



DOI: <https://doi.org/10.15688/nav.jvolsu.2023.1.2>

UDC 903*182.1(470.324)

LBC 63.442.6(235.4)-1



Submitted: 08.02.2023

Accepted: 17.04.2023

SOIL MICROBIOLOGICAL APPROACHES TO RECONSTRUCTION OF THE PURPOSE OF ANCIENT SETTLEMENTS CONSTRUCTION¹

Alexander V. Borisov

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

Andrey A. Goroshnikov

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

Natalia N. Kashirskaya

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

Roman A. Mimokhod

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

Viktor N. Pinsky

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

Anastasia V. Potapova

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

Tatiana N. Smekalova

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation

Abstract. The aim of the article is reconstruction of purpose of ancient settlements construction using a combination of chemical and microbiological indicators. The study object is the Bagai-1 settlement of the Late Bronze Age in the northwestern part of the Crimean Peninsula. The chemical and microbiological properties of the occupation layer within the buildings of various shapes and sizes in different parts of the site have been studied. It was established that the Bagai-1 settlement is a stationary settlement of pastoralists, or was intended for living in the winter. Traces of cattle manure were found everywhere, which is confirmed by the high values of such soil indicators of livestock keeping as urease activity, the number of keratinolytic fungi and thermophilic bacteria in the cultural layer. The results of the research showed that most of the buildings in the settlement were related to livestock keeping. We cannot exclude the joint stay in the premises of both animals and humans, especially in the cold season when livestock was used as a source of heat. However, according to the complex of natural scientific data, no buildings have been identified that could be called exclusively residential, and in all cases the traces of

livestock are much more pronounced than the traces of human habitation. At the same time, vast areas without traces of stone buildings were found at the settlement, but with a high content of mineral forms of phosphates in the cultural layer and high values of magnetic susceptibility, which indicates the entry into the soil of a large amount of ceramics, ash, and pyrogenic residues. The combination of these properties can be considered as an indicator of human habitation.

Key words: steppe, settlement, buried soils, livestock pens, Late Bronze Age, phosphorus, urease activity, keratinolytic fungi, thermophilic bacteria.

Citation. Borisov A. V., Goroshnikov A. A., Kashirskaya N. N., Mimokhod R. A., Pinsky V. N., Potapova A. V., Smekalova T. N., 2023. Pochvenno-mikrobiologicheskie podhody k rekonstruktsii naznacheniya postroek na drevnih poseleniyah [Soil Microbiological Approaches to Reconstruction of the Purpose of Ancient Settlements Construction]. *Nizhnevolzhskiy Arkheologicheskii Vestnik* [The Lower Volga Archaeological Bulletin], vol. 22, no. 1, pp. 10-35. DOI: <https://doi.org/10.15688/nav.jvolsu.2023.1.2>

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

Дата поступления статьи: 08.02.2023
Дата принятия статьи: 17.04.2023

ПОЧВЕННО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К РЕКОНСТРУКЦИИ НАЗНАЧЕНИЯ ПОСТРОЕК НА ДРЕВНИХ ПОСЕЛЕНИЯХ¹

Александр Владимирович Борисов

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

Андрей Алексеевич Горошников

Институт археологии РАН, г. Москва, Российская Федерация

Наталья Николаевна Каширская

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

Роман Алексеевич Мимоход

Институт археологии РАН, г. Москва, Российская Федерация

Виктор Николаевич Пинской

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

Анастасия Владимировна Потапова

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

Татьяна Николаевна Смекалова

Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь, Российская Федерация

Аннотация. Статья посвящена реконструкции назначения построек на древних поселениях с использованием комплекса химических и микробиологических индикаторов. В качестве объекта исследований было выбрано поселение позднего бронзового века Багай-1 в северо-западной части Крымского полуострова. Исследованы химические и микробиологические свойства культурного в постройках разных форм и размеров в разных частях памятника. Установлено, что поселение Багай-1 представляет собой стационарный поселок скотоводов, либо предназначалось для проживания в зимний период. Повсеместно выявлены следы накопления навоза, что подтверждается высокими значениями таких почвенных индикаторов содержания скота, как активность уреазы, численность кератинолитических грибов и термофильных бактерий в культурном слое. Результаты исследований показали, что большая часть построек на поселении была связана с

содержанием скота. Нельзя исключать и совместное пребывание в помещениях и животных, и человека, особенно в холодное время года, когда скот использовался как источник тепла. Тем не менее построек, которые по комплексу естественнонаучных данных можно было бы назвать исключительно жилыми, не выявлено, и во всех случаях следы содержания скота выражены намного более ярко, чем следы проживания человека. При этом на территории поселения выявлены обширные участки без следов каменных построек, но с высоким содержанием в культурном слое минеральных форм фосфатов и высокими значениями магнитной восприимчивости, что указывает на поступление в почву большого количества керамики, золы и пироженных остатков. Сочетание таких свойств можно рассматривать как индикатор проживания человека.

Ключевые слова: степь, поселение, погребенные почвы, загоны для скота, эпоха поздней бронзы, фосфор, уреазная активность, кератинолитические грибы, термофильные бактерии.

Цитирование. Борисов А. В., Горошников А. А., Каширская Н. Н., Мимоход Р. А., Пинской В. Н., Потапова А. В., Смекалова Т. Н., 2023. Почвенно-микробиологические подходы к реконструкции назначения построек на древних поселениях // Нижневолжский археологический вестник. Т. 22, № 1. С. 10–35. DOI: <https://doi.org/10.15688/nav.jvolsu.2023.1.2>

Введение

Реконструкция назначения построек на древних поселениях остается одной из наиболее актуальных и дискуссионных проблем современного этапа развития археологической науки. Именно в этом вопросе отмечается наиболее низкий уровень аргументации выводов по сравнению с другими направлениями исследований. Причиной тому широкие пределы варьирования потенциального назначения построек и ограниченные возможности инструментальных методов исследования.

Предполагается, что постройки могли предназначаться для проживания людей, содержания скота, каких-то иных хозяйственных (хранение продуктов, кормов, инвентаря и др.) или сакральных целей. При этом возможность комбинирования функций построек многократно увеличивает неопределенность и делает реконструкции весьма уязвимыми и ненадежными. Но даже если исходить из заведомо упрощенной модели, предполагающей наличие двух типов построек «жилой дом – загон для скота», то и в ней остается много неопределенностей, решить которые археологическими методами сложно или невозможно. Так, например, и в том, и другом случае в культурном слое будут присутствовать артефакты. Да, возможно, в жилом доме их будет больше, но и в загонах для скота всегда присутствуют артефакты [Коробов и др., 2018; Смекалова и др., 2020], а их количество будет зависеть от длительности функционирования загона,

и потенциально может соответствовать культурному слою.

Пятна прокала и иные следы разведения огня, безусловно, важный атрибут жилой постройки, однако нельзя однозначно интерпретировать их как кухонные или отопительные элементы и на этом основании называть строение жилым. Прокалы и очаги в равной мере могут встречаться в любых постройках. Впрочем, как и за их пределами. И далеко не всегда удается доказать, что очаг был синхронен времени существования жилища.

Еще один важный показатель культурного слоя – содержание фосфатов – также будет высоким и в культурном слое жилого дома, и при длительном периоде функционирования в почве загона для скота [Eidt, 1977; Holliday, Gartner, 2007; Migliavacca et al., 2012; Коробов и др., 2018].

Более наукоемкие методические подходы к выявлению следов скотоводства, такие как анализ стероидов [Prost et al., 2017], 5 β -копростанола [Evershed et al., 1997; Locatelli et al., 2017], соединений липидной природы [Simpson et al., 1999; Evershed, 2008], анализ сферулитов [Canti, 1997; Freitas et al., 2003] и другие, пока используются крайне редко в силу ограниченности инструментальной базы, высокой стоимости, угрозы контаминации при отборе образцов и ряда других обстоятельств [Linseele et al., 2013].

В этом случае перспективным представляется использование методов почвенной микробиологии для выявления следов содержания скота. В отличие от перечисленных выше методических подходов, методы почвенной

микробиологии значительно более доступны, что позволяет выполнять массовые определения и получать статистически достоверные результаты. Такие показатели, как численность кератинолитических грибов [Peters et al., 2014; Kashirskaya et al., 2019; 2020], активность фермента уреазы [Chernysheva et al., 2015; Zhurbin et al., 2022], численность термофильных бактерий [Kashirskaya et al., 2019; Chernysheva et al., 2017; Чернышева и др., 2019], всегда бывают достоверно выше в почвах древних загонов, чем в культурном слое жилой зоны [Чернышева и др., 2016]. По этим признакам можно надежно диагностировать факт содержания скота и на основании этого реконструировать исходное назначение постройки.

В этой связи целью данной статьи была реконструкция назначения построек на поселении позднего бронзового века Багай-1 в Северо-Западном Крыму с использованием комплекса химических и микробиологических индикаторов.

1. Объект исследований

1.1. Общие сведения о поселении Багай-1

В качестве объекта исследований было выбрано поселение позднего бронзового века Багай-1 в северо-западной части Крымского полуострова. Памятник был обнаружен в 2012 г. Т.Н. Смекаловой по пятнам более темной и густой растительности на космических снимках, в ходе пеших разведок и последующей магнитной съемки (рис. 1, 1) [Смекалова и др., 2013, с. 143, 175–177]. К западу от поселения, на противоположном высоком и обрывистом берегу балки, на узком мысу (рис. 1, 2), также, вероятно, находилось поселение позднего бронзового века, выявленное по растительным маркерам и с помощью магнитной съемки. Возможно, обе части, лево- и правобережная, составляют единое поселение.

Поселение Багай-1 занимает низкий мыс на левом берегу средней не обводненной части Багайской балки, впадающей в озеро Сасык-Сиваш. Такое расположение поселка характерно для памятников поздней бронзы и раннего железного века Северо-западного Крыма [Смекалова и др., 2017; Смекалова

и др., 2020]. В настоящее время в этой части Таврики число открытых поселений позднего бронзового века достигло 66. Среди них выделяется класс поселений с двойными каменными загонами, число которых достигло 25 [Смекалова et al., 2021]. Предполагается, что приуроченность поселений к низким мысовым участкам в балках объясняется возможностью использования рельефа местности для укрытия людей и скота от ветра в холодный период года, особенно ранней весной, когда начинаются окоты у овец.

Магнитная съемка основной, левобережной, части поселения Багай-1 показала, что оно занимает большую площадь – около 4 га и состоит из не менее, чем 70 полуземлянок прямоугольной формы, сгруппированных в 4 кластера (рис. 2, 3). Под мощной магнитной аномалией от газовой трубы, маскирующей всю центральную часть поселения, возможно, находится еще не менее 10–20 жилых и хозяйственных комплексов. Таким образом, поселение Багай-1 является наиболее крупным поселением эпохи поздней бронзы в Багайской балочной системе.

В 2020 г. разведочным отрядом под руководством С.А. Мульда было проведено уточнение границ объекта, в том же году памятник получил статус выявленного объекта культурного наследия и был поставлен на учет. В 2021 и 2022 гг. экспедицией Института археологии РАН были проведены спасательные археологические раскопки в северной (периферийной) части памятника на общей площади свыше 1,4 га [Горошников, Горошникова, 2022а].

1.2. Основные результаты раскопок

В закрытых стратифицированных комплексах обнаружены находки, относящиеся как к позднему периоду сабашиновской культуры, так и раннему этапу белозерской культуры. В этом плане абсолютно уместной нам представляется точка зрения В.А. Колотухина, указывавшего на то, что «четкой грани между тремя этапами позднебронзового века Крыма провести невозможно. Сложение специфического материального комплекса каждой последующей ступени происходило постепенно на основе предшествующего, и ино-

культурные заимствования и новации органически вплетались в ткань традиционной культуры» [Колотухин, 2003]. Аналогичная ситуация наблюдается и на территории Таманского полуострова, яркий пример – поселение Панагия-1, наиболее масштабно исследованный на данный момент памятник эпохи поздней бронзы (позднесабатинское и белозерское время) на территории Северо-западного Причерноморья [Горошников, Горошникова, 2022б]. Приведенные примеры свидетельствуют о непрерывном культурно-историческом процессе и взаимодействии между собой носителей этих культурных традиций, освоивших сопредельные территории Крыма и Тамани.

В пределах исследованной площади поселения обнаружены объекты, характеризующие быт и религиозные представления его обитателей. К первой категории относятся хозяйственные ямы, отдельные каменные наброски, остатки сооружения квадратной формы, обложенного по периметру вертикально установленными плитами, а также постройки хозяйственного и жилого назначения.

Во вторую группу можно выделить жертвенник, расположенный внутри помещения, находку каменного алтаря со спиралевидными завитками на лицевой поверхности (происходящего из заполнения постройки), скопление наваленных друг на друга костей животных внутри жилого помещения, что, по нашему мнению, является обрядом оставления жилища [Мимоход, 2001], а также три погребения, одно из которых (№ 3), обнаруженное под камнями фундамента постройки, несомненно, является строительной жертвой [Горошников, Горошникова, 2022а, с. 203, 212–214, рис. 7–9]. В целом архитектура жилых и хозяйственных сооружений, открытых на поселении, находит аналогии среди подобных памятников этого периода, исследованных в Северо-Западном Крыму ранее [Колотухин, 2003].

1.3. Керамический комплекс и индивидуальные находки

Коллекция керамических сосудов (тарных, кухонных, столовых), каменных, металлических и костяных изделий составила свы-

ше 1 100 единиц. Также было обнаружено более 6 800 единиц массового статистического материала. На основе полученных в ходе исследований материалов была уточнена культурно-хронологическая атрибуция памятника – основной период существования поселения может быть определен по находкам-хроноиндикаторам (рис. 4) в пределах XIII–X вв. до н.э. Эту датировку подтверждают бронзовые изделия: орнаментированный топор-кельт с лобным ушком (рис. 4,19,22) и две округлые бляшки с обратной петлей (рис. 4,23,24). В составе металла превалирует лигатура олова, характерная для памятников второй половины II тыс. до н.э. [Горошников и др., 2023].

1.4. Архитектурные особенности

Для более удобного оперирования полученным материалом все выявленные инфраструктурные элементы поселения были разделены на три крупных блока, получивших условные обозначения Объект 19, Объект 21 и Объект 7. Было высказано предположение, что они образуют некую внутреннюю инфраструктуру поселка, что предполагает различный характер антропогенной деятельности.

Особенностью домостроительства на территории поселения Багай-1 было масштабное применение камня, выходы сарматских известняков находятся непосредственно напротив поселения на другом берегу балки. В этой связи весьма показательна система домостроительства и планировка сооружений на раскопанном участке поселения.

Безусловно, в случае с поселением Багай-1 мы имеем дело с развитой архитектурной традицией применения камня. Здесь представлены как цокольная, так и облицовочная техника. Основной диапазон существования памятника – это время белозерско-тудоровской культуры. Принято считать, что в ее материалах прослеживается деградация каменного домостроения [Горбов, 1997]. В большинстве случаев здесь представлены полуземлянки без каменных конструкций [Ванчугов, 1990], однако каменное домостроительство здесь тоже известно. Оно восходит к сабастиновским традициям [Отрощенко, 1986]. Для поселений Крыма так-

же отмечается и влияние восточной традиции сооружения построек, которая проявляется в элементах облицовки котлованов построек [Горбов, 1997]. Вероятно, это наблюдение справедливо и для Багая-1.

При взгляде на планиграфию поселения обращает на себя внимание наличие двух типов построек: блокирующихся построек небольших размеров и довольно обширных помещений, которые по площади значительно превосходят первую группу сооружений. Блокирующиеся структуры представлены в материалах сабашиновской, белозерской и позднесрубной или постсрубной культур [Черняков, 1985; Ванчугов, 1990; Горбов, 1997; Ромашко, 2013; Кияшко, 2020]. Они традиционно рассматривались как жилые. Обширные по площади постройки в качестве таковых, как правило, не рассматривались.

2. Методы исследований

2.1. Отбор образцов

Для установления особенностей хозяйственной деятельности древнего населения на разных участках памятника были исследованы свойства культурного слоя объектов 7, 19 и 21. В каждом конкретном случае выбирались наиболее типичные для данного объекта участки культурного слоя.

В объекте 19 проведено морфологическое описание и отбор образцов культурного слоя в почвенных разрезах, заложенных в секторах Н-17, Н-19 и Н-22. Место расположения разрезов показано на рисунке 6. Разрез Н-17 был заложен внутри округлой в плане постройки площадью около 100 м². Разрез Н-19 располагался в пределах обширной каменной постройки площадью свыше 500 м². Разрез Н-22 был заложен на участке без видимых остатков каменных построек, предположительно за пределами загона.

В пограничной зоне между объектами 21 и 29 были исследованы почвы в секторе У-18, где располагались остатки котлована заглубленного сооружения, и почвы в секторе У-16. На данном участке не было обнаружено остатков построек, но к западу от него был выявлен каменный развал от еще одного комп-

лекса построек. Предположительно культурный слой в разрезе У-16 соответствует «спокойному» культурному слою между постройками. Разрез Ф-15 располагался внутри большой постройки.

В пределах объекта 7 были исследованы свойства культурного слоя внутри трех построек. В секторе Ю-18 был исследован культурный слой внутри малой постройки (возможно, прохода между двумя постройками). В секторах Ю-20 и Я-16 исследован культурный слой обширной постройки, либо серии мелких заглубленных построек, четкие границы между которыми выявить не удалось.

2.2. Определение органических и минеральных форм фосфатов

В данной работе был использован метод отдельного определения органических и минеральных форм соединений фосфора [Saunders, Williams, 1955]. Использование такого подхода связано с тем, что при традиционном определении валового фосфора с помощью рентген-флуоресцентного анализа теряется информация о природе этого элемента в культурном слое. Так, например, одинаковые значения содержания фосфора могут оказаться в результате поступления в почву как золы, так и пищевых отходов, экскрементов, либо иных субстратов органического происхождения. Раздельное определение органических и минеральных форм фосфатов позволяет более детально реконструировать источник фосфора. При раздельном определении содержания фосфатов органической и минеральной природы на первом этапе оценивается содержание минерального фосфора путем его экстракции из почвы 0,2 Н раствором H₂SO₄ с последующим колориметрическим определением концентрации. Далее для оценки содержания органических фосфатов почву прокаливают в течение 3 часов при 900 °С. При этом происходит превращение фосфорорганических соединений в растворимые минеральные формы. По превышению значений содержания фосфатов после прокаливания определяют долю органического фосфора, перешедшего в вытяжку.

2.3. Определение магнитной восприимчивости

Магнитная восприимчивость почв определяется содержанием ферромагнетиков и всегда возрастает при воздействии огня. Возрастание значений магнитной восприимчивости связано с неосинтезом магнетита при прокаливании [Oldfield, Crowther, 2007; Fassbinder, Stanjek, 1993; Maher, 2007]. Магнитная восприимчивость почв измерялась с помощью кап-метра КТ-5.

2.4. Уреазная активность

Для оценки уреазной активности почвенных образцов был использован модифицированный индофенольный метод [Kandeler, Gerber, 1988]. Уреаза – это фермент, участвующий в разложении мочевины. Показано, что высокая активность фермента уреазы является индикатором поступления в почву мочевины и может использоваться для поиска мест содержания скота [Chernysheva et al., 2015; Каширская и др., 2017].

2.5. Численность микроорганизмов определенных трофических групп

Поступление в культурные слои археологических памятников неспецифических для почв органических субстратов приводит к изменению структуры почвенного микробного сообщества и возрастанию численности микроорганизмов, специализирующихся на разложении этих субстратов. Определение численности микроорганизмов различных трофических групп проводили методом посева почвенной суспензии на агаризованные среды [Звягинцев и др., 1980; Методы почвенной микробиологии ..., 1991]. Учет численности термофильных микроорганизмов проводили поверхностным посевом на универсальной глюкозо-пептонно-дрожжевой среде (ГПД). Подсчет термофильных микроорганизмов проводили через 2 дня инкубации при 60 или 70 °С. Численность кератинолитических грибов определяли путем посева почвенной суспензии на специальным образом подготовленные диски из шерстяной ткани [Каширская и др., 2021]. Статистическую обработку данных

проводили стандартными методами [Дмитриев, 1995].

3. Результаты

3.1. Общие характеристики культурного слоя в разных участках памятника

Поселение Багай-1 приурочено к ареалу распространения черноземов южных остаточнокarbonатных. Для этих почв характерно наличие темно-гумусового горизонта АU мощностью до 40 см, который переходит в ВСА с включениями мелких фрагментов карбонатного материала и редкими карбонатными новообразованиями в виде псевдомицелия и налета по трещинам и граням структурных отдельностей. На глубине 50–70 см залегает почвообразующая порода – элюво-делювий глин и песчаников.

Культурный слой на всей территории раскопа морфологически не обособлялся от вмещающей почвенной массы и выделялся лишь по включениям антропогенной природы [Александровский и др., 2015]. Вмещающим горизонтом для такого типа культурного слоя является срединный горизонт ВСА и в некоторых случаях нижняя часть гумусового горизонта АU современной почвы. Установить нижнюю границу культурного слоя удастся по уровню залегания развалов каменных конструкций. На большей части раскопа это глубина 25–40 см. Основание стен построек, как правило, заглублено на 40–50 см.

Цвет почвенно-грунтового материала культурного слоя заметно варьирует. На периферии поселка в окраске вмещающего слоя преобладают более светлые палево-серые тона. На участках скопления камней и во внутренней части предполагаемых построек цвет культурного слоя более темный за счет большего накопления и минерализации органических материалов в период функционирования памятника, а также за счет изменения условий почвообразования в последующий период.

3.2. Содержание фосфатов в культурном слое

Содержание фосфатов в культурном слое поселения значительно варьировало. Однако

при этом были выявлены определенные закономерности изменений этого показателя на разных объектах. Так, очевидно, максимальное обогащение фосфатами культурного слоя имело место в пределах объекта 7 (рис. 7,1). Здесь в нижних слоях культурного слоя в секторе Ю-20 содержание общего фосфора ($P_{\text{мин.}} + P_{\text{орг.}}$) достигало 10 мг/кг почвы. Близкие значения были выявлены и в секторе Ю-18. При этом профильное распределение содержания фосфатов было неоднородным: хорошо заметны явные пики этого показателя и снижения, что говорит об особенностях руинизации построек, когда имело место переслаивание материала собственно культурного слоя линзами материкового суглинка с низким содержанием фосфатов.

В пределах объекта 21 содержание общего фосфора было заметно ниже и не превышало 4 мг/г как внутри заглубленной постройки, так и за ее пределами. При этом профильная динамика этого показателя различалась. Так, если за пределами постройки в почве явно виден пик содержания фосфатов на глубине 30 см (что соответствует глубине залегания наиболее насыщенного артефактами культурного слоя), то внутри заглубленной постройки содержание фосфатов на этом уровне наблюдается по всему профилю. Это позволяет сделать вывод, что заполнение котлована постройки представляет собой грунт культурного слоя, затекавший в котлован с прилегающих участков. При этом не было каких-либо иных источников фосфатов, и, следовательно, не было специфических форм хозяйственной деятельности древнего населения на данном участке.

Весьма показательна динамика содержания фосфатов в пределах объекта 19. Здесь прослежено постепенное снижение содержания общего фосфора в секторах в ряду Н-17 → Н-19 → Н-22. Так, в пределах малой постройки (Н-17) содержание фосфатов составляло 2–3 мг/г, в пределах большой постройки (Н-19) этот показатель уже не превышал 2 мг/г, а за пределами комплекса построек находился на уровне 1–2 мг/г. Но, тем не менее, во всех случаях содержание фосфатов было выше, чем в разрезе фоновой почвы за пределами памятника.

Основной вклад в возрастание содержания фосфатов вносили минеральные формы

фосфора (рис. 7,2). Предположительно их источником являлась зола и разложившиеся кости животных, встречаемость которых в культурном слое была весьма заметной. Это наиболее характерно для объекта 7.

Что касается содержания органических форм фосфатов, то, как правило, этот показатель был значительно ниже (рис. 7,3).

Однако, если рассматривать вклад органических и минеральных форм фосфатов в общий пул фосфора (табл. 1), то можно сделать ряд весьма важных наблюдений. Так, в объектах 21 и 19 в подавляющем большинстве случаев вклад органических форм фосфора весьма значительный, и находится на уровне значений фоновых почв, а в ряде случаев превышает их, достигая 60–70 % и более. Это может говорить только о том, что причиной увеличения содержания фосфора на территории объектов 21 и 19 является поступление в культурный слой субстратов органической природы, прежде всего – растительных остатков.

3.3. Микробиологические свойства культурного слоя

Природа растительных остатков, которые обеспечили рост содержания органических форм фосфатов в почвах, по всей видимости, связана с содержанием скота и поступлением в почву навоза. На поступление в почву навоза указывают высокие значения уреазной активности (табл. 2). На территории объектов 19 и 21 активность уреазы достоверно выше, чем в пределах объекта 7. Также весьма показательным является наличие в профиле культурного слоя в этих двух объектах характерных пиков на глубине 30–50 см, что указывает на уровень наиболее интенсивного освоения территории. При этом в культурном слое объекта 7, напротив, этот показатель заметно ниже фоновых значений, что можно рассматривать как явный признак соблюдения особых санитарных условий, исключающих поступления мочи в почвы. Таким образом, сделанное ранее предположение о поступлении в почвы навоза, как основного источника накопления фосфатов, подтверждается и данными определения уреазной активности почв.

Еще одним показателем, свидетельствующим о содержании скота на территории объектов 21 и 19, является высокая численность кератинолитических грибов в почвах. Как было отмечено выше, кератин входит в состав шерсти, рогов, копыт скота и может в заметных количествах поступать в почву на территории загонов. В нашем случае максимальные значения численности кератинолитических грибов были выявлены в культурном слое объекта 21, где значения этого показателя составляли 15–20 тыс. колониеобразующих единиц (КОЕ) на грамм почвы (табл. 2). Причем высокие значения численности кератинолитических грибов были отмечены как в заполнении котлована заглубленной постройки (У-18), так и за ее пределами (У-16).

В культурном слое объекта 19 также были выявлены высокие значения численности КОЕ кератинолитических грибов (табл. 2). Пики значений этого показателя хорошо коррелируют с максимальными значениями уреазной активности, но выражены более четко. И так же, как и в случае с уреазной активностью, максимальные значения численности кератинолитических грибов были в культурном слое объекта 17, несколько меньше – в объекте 19, и минимальные – за пределами развала стен. В культурном слое сектора 7 численность кератинолитических грибов была на уровне фоновых значений.

Судя по численности термофильных микроорганизмов, навоз не просто участвовал в формировании культурного слоя памятника, но и накапливался в объемах, достаточных для того, чтобы начинались процессы его компостирования и саморазогрева. Это хорошо видно на графиках профильной динамики численности термофильных бактерий (табл. 2). Большие объемы навоза накапливались в заглубленной постройке в секторе У-18. В то же время за пределами постройки этого не наблюдалось. Максимальные значения численности термофильных бактерий были выявлены в пределах объекта 19. И, как и в случае с рассмотренными выше микробиологическими индикаторами присутствия скота, минимальное обилие термофильных бактерий было отмечено в культурном слое объекта 7.

Ранее было показано, что термофильные бактерии развиваются только в зимних заго-

нах для скота, когда скот длительное время содержится в стационарных условиях [Коробов и др., 2018]. В летний период пребывание скота в загонах не продолжительное, навоза накапливается мало, и в последующий осенне-зимний период навоз минерализовался. В этом случае обилие термофильных микроорганизмов можно рассматривать как показатель сезонности поселения: по всей видимости, поселение Багай-2 было зимним, либо круглогодичным.

Весьма показательным профильное изменение численности целлюлозолитических микроорганизмов в почвах поселения Багай-1 (табл. 2). Эта группа бактерий и грибов специализируется на разложении растительных остатков, прежде всего травы. Целлюлоза, которая поступает в пищеварительный тракт животных с кормом, лишь частично ферментируется; при этом большая ее часть поступает в почвы с навозом, что создает условия для увеличения численности микроорганизмов, участвующих в ее разложении. На поселении Багай-1 наибольшая численность целлюлозолитических микроорганизмов выявлена в объектах 21 и 19, при этом профильное распределение этого показателя практически полностью соответствует динамике других маркеров содержания скота. Что касается объекта 7, то и в этом случае численность целлюлозолитических микроорганизмов была минимальна.

3.4. Магнитная восприимчивость культурного слоя

На тот факт, что культурный слой объекта 7 формировался в иных условиях, отличных от объектов 19 и 22, указывают и высокие значения магнитной восприимчивости (рис. 8). Так, если на территории последних значения магнитной восприимчивости в целом соответствовали фоновому уровню, либо незначительно его превышали, то в культурном слое объекта 7 эти показатели были в 2–3 раза выше фоновых значений. Наиболее вероятной причиной этого является поступление в культурных слой керамики и пирогенных остатков. Оба эти фактора так или иначе связаны с непосредственным проживанием человека, и практически не изменяются при хозяйственном освоении территории.

3.5. Статистический анализ

Статистический анализ полученных данных проводили с помощью метода главных компонент по 7 показателям. На рисунке 9,А показано, как на факторной плоскости расположились векторы, указывающие направление смещения каждого почвенного показателя. На точечной диаграмме (рис. 9,Б) каждая точка отображает дисперсию данных по 7 почвенным свойствам, различие которых зависит от вклада переменных, связанной с данной осью.

Тесная корреляция таких почвенных свойств, как содержание органических фосфатов, численность термофильных микроорганизмов, активность фермента уреазы и численность кератинолитических грибов, была обнаружена в объектах 19 и 21. В целом по данным показателям эти два объекта значительно ближе к фоновой почве, чем к культурному слою объекта 7, но, тем не менее, достоверно отличаются.

Максимальный вклад в рассеивание показателей вносит содержание фосфатов (рис. 9,А). Известно, что валовый фосфор состоит из общей суммы минерального и органического фосфора. На рисунке 9,А видно, что вектор минеральных форм фосфора находится на одной плоскости с валовым, о чем свидетельствует высокая доля минеральной составляющей. Вектор магнитной восприимчивости почв указывает в том же направлении. На рисунке 9,Б эти 3 показателя задают направление точкам объекта 7. Очевидно, что именно эти два показателя – содержание фосфора и магнитная восприимчивость позволяют уверенно отделить объект 7 от других исследованных участков памятника.

Заключение

На основании полученных данных можно сделать некоторые предварительные заключения о свойствах культурного слоя поселения Багай-1, его инфраструктуре и особенностях использования построек на разных участках памятника.

Поселок имел четко выраженную инфраструктурную организацию: собственно жилая зона располагалась в южной части раскопа (объект 7), вокруг которой находилась об-

ширная хозяйственная периферия (объекты 19 и частично 21) с явно выраженными следами скотоводства (рис. 6). Культурный слой жилой зоны отличается высоким содержанием минеральных форм фосфатов и магнитной восприимчивостью, что указывает на поступление в почву больших объемов золы, керамики и пирогенного материала. При этом в почвы хозяйственной периферии памятника эти материалы практически не поступали, хотя отдельные очаги и проколы фиксируются и на этой части поселения. Следует отметить довольно высокие санитарные нормы, существовавшие в поселке, что практически полностью исключало поступление экскрементов животных и человека в почву жилой зоны.

Поселение Багай-1 является долговременным стационарным поселком скотоводов, либо поселением, предназначенным для проживания в зимний период. Этот вывод подтверждается результатами почвенных анализов: во время функционирования памятника на территории хозяйственной периферии поселения содержался скот, причем, очевидно, в большом количестве и длительное время. Это приводило к значительному накоплению навоза, что обусловило высокие значения таких почвенных индикаторов содержания скота, как активность уреазы, численность кератинолитических грибов и термофильных бактерий в культурном слое. Возрастание численности этой группы микроорганизмов можно связывать со стойловым содержанием скота и продолжительным накоплением навоза, что характерно для зимнего периода. Явные следы содержания скота фиксируются во всех точках отбора, кроме объекта 7, что позволяет рассматривать объекты 19 и 21 как загоны для скота.

Размер загонов, их форма и расположение очень сильно варьируются, но, тем не менее, можно обнаружить некоторые закономерности. Так, на территории поселения Багай-1 можно выделить по меньшей мере три разных типа загонов: обширные округлой или вытянутой формы загоны площадью от 50 м² до 100–200 м² (помещение 2, 3 в северной части объекта 19) и загоны подквадратной формы площадью до 20–30 м² (помещение 1 в объекте 19, помещение 6 в объекте 21 и др.).

Вероятно, такие решения были не случайными, и эти загоны использовались для разных целей, однако реконструировать назначения каждого типа загонов на данном этапе невозможно. Можно лишь предполагать, что обширные загоны предназначались для содержания общего стада в ночное время, либо в не выпасной период, в то время как малые загоны использовались для изоляции животных, содержание которых в общем стаде по тем или иным причинам было невозможно. Вероятно, существовали загоны для мелкого и крупного рогатого скота, загоны для лошадей. Возможно, в некоторых случаях возникла необходимость отдельно держать осеменителей. Но в большей степени многообразие размеров и форм загонов объясняется наличием сложной инфраструктуры, связанной с дойкой, кормлением и содержанием подсосного молодняка, а также, возможно, переработкой молочной продукции. Есть все основания ожидать, что такая инфраструктура имела место, учитывая стационарный характер поселения. Возможно, это было что-то похожее на описание Гомером инфраструктуры молочного производства в пещере циклопа Полифема:

...Все внимательно мы оглядели,
вошедши в пещеру.
Полны были корзины сыров; ягнята, козлята
В стойлах теснились;
по возрасту он разместил их отдельно:
Старших со старшими, средних со средними,
новорожденных
С новорожденными;
сывороткой были полны все сосуды,
Там же подойники, ведра стояли, готовые к дойке.
(Одиссея. 9:218–223).

Коз и овец подоил, как у всех это принято делать,
И подложил сосунка после этого к каждой из маток...
(Одиссея. 9:244–245).

Возникает вопрос, где же в таком случае располагались жилые постройки? Если исходить из того, что основными диагностическими признаками культурного слоя являются высокое содержание фосфатов (источник – зола, кости, остатки пищи, бытовые отходы) и высокие значения магнитной восприимчивости (источник – пирогенные остатки, мелкие фрагменты керамики), то из всех исследованных нами построек с наибольшей

вероятностью жилыми можно считать только маленькие постройки в квадратах Ю-17 и Ю-18. Но рядом с этими постройками располагаются обширные участки площадью 30–50 м², где каменных стен не было, но именно в таких местах без следов стен все признаки культурного слоя жилой зоны наиболее выражены (разрезы Я-16, Ю-20). Возможно, здесь имела место иная строительная техника, не предусматривающая использование камня. Не исключено, что именно эта другая техника строительства объясняет тот факт, что в этой части памятника мощность культурного слоя в полтора-два раза выше, чем в хозяйственной периферии. Либо здесь имел место иной тип хозяйственной деятельности, который обусловил формирование культурного слоя с такими характеристиками. Этот вопрос требует дальнейшего рассмотрения с привлечением более широкого естественно-научного и археологического инструментария.

Отметим, что в тех квадратах, где признаки культурного слоя жилой зоны выражены в наибольшей степени, практически нет очагов и пятен прокалов. При этом почти во всех загонах были выявлены следы разведения огня. С какой целью разводили огонь – неизвестно, однако, судя по расположению прокалов, менее всего следует связывать их с приготовлением пищи и обогревом жилища. Так, например, была выявлена серия прокалов в огромном загоне площадью более 200 м² (помещение 3 объекта 19), который никак нельзя назвать жилым помещением. К тому же 13 из 32 выявленных прокалов располагались над слоем развалов построек, либо за их пределами. Все это позволяет сделать вывод, что прокалы и очаги можно лишь условно считать диагностическим признаком жилой постройки.

Так или иначе, абсолютное большинство построек на поселении Багай-1 было связано с содержанием скота. Результаты наших исследований не согласуются с имеющимися представлениями о типологии построек на памятниках культур эпохи поздней бронзы Крыма. Так, до недавнего времени считалось, что небольшие по площади постройки, примыкающие друг к другу (блокирующиеся), являются жилыми. Наши дан-

ные такую возможность не исключают, но показывают, тем не менее, что следы содержания скота здесь выражены намного более ярко, чем следы проживания человека. Вполне вероятным представляется использование большей части каменных построек для содержания скота (длительного или кратковременного), либо для дойки скота и последующей переработки молока. Нельзя исключать и совместное пребывание в помещениях и животных, и человека, особенно в холодное время года, когда скот использовался как источник тепла.

ПРИМЕЧАНИЕ

¹ Работа выполнена при поддержке РФФ, грант 22-68-00010 «Палеоэкология и палеоэкономика древнего населения Крыма: хозяйственные модели в меняющихся природных условиях и вклад древней антропогенной деятельности в формирование современного почвенного покрова региона».

The work was supported by the Russian Science Foundation, grant 22-68-00010 “Paleoecology and paleoeconomics of the ancient population of Crimea: economic models in changing natural conditions and the contribution of ancient anthropogenic activity to the formation of the modern soil cover of the region”.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 1. Вклад органических форм фосфатов (%) в общий пул фосфора в культурном слое поселения Багай-1

Table 1. Contribution of organic forms of phosphates (%) to the total pool of phosphorus in the cultural layer of the Bagai-1 settlement

глубина, см	фон	Объект 21			Объект 19			Объект 7		
		Н-17	Н-19	Н-22	Ф-15	У-16	У-18	Ю-18	Я-16	Ю-20
0-10	48	43	75	28	46	35	40	6	12	11
10-20	54	44	51	57	38	34	35	4	8	26
20-30	44	37	38	70	35	33	31	1	7	8
30-40	43	34	43	65	28	13	32	3	5	13
40-50	44	22	59	75	23	16	31	9	6	26
50-60	31	28	58	65	33	28	25	11	11	18
60-70	5	20	60			37	28	10	17	7
70-80	13						27		17	10
80-90										11

Таблица 2. Биологическая активность культурного слоя в разных объектах поселения Багай-1

Table 2. Biological activity of the cultural layer in different objects of the Bagai-1 settlement

глубина, см	фон	Объект 21			Объект 19		Объект 7		
		Н-17	Н-19	Н-22	У-16	У-18	Ю-18	Ю-20	
уреазная активность (мкг NH ₄ /г/час)									
10	154,6	137,7	168,6	164,9	129,1	223,2	126,2	47,4	
20	139,5	102,2	120,2	87,6	87,8	153,9	74,3	33,7	
30	104,1	63,4	54,5	50,1	47,9	108,3	64,4	32,4	
40	45,3	61,2	47,3	30,7	49,7	82,8	58,7	20,9	
50	27,4	68,2	44,6	28,1	35,1	60,9	48,0	20,3	
60	22,9	53,8	40,8	32,9	33,8	55,2	32,0	18,4	
70	31,8	39,4	31,6		29,2	39,5		18,7	
80	25,7	27,7							
численность кератинолитических грибов (тыс. КОЕ/г)									
10	10,8	14,3	16,7	9,9	10,1	2,6	2,1	2,5	
20	3,1	6,9	10,6	10,2	18,6	7,2	1,8	1,4	
30	1,4	1,8	3,7	1,8	5,2	1,6	3,8	1,8	
40	2,8	2,7	3,4	1,8	2,4	2,7	2,7	1,1	
50	1,1	3,3	4,1	1,6	1,6	6,9	5,1	2,2	
60	1,4	10,2	2	0,9	2,9	1,8	2,4	1,1	
70	1,7	0,9			1	2,6	1,4	1,5	
80	1,6	1,3				1,2		0,2	
численность термофильных микроорганизмов (тыс. КОЕ/г)									
10	20	22	477	888	62	360	314	295	
20	54	943	539	850	20	559	44	30	
30	30	60	896	38	10	274	79	10	
40	20	20	263	10	10	50	20	10	
50	10	10	30	10	10	10	10	10	
60	10	10	10	0	10	10	10	10	
70	10	10			10	10	10	72	
80	10	10				10		10	
численность целлюлозалитических микроорганизмов (тыс. КОЕ/г)									
10	149	111	60	89	57	97	138	121	
20	101	45	50	66	164	30	24	61	
30	185	61	28	72	106	18	34	17	
40	132	144	91	85	22	63	90	88	
50	88	218	174	101	291	185	77	31	
60	43	155	31	30	141	72	34	71	
70	113	277			164	143	69	65	
80	229	145				115		73	



Рис. 1. Расположение поселения Багай-1 (1) на космическом снимке;
2 – правобережная часть того же поселения

Fig. 1. Location of the Bagay-1 settlement (1) on a satellite image;
2 – right-bank part of the same settlement

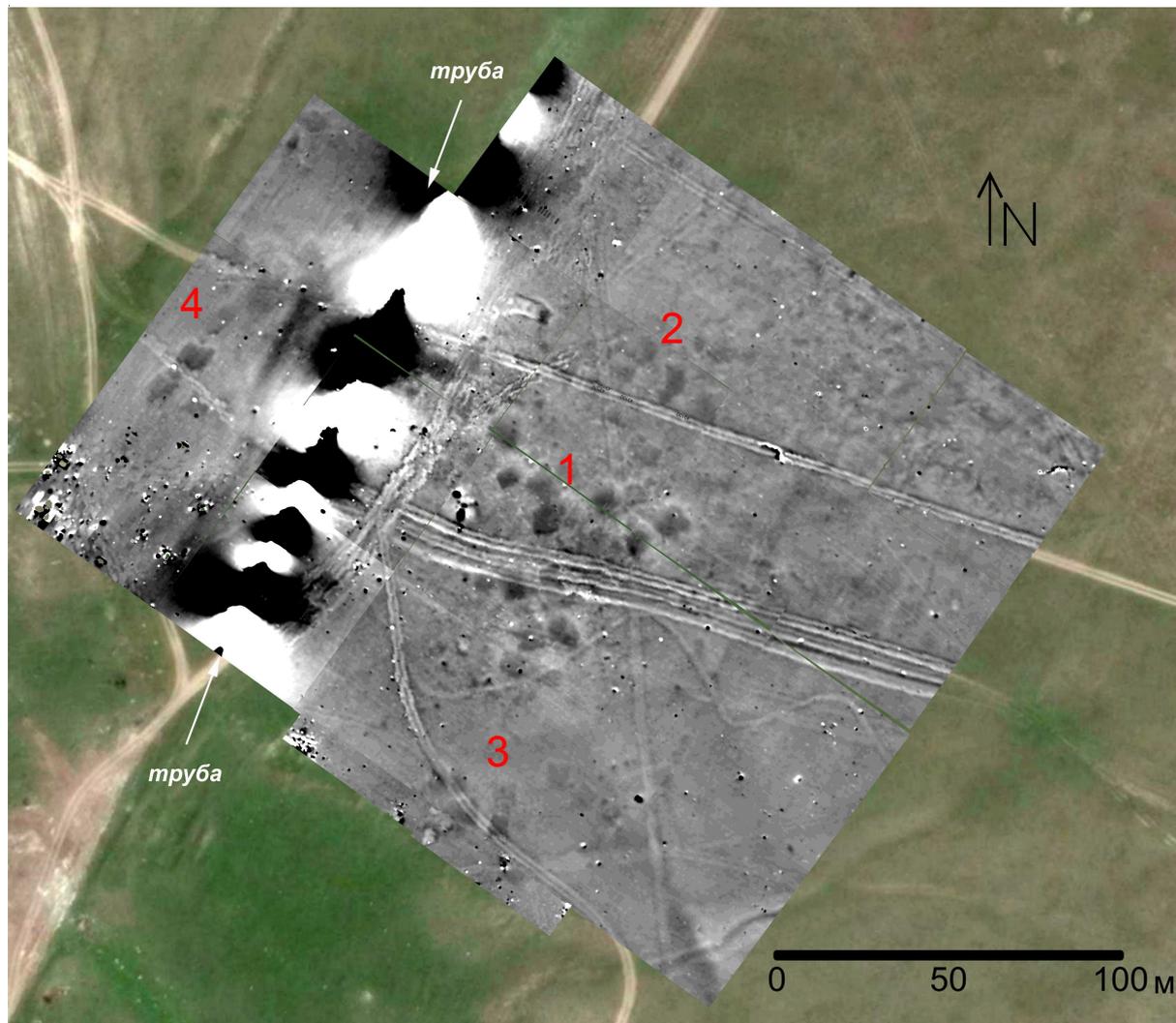


Рис. 2. Магнитная карта поселения Багай-1. Цифрами обозначены кластеры полуземлянок, проявившиеся в магнитном поле в виде локальных положительных аномалий (темный тон). Через все поселение проходит газовая труба, создавшая интенсивную знакопеременную аномалию

Fig. 2. Magnetic map of the Bagai-1 settlement. Numerals denote clusters of semi-dugouts that manifested themselves in the magnetic field as local positive anomalies (dark tone). A gas pipe runs through the entire settlement, creating an intense alternating anomaly

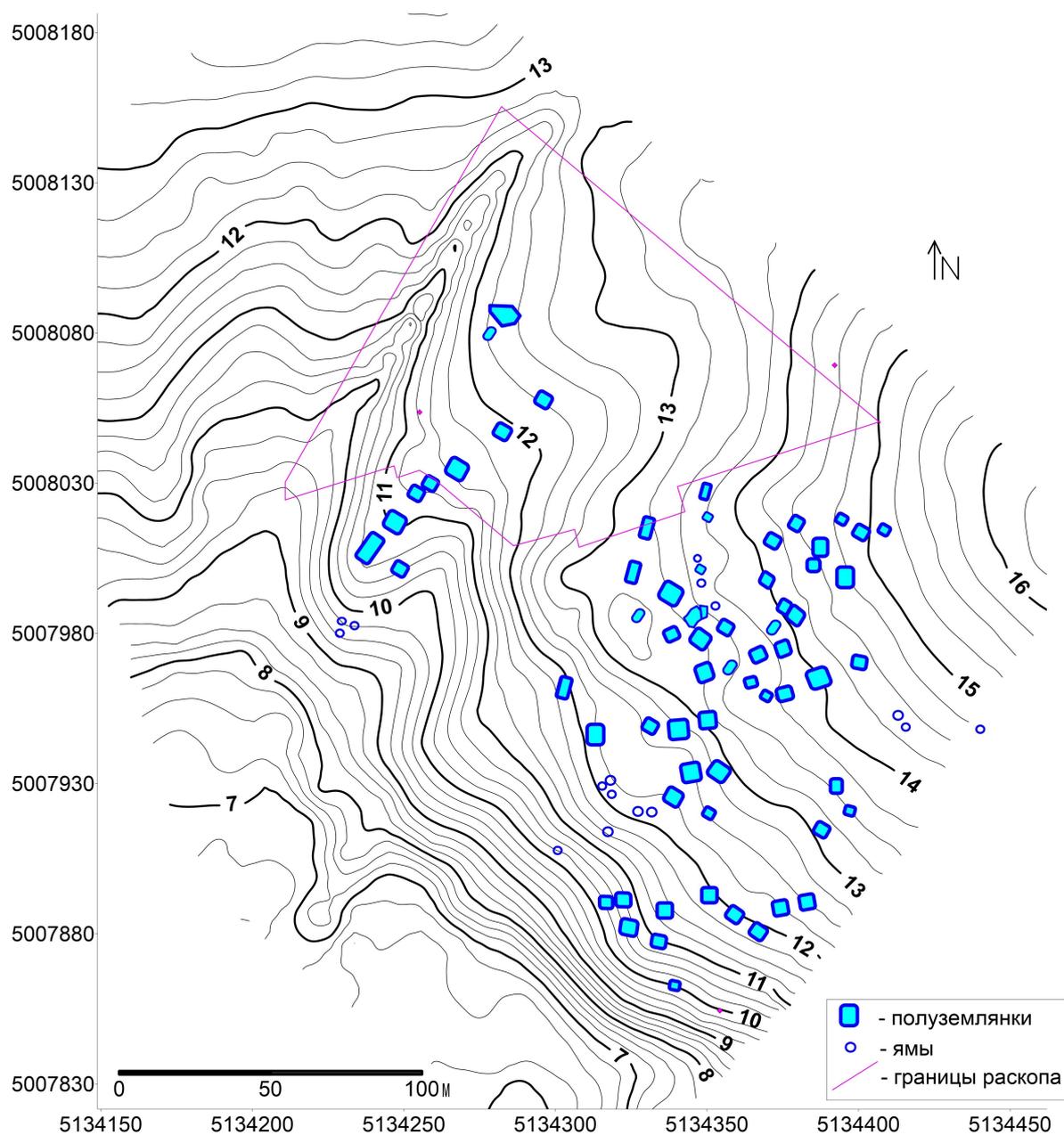


Рис. 3. План поселения Багай-1 по данным магнитной съемки на фоне топоплана в GPS-координатах (СК-63).
Красным показаны границы раскопа 2021–2022 гг.

Fig. 3. Plan of the settlement of Bagay-1 according to magnetic survey data against the background of a topographic plan in GPS-coordinates (SK-63).
Red shows the excavation boundaries of 2021–2022



Рис. 4. Керамика и металлические изделия из культурного слоя поселения Багай-1
 Fig. 4. Ceramics and metal artifacts from the cultural layer of the Bagai-1 settlement



Рис. 5. Рабочий момент. Развалы стен построек в объекте 19
 Fig. 5. Working moment. Wall ruins of the buildings walls in object 19

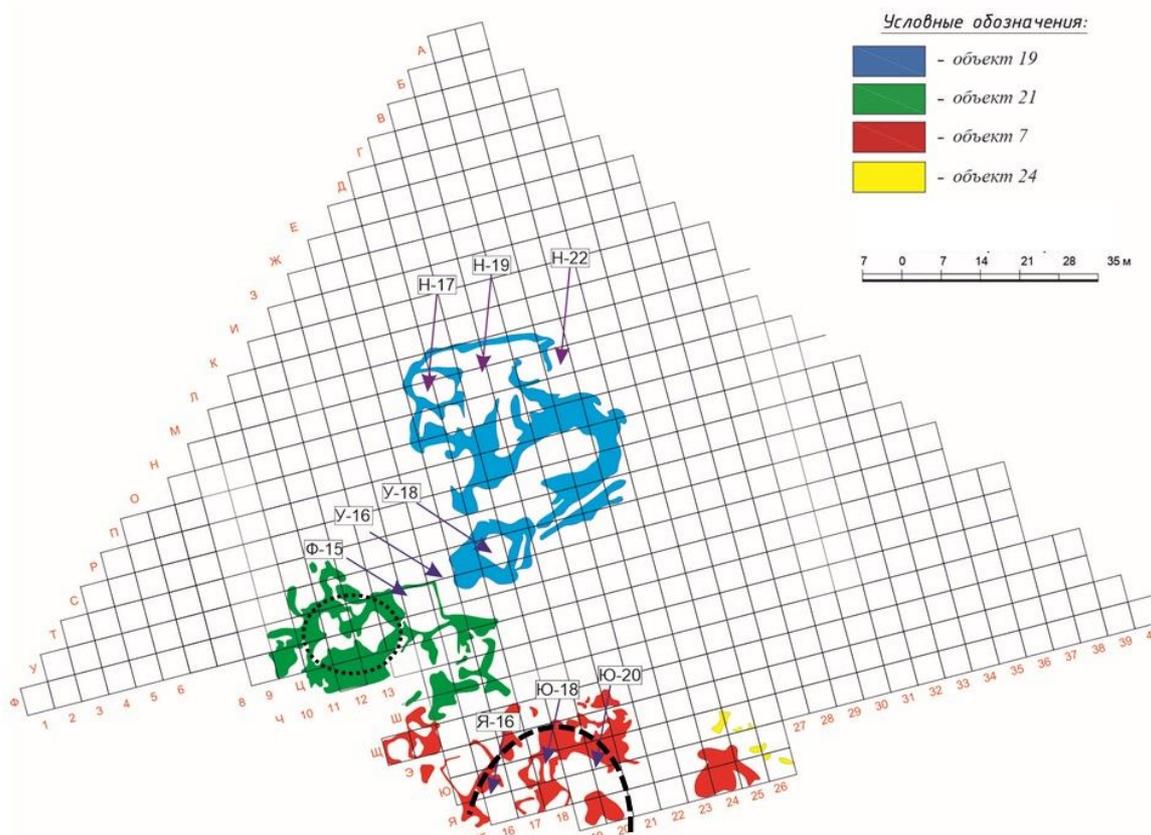


Рис. 6. Общая схема поселения Багай-1 и места отбора образцов для палеопочвенных исследований на территории памятника. Пунктиром показано расположение жилой зоны и скотоводческой периферии поселения

Fig. 6. General scheme of Bagai-1 settlement and of sampling sites for paleosol studies on the territory of the monument. The dotted line shows the location of the residential area and the cattle breeding periphery of the settlement

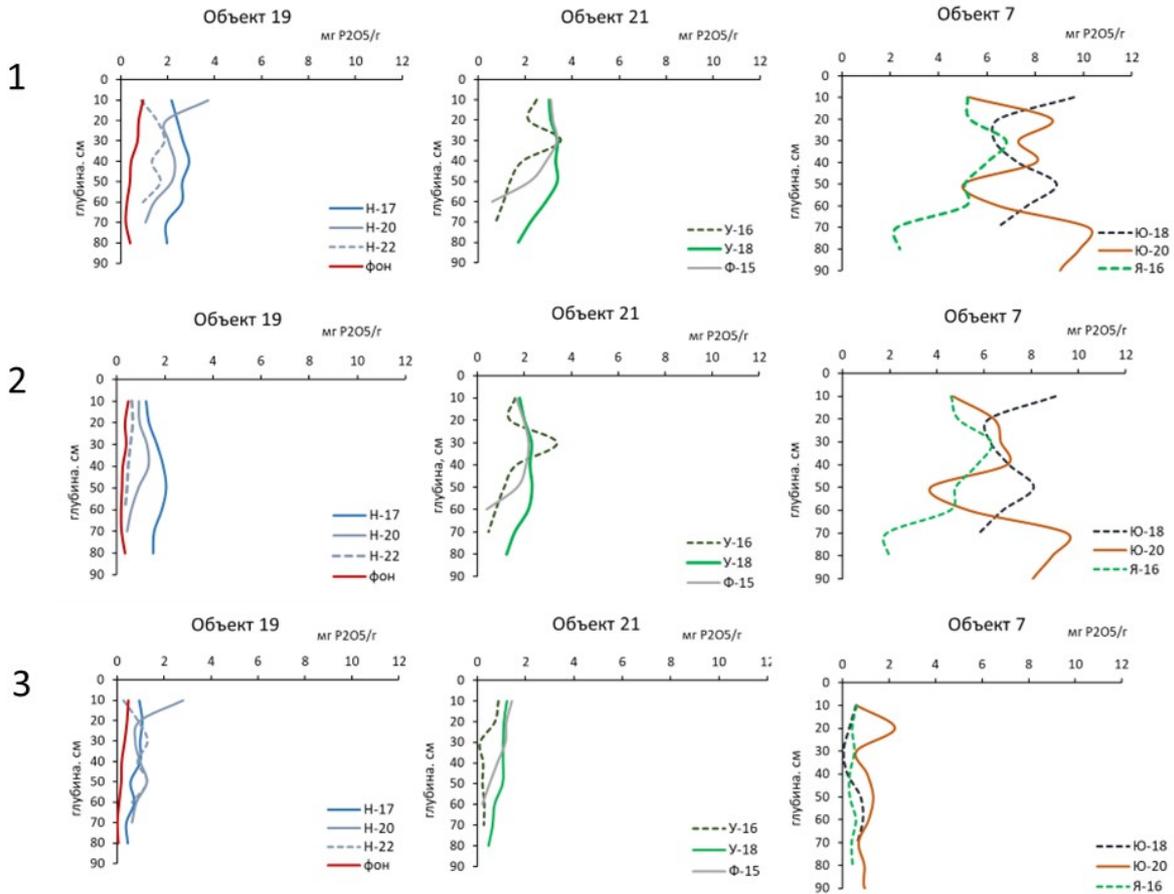


Рис. 7. Содержание разных форм фосфатов в культурном слое поселения Багай-1:
 1 – валовый фосфор ($P_{\text{орг.}} + P_{\text{мин.}}$); 2 – минеральные фосфаты ($P_{\text{мин.}}$); 3 – органические фосфаты ($P_{\text{орг.}}$)
 Fig. 7. The content of various forms of phosphates in the cultural layer of the Bagai-1 settlement:
 1 – total phosphorus ($P_{\text{орг.}} + P_{\text{мин.}}$); 2 – mineral phosphates ($P_{\text{мин.}}$); 3 – organic phosphates ($P_{\text{орг.}}$)

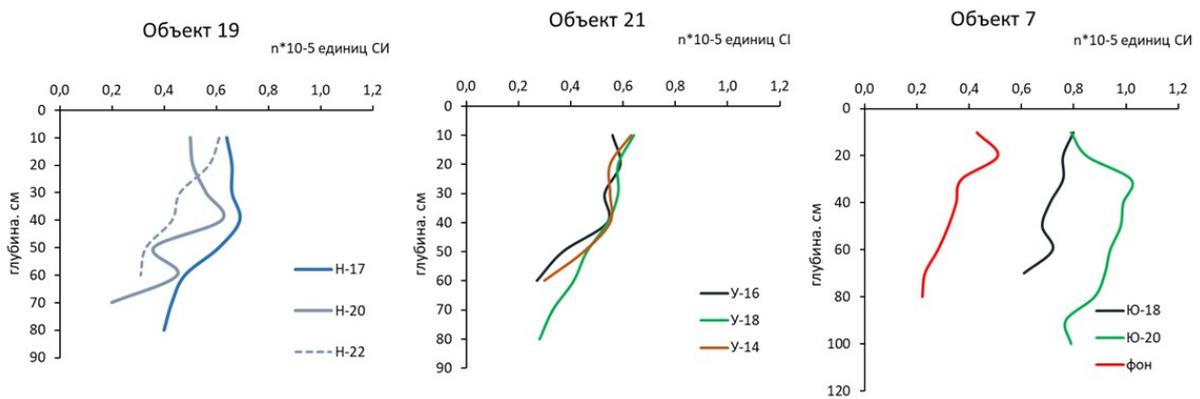


Рис. 8. Магнитная восприимчивость в почвах поселения Багай-1
 Fig. 8. Magnetic susceptibility in the soils of the Bagai-1 settlement

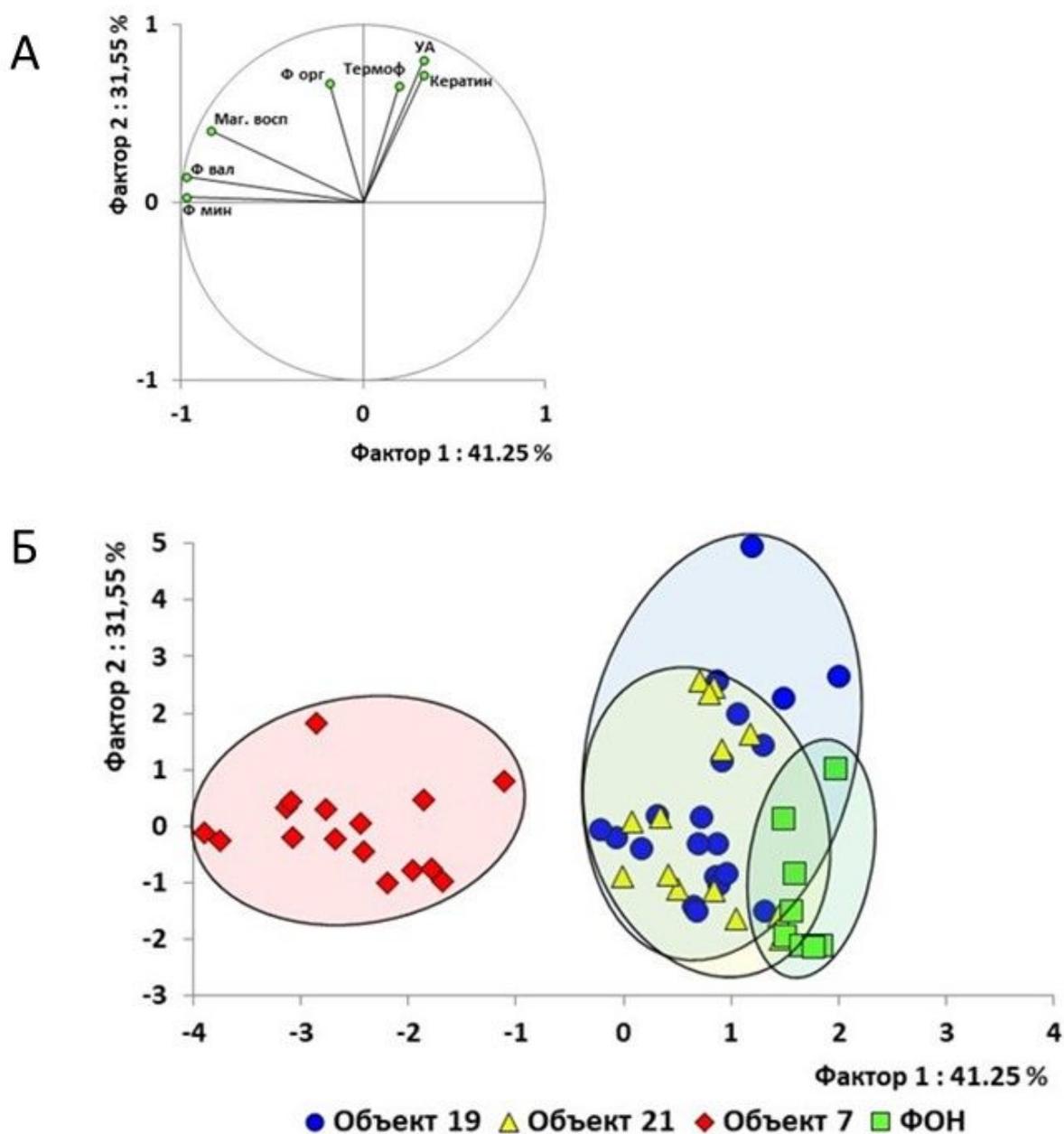


Рис. 9. Результаты статистической обработки данных методом главных компонент. Проекция химических и биологических свойств в факторной плоскости (А) и диаграмма рассеивания (Б)

Fig. 9. Results of statistical processing of data by the method of principal components. Projection of chemical and biological properties in the factorial plane (А) and scatterplot (Б)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Александровский А. Л., Александровская Е. И., Долгих А. В., Замотаев И. В., Курбатова А. Н., 2015. Почвы и культурные слои древних городов юга Европейской России // Почвоведение. № 11. С. 1201–1301.
- Ванчугов В. П., 1990. Белозерские памятники в Северо-Западном Причерноморье. Проблема формирования белозерской культуры. Киев : Наукова думка. 168 с.
- Горбов В. Н., 1997. Две традиции применения камня в домостроительстве позднего бронзового века // Археологический альманах. Вып. 6. Донецк. С. 145–162.
- Горошников А. А., Горошникова З. В., 2022а. Предварительные результаты исследования поселения «Багай 1» в Северо-Западном Крыму в 2021 и 2022 гг. // Западная Таврида в истории и культуре древнего и средневекового Средиземноморья : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. Симферополь : ИТ «Ариал». С. 202–218.
- Горошников А. А., Горошникова З. В., 2022б. Изучение памятников эпохи поздней бронзы на юго-западе Таманского полуострова (по материалам поселения Панагия 1) // Научная конференция Национального музея истории Молдовы. Кишинев : Национальный музей истории Молдовы. С. 221–222.
- Горошников А. А., Горошникова З. В., Смекалова Т. Н., Антипенко А. В., 2023. Состав сплава металлических предметов из раскопок поселения позднего бронзового века Багай 1 в Северо-Западном Крыму // Stratum Plus. № 2 (В печати).
- Дмитриев Е. А., 1995. Математическая статистика в почвоведении. М. : Изд-во МГУ. 320 с.
- Звягинцев Д. Г., Асеева И. В., Бабьева И. П., Мирчинк Т. Г., 1980. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М. : Изд-во Моск. ун-та. 224 с.
- Каширская Н. Н., Плеханова Л. Н., Удальцов С. Н., Чернышева Е. В., Борисов А. В., 2017. Механизмы и временной фактор функционирования ферментативной организации палеопочв // Биофизика. Т. 62, вып. 6. С. 1235–1244.
- Каширская Н. Н., Чернышева Е. В., Хомутова Т. Э., Дуцанова К. С., Потапова А. В., Борисов А. В., 2021. Археологическая микробиология: теоретические основы, методы и результаты // Российская археология. № 2. С. 7–18. DOI: <https://doi.org/10.31857/S086960630010975-1>
- Кияшко А. В., 2020. Поселение эпохи бронзы Балка Лисовицкого IV на Тамани: общий обзор и характеристика металлического инвентаря // Археологические вести. СПб. : ИИМК РАН. С. 207–222.
- Колотухин В. А., 2003. Поздний бронзовый век Крыма. Киев : Стило. 138 с.
- Коробов Д. С., Борисов А. В., Бабенко А. Н., Сергеев А. Ю., Чернышева Е. В., 2018. Комплексное исследование каменных загонов для скота в окрестностях Кисловодска // Российская археология. № 2. С. 113–129. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0869606318020095>
- Методы почвенной микробиологии и биохимии, 1991. М. : Изд-во МГУ. 304 с.
- Мимоход Р. А., 2001. Критерии выделения поселенческих культовых комплексов эпохи поздней бронзы // Проблемы археологии и архитектуры. Т. 1 : Археология. Донецк ; Макеевка. С. 94–105.
- Отрощенко В. В., 1986. Белозерская культура // Культуры эпохи бронзы на территории Украины. Киев : Наукова думка. С. 117–152.
- Ромашко В. А., 2013. Заключительный этап позднего бронзового века Левобережной Украины (по материалам богуславско-белозерской культуры). Киев : Скиф. 592 с.
- Смекалова Т. Н., Кутайсов В. А., 2017. Археологический атлас Северо-Западного Крыма. Поздний бронзовый век. Ранний железный век. Античность. СПб. : Алетей. 448 с.
- Смекалова Т. Н., Кутайсов В. А., Чудин А. В., 2013. Археологическая карта окрестностей Керкинитиды // Материалы к археологической карте Крыма. Ортли. Античные усадьба и виноградник на дальней хоре Херсонеса. Вып. XI, ч. 2. Симферополь : Феникс. С. 136–239.
- Смекалова Т. Н., Кашуба М. Т., Мульд С. А., Лисецкий Ф. Н., Борисов А. В., Соломонова М. Ю., Каширская Н. Н., Бэван Б. У., Кулькова М. А., Очередной А. К., 2020. Междисциплинарные исследования поселений эпохи бронзы Северо-Западного Крыма // Материалы к археологической карте Крыма. Вып. XIX. СПб. : Алетей. 204 с.
- Чернышева Е. В., Борисов А. В., Коробов Д. С., 2016. Биологическая память почв и культурных слоев археологических памятников. М. : ГЕОС. 240 с.

- Чернышева Е. В., Каширская Н. Н., Демкина Е. В., Коробов Д. С., Борисов А. В., 2019. Термофильные микроорганизмы в почвах как результат хозяйственной деятельности человека в древности // Микробиология. Т. 88, № 5. С. 624–626. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0026365619050045>
- Черняков И. Т., 1985. Северо-Западное Причерноморье во второй половине II тыс. до н.э. Киев : Наукова думка. 172 с.
- Canti M. G., 1997. An Investigation of Microscopic Calcareous Spherulites from Herbivore Dungs // Journal of Archaeological Science. Vol. 24 (3). P. 219–231.
- Chernysheva E. V., Korobov D. S., Borisov A. V., 2017. Thermophilic Microorganisms in Arable Land Around Medieval Archaeological Sites in Northern Caucasus, Russia: Novel Evidence of Past Manuring Practices // Geoarchaeology. Vol. 32. P. 494–501. DOI: <https://doi.org/10.1002/gea.21613>
- Chernysheva E. V., Korobov D. S., Khomutova T. E., Borisov A. V., 2015. Urease Activity in Cultural Layers at Archaeological Sites // Journal of Archaeological Science. Vol. 57. P. 24–31. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jas.2015.01.022>
- Eidt R. C., 1977. Detection and Examination of Anthrosols by Phosphate Analysis // Science. Sep. 30. № 197 (4311). P. 1327–1333. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.197.4311.1327>
- Evershed R. P., 2008. Organic Residue Analysis in Archaeology: The Archaeological Biomarker Revolution // Archaeometry. Vol. 50, № 6. P. 895–924. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2008.00446.x>
- Evershed R., Bethell P., Reynolds P., Walsh N., 1997. 5β-Stigmastanol and Related 5β-Stanols as Biomarkers of Manuring: Analysis of Modern Experimental Material and Assessment of the Archaeological Potential // Journal of Archaeological Science. Vol. 24, iss. 6. P. 485–495. DOI: <https://doi.org/10.1006/jasc.1996.0132>
- Fassbinder J., Stanjek H., 1993. Occurrence of Biogenic Magnetite in Soils from Archaeological Sites // Archaeologia Polona. Vol. 3. P. 117–128.
- Freitas F., Martins P., 2003. Calcite Crystals Inside Archaeological Plant Tissues // Journal of Archaeological Science. Vol. 30. P. 1203–1208. DOI: <https://doi.org/10.1006/jasc.1999.0549>
- Holliday V., Gartner W., 2007. Methods of Soil P Analysis in Archeology // Journal of Archaeological Science. Vol. 34 (2). P. 301–333. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jas.2006.05.004>
- Kandeler E., Gerber H., 1988. Short-Term Assay of Urease Activity Using Colorimetric Determination of Ammonium // Biology and Fertility of Soils. Vol. 6. P. 68–72. DOI: [10.1007/BF00257924](https://doi.org/10.1007/BF00257924)
- Kashirskaya N., Chernysheva E., Plekhanova L., Borisov A., 2019. Thermophilic Microorganisms as an Indicator of Soil Microbiological Contamination in Antiquity and at the Present Time // 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019. Vol. 19. P. 569–574. DOI: <https://doi.org/10.5593/sgem2019/3.2/S13.074>
- Kashirskaya N., Kleshchenko A., Mimokhod R., Borisov A., 2020. Microbiological Approach for Identification of Wool Clothes in Ancient Burials // Journal of Archaeological Science. Vol. 31. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102296>
- Linseele V., Riemer H., Baeten, J., De Vos D., Marinova E., Ottoni C., 2013. Species Identification of Archaeological Dung Remains: A Critical Review of Potential Methods // Environmental Archaeology. Vol. 18. P. 5–17. DOI: <http://dx.doi.org/10.1179/1461410313Z.00000000019>
- Locatelli R., Lavrieux M., Guillemot T., Chassiot L., Le Milbeau C., Jacob J., 2017. Fecal Biomarker Imprints as Indicators of Past Human Land Uses: Source Distinction and Preservation Potential in Archaeological and Natural Archives // Journal of Archaeological Science. Vol. 81. P. 79–89. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jas.2017.03.010>
- Maher B. A., 2007. Environmental Magnetism and Climate Change // Contemporary Physics. Vol. 48. P. 247–274. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00107510801889726>
- Migliavacca M., Pizzeghello D., Busana M. S., Nardi S., 2012. Soil Chemical Analysis Supports the Identification of Ancient Breeding Structures // Quaternary International. Vol. 275. P. 128–136. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.01.026>
- Oldfield F., Crowther J., 2007. Establishing Fire Incidence in Temperate Soils Using Magnetic Measurements // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. Vol. 249. P. 362–369.
- Peters S., Borisov A., Reinhold S., Korobov D., Thiemeyer H., 2014. Microbial Characteristics of Soils Depending on the Human Impact on Archaeological Sites in the Northern Caucasus // Quaternary International. Vol. 324. P. 162–171. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.11.020>

- Prost K., Birk J. J., Lehdorff E., Gerlach R., Amelung W., 2017. Steroid Biomarkers Revisited – Improved Source Identification of Faecal Remains in Archaeological Soil Material // *PloS One*. Vol. 12, № 1. DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0164882>
- Saunders W. M., Williams E. G., 1955. Observations on the Determination of Total Organic Phosphorus in Soils // *Journal of Soil Science*. Vol. 6, № 2. P. 254–267. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1955.tb00849.x>
- Simpson I. A., van Bergen P. F., Perret V., Elhmmali M. M., Roberts D. J., Evershed R. P., 1999. Lipid Biomarkers of Manuring Practice in Relict Anthropogenic Soils // *The Holocene*. Vol. 2. P. 223–229. DOI: <https://doi.org/10.1191/095968399666898333>
- Smekalova T. N., Bevan B. W., Kashuba M. T., Lisetskii F. N., Borisov A. V., Kashirskaya N. N., 2021. Magnetic Surveys Locate Late Bronze Age Corrals // *Archaeological Prospection*. Vol. 28, iss. 1. P. 3–16. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/arp.1789>
- Zhurbin I., Borisov A., Zlobina A., 2022. Reconstruction of the Occupation Layer of Archaeological Sites Based on Statistical Analysis of Soil Materials // *Journal of Archaeological Science*. Vol. 41. P. 103347. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2022.103347>

REFERENCES

- Alexandrovsky A.L., Alexandrovskaya E.I., Dolgikh A.V., Zamotaev I.V., Kurbatova A.N., 2015. Pochvy i kul'turnye sloi drevnih gorodov yuga Evropeyskoy Rossii [Soils and Cultural Layers of Ancient Cities of the South of European Russia]. *Pochvovedenie* [Soil Science], no. 11, pp. 1201-1301.
- Vanchugov V.P., 1990. *Belozerskie pamyatniki v Severo-Zapadnom Prichernomor'e. Problema formirovaniya belozerskoy kul'tury* [Belozersk Monuments in the North-Western Black Sea Region. The Problem of the Formation of Belozersk Culture]. Kiev, Naukova dumka Publ. 168 p.
- Gorbov V.N., 1997. Dve traditsii primeneniya kamnya v domostroitel'stve pozdnego bronzovogo veka [Two Traditions of the Use of Stone in the Household of the Late Bronze Age]. *Arheologicheskiy al'manah* [Archaeological Almanac], iss. 6. Donetsk, pp. 145-162.
- Goroshnikov A.A., Goroshnikova Z.V., 2022a. Predvaritel'nye rezul'taty issledovaniya poseleniya «Bagay 1» v Severo-Zapadnom Krymu v 2021 i 2022 gg. [Preliminary Results of the Study of the Settlement “Bagay 1” in the North-Western Crimea in 2021 and 2022]. *Zapadnaya Tavrida v istorii i kulture drevnego i srednevekovogo Sredizemnomoria: materialy IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Western Taurida in the history and culture of the ancient and medieval Mediterranean. Materials of the IV International Scientific and Practical Conference]. Simferopol, IT «Arial» Publ., pp. 202-218.
- Goroshnikov A.A., Goroshnikova Z.V., 2022b. Izuchenie pamyatnikov epohi pozdney bronzы na yugo-zapade Tamanskogo poluostrova (po materialam poseleniya Panagiya 1) [The Study of the Monuments of the Late Bronze Age in the South-West of the Taman Peninsula (Based on the Materials of the Settlement Panagia 1)]. *Nauchnaya konferentsiya Natsional'nogo muzeya istorii Moldovy* [Scientific Conference of the National Museum of History of Moldova]. Chisinau, National Museum of the History of Moldova, pp. 221-222.
- Goroshnikov A.A., Goroshnikova Z.V., Smekalova T.N., Antipenko A.V., 2023. Sostav splava metallicheskih predmetov iz raskopok poseleniya pozdnego bronzovogo veka Bagay 1 v Severo-Zapadnom Krymu [The Composition of the Alloy of Metal Objects from the Excavations of the Late Bronze Age Settlement Bagay 1 in the North-Western Crimea]. *Stratum Plus*, no. 2 (In print).
- Dmitriev E.A., 1995. *Matematicheskaya statistika v pochvovedenii* [Mathematical Statistics in Soil Science]. Moscow, Moscow State University. 320 p.
- Zvyagintsev D.G., Aseeva I.V., Babyeva I.P., Mirchink T.G., 1980. *Metody pochvennoy mikrobiologii i biohimii* [Methods of Soil Microbiology and Biochemistry]. Moscow, Moscow State University. 224 p.
- Kashirskaya N.N., Plekhanova L.N., Udaltsov S.N., Chernysheva E.V., Borisov A.V., 2017. Mekhanizmy i vremennoy faktor funktsionirovaniya fermentativnoy organizatsii paleopochv [Mechanisms and Time Factor of Functioning of the Enzymatic Organization of Paleosols]. *Biofizika* [Biophysics], vol. 62, iss. 6, pp. 1235-1244.
- Kashirskaya N.N., Chernysheva E.V., Khomutova T.E., Duschanova K.S., Potapova A.V., Borisov A.V., 2021. Arheologicheskaya mikrobiologiya: teoreticheskie osnovy, metody i rezul'taty [Archaeological Microbiology:

- Theoretical Foundations, Methods and Results]. *Rossiyskaya arheologiya* [Russian Archeology], no. 2, pp. 7-18. DOI: <https://doi.org/10.31857/S086960630010975-1>
- Kiyashko A.V., 2020. Poselenie epohi bronzы Balka Lisovitskogo IV na Tamani: obshchiy obzor i charakteristika metallicheskogo inventarya [The Bronze Age Settlement of the Lisovitsky IV Beam on Taman: A General Overview and Characteristics of Metal Inventory]. *Arheologicheskie vesti* [Archaeological News]. Saint Petersburg, IHMC RAS, pp. 207-222.
- Kolotukhin V.A., 2003. *Pozdnyy bronzovyy vek Kryma* [The Late Bronze Age of Crimea]. Kiev, Stylos Publ. 138 p.
- Korobov D.S., Borisov A.V., Babenko A.N., Sergeev A.Yu., Chernysheva E.V., 2018. Kompleksnoe issledovanie kamennykh zagonov dlya skota v okrestnostyakh Kislovodsk [A Comprehensive Study of Stone Cattle Pens in the Vicinity of Kislovodsk]. *Rossiyskaya arheologiya* [Russian Archeology], no. 2, pp. 113-129. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0869606318020095>
- Metody pochvennoy mikrobiologii i biohimii* [Methods of Soil Microbiology and Biochemistry], 1991. Moscow, MSU. 304 p.
- Mimohod R.A., 2001. Kriterii vydeleniya poselencheskikh kul'tovyykh kompleksov epohi pozdney bronzы [Criteria for the Allocation of Settlement Cult Complexes of the Late Bronze Age]. *Problemy arheologii i arhitektury T. 1: Arheologiya* [Problems of Archeology and Architecture. Vol. 1: Archeology]. Donetsk, Makeyevka, pp. 94-105.
- Otroshchenko V.V., 1986. Belozerskaya kul'tura [Belozersk Culture]. *Kul'tury epohi bronzы na territorii Ukrainy* [Cultures of the Bronze Age on the Territory of Ukraine]. Kiev, Naukova dumka Publ., pp. 117-152.
- Romashko V.A., 2013. *Zaklyuchitel'nyy etap pozdnego bronzovogo veka Levoberezhnoy Ukrainy (po materialam boguslavsko-belozerskoy kul'tury)* [The Final Stage of the Late Bronze Age of Left-Bank Ukraine (Based on the Materials of the Boguslav-Belozersk Culture)]. Kiev, Skif Publ. 592 p.
- Smekalova T.N., Kutaisov V.A., 2017. *Arheologicheskiy atlas Severo-Zapadnogo Kryma. Pozdnyy bronzovyy vek. Ranniy zheleznyy vek. Antichnost'* [Archaeological Atlas of the North-Western Crimea. Late Bronze Age. Early Iron Age. Antiquity]. Saint Petersburg, Aleteya Publ. 448 c.
- Smekalova T.N., Kutaisov V.A., Chudin A.V., 2013. Arheologicheskaya karta okrestnostey Kerkinitidy [Archaeological Map of the Surroundings of Kerkinitida]. *Materialy k arheologicheskoy karte Kryma. Orli. Antichnye usad'ba i vinogradnik na dal'ney hore Hersoneses* [Materials for the Archaeological Map of the Crimea. Ortle. Antique Manor and Vineyard on the far Side of Chersonesos], iss. XI, part 2. Simferopol, Feniks Publ., pp. 136-239.
- Smekalova T.N., Kashuba M.T., Muld S.A., Lisetsky F.N., Borisov A.V., Solomonova M.Yu., Kashirskaya N.N., Bevan B.U., Kulkova M.A., Ocherednoy A.K., 2020. Mezhdisciplinarnye issledovaniya poseleniy epohi bronzы Severo-Zapadnogo Kryma [Interdisciplinary Studies of Settlements of the Bronze Age of the North-Western Crimea]. *Materialy k arheologicheskoy karte Kryma* [Materials for the Archaeological Map of the Crimea], iss. XIX. Saint Petersburg, Aleteya Publ. 204 p.
- Chernysheva E.V., Borisov A.V., Korobov D.S., 2016. *Biologicheskaya pamyat' pochv i kul'turnykh sloev arheologicheskikh pamyatnikov* [Biological Memory of Soils and Cultural Layers of Archaeological Sites]. Moscow, GEOS Publ. 240 p.
- Chernysheva E.V., Kashirskaya N.N., Demkina E.V., Korobov D.S., Borisov A.V., 2019. Termofil'nye mikroorganizmy v pochvah kak rezul'tat hozyaystvennoy deyatel'nosti cheloveka v drevnosti [Thermophilic Microorganisms in Soils as a Result of Human Economic Activity in Antiquity]. *Mikrobiologiya* [Microbiology], vol. 88, no. 5, pp. 624-626. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0026365619050045>
- Chernyakov I.T., 1985. *Severo-Zapadnoye Prichernomor'e vo vtoroy polovine II tys. do n.e.* [The North-Western Black Sea Region in the Second Half of the II Millennium BC]. Kiev, Naukova dumka Publ. 172 p.
- Canti M.G., 1997. An Investigation of Microscopic Calcareous Spherulites from Herbivore Dungs. *Journal of Archaeological Science*, vol. 24 (3), pp. 219-231.
- Chernysheva E.V., Korobov D.S., Borisov A.V., 2017. Thermophilic Microorganisms in Arable Land around Medieval Archaeological Sites in Northern Caucasus, Russia: Novel Evidence of Past Manuring Practices. *Geoarchaeology*, vol. 32, pp. 494-501. DOI: <https://doi.org/10.1002/gea.21613>
- Chernysheva E.V., Korobov D.S., Khomutova T.E., Borisov A.V., 2015. Urease Activity in Cultural Layers at Archaeological Sites. *Journal of Archaeological Science*, vol. 57, pp. 24-31. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jas.2015.01.022>

- Eidt R.C., 1977. Detection and Examination of Anthrosols by Phosphate Analysis. *Science*. Sep. 30, no. 197 (4311), pp. 1327-1333. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.197.4311.1327>
- Evershed R.P., 2008. Organic Residue Analysis in Archaeology: The Archaeological Biomarker Revolution. *Archaeometry*, vol. 50, no. 6, pp. 895-924. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2008.00446.x>
- Evershed R., Bethell P., Reynolds P., Walsh N., 1997. 5 β -Stigmastanol and Related 5 β -Stanols as Biomarkers of Manuring: Analysis of Modern Experimental Material and Assessment of the Archaeological Potential. *Journal of Archaeological Science*, vol. 24, iss. 6, pp. 485-495. DOI: <https://doi.org/10.1006/jasc.1996.0132>
- Fassbinder J., Stanjek H., 1993. Occurrence of Biogenic Magnetite in Soils from Archaeological Sites. *Archaeologia Polona*, vol. 3, pp. 117-128.
- Freitas F., Martins P., 2003. Calcite Crystals Inside Archaeological Plant Tissues. *Journal of Archaeological Science*, vol. 30, pp. 1203-1208. DOI: <https://doi.org/10.1006/jasc.1999.0549>
- Holliday V., Gartner W., 2007. Methods of Soil P Analysis in Archaeology. *Journal of Archaeological Science*, vol. 34 (2), pp. 301-333. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jas.2006.05.004>
- Kandeler E., Gerber H., 1988. Short-Term Assay of Urease Activity Using Colorimetric Determination of Ammonium. *Biology and Fertility of Soils*, vol. 6, pp. 68-72. DOI: [10.1007/BF00257924](https://doi.org/10.1007/BF00257924)
- Kashirskaya N., Chernysheva E., Plekhanova L., Borisov A., 2019. Thermophilic Microorganisms as an Indicator of Soil Microbiological Contamination in Antiquity and at the Present Time. *19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019*, vol. 19, pp. 569-574. DOI: <https://doi.org/10.5593/sgem2019/3.2/S13.074>
- Kashirskaya N., Kleshchenko A., Mimokhod R., Borisov A., 2020. Microbiological Approach for Identification of Wool Clothes in Ancient Burials. *Journal of Archaeological Science*, vol. 31. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102296>
- Linseele V., Riemer H., Baeten J., De Vos D., Marinova E., Ottoni C., 2013. Species Identification of Archaeological Dung Remains: A Critical Review of Potential Methods. *Environmental Archaeology*, vol. 18, pp. 5-17. DOI: <http://dx.doi.org/10.1179/1461410313Z.00000000019>
- Locatelli R., Lavrieux M., Guillemot T., Chassiot L., Le Milbeau C., Jacob J., 2017. Fecal Biomarker Imprints as Indicators of Past Human Land Uses: Source Distinction and Preservation Potential in Archaeological and Natural Archives. *Journal of Archaeological Science*, vol. 81, pp. 79-89. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jas.2017.03.010>
- Maher B.A., 2007. Environmental Magnetism and Climate Change. *Contemporary Physics*, vol. 48, pp. 247-274. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00107510801889726>
- Migliavacca M., Pizzeghello D., Busana M.S., Nardi S., 2012. Soil Chemical Analysis Supports the Identification of Ancient Breeding Structures. *Quaternary International*, vol. 275, pp. 128-136. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.01.026>
- Oldfield F., Crowther J., 2007. Establishing Fire Incidence in Temperate Soils Using Magnetic Measurements. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 249, pp. 362-369.
- Peters S., Borisov A., Reinhold S., Korobov D., Thiemeyer H., 2014. Microbial Characteristics of Soils Depending on the Human Impact on Archaeological Sites in the Northern Caucasus. *Quaternary International*, vol. 324, pp. 162-171. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.11.020>
- Prost K., Birk J.J., Lehdorff E., Gerlach R., Amelung W., 2017. Steroid Biomarkers Revisited – Improved Source Identification of Faecal Remains in Archaeological Soil Material. *PloS One*, vol. 12, no. 1. DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0164882>
- Saunders W.M., Williams E.G., 1955. Observations on the Determination of Total Organic Phosphorus in Soils. *Journal of Soil Science*, vol. 6, no. 2, pp. 254-267. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1955.tb00849.x>
- Simpson I.A., van Bergen P.F., Perret V., Elhmmali M.M., Roberts D.J., Evershed R.P., 1999. Lipid Biomarkers of Manuring Practice in Relict Anthropogenic Soils. *The Holocene*, vol. 2, pp. 223-229. DOI: <https://doi.org/10.1191/095968399666898333>
- Smekalova T.N., Bevan B.W., Kashuba M.T., Lisetskii F.N., Borisov A.V., Kashirskaya N.N., 2021. Magnetic Surveys Locate Late Bronze Age Corrals. *Archaeological Prospection*, vol. 28, iss. 1, pp. 3-16. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/arp.1789>
- Zhurbin I., Borisov A., Zlobina A., 2022. Reconstruction of the Occupation Layer of Archaeological Sites Based on Statistical Analysis of Soil Materials. *Journal of Archaeological Science*, vol. 41, p. 103347. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2022.103347>

Information About the Authors

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, 2, 142290 Pushchino, Russian Federation, a.v.borisovv@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5031-7477>

Andrey A. Goroshnikov, Junior Researcher, Institute of Archaeology of the Russian Academy of Sciences, Dm. Ul'anova St, 19, 117292 Moscow, Russian Federation, goroshnikov89@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5148-1559>

Natalia N. Kashirskaya, Candidate of Sciences (Biology), Senior Researcher, Institute of Physicochemical 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>

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>

Viktor N. Pinsky, Master of Biological Sciences, Junior Researcher, Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science of the Russian Academy of Sciences, Institutskaya St, 2, 142290 Pushchino, Russian Federation, pinsky@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7463-5186>

Anastasia V. Potapova, Master of Biological Sciences, Junior Researcher, Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science of the Russian Academy of Sciences, Institutskaya St, 2, 142290 Pushchino, Russian Federation, anastassia4272@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7846-9103>

Tatiana N. Smekalova, Doctor of Historical Sciences, Head of the Department, Research Center for the History and Archeology of the Crimea, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Akademika Vernadsky Avenue, 4, 295007 Simferopol, Russian Federation, tnsmek@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5378-5372>

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>

Андрей Алексеевич Горошников, младший научный сотрудник, Институт археологии РАН, ул. Дм. Ульянова, 19, 117292 г. Москва, Российская Федерация, Igoroshnikov89@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5148-1559>

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>

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>

Виктор Николаевич Пинской, магистр биологических наук, младший научный сотрудник, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, ул. Институтская, 2, 142290 г. Пушкино, Российская Федерация, pinsky@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7463-5186>

Анастасия Владимировна Потапова, магистр биологических наук, младший научный сотрудник, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, ул. Институтская, 2, 142290 г. Пушкино, Российская Федерация, anastassia4272@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7846-9103>

Татьяна Николаевна Смекалова, доктор исторических наук, заведующая отделом, Научно-исследовательский центр истории и археологии Крыма, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, просп. Академика Вернадского, 4, 295007 г. Симферополь, Российская Федерация, tnsmek@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5378-5372>