещества (OM) до 0,2 % в глинистой части и до 0,7 % в торфяной части отложений, а также объемной плотности органического

вещества (OMBD) до 0,11–0,15 г/см³. В основном горизонте торфонакопления отмечены также кратковременные эпизоды увеличения объемной плотности (BD) и снижения содержания органического вещества, в частности около 700, 380 и 200 л.н., синхронизированные с изменениями LOI.

Результаты спорово-пыльцевого анализа

Пыльцевая диаграмма очень однообразная, так как в составе наземной пыльцы абсолютно доминирует пыльца маревых и полыней, доля и концентрация древесной пыльцы очень незначительна (рис. 4). Однако обращают на себя внимание заметные колебания концентрации пыльцы – критические минимумы на глубине 130–135 и 30 см (до 9,5 тыс./см³) и несколько максимумов (до 280 тыс./см³), в том числе в нижней глинистой части профиля. Вариации состава и концентрации пыльцы позволили выделить несколько локальных пыльцевых зон с помощью кластерного анализа (LPZz) (табл. 3).

Палинозона 1 (200–190 см; ~7000–6800 cal BP) – концентрация пыльцы наземных растений невысокая (30 тыс./см³). Доминирует пыльца маревых (52 %), полыней (18 %) и большое разнообразие астровых (15 %, преимущественно типа *Senecio* и *Bidens*), злаковых немного (7 %), очень редко встречаются бобовые, кермек, лютиковые. Пыльца антропогенных маркеров представлена крестоцветными (они могут выступать как сегетальные сорняки), встречено одно пыльцевое зерно культурных злаков, споры *Podospora type* и повышено участие спор *Glomus*. Древесной пыльцы менее 3 %, она состоит из березы, сосны, лещины, липы и дуба. Болотные фитоценозы представлены пыльцой осок и редко лабазника, растущего по краю торфяника. Микроугольков мало.

Палинозона 2 (190–170 см; ~6800–5900 cal BP) – интервал с высокой концентрацией (до 102 тыс./см³) пыльцы наземных растений. Доминирует пыльца маревых (38–47 %), много полыней (26–36 %), разнообразные астровые (до 10 %), злаковых немного (3–8 %), редко встречаются бобовые, кермек, лютиковые. Условно антропогенные маркеры – только крестоцветные. Древесной пыль-

цы менее 2 %, наибольшая концентрация пыльцы ольхи, сосны и дуба, постоянно присутствует пыльца эфедры (1,5 %). Локальная болотная пыльца принадлежит осокам и редко лабазнику, отмечены пики водорослей *Botryococcus*. Микроугольков мало.

Палинозона 3 (160–150 см; 4700–3500 cal BP) – отличается падением концентрации пыльцы всех таксонов (до 43 000/см³ наземной пыльцы), в составе трав значительно снижена доля полыни и злаков, в то время как маревые и астровые представлены хорошо.

Палинозона 4 (150–135 см; 3500–2300 cal BP) – в этом диапазоне преобладает пыльца полыней (48 %), маревых заметно меньше (30 %), много разнообразных астровых – преимущественно тип *Achillea* (тысячелистник). Несмотря на обилие пыльцы и большие насчеты (более 800 п.з.), среди древесной пыльцы встречена только ольха, береза, сосна – таксоны с большой дистанцией разноса ветром, но совершенно нет пыльцы широколиственных пород. В гумусированной прослойке (3000–2500 cal BP) происходит наиболее значительное увеличение концентрации всех групп наземной пыльцы (до 280 тыс./см³).

Палинозона 5 (135–130 см; 2300–1800 cal BP) – интервал с критически низкой концентрацией пыльцы (9,5 тыс./см³) одновременно для всех таксонов, несмотря на хорошую сохранность пыльцевых зерен. В составе пыльцы резко увеличивается доля маревых (до 40–70 %) на фоне снижения доли полыней (5–18 %) и исчезновения пыльцы осок; хорошо представлены злаки, появляется пыльца мяты, зонтичных и василька. Антропогенных маркеров немного – это крестоцветные, лопух. Увеличивается концентрация спор *Glomus* и впервые отмечены грибы типа *Sporormiella*.

Палинозона 6 (130–80 см; 1800–1000 cal BP) характеризуется хорошей концентрацией наземной пыльцы (до 90 тыс./см³). Несколько увеличивается и концентрация древесной пыльцы; ее доля достигает 4–5 % и увеличивается в основном за счет пыльцы сосны и дуба. Постоянно встречается также пыльца ивы, вяза, иногда липы, винограда и даже ели. Доминирует пыльца маревых (40–50 %), полыней (25–30 %), отмечается много злаков (15–18 %); постоянно встречается эфедра. Лугово-

степное разнотравье разнообразно. Наиболее значительные изменения связаны с группой антропогенных маркеров – с этой глубины постоянно встречается пыльца культурных злаков (размером 48–55 мкм), в том числе пыльца ржи; синхронно, кроме крестоцветных, встречается пыльца чертополоха и бодяка, дикой моркови, щавеля и конопли. В верхней части интервала значительно увеличивается доля спор *Glomus*, появляются копрофильные грибы (*Sordaria*, *Sporormiella*) и яйца гельминтов *Trichocephalus trichiurus*. Впервые заметно возрастает и количество микроугольков в торфе.

Палинозона 7 (80–60 см; 1000–700 cal BP) характеризуется повышенной концентрацией пыльцы (96 тыс./см³). Характерно увеличение доли пыльцы полыней (до 40 %), а также березы и ольхи. Значительно сокращается участие спор *Glomus*, хотя большинство остальных маркеров хозяйственной активности и пожаров сохраняются.

Палинозона 8 (60–10 см; 700–0 cal BP). Концентрация пыльцы сокращается, особенно на глубине 30 см (20 тыс./см³). Преобладают маревые (60–40 %), доля полыней увеличивается только в самом верхнем современном образце, в небольшом количестве отмечены астровые, бобовые, лютиковые и разнотравье. Пыльца культурных злаков встречается постоянно, как и споры *Glomus* и копрофильные грибы. Древесная пыльца представлена сосной, дубом и березой; в составе торфа сохранилась пыльца тополя, эфедры.

На рисунке 5 представлены пыльцевые индексы торфяника Зельмень. В целом пыльцевые индексы соответствуют сухим и аридным условиям. Показатели индекса аридности почти всегда выше 5 (с максимумами до 30); минимальные значения до 2,5 около 1900 cal BP не объективны, так как связаны с критически низкой концентрацией внеболотной пыльцы (А+С), при повышенных значениях локальной пыльцы тростника (Р).

Наиболее сухие условия и растительность галофитных полупустынь соответствуют интервалам снижения индекса увлажнения до 0,5 (в периоды около 3500 и 2200–1500 (минимум увлажнения)), а также в период около 500 cal BP. При увеличении увлажнения, в периоды, когда значения индекса аридности достигали максимума (1,5), распространялись

злаково-полынные степи (6700–5800, 2600, 1500, 1000, 700 и 100 cal BP).

Показатели **индекса открытости** минимальные (0,1), что не предполагает распространения байрачных лесов в окружении торфяника Зельмень, а присутствие пыльцы дуба, ольхи и березы можно связать с произрастанием единичных деревьев на склоне балок. Незначительное увеличение этого индекса (до 0,2) около 250 cal BP связано с пылью ивы и тополя, формирующих заросли в балках у ручья.

Обсуждение

В появлении болот на Ергенинской возвышенности основную роль играли атмосферные осадки, их фильтрация и накопление в мощной толще песков Ергенинской свиты. В глубоких балках, дренирующих территорию, происходит выход этих подземных вод, и на плоских участках дна балок формируются заболоченные участки. Таким образом, региональные условия аккумуляции влаги в песках Ергенинской свиты определяли стадии развития болота Зельмень. Условия для накопления органической массы в болоте возникали дважды – около 6700 и 2700–2300 л.н. Однако они прерывались, болото пересыхало, шло активное накопление эоловых отложений и торф частично перерабатывался почвообразованием. Анализ отложений болота показывает, что только после 1500 л.н. грунтовое увлажнение стало непрерывным. Мы склонны предполагать, что причиной этого является изменение годового хода осадков.

Изменения свойств отложений торфяника Зельмень показывают, что длительные гидроморфные условия на дне балки на протяжении 6700–1500 л.н. не приводили к устойчивому накоплению органики. Растительный покров в это время на участках между балками формировали преимущественно полупустыни. Слоистый характер глинистой части керна, с несколькими темными и оглеенными прослойками, свидетельствует о поступлении органики, однако летом отложения в балке полностью пересыхали, растительные остатки разлагались и перекрывались новыми эоловыми наносами. Тем не менее в отдельные периоды растительный покров в окружении болота был достаточно продуктивным, об

этом свидетельствует индекс увлажнения и хорошая концентрация пыльцы около 6700–5500 cal BP.

Отклонения от квазиравновесного состояния и увеличение увлажненности возникали трижды, примерно около 6700, 3700 cal BP, но наиболее отчетливо 2780 cal BP. Они маркированы увеличением объемной плотности, повышенным содержанием органического вещества и иногда ростом гумификации. Мы предполагаем, что в такие интервалы увеличивались зимние осадки, усиливалась инфильтрация грунтовых вод, питающих болото, что и позволяло торфянику не пересыхать летом. Эти выводы по показателям торфа согласуются и с пыльцевыми данными, так как подобные эпизоды связаны с лучшей сохранностью и высокой концентрацией пыльцы, доминированием пыльцы полыней на фоне смягчения аридности и замещения галофитных полупустынь более продуктивными полынными степями. Отметим, что именно в период 2800 cal BP в этом регионе резко сокращается количество археологических памятников. Причиной депопуляции было увеличение высоты снежного покрова зимой в условиях слабого сибирского антициклона, и, как следствие, невозможность зимнего выпаса скота [Борисов, Мимоход, 2017]. При этом заметное увеличение концентрации пыльцы сосны 2600 cal BP, источником которой, скорее всего, являются прилегающие к Ергеням с северо-запада районы Восточно-Европейской равнины.

Напротив, в особенно сухих условиях 4000–3700 и 2300–2200 cal BP не только снижалось количество органики в отложениях, но и из-за нестабильного увлажнения и разреженного полупустынного характера растительности значительно падала концентрация пыльцы. Резко засушливые климатические условия продолжают после 2300 cal BP; органическое накопление почти прерывается (снижаются показатели OM и LOI), болото летом полностью пересыхает, и на его поверхность наносятся прослойки терригенного материала. Этим объясняется крайне низкая концентрация и сохранность пыльцы. В таких условиях наблюдается доминирование пыльцы маревых в отложениях, поэтому пыльцевой индекс увлажнения указывает на

выраженный сухой интервал и полупустынную растительность. Ситуация изменяется лишь после стабилизации водного баланса болота в V н.э.

Увеличение грунтовой подпитки болота после 1500 cal BP привело к началу **стабильного** торфонакопления на фоне увеличения зимних осадков, их аккумуляции в песчаных отложениях Ергенинской свиты и обеспечения постоянного летнего притока влаги в болото. В результате растительные остатки тростника сохранялись и довольно быстро накапливались, а облик растительности за пределами болота в это время формировали преимущественно злаково-полынные степи. Таким образом, начало функционирования торфяника Зельмень можно соотносить с гумидным эпизодом в степях, хорошо изученным по погребенным почвам под курганами позднесарматской культуры в Волго-Донском междуречье [Кривошеев, Борисов, 2019] и аланской культуры на возвышенности Паласа-Сырт [Хохлова, Хохлов, 2015].

Некоторое усиление аридизации, эрозии и распространение галофитной растительности выявлено после 700 cal BP по изменениям свойств торфа и состава внеболотной пыльцы, однако оно не привело к остановке торфонакопления.

Отражение антропогенной деятельности в торфянике Зельмень

В отложениях торфяника Зельмень выявлены пыльцевые маркеры (цикориевые, крестоцветные, чертополох, бодяк, подорожник, крапива, конопля, дикая морковь, культурные злаки), а также микроугли и НПП (прежде всего *Glomus* и копрофильные грибы *Podospora*, *Sporormiella*, *Sordaria*), указывающие на выпас скота. Вероятно, и какая-то часть пыльцы маревых связана с этой формой хозяйственной деятельности. Но были и другие признаки, прежде всего изменения в седиментации, которые сложно объяснить природными причинами.

Для интервалов, связанных с освоением возвышенности Ергени в энеолите и бронзовом веке, в торфянике Зельмень не найдено однозначных палинологических маркеров антропогенного воздействия на растительность.

Однако не исключено, что интервал интенсивного освоения региона катакомбными и посткатакомбными коллективами почти не отражен в керне торфяника Зельмень, так как он приходится на сухой период с бесснежными зимами, когда болото не имело источников подпитки и осадконакопление критически замедлилось. Ранее проведенные палеопочвенные исследования однозначно показали, что, несмотря на аридизацию, увеличение засоления и содержания карбонатов, в почвах этого времени увеличена микробная биомасса, и в ее структуре увеличивается доля микроорганизмов, разлагающих растительные остатки [Khomutova et al., 2019]. Такое кажущееся противоречие указывает на поступление в почву достаточного количества растительной массы, что предполагает умеренное увлажнение в летний период, при этом зимние осадки могли быть весьма незначительными. Для пустынных и сухостепных растительных сообществ показана способность быстро изменять величину продуктивности надземной массы в 3–5 раз в летние влагообеспеченные годы по сравнению с засушливыми [Saparov, Sizemskaya, 2011]. В таком случае в вегетационный период происходит быстрое возобновление травянистой растительности, а дернина подвергается наименьшему разрушению при выпасе [Greenwood, McKenzie, 2001]. Напротив, при формировании высокого снегового покрова и неустойчивых зим с частыми оттепелями и похолоданиями невозможен круглогодичный выпас мелкого рогатого скота в этом регионе – животные не могут добывать корм из-под снега и гибнут, а при оттепелях скот выдергивает траву с корнями из влажной почвы и пастбища очень быстро деградируют [Хазанов, 2000]. Поэтому в периоды улучшения зимнего увлажнения люди покидают эти территории.

Согласно палинологическим данным торфяника Зельмень, явные признаки хозяйственной деятельности проявились как несколько эпизодов более интенсивной пастбищной нагрузки и аккумуляции спор микоризных грибов, связанных с нарушением дернового слоя почвы и появлением копрофильных грибов в периоды 1300–1000, 700 и 400–300 cal BP. Однако более интересно постоянное присутствие пыльцы культурных злаков, в том чис-

ле ржи, а также сорняков, связанных с жильем и посевами (крестоцветных, конопли, дикой моркови), большого количества микроуглей. Это указывает на совершенно иной тип освоения территории, предполагающий заметное участие земледелия в экономике населения региона, однако исторические сведения о нем пока не известны. Несмотря на то что район не относится к сельскохозяйственным областям, эти данные нельзя считать случайными, так как и более ранние исследования в этом регионе торфяника Харабулук [Krementski et al., 1999] также выявили пыльцу типа *Cerealia*, которая непрерывно встречается в отложениях начиная примерно с 1700 cal BP. В настоящее время мы не располагаем археологическими подтверждениями наличия земледелия в Нижневолжском регионе в период финала РЖВ – раннего Средневековья, однако полагаем, что данная публикация послужит своего рода триггером для обсуждения возможности такого типа хозяйственной деятельности.

Региональные факторы, определяющие динамику климата

На протяжении второй половины голоцена на Ергенинскую возвышенность поступала влага от двух основных источников – с запада с Атлантического океана и с юго-востока с Каспийского моря. Интенсивность циклонической активности в области преобладания западного переноса обусловлена летней температурой и испарением с поверхности моря в Северной Атлантике. Второй важной причиной является активность Азиатского (Сибирского) антициклона: его интенсификация может блокировать поступление зимне-весенней влаги из Северной Атлантики в континентальную Азию, а ослабление, наоборот, приводит к более влажным и мягким зимам. В случае с прикаспийским регионом в формировании климата начинает участвовать третий фактор – акватория Каспия. Следует отметить, что изменения увлажненности климата прилегающих к Каспию регионов под влиянием воздушных масс, формирующихся над морем, слабо изучены. Эмпирические данные доказывают, что роль этого источника влаги пропорционально возрастает при увеличении

площади водной поверхности моря [Панин, 1987]. Однако не вполне доказано, к чему приводит сочетание воздействия Каспия с интервалами ослабления или усиления сибирского антициклона.

По нашим данным, в тех случаях, когда усиление Сибирского максимума совпадает с регрессией Каспия [Водный баланс ... , 2016], отмечаются периоды наибольшей аридизации (6000–5000, 3200–2800 cal BP и в последние 500 лет). В торфянике Зельмень этому соответствует хорошо выраженный аридный эпизод в период 5500–5000 cal BP. В то же время усиление Сибирского антициклона около 3000 cal BP не привело к аридизации, так как совпадало со 2-й стадией Новокаспийской трансгрессии. В этих условиях восточные ветры способствовали транспортировке влажного каспийского воздуха на западную часть Прикаспийской низменности.

В другом же случае даже кратковременное усиление Сибирского максимума в первые века II тыс. до н.э., совпадающее с регрессией Каспия, привело к снижению увлажнения, хотя в нижневолжских степях последствия аридизации в этот период были намного менее катастрофическими по сравнению с аридизацией в Западной Азии («4.2 ka event» [Weiss et al., 1993]). Однако и в Нижневолжском регионе и сопредельных областях в это время происходило заметное снижение площади приречных лесов [Krementski et al., 1999], а палеопочвенные исследования свидетельствуют о нарастании аридизации начиная с XXVI в. до н.э. с максимумом аридности на рубеже III–II тыс. до н.э. [Борисов и др., 2018].

Помимо указанных выше факторов, на формирование и развитие болот оказывал влияние годовой ход осадков и условия влагообеспеченности холодного времени года. Гидроморфные условия в балках и предпосылки для торфонакопления здесь возникали начиная с 7000 cal BP под влиянием накопления и медленной инфильтрации атмосферных осадков зимнего периода, обеспечивающих питание болот в летнее время. Стабильно высокие нормы осадков холодного времени года, обеспечивающие непрерывное развитие торфяника, отмечены в период с IV–V вв. до настоящего времени.

Заключение

Таким образом, на основании данных спорово-пыльцевого анализа торфяника Зельмень можно заключить, что наиболее гумидные условия в Нижневолжском регионе имели место в начале I тыс. до н.э. Следует отметить, что тренд на усиление атмосферной увлажненности начался еще в середине II тыс. до н.э. в срубное время, что хорошо доказано на основе палеопочвенных данных. Наиболее гумидные условия пришлись на период IX–VII вв. до н.э. Однако, несмотря на явное улучшение общего увлажнения, в этот период не создавались условия для устойчивого питания болота Зельмень и накопления торфа.

После этого начался устойчивый тренд на снижение атмосферной увлажненности, который продолжался до раннесарматского времени с пиком аридности в III в. до н.э. В палинологических данных торфяника Зельмень не отразились микроплювиал I в. н.э. и микроаридный период II в. н.э., отмеченные ранее по палеопочвенным данным [Демкин и др., 2010]. В участке керна торфяника, соответствующем сарматскому периоду, наблюдается постепенный рост увлажненности, достигающий максимума в эпоху Великого переселения народов. Но в этот период произошли качественные изменения годового хода увлажненности и увеличилась доля зимних осадков, благодаря чему началось непрерывное накопление торфа. После этого торфообразование уже не прерывалось ни в аридном VIII в. н.э., ни в гумидном IX в. н.э. Гумидные условия развитого Средневековья (XII–XIII вв.) в равной мере хорошо реконструируются и по почвенным данным, и в спорово-пыльцевом спектре торфяника Зельмень.

Сопоставляя полученные спорово-пыльцевые данные по торфянику Зельмень с имеющимися палеопочвенными данными, можно наблюдать ряд практически полных совпадений реконструкций, полученных двумя методами (рис. 6). При этом в ряде случаев можно наблюдать противоположные выводы. Так, в частности, аридизация климата на рубеже III–II тыс. до н.э., достаточно надежно и многократно показанная по палеопочвенным данным, выявлена и в материалах торфяника Зельмень. Спорово-пыльцевые данные до-

вольно убедительно показывают гумидный период в первой половине I тыс. до н.э. (отметим, что для этого времени нет известных палеопочвенных реконструкций). Все известные реконструкции отражают аридный период в савромато-раннесарматское время. Достаточно надежно выявленная по палеопочвенным данным череда микроаридов и микроплювиалов в сарматскую эпоху не отразилась в спорово-пыльцевых спектрах торфяников Нижневолжского региона. Здесь можно отметить лишь устойчивый тренд на усиление гумидности на протяжении всей первой половины I тыс. н.э.

Эпоха Великого переселения народов и начало раннего Средневековья практически не исследованы с позиций почвоведения. Поэтому представленные в данной работе спорово-пыльцевые данные, показывающие хорошо заметную динамику увлажненности в этот период, являются первыми палеоэкологическими сведениями для этого времени.

Хронологические рамки палеопочвенного метода ограничиваются периодом развитого Средневековья; погребенные почвы более позднего времени встречаются крайне редко. Гумидные условия, реконструируемые для этого времени по почвам, хорошо сочетаются с данными палинологических исследований, в то время как резкая аридизация в пе-

риод 600–500 л.н. показана в спорово-пыльцевых спектрах торфяников впервые.

Что касается указанных выше расхождений в оценке природных событий прошлого, которые выявляются при сопоставлении данных спорово-пыльцевого и палеопочвенного методов, то причину этого следует искать в особенностях годового хода осадков и его отражении в почвах и торфяниках. Высокие нормы зимних осадков, как правило, не отражаются в спорово-пыльцевых спектрах торфяников, в то время как весь спектр химических и микробиологических свойств почв определяется исключительно условиями влагообеспеченности холодного времени года.

ПРИМЕЧАНИЕ

¹ Работа выполнена при поддержке РНФ, проект 25-68-00011 «Tempora incognita в истории Волго-Уральского региона: культурно-исторические, антропологические, палеоэкологические предпосылки и последствия смены эпох и культур на рубеже поздней бронзы – в начале раннего железного века».

This work was supported by the Russian Science Foundation, project 25-68-00011 “Tempora incognita in the history of the Volga-Ural region: cultural-historical, anthropological, paleoecological prerequisites and consequences of the change of eras and cultures at the turn of the Late Bronze Age – at the beginning of the Early Iron Age.”

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1. Результаты радиоуглеродного датирования торфяника Зельмень

Table 1. Results of radiocarbon dating of the Zelmen peat bog

Лабораторный номер	Глубина, см	Материал	^{14}C возраст	Интервал калиброванного возраста, BP 1 σ (IntCal20)
Ki-19762	50	Торф	650 $\pm$ 50	559–663
Ki-19763	75	Торф	1020 $\pm$ 60	901–973
Ki-19765	100	Торф	1350 $\pm$ 60	1245–1309
Ki-19764	125	Торф	1560 $\pm$ 60	1430–1478
Ki-19766	150	Гиттия	3240 $\pm$ 80	3378–3497
Ki-19767	175	Гиттия	5740 $\pm$ 90	6442–6642

Таблица 2. Состав и физические свойства торфа болота Зельмень

Table 2. Composition and physical properties of peat from the Zelmen

Стратиграфические единицы, возраст	Свойства торфа
48–0 cm (570–0 cal BP)	Травяной торф, светло-коричневый сверху и темнеющий к низу, с остатками тростника, обильной примесью дробленой ракушки и песка. Скорость седиментации около 12 лет/см; LOI колеблется в нижней части слоя 75 %, но снижается до 25 % на глубинах 30 и 10 см; показатели гумификации в нижней части слоя высокие, но снижаются синхронно с LOI
110–48 cm (1350–570 cal BP)	Черно-коричневый травяной торф с многочисленными остатками тростника. Седиментация высокая, около 12 лет/см; LOI на уровне 60–75 %, но на глубине 60–50 см снижается до 25 % (примесь песка); гумификация торфа высокая
121–110 cm (1450–1350 cal BP)	Черный торф, без видимых крупных растительных остатков. Скорость седиментации около 9 лет/см; LOI резко увеличивается до 67 %; показатели гумификации наибольшие в профиле
147–121 cm (3200–1450 cal BP)	Темно-коричневая гиттия с большой долей глинистого материала. На глубине 144–137 см (3,0–2,5 kaBP) – прослойка очень темного цвета с большей долей органики. Скорость седиментации около 76 лет/см; LOI около 10 %, но в органической прослойке до 20 %; показатели гумификации низкие, повышаются только в темной прослойке
158–147 cm (4500–3200 cal BP)	Глинистая темно-серая гиттия. Скорость седиментации около 76 лет/см; LOI около 10 %; показатели гумификации очень низкие
200–158 cm (~7000–4500 cal BP)	Глинистый материал с признаками оглеения и слоистости, редкие остатки тростника. Скорость седиментации около 120 лет/см; LOI колеблется от 10 до 14 % с наибольшим значением на глубине 185 см; показатели гумификации очень низкие

Таблица 3. Общие характеристики палинозон в керне торфяника Зельмень

Table 3. General characteristics of palynozones in the Zelmen peat bog core

Возраст, cal BP	Палино-зона	Главные таксоны	Подчиненные таксоны	Концентрация пыльцы	Антропогенные индикаторы
700–0	8	Ch	Varia; Pinus+Salix	+	++++
1000–700	7	Ch+Art	Poa; Pinus+Alnus	+++	++
1800–1000	6	Ch	Art+Poa(Cereal); Q+Pinus	++	+++
2300–1800	5	Ch	Art+Poa	Min	+
3500–2300	4	Art	Ch	++++	–
4700–3500	3	Ch	Atr	+	–
6800–4700	2	Ch+Art	Poa+Art	+++	–
7000–6800	1	Ch	Art	+	+

Примечание. Ch – Chenopodiaceae, Art – Artemisia, Ast – Asteraceae, Poa – Poaceae, Q – Quercus.



Рис. 1. Местоположение основных объектов исследования

Fig. 1. Location of the main study sites

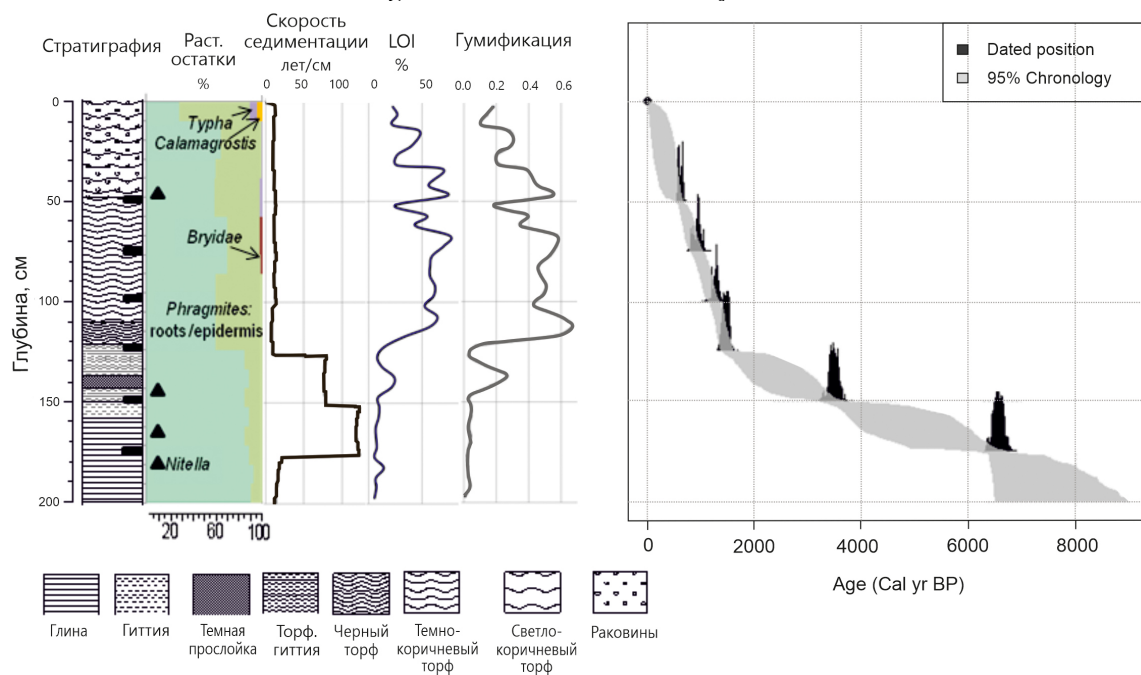


Рис. 2. Стратиграфия отложений, скорость осадконакопления, физические свойства торфа и возрастная модель накопления отложений в торфянике Зельмень

Fig. 2. Sediment stratigraphy, sedimentation rate, physical properties of peat, and age-depth model for the Zelmen peat bog

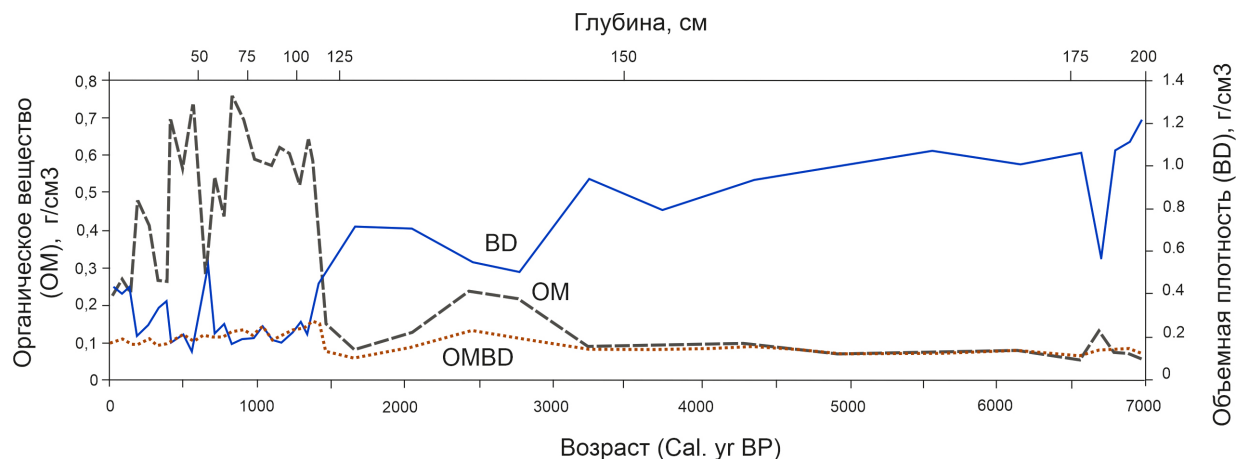


Рис. 3. Свойства торфа в торфянике Зельмень: объемная плотность отложений (BD), содержание органических веществ (OM) и объемная плотность органического вещества (OMBD) относительно возраста отложений. Синим цветом показаны интервалы увеличения накопления органики при более влажном режиме седиментации

Fig. 3. Peat properties in the Zelmen peat bog: sediment bulk density (BD), organic matter content (OM), and organic matter bulk density (OMBD) relative to sediment age. Blue shading indicates intervals of increased organic accumulation under wetter sedimentation conditions

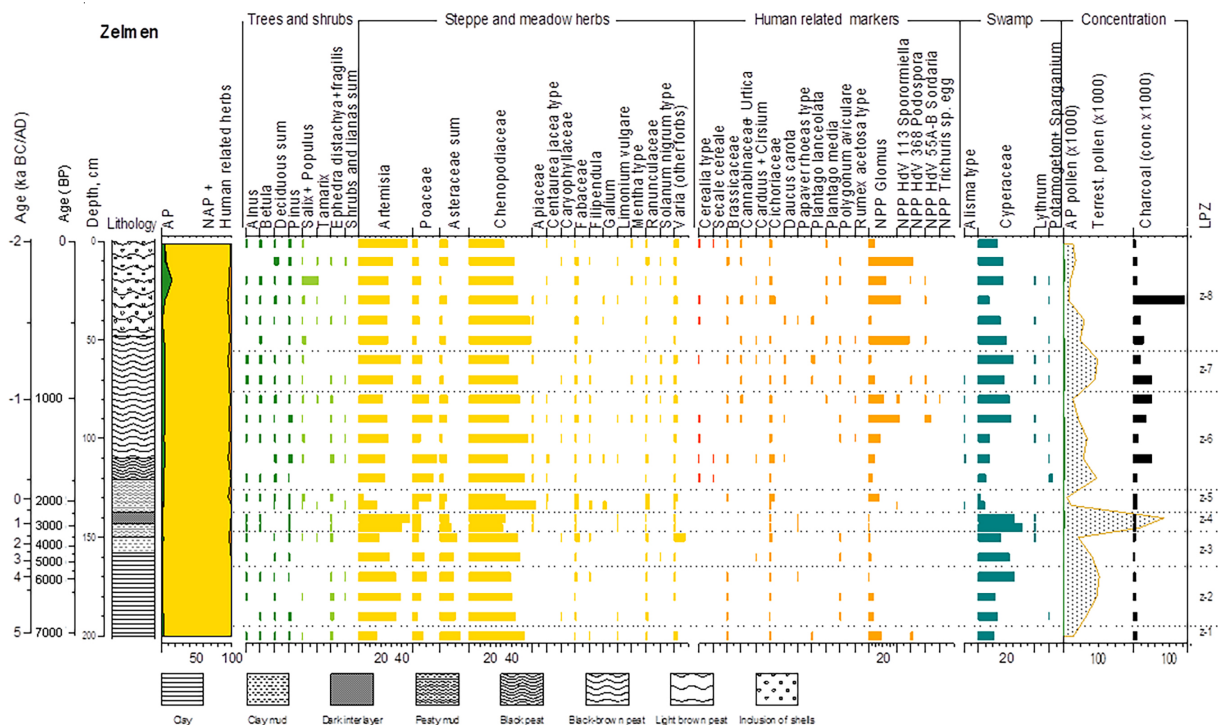


Рис. 4. Спорно-пыльцевая диаграмма торфяника Зельмень [Ryabogina et al., 2022, fig. 7]

Fig. 4. Spore-pollen diagram of the Zelmen peat bog [Ryabogina et al., 2022, fig. 7]

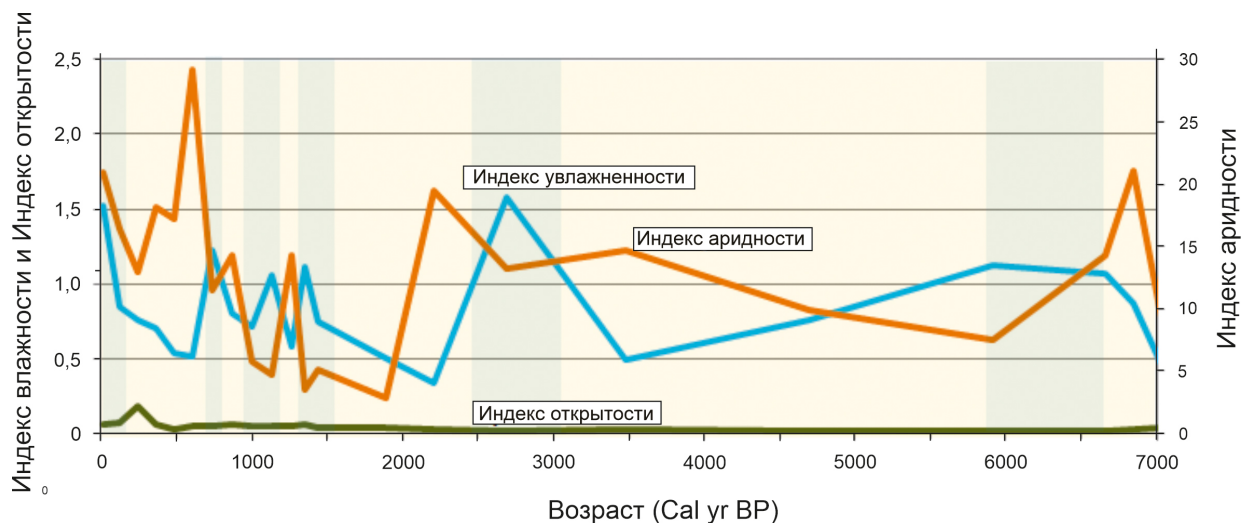


Рис. 5. Сочетание пыльцевых индексов в торфянике Зельмень и выделенные по ним интервалы изменения фоновой растительности, обусловленные увлажнением (степи – зеленые, полупустыни – желтые)

Fig. 5. Combination of pollen indices in the Zelman peat bog and inferred intervals of changes in background vegetation related to moisture conditions (steppes – green; semi-deserts – yellow)

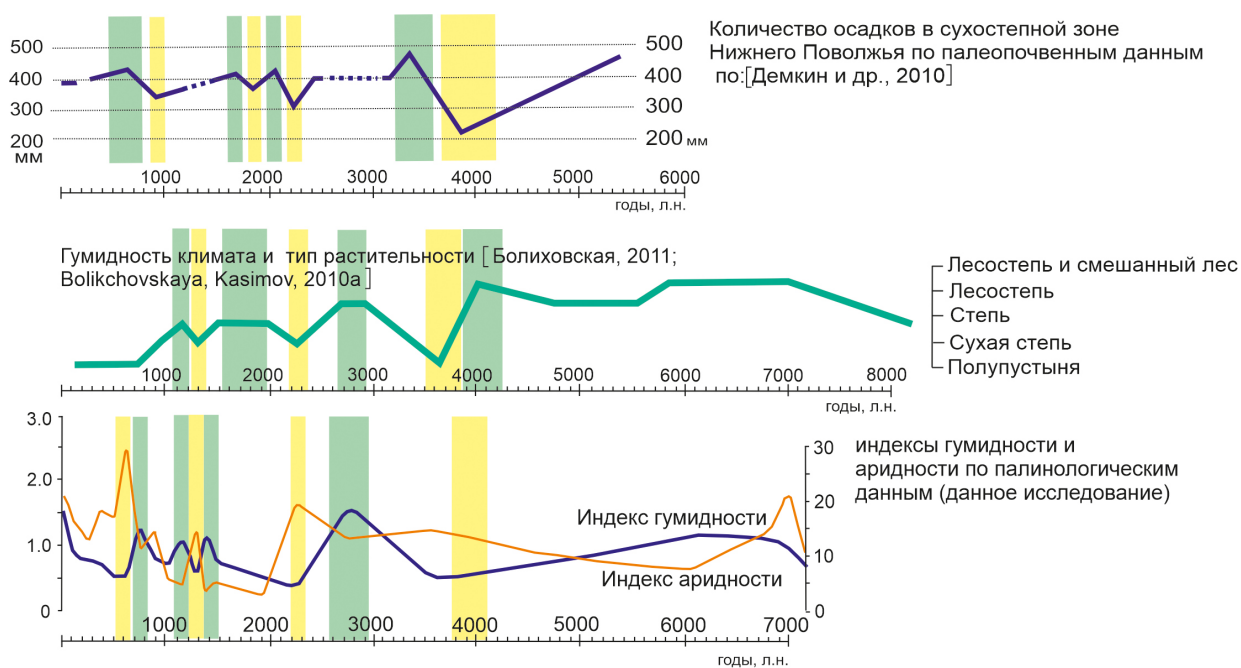


Рис. 6. Динамика природных условий в Нижневолжском регионе по данным спорно-пыльцевых и палеопочвенных наблюдений (желтой заливкой показаны периоды усиления аридности, зеленой – периоды гумидизации климата)

Fig. 6. Dynamics of natural conditions in the Lower Volga region based on spore-pollen and paleosoil observations (yellow shading indicates periods of increased aridity; green shading indicates periods of climate humidification)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абрамова Т. А., 1980. Изменение увлажненности Каспийского региона в голоцене по палинологическим данным // Колебания увлажненности Арало-Каспийского региона в голоцене. М. : Наука. С. 71–74.
- Агроклиматические ресурсы Калмыцкой АССР, 1974. Л. : Гидрометеиздат. 170 с.
- Александровский А. Л., Александровская Е. И., 2005. Эволюция почв и географическая среда. М. : Наука. 278 с.
- Беляев В. Р., Доманская П. А., Гаранкина Е. В., Курбанов Р. Н., 2016. Реликтовое эрозионное расчленение южного склона возвышенности Ергени и его соотношение с различными стадиями развития Понто-Маньча // Пути эволюционной географии : материалы Всерос. науч. конф., посвящ. памяти профессора А.А. Величко. М. : Ин-т географии РАН. С. 417–421.
- Болиховская Н. С., 2011. Эволюция климата и ландшафтов Нижнего Поволжья в голоцене // Вестник Московского университета. Серия 5, География. № 2. С. 13–27.
- Борисов А. В., Мимоход Р. А., 2017. Аридизация: формы проявления и влияние на население степной зоны в бронзовом веке // Российская археология. № 2. С. 48–60.
- Борисов А. В., Ельцов М. В., Удальцов С. Н., Бухонов А. В., 2018. Аридизация климата в пустынно-степной зоне: причины, формы проявления и влияние на жизнь древнего населения // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 4, История. Регионоведение. Международные отношения. Т. 23, № 3. С. 52–62. DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu4.2018.3.5>
- Водный баланс и колебания уровня Каспийского моря. Моделирование и прогноз, 2016. М. : Триада лтд. 378 с.
- Вронский В. А., 1987. Стратиграфия и палеогеография Каспийского моря в голоцене // Известия АН СССР. Серия геологическая. № 2. С. 73–82.
- Демкин В. А., Борисов А. В., Удальцов С. Н., 2010. Палеопочвы и климат юго-востока среднерусской возвышенности в эпохи средней и поздней бронзы (XXV–XV вв. до н.э.) // Почвоведение. № 1. С. 7–17.
- Демкин В. А., Демкина Т. С., Хомутова Т. Э., Ельцов М. В., Удальцов С. Н., Каширская Н. Н., 2013. Подкурган-ные палеопочвы нижеволжских степей как индикаторы динамики климата за историческое время // Поволжская археология. № 2 (4). С. 126–142.
- Еременко Е. А., Панин А. В., 2010. Ложбинный мезорельеф Восточно-Европейской равнины. М. : МИРОС. 192 с.
- Идрисов И. А., Борисов А. В., Магомедов Б. А., 2018. Болота юга Прикаспийской низменности // Труды института геологии Дагестанского научного центра РАН. № 2 (73). С. 13–19.
- Идрисов И. А., Шишлина Н. И., 2022. Использование голоценовых отложений юго-востока Ростовской области для установления древней антропогенной деятельности в степных регионах // Аридные экосистемы. Т. 28, № 3 (92). С. 107–116.
- Кривошеев М. В., Борисов А. В., 2019. Климатический оптимум как фактор кризиса экономики степных nomads в IV в. н.э. // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 4, История. Регионоведение. Международные отношения. Т. 24, № 3. С. 47–57. DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu4.2019.3.4>
- Куприянова Л. А., 1965. Палинология сережкоцветных (Amentiferae). Л. : Наука. 215 с.
- Куприянова Л. А., Алешина Л. А., 1972. Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР. М. : Наука. 183 с.
- Куприянова Л. А., Алешина Л. А., 1978. Пыльца двудольных растений флоры Европейской части СССР. Lamiaceae-Zygophyllaceae. Л. : Наука. 184 с.
- Лысенко Е. И., Ткач А. А., Макшаев Р. Р., Янина Т. А., Зенина М. А., 2024. Палеоэкологические условия в предельтовом районе Северного Каспия в голоцене // Вестник Московского университета. Серия 5, География. № 1. С. 61–77. DOI: <https://doi.org/10.55959/MSU0579-9414.5.79.1.5>
- Панин А. В., Сидорчук А. Ю., Чернов А. В., 2011. Основные этапы формирования пойм равнинных рек Северной Евразии // Геоморфология. № 3. С. 20–31.
- Панин Г. Н., 1987. Испарение и теплообмен Каспийского моря. М. : Наука. 88 с.
- Рябогина Н. Е., Идрисов И. А., Насонова Э. Д., Борисов А. В., 2020. Изменение условий обитания в горных и равнинных районах Дагестана во второй половине голоцена // Археологическое наследие Кавказа: актуальные проблемы изучения и сохранения. XXXI Крупновские чтения. Махачкала : МавраевЪ. С. 141–145.
- Хазанов А. М., 2000. Кочевники и внешний мир. Алматы : Дайк-пресс. 603 с.

- Хомутова Т. Э., Демкина Т. С., Борисов А. В., Шишлина Н. И., 2017. Состояние микробных сообществ подкурганых палеопочв пустынно-степной зоны эпохи средней бронзы (XXVII–XXVI вв. до н.э.) в связи с динамикой увлажненности климата // Почвоведение. № 2. С. 239–248.
- Хомутова Т. Э., Борисов А. В., 2022. Микробное разнообразие погребенных степных почв в связи с ходом годовых осадков // Почвоведение. № 11. С. 1391–1398.
- Хохлова О. С., Хохлов А. А., 2015. Изменения свойств почв при разнонаправленных климатических колебаниях и относительная хронология сооружения курганов в могильнике Паласа-сырт, южная группа // Малашев В. Ю., Гаджиев М. С., Ильюков Л. С. Страна маскутов в Западном Прикаспии. Курганные могильники Прикаспийского Дагестана III–V вв. н.э. Махачкала : Мавраевъ. С. 185–206.
- Beug H., 2004. Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete (Guide to the Pollen Analysis for Central Europe and the Adjacent Areas). München : Dr. Friedrich Pfeil. 542 p.
- Bolikhovskaya N., Kasimov N., 2010. The Evolution of Climate and Landscapes of the Lower Volga Region During the Holocene // Geography, Environment, Sustainability. Vol. 3, № 2. P. 78–97.
- Chambers F. M., Beilman D. W., Yu Z., 2011. Methods for Determining Peat Humification and for Quantifying Peat Bulk Density, Organic Matter and Carbon Content for Palaeostudies of Climate and Peatland Carbon Dynamics // Mires and Peat. Vol. 7 (2010/11). P. 1–10.
- El-Moslimany A. P., 1990. Ecological Significance of Common Nanarbooreal Pollen: Eamplrs from Drylands of the Middle East // Review of Paleobotany and Palynology. Vol. 64. P. 343–350. DOI: [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(90\)90150-H](https://doi.org/10.1016/0034-6667(90)90150-H)
- Greenwood K., McKenzie M., 2001. Grazing Effects on Soil Physical Properties and the Consequences for Pastures: A Review // Australian Journal of Experimental Agriculture. Vol. 41. P. 1231–1250. DOI: <https://doi.org/10.1071/EA00102>
- Grimm E. C., 1987. CONISS: A FORTRAN 77 Program for Stratigraphically Constrained Cluster Analysis by the Method of Incremental Sum of Squares // Computers and Geosciences. Vol. 13 (1). P. 13–35. DOI: [https://doi.org/10.1016/0098-3004\(87\)90022-7](https://doi.org/10.1016/0098-3004(87)90022-7)
- Grimm E. C., 1990. TILIA and TILIA GRAPH.PC Spreadsheet and Graphics Software for Pollen Data // INQUA, Working Group on Data-Handling Methods. Newsletter. Vol. 4. P. 5–7.
- Haslett J., Parnell A., 2008. A Simple Monotone Process with Application to Radiocarbon Dated Depth Chronologies // Journal of the Royal Statistical Society. Vol. 57 (4). P. 399–418.
- Heiri O., Lotter A. F., Lemcke G., 2001. Loss on Ignition as a Method for Estimating Organic and Carbonate Content in Sediments: Reproducibility and Comparability of Results // Journal of Paleolimnology. Vol. 25. P. 101–110.
- Herzschuh U., 2007. Reliability of Pollen Ratios for Environmental Reconstructions on the Tibetan Plateau // Journal of Biogeography. Vol. 34. P. 1265–1273. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01680.x>
- Khomutova T., Kashirskaya N., Demkina T., Kuznetsova T., Fornasier F., Shishlina N., Borisov A., 2019. Precipitation Pattern During Warm and Cold Periods in the Bronze Age (Around 4.5–3.8 ka BP) in the Desert Steppes of Russia: Soil-Microbiological Approach for Palaeoenvironmental Reconstruction // Quaternary International. Vol. 507. P. 84–94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.02.013>
- Kremetski C., Chichagova O., Shishlina N., 1999. Paleocological Evidence for Holocene Vegetation, Climate and Land-Use Change in the Low Don Basin and Kalmuk Area, Russia // Vegetation History and Archaeobotany. Vol. 8. P. 233–246.
- Leroy S. A. G., Kakroodi A. A., Kroonenberg S., Lahijani H. K., Alimohammadian H., Nigarov A., 2013. Holocene Vegetation History and Sea Level Changes in the SE Corner of the Caspian Sea: Relevance to SW Asia Climate // Quaternary Science Reviews. Vol. 70. P. 28–47. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2013.03.004>
- Leroy S. A. G., Reimer P., Lahijani H., Beni A., Sauer E., 2022. Caspian Sea Levels Over the Last 2200 Years, with New Data from the S-E Corner // Geomorphology. Vol. 403. P. 108136. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2022.108136>
- Reille M., 1992. Pollen et Spores d'Europe et d'Afrique du Nord. Marseille : Laboratoire de botanique historique et palynologie. 535 p.
- Reimer P., Austin W. E. N., Bard E., Bayliss A., Blackwell P. G., Bronk Ramsey C., Butzin M., Edwards R. L., Friedrich M., Grootes P. M., Guilderson T. P., Hajdas I., Heaton T. J., Hogg A., Kromer B., Manning S. W., Muscheler R., Palmer J. G., Pearson C., van der Plicht J., Reim R., Richards D. A., Scott E. M., Southon J. R., Turney C. S. M., Wacker L., Adolphi F., Büntgen U., Fahrni S., Fogtmann-Schulz A., Friedrich R., Köhler P., Kudsk S., Miyake F., Olsen J., Sakamoto M., Sookdeo A., Talamo S., 2020. The IntCal20 Northern

- Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0–55 cal kB) // Radiocarbon. Vol. 62 (4). P. 725–757. DOI: <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>
- Richards K., Bolikhovskaya N. S., Hoogendoorn R. M., Kroonenberg S. B., Leroy S. A. G., Athersuch J., 2014. Reconstructions of Deltaic Environments from Holocene Palynological Records in the Volga Delta, Northern Caspian Sea // Holocene. Vol. 24 (10). P. 1226–1252. DOI: <https://doi.org/10.1177/0959683614540961>
- Ryabogina N., Idrisov I., Yuzhanina E., Borisov A., 2022. Peat Palaeorecords from the Arid Caspian Lowland in Russia: Environmental and Anthropogenic Effects During the Second Half of the Holocene // Quaternary Science Reviews. Vol. 280. P. 107417. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2022.107417>
- Sapanov M. K., Sizemskaya M. L., 2011. Climate-Dependent Changes in Herbaceous Vegetation on Solonchakous Solonchaks of the Northern Caspian Lowland // Biology Bulletin. Vol. 38, № 10. P. 1031–1036.
- Shumilovskikh L. S., Hopper K., Djamali M., Ponel P., Demory F., Rostek F., Tachikawa K., Bittmann F., Golyeva A., Guibal F., Talon B., Liang-Chi Wang L.-C., Nezamabadi M., Bard E., Lahijani H., Nokandeh J., Rekavandi H. O., de Beaulieu J.-L., Sauer E., Andrieu-Ponel V., 2016. Landscape Evolution and Agro-Sylvo-Pastoral Activities on the Gorgan Plain (NE Iran) in the Last 6000 Years // Holocene. Vol. 26 (10). P. 1523–1526. DOI: <https://doi.org/10.1177/0959683616646841>
- Weiss H., Courty M. A., Wetterstrom W., Guichard F., Senior L., Meadow R., Curnow A., 1993. The Genesis and Collapse of Third Millennium North Mesopotamian Civilization // Science. Vol. 261 (5124). P. 995–1004.

REFERENCES

- Abramova T.A., 1980. Izmeneniye uvlazhnennosti Kaspiyskogo regiona v golotsene po palinologicheskim dannym [Changes in Humidity of the Caspian Region in the Holocene According to Palynological Data]. *Kolebaniya uvlazhnennosti Aralo-Kaspiyskogo regiona v golotsene* [Humidity Variations in the Aral-Caspian Region in the Holocene]. Moscow, Nauka Publ., pp. 71–74.
- Agroklimaticheskiye resursy Kalmytskoy ASSR [Agroclimatic Resources of the Kalmyk ASSR], 1974. Leningrad, Gidrometeoizdat. 170 p.
- Aleksandrovskiy A.L., Aleksandrovskaya Ye.I., 2005. *Evolutsiya pochv i geograficheskaya sreda* [Soil Evolution and Geographical Environment]. Moscow, Nauka Publ. 278 p.
- Belyayev V.R., Domanskaya P.A., Garankina Ye.V., Kurbanov R.N., 2016. Reliktovoye erozionnoye raschleneniye yuzhnogo sklona vozvyshennosti Yergeni i yego sootnosheniye s razlichnymi stadiyami razvitiya Ponto-Manycha [Relict Erosional Dissection of the Southern Slope of the Ergeni Upland and Its Relationship with Various Stages of Ponto-Manych Development]. *Puti evolyutsionnoy geografii: materialy Vseros. nauch. konf., posvyashch. pamyati professora A.A. Velichko* [Paths of Evolutionary Geography. Proceedings of the All-Russian Scientific Conference Dedicated to the Memory of Professor A.A. Velichko]. Moscow, IG RAS, pp. 417–421.
- Bolikhovskaya N.S., 2011. Evolyutsiya klimata i landshaftov Nizhnego Povolzh'ya v golotsene [Evolution of Climate and Landscapes of the Lower Volga Region in the Holocene]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya* [Bulletin of Moscow University. Series 5. Geography], no. 2, pp. 13–27.
- Borisov A.V., Mimokhod R.A., 2017. Aridizatsiya: formy proyavleniya i vliyaniye na naseleniye stenoy zony v bronzovom veke [Aridity: Forms of Manifestation and Influence on the Steppe Zone Population in the Bronze Age]. *Rossiyskaya arkheologiya* [Russian Archaeology], no. 2, pp. 48–60.
- Borisov A.V., Yel'tsov M.V., Udal'tsov S.N., Bukhonov A.V., 2018. Aridizatsiya klimata v pustynno-stepnoy zone: prichiny, formy proyavleniya i vliyaniye na zhizn' drevnego naseleniya [Climate Aridization in the Desert-Steppe Zone: the Causes, Results and Impact on Life of the Ancient Population]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 4. Istoriya. Regionovedeniye. Mezhdunarodnyye otnosheniya* [Science Journal of Volgograd State University. History. Area Studies. International Relations], vol. 23, no. 3, pp. 52–62. DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu4.2018.3.5>
- Vodnyy balans i kolebaniya urovnya Kaspiyskogo morya. Modelirovaniye i prognoz [Water Balance and Level Fluctuations in the Caspian Sea: Modeling and Forecasting], 2016. Moscow, Triada ltd. Publ. 378 p.
- Vronskiy V.A., 1987. Stratigrafiya i paleogeografiya Kaspiyskogo morya v golotsene [Stratigraphy and Paleogeography of the Caspian Sea in the Holocene]. *Izvestiya AN SSSR. Seriya geologicheskaya* [News of the USSR Academy of Sciences. Geological Series], no. 2, pp. 73–82.

- Demkin V.A., Borisov A.V., Udaltsov S.N., 2010. Paleopochvy i klimat yugo-vostoka Srednerusskoy vozvyshennosti v epokhi sredney i pozdney bronzy (XXV–XV vv. do n.e.) [Paleosols and Climate of the Southeast of the Central Russian Upland in the Middle and Late Bronze Age (XXV–XV Centuries BC)]. *Pochvovedeniye* [Soil Science], no. 1, pp. 7-17.
- Demkin V.A., Demkina T.S., Khomutova T.E., Yel'tsov M.V., Udaltsov S.N., Kashirskaya N.N., 2013. Podkurgannyye paleopochvy nizhnepovolzhskikh stepey kak indikatory dinamiki klimata za istoricheskoye vremya [Subkurgan Paleosols of the Lower Volga Steppes as Indicators of Climate Dynamics over an Historical Epoch]. *Povolzhskaya arkheologiya* [The Volga River Region Archaeology], no. 2 (4), pp. 126-142.
- Yeremenko Ye.A., Panin A.V., 2010. *Lozhbinnyy mezorel'yef Vostochno-Yevropeyskoy ravniny* [Trough Mesorelief of the East European Plain]. Moscow, MIROS Publ. 192 p.
- Idrisov I.A., Borisov A.V., Magomedov B.A., 2018. Bolota yuga Prikaspiyskoy nizmennosti [Swamps of the South of the Caspian Lowland]. *Trudy instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo tsentra RAN* [Transactions of the Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center of the RAS], no. 2 (73), pp. 13-19.
- Idrisov I.A., Shishlina N.I., 2022. Ispolzovaniye golotsenovykh otlozheniy yugo-vostoka Rostovskoy oblasti dlya ustanovleniya drevney antropogennoy deyatel'nosti v stepnykh regionakh [Use of Holocene Deposits of the South-East Rostov Region to Establish the Ancient Anthropogenic Activity in Steppe Regions]. *Aridnyye ekosistemy* [Arid Ecosystems], vol. 28, no. 3 (92), pp. 107-116.
- Krivosheev M.V., Borisov A.V., 2019. Klimaticheskiy optimum kak faktor krizisa ekonomiki stepnykh nomadov v IV v. n.e. [Climatic Optimum as a Factor of the Economic Crisis of Steppe Nomads in the 4th Century AD]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 4. Istoriya. Regionovedeniye. Mezhdunarodnyye otnosheniya* [Science Journal of Volgograd State University. History. Area Studies. International Relations], vol. 24, no. 3, pp. 47-57. DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu4.2019.3.4>
- Kupriyanova L.A., 1965. *Palinologiya serezhkovetsnykh (Amentiferae)* [Palynology of catkins (Amentiferae)]. Leningrad, Nauka Publ. 215 p.
- Kupriyanova L.A., Aleshina L.A., 1972. *Pyl'tsa i spory rasteniy flory yevropeyskoy chasti SSSR* [Pollen and Spores of Plants of the Flora of the European Part of the USSR]. Moscow, Nauka Publ. 183 p.
- Kupriyanova L.A., Aleshina L.A., 1978. *Pyl'tsa dvudol'nykh rasteniy flory Yevropeyskoy chasti SSSR. Lamiaceae-Zygophyllaceae* [Pollen of Dicotyledonous Plants of the Flora of the European Part of the USSR. Lamiaceae-Zygophyllaceae]. Leningrad, Nauka Publ. 184 p.
- Lysenko Ye.I., Tkach A.A., Makshayev R.R., Yanina T.A., Zenina M.A., 2024. Paleoekologicheskiye usloviya v predel'tovom rayone Severnogo Kaspiya v golotsene [Palaeoecological Situation in Pre-Delta Area of the North Caspian Sea During the Holocene]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya* [Bulletin of Moscow University. Series 5. Geography], no. 1, pp. 61-77. DOI: <https://doi.org/10.55959/MSU0579-9414.5.79.1.5>
- Panin A.V., Sidorchuk A.U., Chernov A.V., 2011. Osnovnyye etapy formirovaniya poym ravninnykh rek Severnoy Evrazii [The Main Stages of the Formation of Floodplains of Lowland Rivers in Northern Eurasia]. *Geomorfologiya* [Geomorphology], no. 3, pp. 20-31.
- Panin G.N., 1987. *Ispareniye i teploobmen Kaspiyskogo morya* [Evaporation and Heat Transfer of the Caspian Sea]. Moscow, Nauka Publ. 88 p.
- Ryabogina N.Ye., Idrisov I.A., Nasonova E.D., Borisov A.V., 2020. Izmeneniye usloviy obitaniya v gornyykh i ravninnykh rayonakh Dagestana vo vtoroy polovine golotsena [Changes in Living Conditions in the Mountainous and Lowland Regions of Dagestan in the Second Half of the Holocene]. *Arkheologicheskoye naslediyе Kavkaza: aktual'nyye problemy izucheniya i sokhraneniya. XXXI Krupnovskiyе chteniya* [Archaeological Heritage of the Caucasus: Current Problems of Study and Preservation. XXXI Krupnovsky Readings]. Makhachkala, Mavrayev Publ., pp. 141-145.
- Khazanov A.M., 2000. *Kochevniki i vneshniy mir* [Nomads and the Outside World]. Almaty, Dayk-press Publ. 603 p.
- Khomutova T.E., Demkina T.S., Borisov A.V., Shishlina N.I., 2017. Sostoyaniye mikrobnyykh soobshchestv podkurgannykh paleopochv pustynno-stepnoy zony epokhi sredney bronzy (XXVII–XXVI vv. do n.e.) v svyazi s dinamikoy uvlazhnennosti klimata [The State of Microbial Communities of Burial Mound Paleosols of the Desert-Steppe Zone of the Middle Bronze Age (27th–26th Centuries BC) in Connection with the Dynamics of Climate Humidity]. *Pochvovedeniye* [Soil Science], no. 2, pp. 239-248.
- Khomutova T.E., Borisov A.V., 2022. Mikrobnoye raznoobraziye pogrebennykh stepnykh pochv v svyazi s khodom godovykh osadkov [Microbial Diversity in Buried Steppe Paleosols in Relation to Former Pattern of Annual Precipitation]. *Pochvovedeniye* [Soil Science], no. 11, pp. 1391-1398.

- Khokhlova O.S., Khokhlov A.A., 2015. Izmeneniya svoystv pochv pri raznonapravlennoy klimaticheskikh kolebaniyakh i otnositel'naya khronologiya sooruzheniya kurganov v mogil'nikakh Palasa-syrt, yuzhnaya gruppa [Changes in Soil Properties Under Multidirectional Climatic Fluctuations and Relative Chronology of the Construction of Burial Mounds in the Palasa-Syrt Burial Ground, Southern Group]. Malashev V.Yu., Gadzhiev M.S., Ilyukov L.S. *Strana maksutov v Zapadnoym Prikaspii. Kurgannye mogil'niki Prikaspiyskogo Dagestana III–V vv. n.e.* [The Land of Maskuts on Western Coast of Caspian Sea. The Coastal Dagestan Kurgan Cemeteries of the 3rd – 5th CC. AD]. Makhachkala, Mavraev Publ., pp. 185–206.
- Beug H., 2004. *Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete (Guide to the Pollen Analysis for Central Europe and the Adjacent Areas)*. München, Dr. Friedrich Pfeil. 542 p.
- Bolikhovskaya N., Kasimov N., 2010. The Evolution of Climate and Landscapes of the Lower Volga Region During the Holocene. *Geography, Environment, Sustainability*, vol. 3, no. 2, pp. 78–97.
- Chambers F.M., Beilman D.W., Yu Z., 2011. Methods for Determining Peat Humification and for Quantifying Peat Bulk Density, Organic Matter and Carbon Content for Palaeostudies of Climate and Peatland Carbon Dynamics. *Mires and Peat*, vol. 7 (2010/11), pp. 1–10.
- El-Moslimany A.P., 1990. Ecological Significance of Common Nanarbooreal Pollen: Examples from Drylands of the Middle East. *Review of Paleobotany and Palynology*, vol. 64, pp. 343–350. DOI: [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(90\)90150-H](https://doi.org/10.1016/0034-6667(90)90150-H)
- Greenwood K., McKenzie M., 2001. Grazing Effects on Soil Physical Properties and the Consequences for Pastures: A Review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, vol. 41, pp. 1231–1250. DOI: <https://doi.org/10.1071/EA00102>
- Grimm E.C., 1987. CONISS: A FORTRAN 77 Program for Stratigraphically Constrained Cluster Analysis by the Method of Incremental Sum of Squares. *Computers and Geosciences*, vol. 13 (1), pp. 13–35. DOI: [https://doi.org/10.1016/0098-3004\(87\)90022-7](https://doi.org/10.1016/0098-3004(87)90022-7)
- Grimm E.C., 1990. TILIA and TILIA GRAPH.PC Spreadsheet and Graphics Software for Pollen Data. *INQUA, Working Group on Data-Handling Methods. Newsletter*, vol. 4, pp. 5–7.
- Haslett J., Parnell A., 2008. A Simple Monotone Process with Application to Radiocarbon Dated Depth Chronologies. *Journal of the Royal Statistical Society*, vol. 57 (4), pp. 399–418.
- Heiri O., Lotter A.F., Lemcke G., 2001. Loss on Ignition as a Method for Estimating Organic and Carbonate Content in Sediments: Reproducibility and Comparability of Results. *Journal of Paleolimnology*, vol. 25, pp. 101–110.
- Herzschuh U., 2007. Reliability of Pollen Ratios for Environmental Reconstructions on the Tibetan Plateau. *Journal of Biogeography*, vol. 34, pp. 1265–1273. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01680.x>
- Khomutova T., Kashirskaya N., Demkina T., Kuznetsova T., Fornasier F., Shishlina N., Borisov A., 2019. Precipitation Pattern During Warm and Cold Periods in the Bronze Age (Around 4.5–3.8 ka BP) in the Desert Steppes of Russia: Soil-Microbiological Approach for Palaeoenvironmental Reconstruction. *Quaternary International*, vol. 507, pp. 84–94. DOI: [10.1016/j.quaint.2019.02.013](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.02.013)
- Kremetski C., Chichagova O., Shishlina N., 1999. Paleocological Evidence for Holocene Vegetation, Climate and Land-Use Change in the Low Don Basin and Kalmuk Area, Russia. *Vegetation History and Archaeobotany*, vol. 8, pp. 233–246.
- Leroy S.A.G., Kakroodi A.A., Kroonenberg S., Lahijani H.K., Alimohammadian H., Nigarov A., 2013. Holocene Vegetation History and Sea Level Changes in the SE Corner of the Caspian Sea: Relevance to SW Asia Climate. *Quaternary Science Reviews*, vol. 70, pp. 28–47. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2013.03.004>
- Leroy S.A.G., Reimer P., Lahijani H., Beni A., Sauer E., 2022. Caspian Sea Levels Over the Last 2200 Years, with New Data from the S-E Corner. *Geomorphology*, vol. 403, p. 108136. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2022.108136>
- Reille M., 1992. *Pollen et Spores d'Europe et d'Afrique du Nord*. Marseille, Laboratoire de botanique historique et palynologie. 535 p.
- Reimer P., Austin W.E.N., Bard E., Bayliss A., Blackwell P.G., Bronk Ramsey C., Butzin M., Edwards R.L., Friedrich M., Grootes P.M., Guilderson T.P., Hajdas I., Heaton T.J., Hogg A., Kromer B., Manning S.W., Muscheler R., Palmer J.G., Pearson C., van der Plicht J., Reim R., Richards D.A., Scott E.M., Southon J.R., Turney C.S.M., Wacker L., Adolphi F., Büntgen U., Fahrni S., Fogtmann-Schulz A., Friedrich R., Köhler P., Kudsk S., Miyake F., Olsen J., Sakamoto M., Sookdeo A., Talamo S., 2020. The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0–55 cal kB). *Radiocarbon*, vol. 62 (4), pp. 725–757. DOI: <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>
- Richards K., Bolikhovskaya N.S., Hoogendoorn R.M., Kroonenberg S.B., Leroy S.A.G., Athersuch J., 2014. Reconstructions of Deltaic Environments from Holocene Palynological Records in the Volga Delta, Northern Caspian Sea. *Holocene*, vol. 24 (10), pp. 1226–1252. DOI: <https://doi.org/10.1177/0959683614540961>

- Ryabogina N., Idrisov I., Yuzhanina E., Borisov A., 2022. Peat Palaeorecords from the Arid Caspian Lowland in Russia: Environmental and Anthropogenic Effects During the Second Half of the Holocene. *Quaternary Science Reviews*, vol. 280, p. 107417. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2022.107417>
- Sapanov M.K., Sizemskaya M.L., 2011. Climate-Dependent Changes in Herbaceous Vegetation on Solonchakous Solonchets of the Northern Caspian Lowland. *Biology Bulletin*, vol. 38, no. 10, pp. 1031-1036.
- Shumilovskikh L.S., Hopper K., Djamali M., Ponel P., Demory F., Rostek F., Tachikawa K., Bittmann F., Golyeva A., Guibal F., Talon B., Liang-Chi Wang L.-C., Nezamabadi M., Bard E., Lahijani H., Nokandeh J., Rekavandi H.O., de Beaulieu J.-L., Sauer E., Andrieu-Ponel V., 2016. Landscape Evolution and Agro-Sylvo-Pastoral Activities on the Gorgan Plain (NE Iran) in the Last 6000 Years. *Holocene*, vol. 26 (10), pp. 1523-1526. DOI: <https://doi.org/10.1177/0959683616646841>
- Weiss H., Courty M.A., Wetterstrom W., Guichard F., Senior L., Meadow R., Curnow A., 1993. The Genesis and Collapse of Third Millennium North Mesopotamian Civilization. *Science*, vol. 261 (5124), pp. 995-1004.

Information About the Authors

Natalia E. Ryabogina, Candidate of Sciences (Geology and Mineralogy), Researcher, University of Gothenburg, Box 200, 405 30 Gothenburg, Sweden, nataly.ryabogina@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1098-0121>

Idris A. Idrisov, Candidate of Sciences (Geography), Leading Researcher, Dagestan Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, M. Gadzhieva St, 45, 367032 Makhachkala, Russian Federation, idris_gun@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7880-9016>

Eleonora D. Trubitsina, Candidate of Sciences (Geography), Researcher, Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Malygina St, 86, 625026 Tyumen, Russian Federation, elyuzh@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7077-2618>

Alexander V. Borisov, Candidate of Sciences (Biology), Leading Researcher, Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science of the Russian Academy of Sciences, Institutskaya St, 2a, 142290 Pushchino, Russian Federation, a.v.borisovv@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5031-7477>

Информация об авторах

Наталья Евгеньевна Рябогина, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник, Университет Гётеборга, Box 200, 405 30 г. Гётеборг, Швеция, nataly.ryabogina@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1098-0121>

Идрис Абдулбутаевич Идрисов, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, Дагестанский федеральный научный центр РАН, ул. М. Гаджиева, 45, 367032 г. Махачкала, Российская Федерация, idris_gun@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7880-9016>

Элеонора Дмитриевна Трубицина, кандидат географических наук, научный сотрудник, Тюменский научный центр СО РАН, ул. Малыгина, 86, 625026 г. Тюмень, Российская Федерация, elyuzh@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7077-2618>

Александр Владимирович Борисов, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, ул. Институтская, 2а, 142290 г. Пушкино, Российская Федерация, a.v.borisovv@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5031-7477>