



DOI: <https://doi.org/10.15688/nav.jvolsu.2022.2.5>

UDC 903\*182.1(470.324)

LBC 63.442.6(235.4)-1



Submitted: 29.06.2022

Accepted: 26.09.2022

## PALEOECOLOGICAL CONDITIONS IN THE STEPPE ZONE OF THE EASTERN EUROPEAN PLAIN AT THE POST-CATACOMB TIME <sup>1</sup>

**Alexandr V. Borisov**

Institute of Physico-Chemical and Biological Problems of Soil Science of the Russian Academy of Sciences,  
Puschino, Russian Federation

**Natalia N. Kashirskaya**

Institute of Physico-Chemical and Biological Problems of Soil Science of the Russian Academy of Sciences,  
Puschino, Russian Federation

**Daria A. Yurshenas**

Institute of Physico-Chemical and Biological Problems of Soil Science of the Russian Academy of Sciences,  
Puschino, Russian Federation

**Tatiana E. Khomutova**

Institute of Physico-Chemical and Biological Problems of Soil Science of the Russian Academy of Sciences,  
Puschino, Russian Federation

**Anush A. Petrosyan**

Institute of Physico-Chemical and Biological Problems of Soil Science of the Russian Academy of Sciences,  
Puschino, Russian Federation

**Roman A. Mimokhod**

Institute of Archaeology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

**Abstract.** The article is devoted to reconstruction of paleoecological conditions of the steppe zone of the Eastern European Plain in the late Middle Bronze Age. The buried soils of the Kurgan of the Babinskaya culture in the Bogucharsky district of the Voronezh region were studied. It is shown that chemical properties of soil are determined by winter precipitation, while the state of its microbial community reflects the moisture content in the warm season. Annual precipitation trend in the steppe zone in the post-Catacomb period was reconstructed on the basis of findings of a comparative analysis of the chemical and biological properties of soils. It has been established that soils at the end of the 3<sup>rd</sup> millennium BC showed obvious signs of aridization, which led to a change in soils properties and types causing Southern Chernozems (rich black soils) formation in areas where Ordinary Chernozems is currently located. At the same time, microbial biomass in the buried soils significantly exceeded the current values, and the structure of soil microbial community was dominated by microorganisms involved in plant litter decomposition, which indicates favorable summer conditions and intense summertime precipitation. The research data do not relate to the crisis narrative regarding the paleoecological conditions of the late Middle Bronze Age in the steppe zone of the Eastern European Plain. Furthermore, results obtained do not support the idea of crisis as some kind of comprehensive complex of negative natural and social phenomena. It is more correct to speak of an asynchronous change in the annual course of moisture supply with a decrease in winter and an increase in summer precipitation against the background of general climatic cooling. The article raises the question of the specifics of global climate change manifestation and consequences in the steppe zone generally referred to the “4.2-ka BP aridification event”, which caused drought in the lower latitudes and an increase in precipitation in high latitudes while undergoing a general cooling trend. It is suggested that, under those conditions, climatic fluctuation scale in the steppe zone, located intermediately between the boreal and tropical belts, was not so high. Thus, the steppe remained attractive for communities which managed to adjust their economic model to new conditions.

**Key words:** steppe, kurgans, buried soils, Post-Catacomb time, paleoecological conditions, summer and winter precipitation.

**Citation.** Borisov A.V., Kashirskaya N.N., Yurshenas D.A., Khomutova T.E., Petrosyan A.A., Mimokhod R.A., 2022. Paleoeekologicheskie usloviya v stepnoy zone Vostochno-Evropeyskoy ravniny v postkatakombnoe vremya [Paleoecological Conditions in the Steppe Zone of the Eastern European Plain at the Post-Catacomb Time]. *Nizhnevolzhskiy Arkheologicheskiy Vestnik* [The Lower Volga Archaeological Bulletin], vol. 21, no. 2, pp. 82-99. DOI: <https://doi.org/10.15688/nav.jvolsu.2022.2.5>

УДК 903\*182.1(470.324)  
ББК 63.442.6(235.4)-1

Дата поступления статьи: 29.06.2022  
Дата принятия статьи: 26.09.2022

## ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ В ПОСТКАТАКОМБНОЕ ВРЕМЯ<sup>1</sup>

**Александр Владимирович Борисов**

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

**Наталья Николаевна Каширская**

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

**Дарья Александровна Юршенас**

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

**Татьяна Эдуардовна Хомутова**

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

**Ануш Андраниковна Петросян**

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

**Роман Алексеевич Мимоход**

Институт археологии РАН, г. Москва, Российская Федерация

**Аннотация.** Статья посвящена реконструкции палеоэкологических условий в финале средней бронзы в степной зоне Русской равнины. Исследованы погребенные почвы кургана бабинской культуры в Богучарском районе Воронежской области. Показано, что химические свойства почв определяются осадками зимнего периода, в то время как состояние почвенного микробного сообщества отражает влагообеспеченность теплого времени года. На основании сравнительного анализа химических и биологических свойств почв реконструирован годовой ход осадков в степной зоне в посткатакомбное время. Установлено, что почвы в конце III тыс. до н.э. имели явные признаки аридизации, что обусловило изменение почв на уровне типа и формирование ареалов черноземов южных на месте современных черноземов обыкновенных. В то же время микробная биомасса в погребенных почвах значительно превышала современные показатели, а в структуре почвенного микробного сообщества преобладали микроорганизмы, участвующие в разложении растительного опада, что говорит о благоприятных условиях летнего периода и высоких нормах летних осадков. Полученные данные не соответствуют известному кризисному нарративу в отношении палеоэкологических условий финала средней бронзы в степной зоне Восточно-Европейской равнины и не дают оснований говорить о кризисе как некоем всеобъемлющем комплексе негативных явлений природного и социального характера. Более корректно говорить об асинхронном изменении годового хода влагообеспеченности с сокращением зимних и увеличением летних осадков на фоне общего похолодания. В статье поднимается вопрос о специфике проявления в степной зоне последствий глобальных климатических изменений, известных как «4.2-ka BP aridification event», которые вызвали засуху в нижних широтах и увеличение осадков в высоких широтах на фоне повсеместного похолодания. Высказано предположение, что в этой ситуации

масштаб климатических флуктуаций в степи, занимающей промежуточное положение между бореальной и тропической зонами, был не столько велик и степь оставалась привлекательной для обществ, сумевших адаптировать свою хозяйственную модель к новым условиям.

**Ключевые слова:** степь, курганы, погребенные почвы, посткатакомбное время, палеоэкологическое условия, осадки летнего и зимнего периодов.

**Цитирование.** Борисов А. В., Каширская Н. Н., Юршенас Д. А., Хомутова Т. Э., Петросян А. А., Мимоход Р. А., 2022. Палеоэкологические условия в степной зоне Восточно-Европейской равнины в посткатакомбное время // Нижневолжский археологический вестник. Т. 21, № 2. С. 82–99. DOI: <https://doi.org/10.15688/nav.jvolsu.2022.2.5>

## Введение

Грунтовые погребальные памятники (курганы) сохраняют под насыпями погребенные палеопочвы, свойства которых могут быть использованы для выявления динамики увлажнения климата, и поэтому могут рассматриваться как памятники природы [Демкин, 1997, с. 213]. В почвенных свойствах находят отражение все климатические параметры, сложившиеся в период создания кургана. На этой основе реконструируются среднегодовая температура и среднегодовое количество осадков, а также еще ряд параметров, позволяющих представить себе облик окружающей среды.

В итоге перед исследователем возникает некая общая интегрированная картина состояния природной среды в тот или иной момент в прошлом. Этого, безусловно, вполне достаточно для палеоклиматических реконструкций, когда в фокус исследований попадает биогеоценоз в целом и почва как его неотъемлемая часть. Однако, когда в центре внимания оказывается конкретный древний социум, этих общих сведений оказывается явно недостаточно. Это связано с тем, что среднегодовая норма осадков или среднегодовая температура – практически неинформативны при палеоэкологических реконструкциях. Будучи чрезвычайно пластичным видом с очень высоким уровнем адаптационных способностей, человек может выживать практически в любых условиях. Однако изменения климатических условий играют определяющую роль по отношению к экономике древних обществ. Именно соответствие природных условий той хозяйственной модели, которая традиционно сложилась в обществе, определяет процветание социума. И напротив, резкое изменение природных условий приводит к ситуации, когда экономи-

ческая модель общества становится неэффективной, что ведет к угасанию общества и его уходу с исторической сцены [Кривошеев, Борисов, 2019]. Поэтому зачастую палеоклиматического инструментария оказывается недостаточно для реконструкции и понимания причин социально-исторических процессов в древности. Очевидно, выходом из этой ситуации должен стать поиск новых инструментов для более детальных палеоклиматических реконструкций. На наш взгляд, таким инструментом может стать отдельный анализ климатических показателей двух контрастных периодов года – зимнего и летнего, оценивая которые можно составить полное представление об условиях обитания древних социумов.

Применительно к степной зоне важнейшим климатическим фактором является уровень осадков. Поэтому далее речь будет идти в первую очередь об этом показателе. Следует отметить, что во всем многообразии почвенных свойств есть признаки, которые определяются преимущественно зимними осадками, и есть признаки, изменения которых продиктованы влагообеспеченностью теплого времени года. Так, например, основные химические свойства степных почв – засоленность, формы и содержание карбонатов, гипса и др. определяются прежде всего зимними осадками. Чем выше влагообеспеченность холодного времени года, тем глубже промачивается почва, вымываются токсичные соли, снижается глубина вскипания, появляются сегрегационные формы карбонатов. Эти признаки будут указывать на гумидные условия [Борисов, Мимоход, 2017].

Летние осадки в степной зоне выпадают малыми суточными нормами и незначительно изменяют почвенные свойства, так как промачивают почву не более чем на 30 см и не оказывают влияния на солевой профиль [Роде, 1963; Афанасьева, 1980, с. 116]. В пус-

тынно-степной зоне глубина промачивания светло-каштановых почв и солонцов в летний период еще меньше [Ковда, Большаков, 1937; Базыкина, 1974]. Естественно, при таком режиме увлажненности не изменяется содержание солей, карбонатов, гипса, а также магнитная восприимчивость и другие параметры. И в целом химические свойства почв, погребенных в этот период, будут демонстрировать признаки аридизации [Борисов, Мимоход, 2017]. Однако летние осадки способствуют поддержанию фитоценозов, предотвращают «выгорание» степи и обеспечивают поступление в почву больших объемов растительных остатков. Это, в свою очередь, вызывает увеличение микробной биомассы и доли микроорганизмов, потребляющих легкодоступное органическое вещество [Демкина и др., 2004; 2017]. Таким образом, сравнительный анализ химических (как индикатора зимних осадков) и биологических (как индикатора летних осадков) свойств почв позволяет реконструировать влагообеспеченность холодного и теплого времени года. Получаемые при этом реконструкции позволяют на качественно новом уровне судить о палеоэкологических условиях, существовавших на момент сооружения памятника.

Впервые такой подход к реконструкции палеоэкологических условий был реализован при изучении погребенных почв эпохи бронзы в пустынно-степной зоне Сальско-Маньчской гряды [Khomutova et al., 2019]. Тогда было показано, что на протяжении ранней и средней бронзы имел место выраженный тренд на усиление аридности климата, что проявлялось в увеличении засоленности и окарбоначивания почв с максимумом в конце III тыс. до н.э. Но в это же время в почвах возрастала микробная биомасса и увеличивалась доля микроорганизмов, ответственных за разложение растительных остатков. Это позволило предположить, что во второй половине III тыс. до н.э. в пустынной степи сложились специфические климатические условия с холодными малоснежными зимами и относительно мягкими летами с периодическими осадками [Khomutova et al., 2019].

Однако до сегодняшнего дня не было проведено сопряженного анализа химических и биологических свойств почв для финала средней бронзы степной зоны. В этой связи

особую важность приобретают представленные в данной статье материалы по изучению химических свойств и биологической активности погребенных почв кургана днепро-донской бабинской культуры (далее – ДДБК) в южной части лесостепной зоны.

### Объект исследования

Объектом исследования является один из самых крупных курганов эпохи бронзы в Среднем Подонье, раскопанный в 2021 г. Сочинской экспедицией Института археологии РАН. Он располагался к северу от с. Филоново Богучарского района Воронежской области (рис. 1). Его высота составляла около 5 м, диаметр – 60 м. Неординарность кургана для региона заключается не только в его размерах, но и в том, что он дал достаточно подробную стратиграфическую картину, которая охватывает относительно короткий хронологический отрезок в пределах 2100–1800 cal BC. В кургане были выявлены погребения, которые относятся к четырем стратиграфическим горизонтам финала средней – начала поздней бронзы.

Первая насыпь была сооружена над погр. 2 ДДБК. В захоронении обнаружена узко датированная категория инвентаря – костяная пряжка, плоская в сечении, с двумя разновеликими отверстиями (рис. 2, I). В эту насыпь было впущено погр. 1, которое относится тоже к Днепро-Донскому Бабино (рис. 2, II). Оно сопровождалось досыпкой (насыпь 2), в которую было впущено захоронение 3 ранней покровской культуры начала поздней бронзы (рис. 2, III). Над ним была сооружена самая мощная насыпь, центральная часть которой была сложена из грунтовых блоков (насыпь 3). Четвертый стратиграфический горизонт представлен погр. 5 также покровского периода, которое было впущено в насыпь 3 и также сопровождалось досыпкой (насыпь 4) (рис. 2, IV). К сожалению, два последних погребения были частично разрушены: погр. 3 – окопом времен Великой Отечественной войны, погр. 5 – деятельностью землеройных животных. От этих погребений сохранились только нижние части скелетов (рис. 2, III, IV).

Отличия между погр. 1 и 2 ДДБК и покровскими погр. 3 и 5 показательны. В пер-

вых двух случаях скелеты находились в средне- и сильноскорченном положении и были ориентированы черепами в южный сектор (рис. 2, I, II). В захоронениях 3-го и 4-го стратиграфических горизонтов, судя по сохранившимся остаткам скелетов, умершие находились в слабоскорченной позиции и были ориентированы в северный сектор (рис. 2, III, IV). В насыпях, которые были возведены над этими погребениями, обнаружены фрагменты керамики с расчесами и примесью толченой раковины в тесте. Иными словами, обрядовые и инвентарные характеристики комплексов 1-го и 2-го стратиграфических горизонтов однозначно указывают на принадлежность их к культурному кругу Бабино финала средней бронзы, а погребений 3-го и 4-го горизонтов – к раннему этапу покровской культуры начала позднего бронзового века.

Если расположить исследованные захоронения на шкале восточноевропейской хронологической системы памятников конца средней – начала поздней бронзы, которая насчитывает три фазы посткатакомбного блока (ПКБ) [Мимоход, 2021, ил. 13], то они займут время фаз ПКБ II и ПКБ III. Пряжка, которая была обнаружена в погр. 2 ДДБК (рис. 2, Л), является четким индикатором фазы ПКБ II [Мимоход и др., 2022, рис. 6]. В рамках пятиступенчатой хронологии Днепро-Донского Бабино, которую разработал Р.А. Литвиненко [Мимоход и др., рис. 1], погр. 2 с прямой в сечении пряжкой и двумя разновеликими отверстиями, с бортиком вокруг центрального (рис. 2, Л), будет относиться к периоду ПБ, то есть к позднему этапу фазы ПКБ II, непосредственно предшествующей появлению колесничных культурных образований фазы ПКБ III, к которой в Филоновском кургане относятся захоронения 3-го и 4-го стратиграфических горизонтов (рис. 2, III, IV).

Для нас наибольший интерес имеет погр. 2 и связанная с ним погребенная почва. Это погребение соответствует фазе ПКБ II, то есть периоду расцвета посткатакомбного блока (~2100–2000 cal BC). Согласно имеющимся на настоящий момент представлениям, это был переходный период от резкой аридизации (фаза ПКБ I – 2200–2100 cal BC) ко времени гумидизации климата (фаза ПКБ III – 2000–1800 cal BC) начала поздней бронзы,

которая завершилась климатическим оптимумом в эпоху развитой поздней бронзы [Мимоход, 2018; 2021]. Однако эти наблюдения были сделаны на основе данных, полученных по палеопочвам курганов лопатинской культуры, основной ареал которой расположен южнее – в пустынных степях.

### Методы исследования

Определение гранулометрического состава почв проводили пипеточным методом [Теории и методы ... , 2007]. Химические анализы выполнены в ЦКП ИФХиБПП РАН.

Оценка величины микробного пула (живой биомассы) проведена на основании учета количества фосфолипидов, которые являются обязательными компонентами живых клеток и после их гибели быстро разрушаются. Величина микробной биомассы представляет собой интегративный показатель, отражающий обеспеченность микробного сообщества источниками питания [Демкина и др., 2017].

Качество микробного пула оценивалось по его метаболической и трофической структуре. Ранее выявлены микробиологические параметры, дающие контрастные характеристики состояния микробных сообществ в степных палеопочвах в аридные и гумидные климатические периоды. Это активная биомасса микроорганизмов и ее доля от  $C_{орг}$  почвы, эколого-трофическая структура микробного сообщества (ПА : НА : БС), характеризующаяся соотношением микроорганизмов, растущих на почвенном агаре и использующих элементы питания из рассеянного состояния (ПА), на нитритном агаре и потребляющих гумус (НА), на богатой органической среде и разлагающих растительные остатки (БС) (% от суммарной численности всех групп микроорганизмов). Информативным является и соотношение численности микроорганизмов, использующих легкодоступное органическое вещество – растительные остатки и труднодоступное – гумус: БС/НА [Демкина и др., 2017]. Индекс олиготрофности (ПА / БС × 100) характеризует способность микробного сообщества ассимилировать из рассеянного состояния зольные элементы питания, то есть чем больше его значение, тем к более бедным условиям питания приспособлены почвенные

микроорганизмы и, наоборот, чем ниже, тем богаче условия, связанные с большим поступлением в почву растительных остатков. Значительная биомасса активных микроорганизмов и их высокая доля в общем органическом углероде почвы, преобладание в экологотрофической структуре микроорганизмов, использующих легкодоступные органические вещества, высокие значения отношения численности микробов, использующих растительные остатки и гумус, низкие величины индекса олиготрофности – все это дает основания говорить о возрастающем поступлении в почву растительной массы, что в засушливых регионах, к которым относится исследованная территория, обусловлено повышением увлажненности климата.

### Результаты и обсуждение

**Морфологические свойства почв.** Разрез погребенной почвы в Филоновском кургане заложен в центральной бровке под выкидом из основного погребения. Погребенная почва – чернозем дисперсно-карбонатный на лессовидных отложениях. В профиле почвы выделяются следующие горизонты.

AU 0–60 см – темно-серый легкий суглинок комковато-порошистой структуры. Свежий, уплотнен. Встречаются норы землероев. В нижней части заметно появление буроватых тонов в окраске. Нижняя граница ровная, переход постепенный по цвету и структуре.

BCA1 60–100 см – палево-серый, с буроватыми тонами в окраске, средний суглинок комковато-глыбистой структуры. Карбонаты в виде выцветов и налета на стенках хорошо заметны при подсыхании профиля. Единично встречается белоглазка, предположительно реликтовой природы.

Cca 100–180 см – однородный, без карбонатных новообразований, палево-серый суглинок глыбистой структуры.

Cca, s – с глубины 180 см единичные вкрапления кристаллов гипса.

Разрез современной почвы был заложен в 200–300 м от кургана на залежном поле в условиях однотипного рельефа. В профиле выделяются следующие горизонты.

PU 0–16 см – однородный черный средний суглинок комковато-глыбистой структуры,

свежий, уплотнен. Нижняя граница хорошо выделяется по плужной подошве.

AU 16–70 см – гумусово-аккумулятивный горизонт почвы. Однородный, темно-серый до черного средний суглинок комковато-зернистой структуры. Свежий, уплотнен. Нижняя граница ровная, переход заметный по цвету и структуре.

BCA1 70–130 см – постепенное изменение цвета от черного до палево-серого, средний суглинок глыбисто-призмовидной структуры. Карбонаты в виде пропитки. Нижняя граница волнистая, переход ясный по появлению сегрегационных форм карбонатов.

BCA2 130–180 см – палево-серый суглинок глыбистой структуры. Карбонаты в виде крупной, хорошо оформленной белоглазки. Нижняя граница ровная, переход заметный по исчезновению сегрегационных форм карбонатов.

С глубины 180 см почвообразующая порода – лессовидный суглинок.

Таким образом, современные почвы представлены черноземами сегрегационными, в то время как погребенная под курганом почва является черноземом дисперсно-карбонатным. Эти изменения на уровне типа отражают более аридные условия, существовавшие на момент сооружения памятника.

**Химические свойства почв.** Гранулометрический состав почв практически идентичный (рис. 3, А, Б), что позволяет исключить возможность различий химических свойств вследствие исходной литологической неоднородности. Некоторое сокращение содержания ила в пахотном горизонте современных почв при одинаковом содержании физической глины является результатом распашки.

При однотипном гранулометрическом составе химические свойства почв различались весьма значительно и подтверждают общее представление о более аридных условиях бабинского времени. Так, в частности, содержание карбонатов в погребенной почве было значительно выше современных аналогов. Профиль современной почвы выщелочен от карбонатов на глубину до 70 см, при этом в погребенной почве в верхней части гумусового горизонта содержание карбонатов составляет 6–7 %, а с глубины 30–40 см этот показатель превышает 10 % (рис. 3, В).

Наличие новообразований гипса с глубины 180 см также указывает на выраженные аридные условия, существовавшие в бабинское время.

Таким образом, если анализировать традиционные палеопочвенные показатели, то можно констатировать значительно более низкие нормы зимних осадков в конце III тыс. до н.э.

#### **Микробиологические свойства почв.**

При анализе биологической активности почв (рис. 4) была получена строго обратная картина. В верхней части профиля общая численность колониеобразующих единиц (КОЕ) микроорганизмов, растущих на почвенном агаре, снижалась вниз по профилю, как в современной, так и в погребенной почве. При этом доля актиномицетов под курганом была в 7–30 раз выше, чем в фоновой почве, и с глубиной увеличивалась. Доля бактерий, растущих на богатой среде и ответственных за разложение растительного опада, в верхней части профиля погребенной почвы была сопоставима с современными показателями. При этом доля бактерий, растущих на богатой среде, в профиле погребенной почвы в большей части случаев превышала современный уровень. Индекс олиготрофности как показатель адаптации микробного сообщества к недостатку доступных источников питания был заметно выше в современной почве (рис. 5).

По результатам, полученным нами ранее для светло-каштановых почв, максимальные значения доли микроорганизмов, растущих на богатой среде (33–39 %), были выявлены в палеопочве под курганами финала катакомбного времени и лолинской культуры [Khomutova et al., 2019; Демкина и др., 2017]. Высокая доля численности микроорганизмов, способных использовать в качестве источника питания растительные остатки, может указывать на высокие нормы осадков в весенне-летние периоды эпохи средней бронзы.

Однако наиболее информативными оказались изменения микробной биомассы почв (рис. 6). Как было отмечено выше, величина микробной биомассы в интегративной форме отражает степень обеспеченности микробного сообщества элементами питания, поступающими с растительными остатками. Чем больше осадков выпадает в течение вегетационного периода, тем больше растительных

остатков поступает в почву, вызывая увеличение биомассы микроорганизмов, способных к их разложению [Khomutova et al., 2019].

В нашем случае микробная биомасса в верхних горизонтах погребенной почвы оказалась в 4–5 раз выше, чем в современной почве. И даже на глубине 50 см этот показатель выше, чем в поверхностном слое современных почв. Столь высокие значения микробной биомассы свидетельствуют о больших объемах растительного опада, поступавших в почву.

### **Заключение**

Таким образом, по микробиологическим характеристикам погребенной почвы мы можем предполагать достаточно благоприятные условия для почвенного микробного сообщества и относительно большие объемы растительного материала, поступавшего в почвы в конце III тыс. до н.э. Это ставит под сомнение известный кризисный нарратив в отношении палеоэкологических условий финала средней бронзы в степной зоне. В данном случае уместно вспомнить, что само понятие палеоэкологического кризиса возникло на основе резко выраженных аридных свойств подкурганых почв, погребенных во время позднего этапа культур катакомбного круга и в посткатакомбное время [Демкин и др., 2002; 2010; Демкина и др., 2017]. Действительно, погребенные почвы рубежа III–II тыс. до н.э. были сильно засолены, вскипали с поверхности, имели признаки эрозии и дефляции. Но еще раз отметим, что эти палеопочвенные реконструкции были построены на анализе морфологических и химических свойств погребенных почв, которые, как было показано позднее, отражают количество осадков в холодное время года [Борисов, Мимоход, 2017]. Так или иначе вот уже несколько десятилетий природные условия рубежа III–II тыс. до н.э. прочно ассоциируются с палеоэкологическим кризисом.

Отметим, что формированию кризисного нарратива во многом способствовали хорошо изученные и подтвержденные факты коллапса и гибели западноазиатских земледельческих цивилизаций [Weiss et al., 1993; Weiss, 2016; Staubwasser, Weiss, 2006; Liu, Feng,

2012], известные как «4.2-ka BP aridification event» [Menocal et al., 2001; Ran, Chen, 2019]. Драматическая аура ближневосточного кризиса сельскохозяйственных культур периода 2200 cal BC легко перешла и на наши степные реалии после выявления аридных палеопочв с синхронным временем погребения [Демкин и др., 2002]. Отметим, что механизмы аридизации, как в области плодородного полумесяца, так и в прикаспийских степях, были однотипны – усиление зимнего антициклона, блокирующего поступление влаги с атлантическими и средиземноморскими циклонами. Все это способствовало укоренению понятия палеоэкологического кризиса рубежа III–II тыс. до н.э. в степной зоне. При этом не акцентировалось внимание на том, что памятники в степи в период палеоэкологического кризиса не исчезают и пустынные степи становятся весьма востребованными для обществ скотоводов, приходящих сюда из других регионов, в частности с Кавказа [Мимоход, 2019]. Авторами было сделано предположение, что древних скотоводов привлекали холодные и малоснежные зимы как следствие усиления азиатского антициклона, что обеспечивало содержание скота на подножном корму в холодное время года [Борисов, Мимоход, 2017]. Однако то обстоятельство, как выживало население в летний период, оставалось невыясненным.

Новой страницей в палеоэкологических реконструкциях стала оценка влагообеспеченности летнего периода на основе микробиологических характеристик почв [Хомутова и др., 2017]. Биомасса и структура почвенного микробного сообщества степных почв не зависят от зимних осадков, но отражают количество растительных остатков, поступающих в почву, что, в свою очередь, определяется осадками теплого времени года. Для условий пустынных степей нами ранее было показано синхронное усиление признаков аридности по химическим свойствам почв при одновременном возрастании биологической активности почв на протяжении ранней и средней бронзы [Khomutova et al., 2019]. Тогда было высказано предположение, что во второй половине III тыс. до н.э. в пустынной степи сложились специфические климатические условия с холодными малоснежными зимами и относитель-

но мягкими летами с периодическими осадками [Khomutova et al., 2019]. Полученные данные позволили предположить асинхронность хода влагообеспеченности по сезонам года – снижение зимних и увеличение летних осадков. Наши новые данные по Филатовскому кургану подтверждают выявленную закономерность и расширяют территориальные рамки данного феномена. Более того, мы можем говорить, что в степной зоне указанные особенности годового хода осадков были даже более выраженными, чем в пустынно-степной зоне.

Однако отсутствие зимних осадков все же весьма существенно отражалось на экосистемах региона. И в первую очередь это проявлялось, по-видимому, в сокращении доли весенних эфемероидов в составе фитоценоза. Эти растения могут развиваться лишь при высоком запасе продуктивной влаги в почве, который, в свою очередь, зависит напрямую от зимних осадков. В такой ситуации едва ли правомерно ожидать превращения степи в цветущий ковер в апреле, но, тем не менее, не было и полного выгорания степи в конце лета.

В связи со сказанным выше, очевидно, назревает необходимость пересмотра условий использования терминов «аридизация» и «палеоэкологический кризис» для событий финала III тыс. до н.э. в сухо- и пустынно-степной зонах. Ранее мы уже предлагали под аридизацией понимать исключительно сокращение зимних осадков [Борисов, Мимоход, 2017], так как именно зимние осадки и условия снеготаяния определяют основные химические свойства степных почв.

С учетом вновь получаемой информации о биологических свойствах погребенных почв поздне- и посткатакомбного времени настало время внести ясность и в термин «палеоэкологический кризис». По всей видимости, применительно к степной зоне Восточно-Европейской равнины нет оснований говорить о кризисе как некоем всеобъемлющем комплексе негативных явлений природного и социального характера. В природном плане имело место лишь заметно возросшее засоление и окарбоначивание почв, возможно с активизацией эрозионных процессов. При этом растительный покров не претерпел существенных изменений.



В данном контексте уместно отметить, что смягчение летних условий на рубеже III–II тыс. до н.э. было выявлено по данным палинологических исследований для соседнего региона – степной зоны Предкавказья. Здесь в период 4.1–3.9 ка ВР в условиях трансгрессивной фазы Каспия и его локального увлажняющего влияния в летний период сухие степи сменяются разнотравно-злаковыми [Ryabogina et al., 2022, p. 280]. Очевидно, в случае с Филоновским курганом снижение суровости летней засухи объясняется иными климатообразующими факторами, которые еще предстоит установить, но в целом это составные части одной общей картины палеоэкологических условий посткатакомбного времени.

Что касается социальных аспектов кризиса, то и здесь нет оснований для явно алармистских настроений. Жизнь в степи не прекращается, хотя количество памятников посткатакомбного времени заметно меньше, чем в предшествующий этап катакомбной культуры. Очевидно, общие условия в степи стали более жесткими, что предполагало сокращение до минимума возможных вариантов систем жизнеобеспечения. В таких условиях преимущество получали те общества, хозяйственная модель которых была ориентирована на разведение мелкого рогатого скота как наиболее неприхотливого и выносливого. Поэтому для тех социумов, которые смогли перейти на эту экономическую модель, степь в финале III тыс. до н.э. становилась весьма привлекательной.

В более общем плане можно предположить, что экологические условия степной зоны в меньшей степени «пострадали» в результате глобальных палеоклиматических перестроек в финале III тыс. до н.э. [Geirsdóttir et al., 2019; Pleskot et al., 2020]. Ранее было установлено, что в разных частях Евразии климатические подвижки были неравнозначными: засуха фиксируется в нижних широтах, а в высоких широтах, напротив, более влажные условия; хотя похолодание отмечается повсеместно [Roland, 2012; Roland et al., 2014]. В этой ситуации масштаб климатических флуктуаций в степи, занимающей промежуточное положение между бореальной и тропической зонами,

был не столько велик, по сравнению с более северными и южными регионами.

Однако это не отменяет того, что для ряда других территорий понятие «палеоэкологический кризис» достаточно точно отражает суть явлений. Например, события 4.2 ка ВР привели к тому, что для скотоводов Кавказа показатели зимнего периода оказались экстремальными. Если в степи основными и определяющими выживание древних обществ факторами были количество и годовой ход осадков, то в горной зоне таким критическим фактором является температура. Для периода 4.2 ка ВР доказано резкое похолодание, связанное с изменением солнечной активности [Perry, Hsu, 2000]. В горной зоне в этот период отмечалось опускание границы ледников [Grove, 2004], исчезновение озер [Соломина, 1999], нисходящее смещение растительных поясов и накопление морен [Серебряный и др., 1984]. По всей видимости, именно похолодание привело к миграции части населения в предкавказскую степь, что привело к формированию культурного круга Лола [Мимоход, 2018].

Так или иначе мы предлагаем с осторожностью оперировать термином «палеоэкологический кризис» применительно к климатическим и социальным событиям поздне- и посткатакомбного времени в степной зоне юга Восточно-Европейской равнины. Более корректно говорить об асинхронном изменении годового хода влагообеспеченности с сокращением зимних и увеличением летних осадков на фоне общего похолодания.

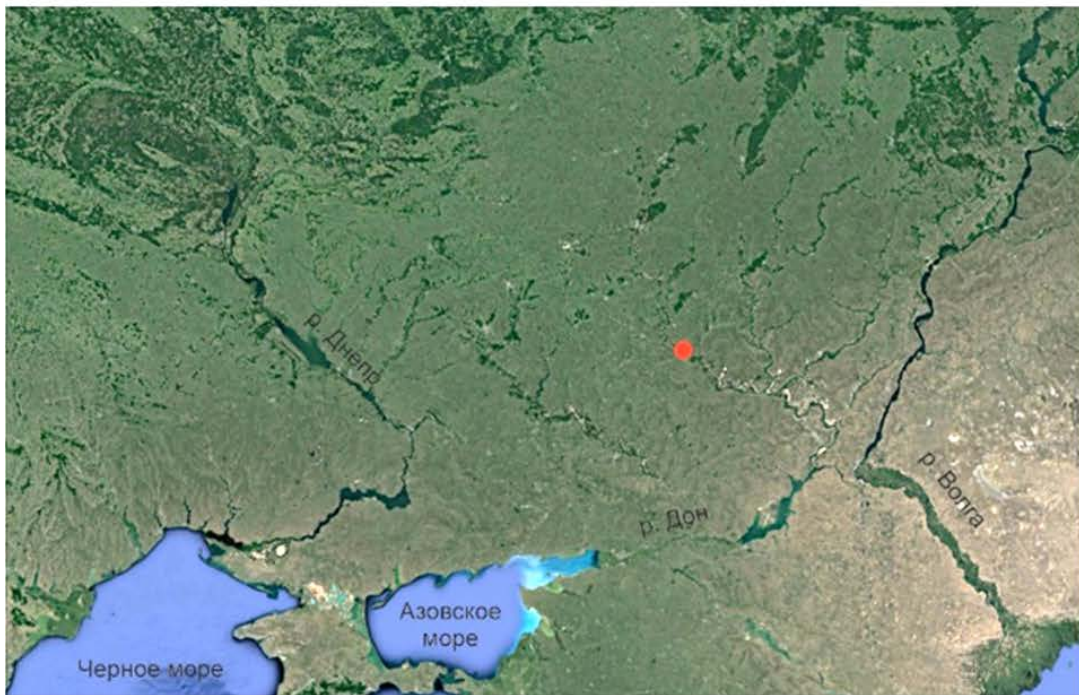
#### ПРИМЕЧАНИЕ

<sup>1</sup> Статья подготовлена при поддержке гранта РФФИ № 19-18-00406 «Палеоэкология – металлургия – культурогенез: причины и механизмы смены эпох в культурном пространстве Восточной Европы на рубеже средней и поздней бронзы»

The article was prepared with the support of the Russian Science Foundation grant No 19-18-00406 “Paleoecology – metallurgy – cultural genesis: causes and mechanisms of the change of epochs in the cultural space of Eastern Europe at the turn of the Middle and Late Bronze Ages”.

ПРИЛОЖЕНИЯ

А



Б



Рис. 1. Расположение объектов исследования (А) и вид на курган до начала раскопок (Б)  
Fig. 1. Location (А) and Pre-excavation photo (Б) of the Kurgan studied area

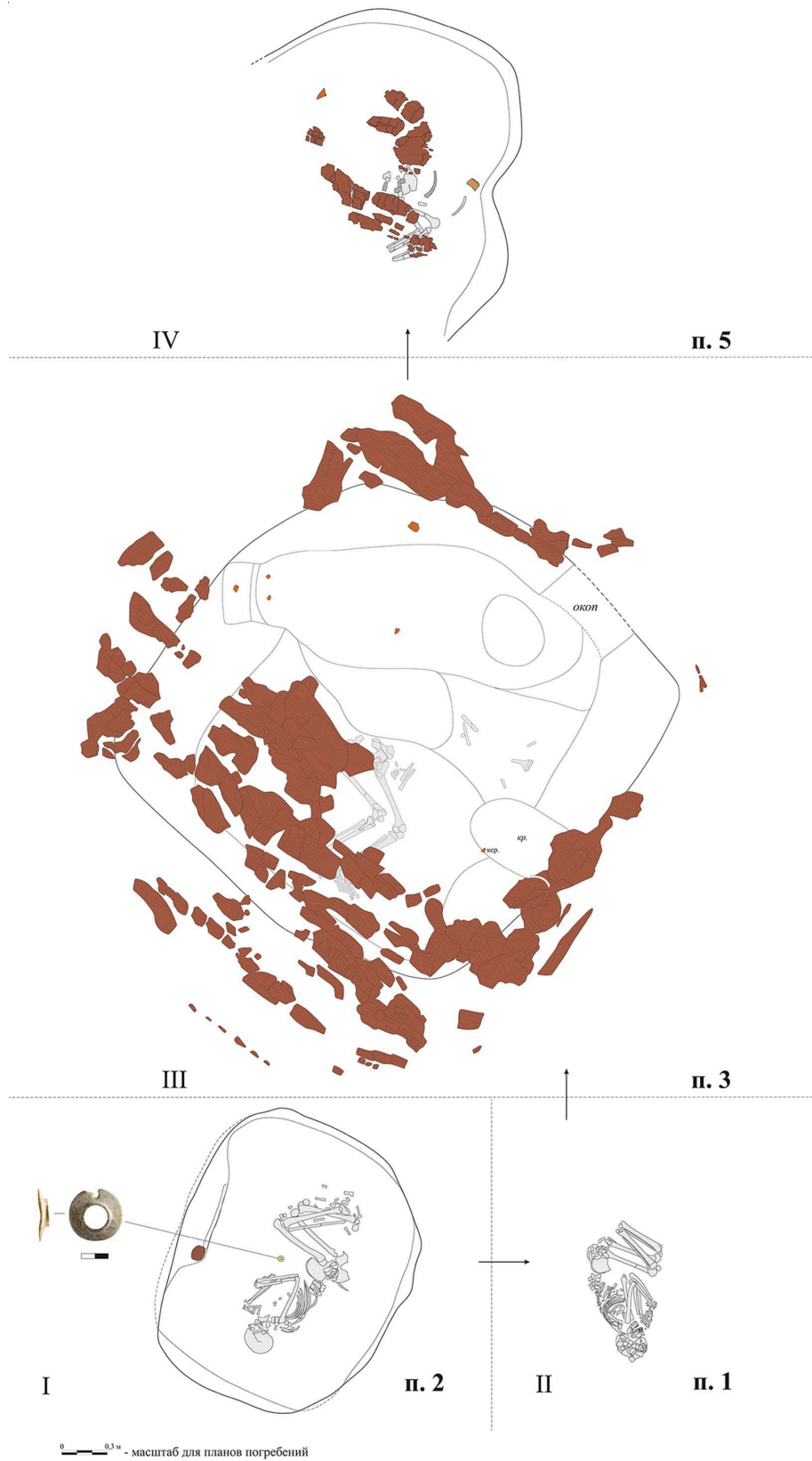


Рис. 2. Стратиграфические горизонты Филоновского кургана:

*I* – погребение 2; *II* – погребение 1; *III* – погребение 3; *IV* – погребение 5

Fig. 2. Stratigraphic horizons of the Filonovskiy kurgan:

*I* – burial 2; *II* – burial 1; *III* – burial 3; *IV* – burial 5

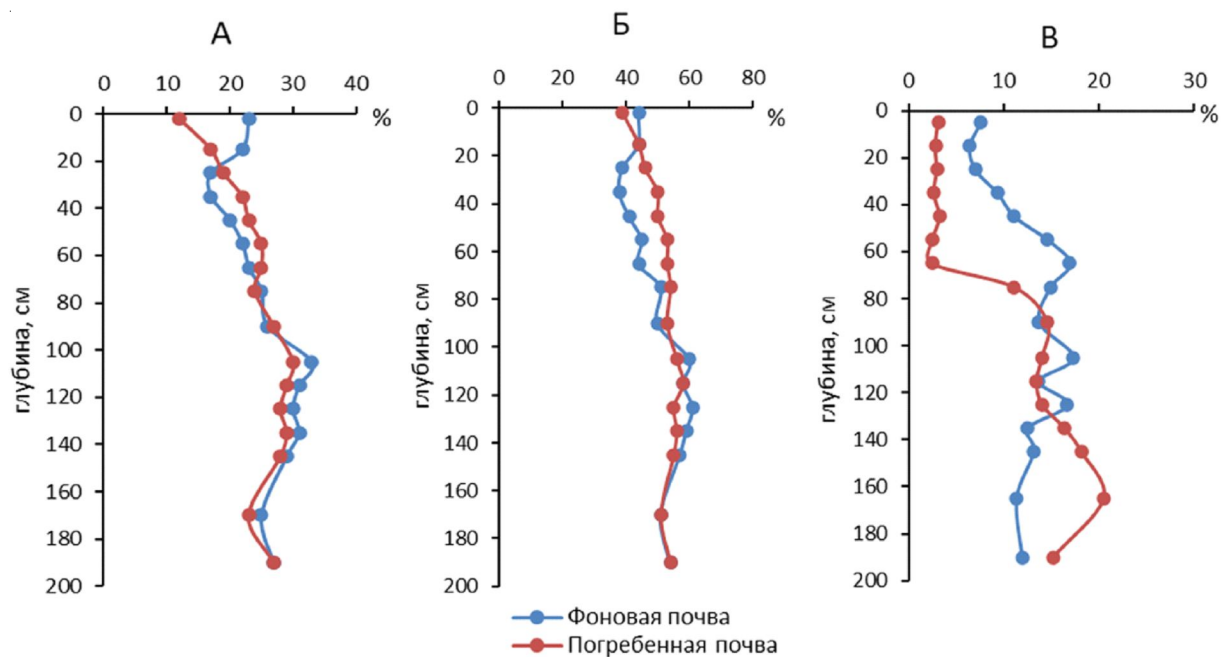


Рис. 3. Содержание ила (А), физической глины (Б) и карбонатов (В) в профиле современной и погребенной почвы

Fig. 3. Composition of sediment in modern and buried soils: silt fraction (A), physical clay (Б), carbonates (B)

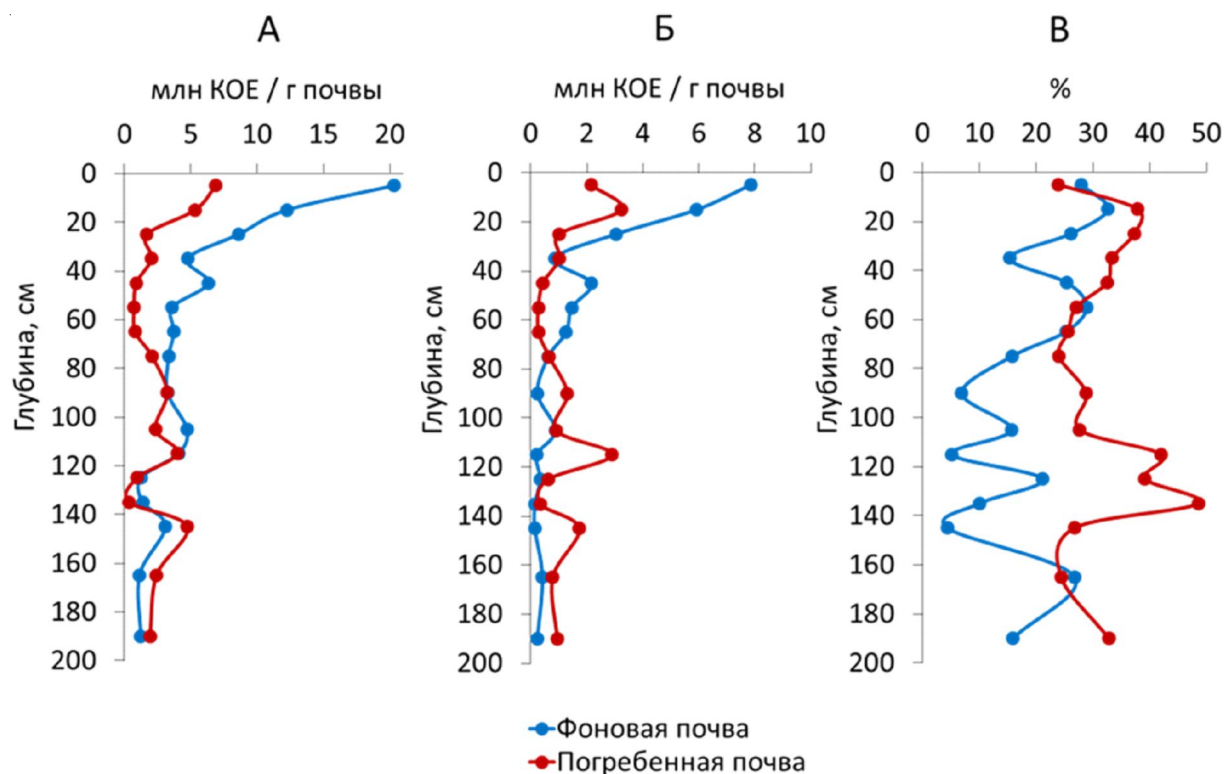


Рис. 4. Численность олиготрофных микроорганизмов, растущих на почвенном агаре (А), численность (Б) и доля в микробном сообществе почвы (В) микроорганизмов, участвующих в разложении легкодоступного органического вещества, растущих на богатой среде

Fig. 4. Number of oligotrophic microorganisms growing on soil extract agar (A), number (Б) and share (B) of the soil microbial community on the easily decomposable organic matter

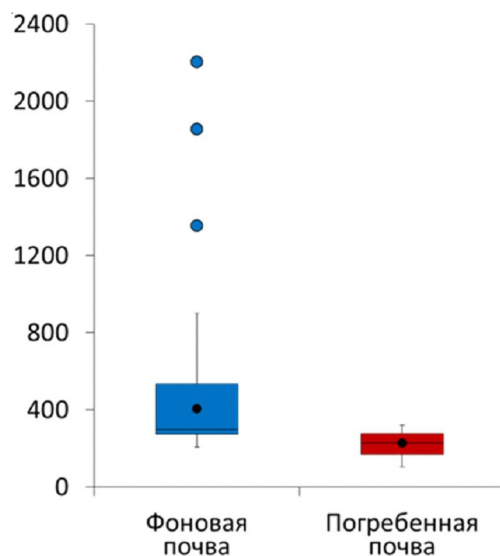


Рис. 5. Индекс олиготрофности в погребенной и современной почве

Fig. 5. Oligotrophy index values of microbial communities in buried and modern soils

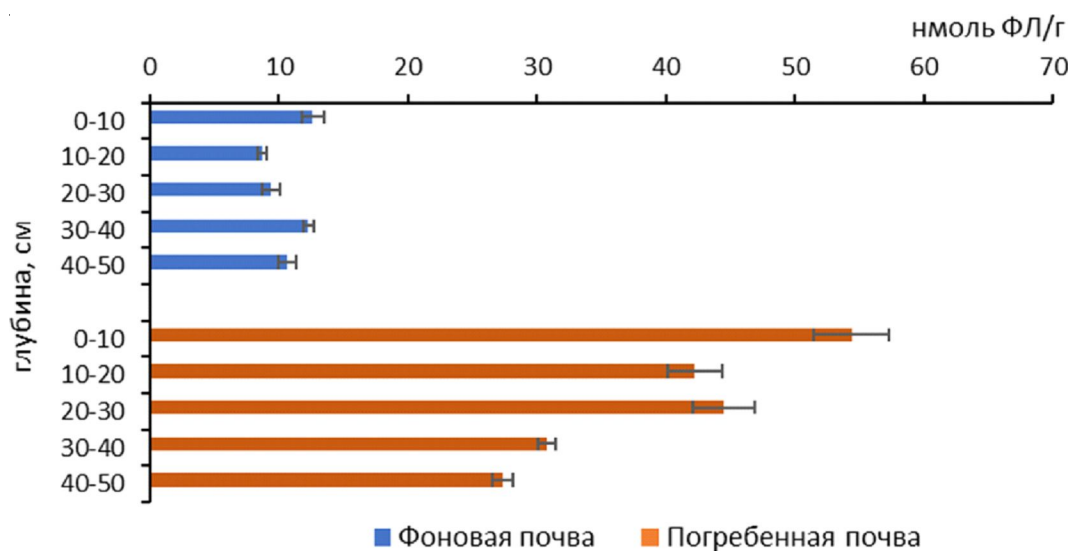


Рис. 6. Микробная биомасса в погребенной и современной почве

Fig. 6. Microbial biomass in buried and modern soils

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- Афанасьева Е. А., 1980. Водно-солевой режим обыкновенных и южных черноземов Юго-Востока европейской части СССР. М. : Наука. 216 с.
- Базыкина Г. С., 1974. Водный режим и баланс мелиорируемых почв в культурных биогеоценозах // Биогеоэкологические основы освоения полупустыни Северного Прикаспия. М. : Наука. 359 с.
- 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.
- Демкин В. А., 1997. Палеопочвоведение и археология: интеграция в изучении истории природы и общества. Пушкино : ОНТИ НЦБИ АН СССР. 213 с.
- 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. Т. 43, № 1. С. 7–17.
- Демкин В. А., Демкина Т. С., Борисова М. А., Шишлина Н. И., 2002. Палеопочвы и природная среда Южных Ергеней в конце IV – III тыс. до н.э. // Почвоведение. № 6. С. 645–653.
- Демкина Т. С., Борисов А. В., Демкин В. А., 2004. Микробиологические исследования подкурганых палеопочв пустынно-степной зоны Волго-Донского междуречья // Почвоведение. № 7. С. 853–859.
- Демкина Т. С., Борисов А. В., Демкин В. А., Хомутова Т. Э., Кузнецова Т. В., Ельцов М. В., Удальцов С. Н., 2017. Палеоэкологический кризис в степях Нижнего Поволжья в эпоху средней бронзы (рубеж III–II тыс. до н.э.) // Почвоведение. Т. 50, № 7. С. 799–813. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0032180X17070012>
- Ковда В. А., Большаков А. Ф., 1937. Водно-солевой режим почв центральной части Каспийской равнины // Труды конференции по почвоведению и физиологии растений. Саратов. Т. 1. С. 144–166.
- Кривошеев М. В., Борисов А. В., 2019. Климатический оптимум как фактор кризиса экономики степных кочевников 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>
- Мимоход Р. А., 2018. Палеоклимат и культурогенез в Восточной Европе в конце III тыс. до н.э. // Российская археология. № 2. С. 33–48. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0869606318020046>
- Мимоход Р. А., 2019. Культурно-генетические процессы на востоке посткатакомбного мира // Древности Восточной Европы, Центральной Азии и Южной Сибири в контексте связей и взаимодействий в евразийском культурном пространстве (новые данные и концепции). СПб. : ИИМК РАН. С. 39–41.
- Мимоход Р. А., 2021. Хронология и периодизация волго-донской бабинской культуры // Вопросы археологии Поволжья. Вып. 9. Самара : Слово. С. 69–91.
- Мимоход Р. А., Гак Е. И., Хомутова Т. Э., Рябогина Н. Е., Борисов А. В., 2022. Палеоэкология – культурогенез – металлопроизводство: причины и механизмы смены эпох в культурном пространстве юга Восточной Европы в конце средней – начале поздней бронзы // Российская археология. № 1. С. 20–34. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869606322010159>
- Роде А. А., 1963. Водный режим и баланс целинных почв полупустынного комплекса // Водный режим почв полупустыни. М. : Изд-во АН СССР. С. 5–83.
- Серебряный Л. Р., Голодковская Н. А., Орлов А. В., Малясова Е. С., Ильвес Э. О., 1984. Колебания ледников и процессы моренонакопления на Центральном Кавказе. М. : Наука. 216 с.
- Соломина О. Н., 1999. Горное оледенение Северной Евразии в голоцене. М. : Научный мир. 254 с.
- Теории и методы физики почв, 2007. М. : Гриф и К. 616 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. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0032180X1702006X>
- Geirsdóttir Á., Miller G. H., Andrews J. T., Harning D. J., Anderson L. S., Florian C., Larsen D. J., Thordarson T., 2019. The Onset of Neoglaciation in Iceland and the 4.2 ka Event // Climate of the Past. Vol. 15, iss. 1. P. 25–40. DOI: <https://doi.org/10.5194/cp-15-25-2019>
- Grove J. M., 2004. Little Ice Ages: Ancient and Modern. New York : Routledge. 498 p. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0016756805400771>
- Khomutova T. E., Kashirskaya N. N., Demkina T. S., Kuznetsova T. V., Fornasier F., Shishlina N. I., Borisov A. V., 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>
- Liu F., Feng Z., 2012. A Dramatic Climatic Transition at ~ 4000 cal. yr BP and its Cultural Responses in Chinese Cultural Domains // *The Holocene*. Vol. 22, iss. 10. P. 1181–1197. DOI: <https://doi.org/10.1177/0959683612441839>
- Menocal P. B. de, 2001. Cultural Responses to Climate Change During the Late Holocene // *Science*. Vol. 292, iss. 5517. P. 667–673. DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.1059287>
- Perry C. A., Hsu K. J., 2000. Geophysical, Archaeological, and Historical Evidence Support a Solar-Output Model for Climate Change // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. 97. P. 12433–12438. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.230423297>
- Pleskot K., Apolinarska K., Kołaczek P., Suchora M., Fojutowski M., Joniak T., Kotrysh B., Kramkowski M., Słowiński M., Woźniak M., Lamentowicz M., 2020. Searching for the 4.2 ka Climate Event at Lake Spore, Poland // *CATENA*. Vol. 191. Art. 104565. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104565>
- Ran M., Chen L., 2019. The 4.2 ka BP Climatic Event and its Cultural Responses // *Quaternary International*. Vol. 521. P. 158–167. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.05.030>
- Roland T., 2012. Was There a 4.2 kyr Event in Great Britain and Ireland? Evidence from the Peatland Record. PhD thesis. University of Exeter. 292 p.
- Roland T. P., Caseldine C. J., Charman D. J., Turney C. S., Amesbury M. J., 2014. Was There a ‘4.2 ka event’ in Great Britain and Ireland? Evidence from the Peatland Record // *Quaternary Science Reviews*. Vol. 83. P. 11–27. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2013.10.024>
- Ryabogina N. E., Idrisov I. A., Yuzhanina E. D., Borisov A. V., 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. Art. 107417. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2022.107417>
- Staubwasser M., Weiss H., 2006. Holocene Climate and Cultural Evolution in Late Prehistoric – Early Historic West Asia // *Quaternary Research*. Vol. 66, iss. 3. P. 372–387. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2006.09.001>
- 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. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.261.5124.995>
- Weiss H., 2016. Global Megadrought, Societal Collapse and Resilience at 4.2–3.9 ka BP across the Mediterranean and West Asia // *PAGES*. Vol. 24. P. 62–63. DOI: <https://doi.org/10.22498/pages.24.2.62>

## REFERENCES

- Afanasyeva E.A., 1980. *Vodno-solevoy rezhim obyknovennykh i yuzhnykh chernozemov Yugo-Vostoka evropeyskoy chasti SSSR* [Water-Salt Regime of Ordinary and Southern Chernozems of the South-East of the European Part of the USSR]. Moscow, Nauka Publ. 216 p.
- Bazykina G.S., 1974. Vodnyy rezhim i balans melioriruyemykh pochv v kulturnykh biogeotsenozakh [Water Regime and Balance of Reclaimed in Cultural Biogeocenoses]. *Biogeotsenoticheskiye osnovy osvoyeniya polupustyni Severnogo Prikaspiya* [Biogeocenotic Bases for the Development of the Semi-Desert of the Northern Caspian Sea]. Moscow, Nauka Publ. 359 p.
- Borisov A.V., Mimokhod R.A., 2017. Aridizatsiya: formy proyavleniya i vliyanie 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 Archeology], no. 2, pp. 48–60.
- Demkin V.A., 1997. *Paleopochvovedeniye i arkheologiya: integratsiya v izuchenii istorii prirody i obshchestva* [Paleopedology and Archeology: Integration in Studying the History of Nature and Society]. Pushchino, ONTI NTsBIAN SSSR. 213 p.
- Demkin V. A., Borisov A. V., Udal'tsov S.N., 2010. Paleopochvy i klimat yugo-vostoka Srednerusskoy vozvysheynosti v epohi sredney i pozdney bronzy (XXV–XV vv. do n.e.) [Paleosols and Climate in the Southeast of the Central Russian Upland During the Middle and Late Bronze Ages (the 25<sup>th</sup>– 15<sup>th</sup> Centuries BC)]. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], vol. 43, no. 1, pp. 7–17.

- Demkin V.A., Demkina T.S., Borisova M.A., Shishlina N.I., 2002. Paleopochvy i prirodnaya sreda Yuzhnykh Ergeney v kontse IV – III tys. do n. e. [Paleosols and the Natural Environment of the Southern Ergeni at the End of the 4<sup>th</sup>–3<sup>rd</sup> Millennium BC]. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], no. 6, pp. 645-653.
- Demkina T.S., Borisov A.V., Demkin V.A., 2004. Mikrobiologicheskiye issledovaniya podkurgannykh paleopochv pustynno-stepnoy zony Volgo-Don'skogo mezhdurechia [Microbiological Studies of Paleosols under Mounds in the Desert-Steppe Zone of the Volga-Don Interfluve]. *Pochvovedeniye* [Eurasian Soil Science], no. 7, pp. 853-859.
- Demkina T.S., Borisov A.V., Demkin V.A., Khomutova T.E., Kuznetsova T.V., Eltsov M.V., Udaltsov S.N., 2017. Paleoekologicheskiy krizis v stepyakh Nizhnego Povolzhia v epokhu sredney bronzy (rubezh III–II tys. do n. e.) [Paleoecological Crisis in the Steppes of the Lower Volga Region in the Middle of the Bronze Age (III–II Centuries BC)]. *Pochvovedeniye* [Eurasian Soil Science], vol. 50, no. 7, pp. 799-813. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0032180X17070012>
- Kovda V.A., Bolshakov A.F., 1937. Vodno-solevoy rezhim pochv tsentralnoy chasti Kaspiyskoy ravniny [Water-Salt Regime of Soils in the Central Part of the Caspian Plain]. *Trudy konferentsii po pochvovedeniyu i fiziologii rasteniy* [Proceedings of the Conference on Soil Science and Plant Physiology], vol. 1. Saratov, pp. 144-166.
- 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 4<sup>th</sup> Century AD]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 4. Istoriya. Regionovedenie. Mezhdunarodnye 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>
- Mimokhod R.A., 2018. Paleoklimat i kulturogenез v Vostochnoy Evrope v kontse III tys. do n.e. [Paleoclimate and Cultural Genesis in Eastern Europe at the End of the 3<sup>rd</sup> Millennium BC]. *Rossiyskaya arheologiya* [Russian Archeology], no. 2, pp. 33-48. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0869606318020046>
- Mimohod R.A., 2019. Kul'turno-geneticheskie protsessy na vostoке postkatakombnogo mira [Cultural and Genetic Processes in the East of the Post-Catacomb World]. *Drevnosti Vostochnoy Evropy, Central'noy Azii i Yuzhnoy Sibiri v kontekste svyazey i vzaimodeystviy v evraziyskom kul'turnom prostranstve (novye dannye i kontseptsii)* [Antiquities of Eastern Europe, Central Asia and Southern Siberia in the Context of Connections and Interactions in the Eurasian Cultural Space (New Data and Concepts)]. Saint Peterburg, IIMK RAN, pp. 39-41.
- Mimohod R.A., 2021. Hronologiya i periodizatsiya volgo-donskoy babinskoy kul'tury [Chronology and Periodization of the Volga-Don Baba Culture]. *Voprosy arheologii Povolzh'ya* [Issues of Archaeology of the Volga Region], iss. 9. Samara, Slovo Publ., pp. 69-91.
- Mimohod R.A., Gak E.I., Khomutova T.E., Ryabogina N.E., Borisov A.V., 2022. Paleoekologiya – kul'turogenез – metalloproizvodstvo: prichiny i mekhanizmy smeny epokh v kul'turnom prostranstve yuga Vostochnoy Evropy v kontse sredney – nachale pozdney bronzy [Paleoecology – Culture Genesis – Metal Production: The Reasons and Mechanisms of the Change of Periods in the Cultural Space of the South of Eastern Europe at the Turn of the Middle and Late Bronze Ages]. *Rossiyskaya arheologiya* [Russian Archeology], no. 1, pp. 20-34. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869606322010159>
- Rode A.A., 1963. Vodnyy rezhim i balans tselinnykh pochv polupustynnogo kompleksa [Water Regime and Balance of Virgin Soils of the Semi-Desert Complex]. *Vodnyy rezhim pochv polupustyni* [Water Regime of Semi-Desert Soils]. Moscow, AS USSR, pp. 5-83.
- Serebryanyy L.R., Golodkovskaya N.A., Orlov A.V., Malyasova E.S., Il'ves E.O., 1984. *Kolebaniya lednikov i processy morenonakopleniya na Central'nom Kavkaze* [Glacier Fluctuations and Moraine Accumulation Processes in the Central Caucasus]. Moscow, Nauka Publ. 216 p.
- Solomina O.N., 1999. *Gornoe oledenenie Severnoy Evrazii v golotsene* [Mountain Glaciation of Northern Eurasia in the Holocene]. Moscow, Nauchnyy mir Publ. 254 p.
- Teorii i metody fiziki pochv*, 2007 [Theories and Methods of Soil Physics]. Moscow, Grif i K Publ. 616 p.
- Khomutova T.E., Demkina T.S., Borisov A.V., Shishlina N.I., 2017. Sostoyanie 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 Paleosols under Barrows in the Desert-Steppe Zone of the Middle Bronze Age (XXVII–XXVI Centuries BC) in Connection with the Dynamics of Climate Humidity]. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], no. 2, pp. 239-248. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0032180X1702006X>



- Geirsdóttir Á., Miller G.H., Andrews J.T., Harning D.J., Anderson L.S., Florian C., Larsen D.J., Thordarson T., 2019. The Onset of Neoglaciation in Iceland and the 4.2 ka Event. *Climate of the Past*, vol. 15, iss. 1, pp. 25-40. DOI: <https://doi.org/10.5194/cp-15-25-2019>
- Grove J.M., 2004. *Little Ice Ages: Ancient and Modern*. New York, Routledge. 498 p. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0016756805400771>
- Khomutova T.E., Kashirskaya N.N., Demkina T.S., Kuznetsova T.V., Fornasier F., Shishlina N.I., Borisov A.V., 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: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.02.013>
- Liu F., Feng Z., 2012. A Dramatic Climatic Transition at ~4000 cal. yr BP and its Cultural Responses in Chinese Cultural Domains. *The Holocene*, vol. 22, iss. 10, pp. 1181-1197. DOI: <https://doi.org/10.1177/0959683612441839>
- Menocal P.B. de, 2001. Cultural Responses to Climate Change During the Late Holocene. *Science*, vol. 292, iss. 5517, pp. 667-673. DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.1059287>
- Perry C.A., Hsu K.J., 2000. Geophysical, Archaeological and Historical Evidence Support a Solar-Output Model for Climate Change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 97, pp. 12433-12438. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.230423297>
- Pleskot K., Apolinarska K., Kołaczek P., Suchora M., Fojutowski M., Joniak T., Kotrysh B., Kramkowski M., Słowiński M., Woźniak M., Lamentowicz M., 2020. Searching for the 4.2 ka Climate Event at Lake Spore, Poland. *CATENA*, vol. 191, art. 104565. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104565>
- Ran M., Chen L., 2019. The 4.2 ka BP Climatic Event and its Cultural Responses // *Quaternary International*, vol. 521, pp. 158-167. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.05.030>
- Roland T., 2012. *Was there a 4.2 kyr Event in Great Britain and Ireland? Evidence from the peatland record. PhD thesis*. University of Exeter. 292 p.
- Roland T.P., Caseldine C.J., Charman D.J., Turney C.S., Amesbury M.J., 2014. Was There a '4.2 ka Event' in Great Britain and Ireland? Evidence from the Peatland Record. *Quaternary Science Reviews*, vol. 83, pp. 11-27. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2013.10.024>
- Ryabogina N.E., Idrisov I.A., Yuzhanina E.D., Borisov A.V., 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, art. 107417. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2022.107417>
- Staubwasser M., Weiss H., 2006. Holocene Climate and Cultural Evolution in Late Prehistoric – Early Historic West Asia. *Quaternary Research*, vol. 66, iss. 3, pp. 372-387. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2006.09.001>
- 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, no. 5124, pp. 995-1004. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.261.5124.995>
- Weiss H., 2016. Global Megadrought, Societal Collapse and Resilience at 4.2–3.9 ka BP Across the Mediterranean and West Asia. *PAGES*, vol. 24, pp. 62-63. DOI: <https://doi.org/10.22498/pages.24.2.62>

### Information About the Authors

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

**Natalia N. Kashirskaya**, Candidate of Sciences (Biology), Senior Researcher, Institute of Physico-Chemical and Biological Problems of Soil Science of the Russian Academy of Sciences, Institutskaya St, 2, 142290 Pushchino, Russian Federation, nkashirskaya81@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8353-3192>

**Daria A. Yurshenas**, Postgraduate Student, Institute of Physico-Chemical and Biological Problems of Soil Science of the Russian Academy of Sciences, Institutskaya St, 2, 142290 Pushchino, Russian Federation, dasha\_ometova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9934-1144>

**Tatiana E. Khomutova**, Candidate of Sciences (Biology), Leading Researcher, Institute of Physico-Chemical and Biological Problems of Soil Science of the Russian Academy of Sciences, Institutskaya St, 2, 142290 Pushchino, Russian Federation, khomutova-t@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9856-3025>

**Anush A. Petrosyan**, Postgraduate Student, Institute of Physico-Chemical and Biological Problems of Soil Science of the Russian Academy of Sciences, Institutskaya St, 2, 142290 Pushchino, Russian Federation, alisa\_mayakovskaya@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0839-5217>

**Roman A. Mimokhod**, Candidate of Sciences (History), Leading Researcher, Institute of Archaeology of the Russian Academy of Sciences, Dm. Ul'anova St, 19, 117292 Moscow, Russian Federation, mimokhod@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4584-4747>

### Информация об авторах

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

**Наталья Николаевна Каширская**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, ул. Институтская, 2, 142290 г. Пушкино, Российская Федерация, nkashirskaya81@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8353-3192>

**Дарья Александровна Юршенас**, аспирант, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, ул. Институтская, 2, 142290 г. Пушкино, Российская Федерация, dasha\_ometova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9934-1144>

**Татьяна Эдуардовна Хомутова**, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, ул. Институтская, 2, 142290 г. Пушкино, Российская Федерация, khomutova-t@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9856-3025>

**Ануш Андраниковна Петросян**, аспирант, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, ул. Институтская, 2, 142290 г. Пушкино, Российская Федерация, alisa\_mayakovskaya@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0839-5217>

**Роман Алексеевич Мимоход**, кандидат исторических наук, ведущий научный сотрудник, Институт археологии РАН, ул. Дм. Ульянова, 19, 117292 г. Москва, Российская Федерация, mimokhod@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4584-4747>