

ИЗМЕНЧИВОСТЬ СВОЙСТВ КУЛЬТУРНОГО СЛОЯ ПОСЕЛЕНИЯ ЭПОХИ БРОНЗЫ КСИЗОВО-1 В ЛЕСОСТЕПНОМ ПОДОНЬЕ

© 2020 г. А.В. Потапова^{1,*}, В.Н. Пинской^{1,**}, Е.И. Гак^{2,***},
Н.Н. Каширская^{1,****}, А.В. Борисов^{1,*****}

¹Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пушкино, Россия

²Государственный исторический музей, Москва, Россия

*E-mail: anastassia4272@gmail.com

**E-mail: Pinskoy@inbox.ru

***E-mail: e.i.gak@mail.ru

****E-mail: nkaashirskaya81@gmail.com

*****E-mail: a.v.borisovv@gmail.com

Поступила в редакцию 07.02.2019 г.

Проведено исследование модельного участка поселения Ксизово-1 среднедонской катакомбной культуры (XXIV–XXIII вв. до н.э.) в лесостепной зоне. Памятник с уникальной сохранностью культурного слоя расположен в верхнем течении Дона на высокой первой террасе р. Сновы в окрестностях с. Ксизово Задонского района Липецкой области. Задачей исследования была оценка варьирования химических и микробиологических характеристик культуросодержащих отложений в профиле и в плане по всей площади раскопа. В ходе раскопок проводился отбор почвенных образцов из каждого квадратного метра культурного слоя на четырех уровнях зачистки. В отобранных образцах проведено определение pH, магнитной восприимчивости, уреазной активности, а также раздельное определение органических и минеральных форм фосфатов. Выполнена статистическая обработка результатов. Сравнение полученных данных с распределением археологических объектов и находок на территории раскопа позволило установить особенности химических и биологических свойств культурного слоя, соответствующего основному периоду функционирования и финалу существования поселения. Установлено, что в период функционирования памятника имело место подкисление почвы, снижение биологической активности и резкое увеличение поступления в почву фосфора, в первую очередь за счет минеральных форм фосфатов — золы и костей. В период запустения поселения увеличивается доля органических фосфатов за счет активизации всех биологических процессов на месте расположения памятника. В пласте, подстилающем культурный слой, антропогенный след проявляется только в области очагов, где зафиксировано поступление в почву фосфатов как биологической, так и минеральной природы.

Ключевые слова: культурный слой, поселение, эпоха бронзы, среднедонская катакомбная культура, фосфор, магнитная восприимчивость, pH, уреазная активность.

DOI: 10.31857/S086960630008254-8

Как известно, культурный слой является результатом поступления в почву материалов антропогенной природы и изменения условий почвообразования (Сычева, 2006). Как правило, присутствие человека вызывает усиление эрозии почв в окрестностях поселений, тогда как на самих поселениях, учитывая обычное расположение их не на водоразделах, а в подчиненных элементах рельефа, происходит накопление почвенно-грунтового материала и рост слоя природно-антропогенных напластований. Мощность культуросодержащей

толщи может достигать нескольких метров. С прекращением функционирования поселения ее рост обычно продолжается за счет тех же эрозионных процессов, хотя и выраженных в меньшей степени. При этом в почве на месте поселения будет присутствовать археологический материал, который переносится и откладывается вместе с почвой окружающих территорий, то есть запустение местности не означает остановки формирования культуросодержащего слоя, хотя, по сути, это совершенно иной процесс.



Рис. 1. Расположение поселения Ксизово-1.

Fig. 1. The location of the settlement Ksizovo-1

С другой стороны, археологический материал из нижней части культурного слоя может попадать в подстилающие слои. Мелкие бытовые остатки могут погружаться в почву при весеннем оттаивании (Иванов, 2003), втапываться в нижние слои почвы, переноситься грызунами и другими животными. Распределение археологизированного вещества известного возраста и происхождения по почвенному профилю является следствием не только природных, но также антропогенных процессов, что требует независимой оценки их интенсивности. Слой почвы с археологическим материалом, который обычно называют культурным, всегда больше, чем слой, отложившийся за время существования поселения. Особенно это характерно для поселений эпохи бронзы восточноевропейской степи и лесостепи, где сформировавшийся *in situ* культурный слой не обособляется от почвенной массы и время его трансформации вследствие природных процессов составляет тысячи лет.

В этой связи встает вопрос о пространственной неоднородности свойств культурного слоя

в пределах поселения. Наиболее полную информацию дает анализ образцов, отобранных сплошной площадью из каждого квадратного метра на одном уровне с последующим построением площадных диаграмм (Бронникова и др., 2008; Александровский и др., 2011; 2013). Такой подход в корреляции с археологическими данными был успешно реализован на поселении среднедонской катакомбной культуры Рыкань-3, расположенном в центре лесостепного Подонья и датируемом XXVI–XXIV вв. до н.э. Благодаря комплексным исследованиям удалось выяснить принцип устройства поселения в рельефе, локализовать зоны более и менее интенсивной хозяйственно-бытовой деятельности, а в ряде случаев даже уточнить характер этой деятельности (Гак и др., 2014).

Методика комплексного археолого-палеопочвенного анализа получила свое дальнейшее развитие при исследовании поселения Ксизово-1. Этот памятник характеризуется наилучшей сохранностью культуросодержащих напластований по сравнению с известными сейчас поселениями катакомбной общности

в лесостепном Подонье (Гак и др., 2017). Памятники Ксизово-1 и Рыкань-3 относятся к одной и той же культуре и располагаются в сходных топографических условиях. Отличие состоит в том, что поселение Ксизово-1 несколько моложе (XXIV–XXIII вв. до н.э.), а непотревоженный позднеантропогенной деятельностью слой его бытовых остатков имеет значительно большую мощность. Проследив варьирование основных химических и микробиологических свойств этого слоя в плане и профиле на всей площади раскопа, представляется возможным выделить горизонт, характеристики которого в наибольшей мере соответствуют периоду активного функционирования поселения.

Район и объекты исследования. Поселение Ксизово-1 расположено у южной окраины с. Ксизово Задонского р-на Липецкой обл. на краю надпойменной террасы левого берега р. Сновы вблизи места впадения ее в Дон (рис. 1). В геоморфологическом отношении территория представляет собой участок Окско-Донской низменности. Климат здесь умеренно-континентальный, с четко выраженными сезонами. Зима умеренно холодная, с устойчивым снежным покровом, лето теплое, продолжительное. В почвенном покрове преобладают выщелоченные и типичные черноземы, а также серые лесные почвы.

Поселение открыто в 1964 г., затем в разные годы исследовалось А.Д. Пряхиным (1964; 1966; 1982), Ю.Г. Екимовым, М.В. Ивашовым (1998; 1999). С 2014 г. на поселении проводятся раскопки, общая площадь которых к настоящему времени составила около 513 м². Остатки поселения перекрыты пачкой наносов толщиной 1.4–1.7 м, формирование которых происходило в условиях субламинарного осадконакопления в течение последних 200 лет. Накопление наносного балласта связано с влиянием мощных речных разливов, а также эрозией, развитие которой стало следствием интенсивной распашки второй надпойменной террасы, у подножия которой расположено поселение. Наносы подстилаются древней погребенной почвой толщиной 0.5–0.6 м. Возраст ее установлен по фрагментам амфоры римского времени (I–II вв. н.э.), обнаруженным в зоне контакта погребенной почвы с более светлой толщей напластований, содержащих бытовые материалы катакомбного поселения.

Модельный участок комплексных археолого-палеопочвенных исследований соответ-

ствует раскопу 2014 г., расположенному в интенсивно размываемой и при этом свободной от деревьев западной части памятника. После зачистки, фотофиксации и прорисовки поверхность расчерчивалась на квадраты 1 × 1 м. Почвенные образцы отбирались репрезентативно из пяти точек каждого квадратного метра в пределах одной плоскости по разметке раскопа (рис. 2, 1). Для дальнейшего лабораторного анализа были использованы усредненные образцы. Отбор проводился на четырех уровнях зачистки с проникновением на 2–3 см в нижележащий пласт. Верхний уровень фиксировал появление материалов поселения, которые были представлены здесь лишь отдельными фрагментами керамики и костей животных. Пласт 1, залегающий под верхним уровнем зачистки, характеризовался редкой встречаемостью археологических находок (рис. 2, 2). Заметно больше артефактов было обнаружено в пласте 2; в массовом количестве они фиксировались в пласте 3. Помимо разрозненных обломков этот пласт содержал скопления кухонно-бытового мусора, сконцентрированного в районе трех очагов (Гак и др., 2017). Последний, четвертый, уровень зачистки и отбора образцов соответствовал основанию пласта 3. В расположенном ниже пласте 4 археологический материал практически отсутствовал.

Методы исследования. В отобранных образцах культурного слоя определялось содержание органических и минеральных фосфатов по методу Сандерса и Вильямса (Saunders, Williams, 1955). Суть метода заключается в раздельном определении содержания фосфатов органической и минеральной природы. На первом этапе оценивалось содержание минерального фосфора путем его экстракции из почвы 0.2 н раствором H₂SO₄ с последующим колориметрическим определением концентрации. Для оценки содержания органических фосфатов почву прокаливали в течение 3 ч при 525°C; в результате прокалывания происходило превращение фосфорорганических соединений в растворимые минеральные формы. Затем соединения фосфора экстрагировались 0.2 н раствором H₂SO₄. По превышении значений содержания фосфатов после прокалывания определяли долю органического фосфора, перешедшего в вытяжку.

Магнитная восприимчивость почвенных образцов измерялась с помощью каппаметра КТ-5; грунт насыпался в пластиковый цилиндр

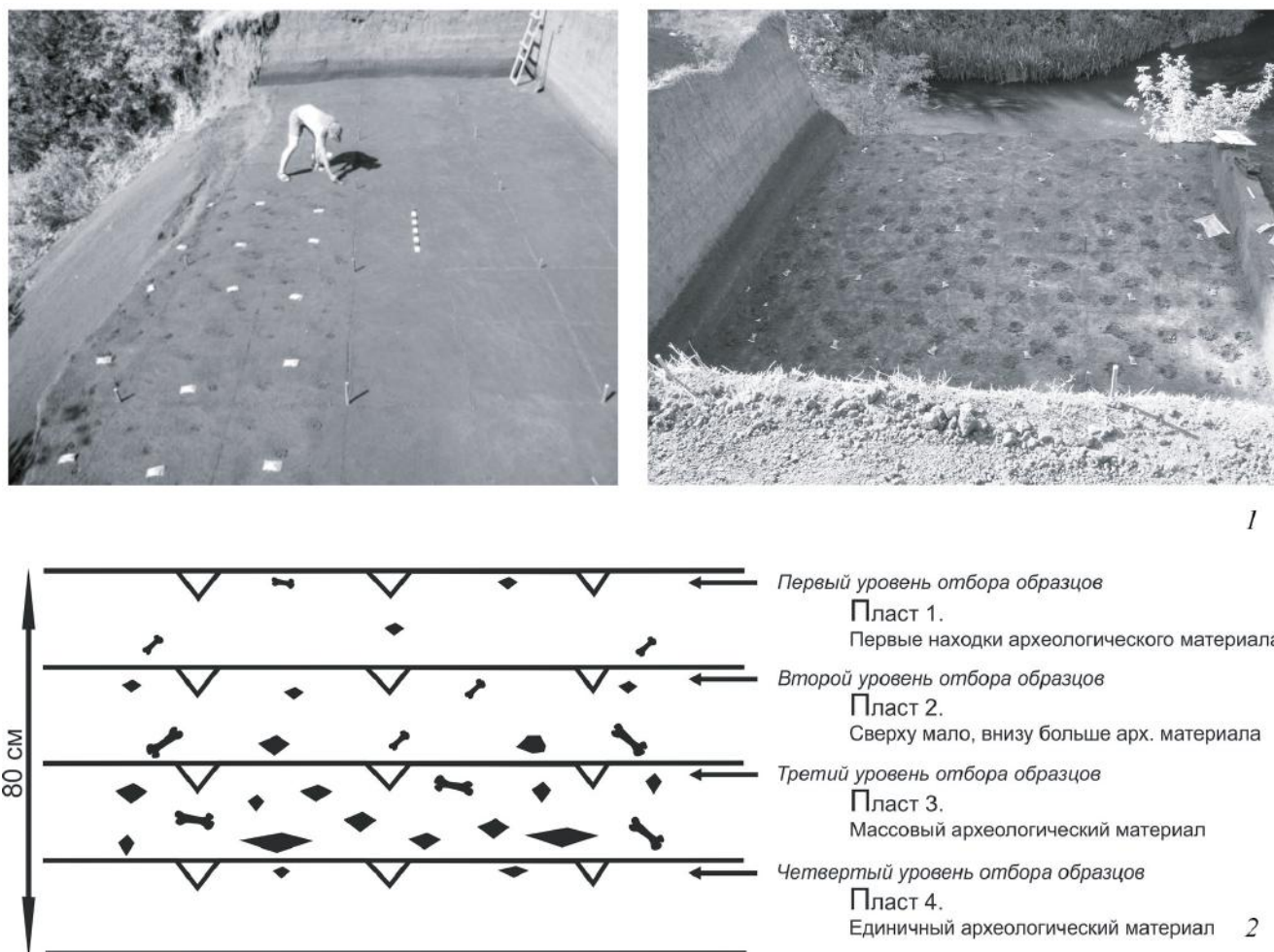


Рис. 2. Отбор образцов по разметке раскопа (1) и распределение археологических находок (2) в отдельных пластах культурного слоя поселения Ксизово-1.

Fig. 2. Sampling according to the layout of the excavation site (1) and the distribution of archaeological finds (2) in individual strata of the cultural layer of the settlement Ksizovo-1

диаметром 7 и высотой 4 см. Все значения магнитной восприимчивости здесь и далее по тексту приведены в единицах СИ. Магнитная восприимчивость почв является показателем, отражающим содержание ферромагнетиков. Известно, что магнитная восприимчивость почвенно-грунтового материала всегда возрастает при воздействии огня за счет неосинтеза магнетита при прокаливании (Oldfield, Crowther, 2007; Fassbinder, Stanjek, 1993). Высокие значения магнитной восприимчивости и содержания оксида магния являются надежными индикаторами продуктов горения древесины (Zhang et al., 1998; Maher, 2007).

Значения pH водной вытяжки почвенных образцов определялись потенциометрическим методом (Аринушкина, 1970).

Для оценки уреазной активности был использован модифицированный индофенольный метод (Kandeler, Gerber, 1988). 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; Борисов, Коробов, 2013).

Результаты и обсуждение. Содержание валового фосфора является наиболее информативной характеристикой культурного слоя. Традиционно фосфатный метод используется археологами для установления границ археологических памятников, выявления их инфраструктурных признаков и реконструкции интенсивности использования территории (Holliday, Gardner, 2007; Макаров, 2003).

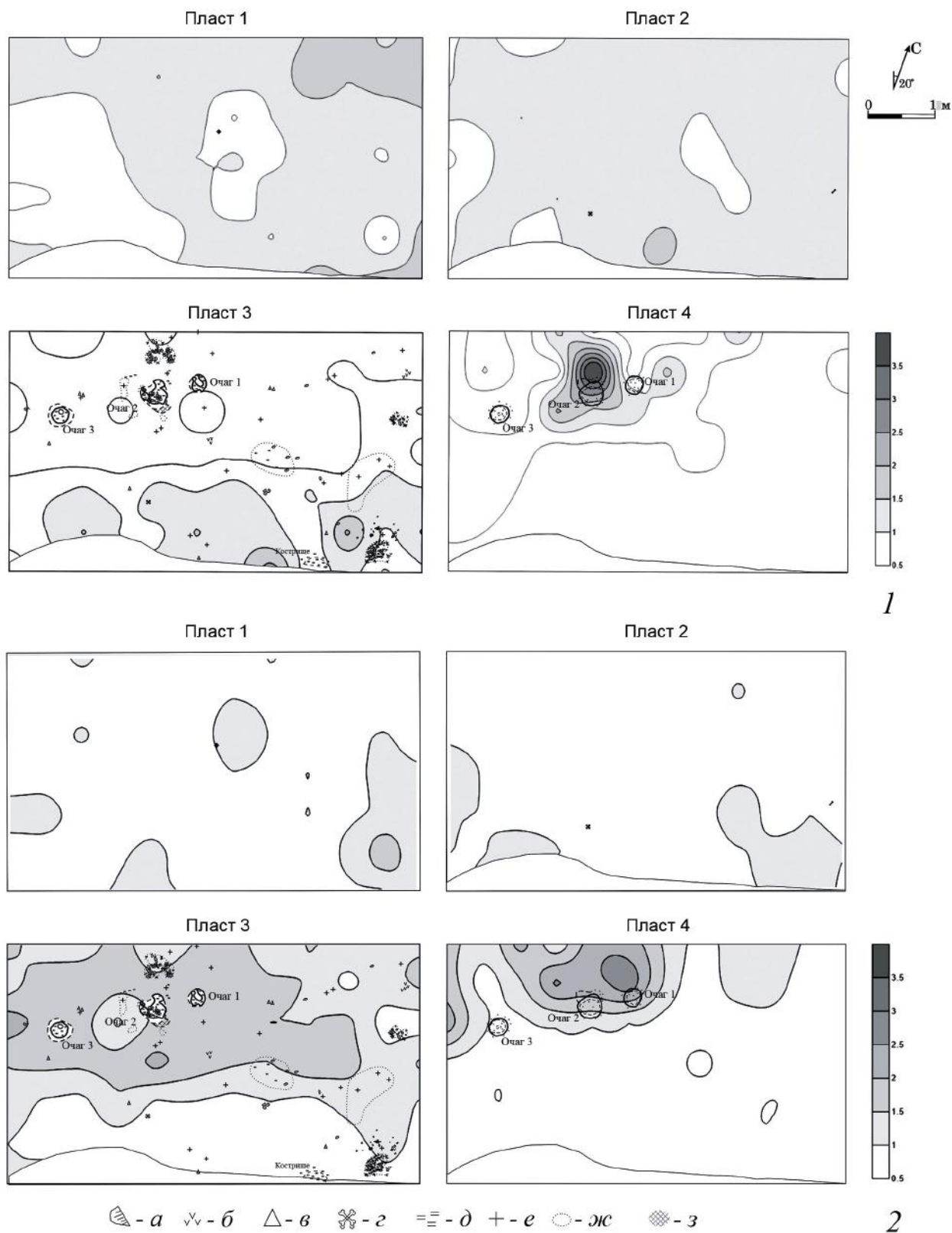


Рис. 3. Распределение органического (1) и минерального (2) фосфора по уровням отбора образцов, мг P_2O_5 /г почвы. Условные обозначения здесь и на рис. 4–6: а – необработанный камень, б – угольки, в – кремневый отщеп, г – малое скопление костей, д – включения прокала, е – находки из камня, кости или глины, ж – большое скопление кухонных остатков, з – абразивная крошка.

Fig. 3. Distribution of organic (1) and mineral (2) phosphorus by sampling depths, mg of P_2O_5 per g of soil

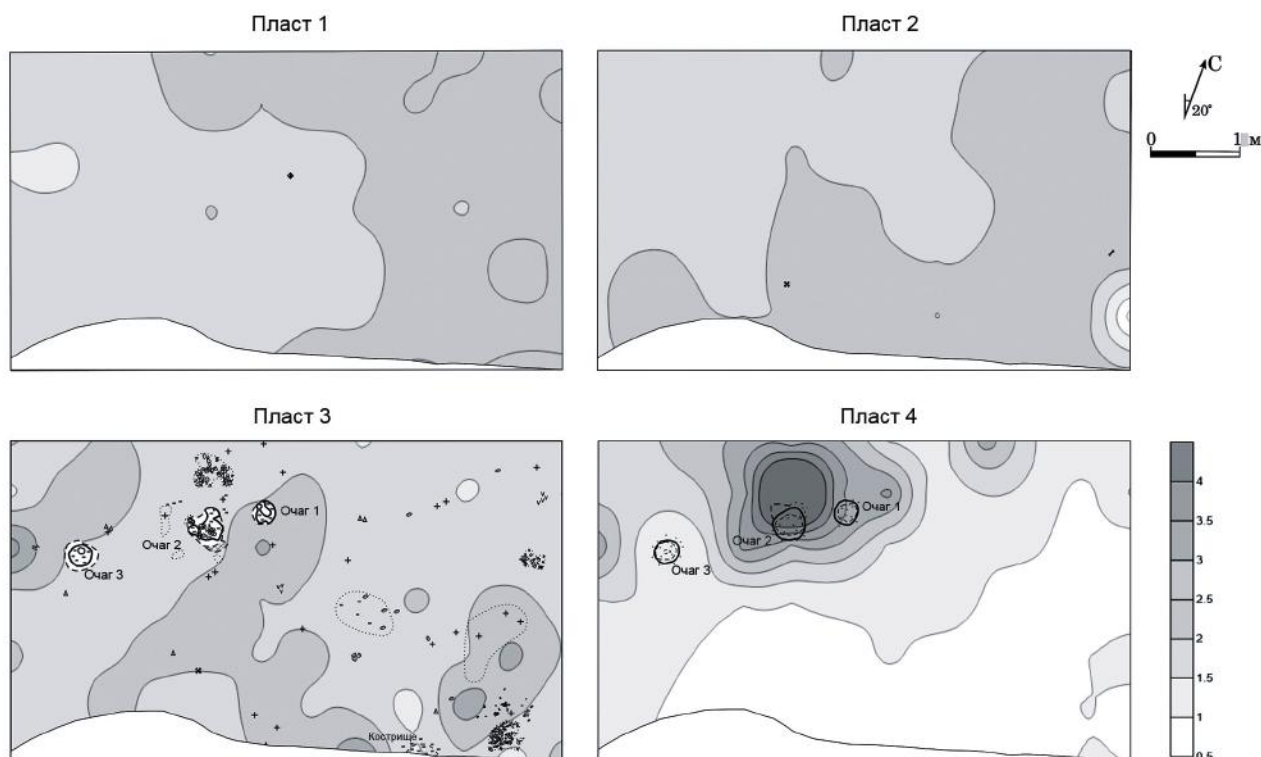


Рис. 4. Распределение валового фосфора по уровням отбора образцов, мг P_2O_5 /г почвы.

Fig. 4. Distribution of gross phosphorus by sampling depths, mg of P_2O_5 per g of soil

Однако природа фосфора и способы его поступления в культурный слой остаются неизвестными. В связи с этим фосфаты в культурном слое могут иметь как “биологическую” природу, при накоплении остатков пищи и других органических субстратов, так и минеральную, при поступлении в культурный слой с костями и золой. Поэтому в данном исследовании мы определяли отдельно органический и минеральный фосфор.

На рис. 3, 1 представлены результаты определения органического фосфора по уровням зачистки и отбора образцов. Наиболее высокие значения органического фосфора имели место в почве первого и второго уровней. Третий и четвертый уровни в целом характеризовались более низкими величинами данного показателя. На четвертом уровне была выявлена фосфатная аномалия, которая фиксировалась по месту остатков очага с мощным прокалом и линзами абразивной крошки. Сверху очаг был забросан обломками крупного тарного сосуда, что, вероятно, связано с финалом существования поселка. Наличие аномалии может указывать на использование очага, в частности, для приготовления

пищи, вследствие чего в почву обычно поступает большое количество продуктов белковой и жировой природы. На третьем уровне аномалия закономерно не просматривалась, поскольку глубина пробоотбора не достигала прокала очагов. В целом на соответствующих уровнях фиксации ареалы повышенных значений органического фосфора совпадают с ареалами концентрации кухонно-бытовых остатков. Любопытно, что в период активного функционирования поселения попадание в почву органического фосфора сократилось.

Совершенно иная закономерность выявлена при определении содержания минерального фосфора (рис. 3, 2). Если в случае с органическим фосфором наибольшие значения были отмечены на первом и втором уровнях, то в случае с минеральным фосфором максимальные его величины фиксировались на третьем и отчасти на четвертом уровнях. В образцах двух верхних уровней высокие значения минеральных форм фосфора вообще не зафиксированы. На третьем уровне ареал повышенных значений перекрывал зону концентрации кухонно-бытовых остатков в северной части раскопа. Кроме того, высокие

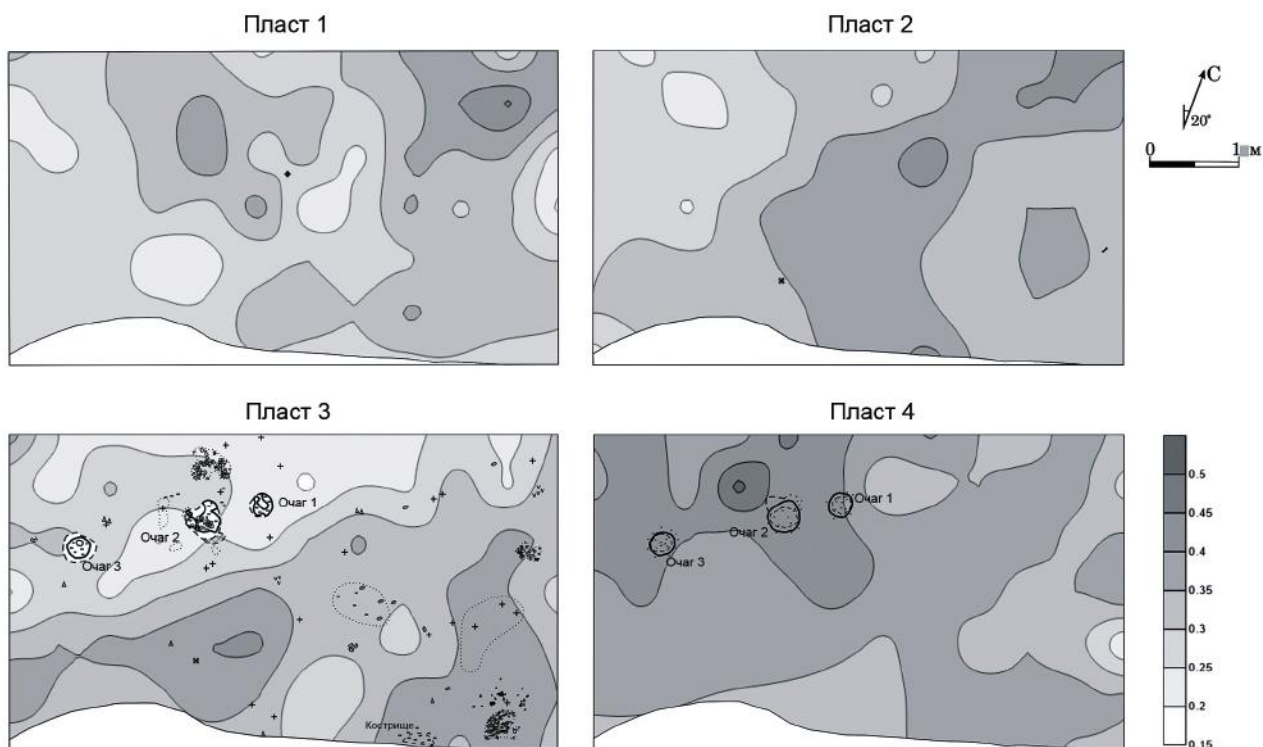


Рис. 5. Магнитная восприимчивость по уровням отбора образцов, $n \times 10^{-5}$ единиц СИ.

Fig. 5. Magnetic susceptibility by sampling depths, $n \times 10^{-5}$ in SI units

значения минерального фосфора сохранялись в местах прокала очагов на четвертом уровне. Таким образом, почва поселения во время его существования обогащалась преимущественно минеральным фосфором.

Наиболее высокое содержание валового фосфора (рис. 4) было зафиксировано в образцах второго и третьего уровней зачистки. Напомним, что валовый фосфор складывается из значений минеральных и органических форм фосфатов. Основной вклад в увеличение содержания валового фосфора вносят его минеральные формы — в первую очередь это зола и костные остатки. Аномально высокие значения минерального и органического фосфора прослеживались только в районе очагов на северо-западе раскопа. Характерно, что подобные закономерности зафиксированы как на третьем, так и на четвертом уровнях. В целом содержание валового фосфора менее информативно, чем содержание минеральных и органических фосфатов. Поэтому раздельное определение органических и минеральных форм фосфора позволяет более детально

определять особенности функционирования памятников.

Магнитная восприимчивость на всех уровнях варьировала от 0.2 до 0.44 $n \times 10^{-5}$ единиц СИ. Наибольшие значения магнитной восприимчивости были выявлены на первом и четвертом уровнях, то есть в слое с минимальной насыщенностью археологическим материалом. На рис. 5 представлено варьирование значений магнитной восприимчивости по уровням зачистки и отбора образцов. Выявленная таким образом динамика значений этого показателя, на первый взгляд, довольно неожиданна. Предполагалось, что за счет большего поступления пирогенного материала и бытовых отходов магнитная восприимчивость в районе очагов будет заметно выше по сравнению с окружающими участками. Более высокие значения ожидалось и на уровнях активного функционирования поселения. Фактически же лишь непосредственно у очагов и только на самом нижнем уровне отбора образцов магнитная восприимчивость показывает некоторое превышение. На третьем уровне значения этого показателя даже меньше,

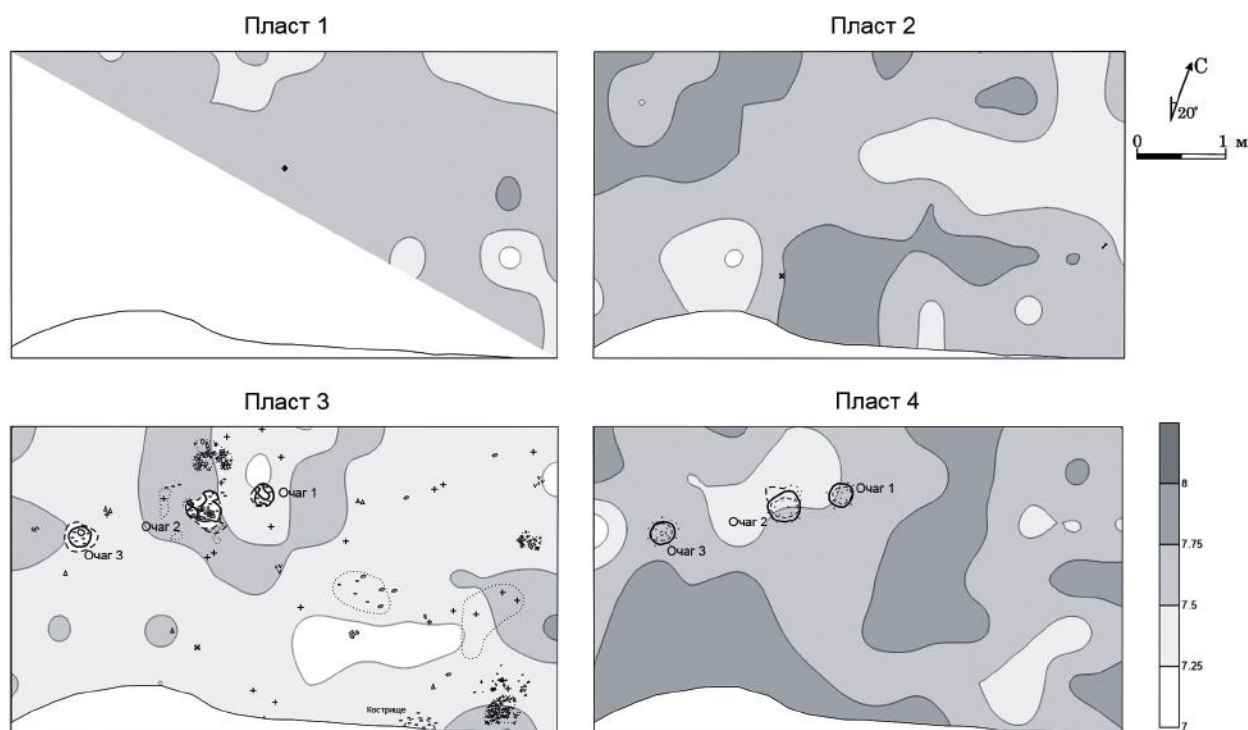


Рис. 6. Значения pH по уровням отбора образцов.

Fig. 6. pH values by sampling depths

чем на втором, что объясняется, с одной стороны, общим угнетением почвенной микрофлоры, в том числе бактерий железоредукторов, которые определяют величину магнитной восприимчивости в нормальных почвах (Maher et al., 2003; Алексеев и др., 2002, 2003, 2012), а с другой — глубиной отбора образцов, не достигавшей очажного прокала. Кроме того, нахождение пирогенного почвенного материала в погребенном состоянии за прошедшие тысячелетия могло оказать заметный нивелирующий эффект (Вагапов, Алексеев, 2015; Водяницкий, 1989; Водяницкий и др., 2000).

Весьма информативными оказались изменения значений pH на разных уровнях отбора образцов (рис. 6). Так, слой третьего уровня резко выделяется более кислыми значениями pH, чем выше- и нижележащие слои. Ранее была показана обратная тенденция — подщелачивание культурного слоя за счет большего поступления золы и обломков известняка (Александровская, Александровский, 2003; Александровский и др., 2010; 2015; Долгих, 2008). Но эти явления характерны, по-видимому, для культурных слоев средневековых памятников и крупных долговременных поселений. В нашем случае только ограниченный ареал вокруг очагов, зафиксированный

на втором уровне, характеризовался некоторым подщелачиванием, в то время как сам слой имел более кислые показатели pH. Скорее всего, воздействие на почвы в период существования поселения привело к нарушению водно-воздушного режима, уплотнению, застаиванию воды и в результате вызвало изменение значений pH в кислую сторону (Червердин, 2015).

Динамика значений уреазной активности показана на рис. 7. Активность фермента уреазы связана с поступлением мочевины в почву и может использоваться в качестве индикатора мест содержания скота (Чернышева и др., 2014; Гак и др., 2014; Chernysheva et al., 2015).

В культуросодержащем слое поселения Ксизово-1 значения уреазной активности были близки к фоновым и не позволяли сделать вывод о содержании скота, что хорошо согласуется с результатами фитолитного анализа и археологическими данными об использовании этой части поселения (Гак и др., 2017; Ивашев, Гак, 2019). На третьем и четвертом уровнях, соответствующих активной фазе функционирования поселения, показатели уреазной активности в целом были невысоки и варьировали незначительно. На верхних уровнях

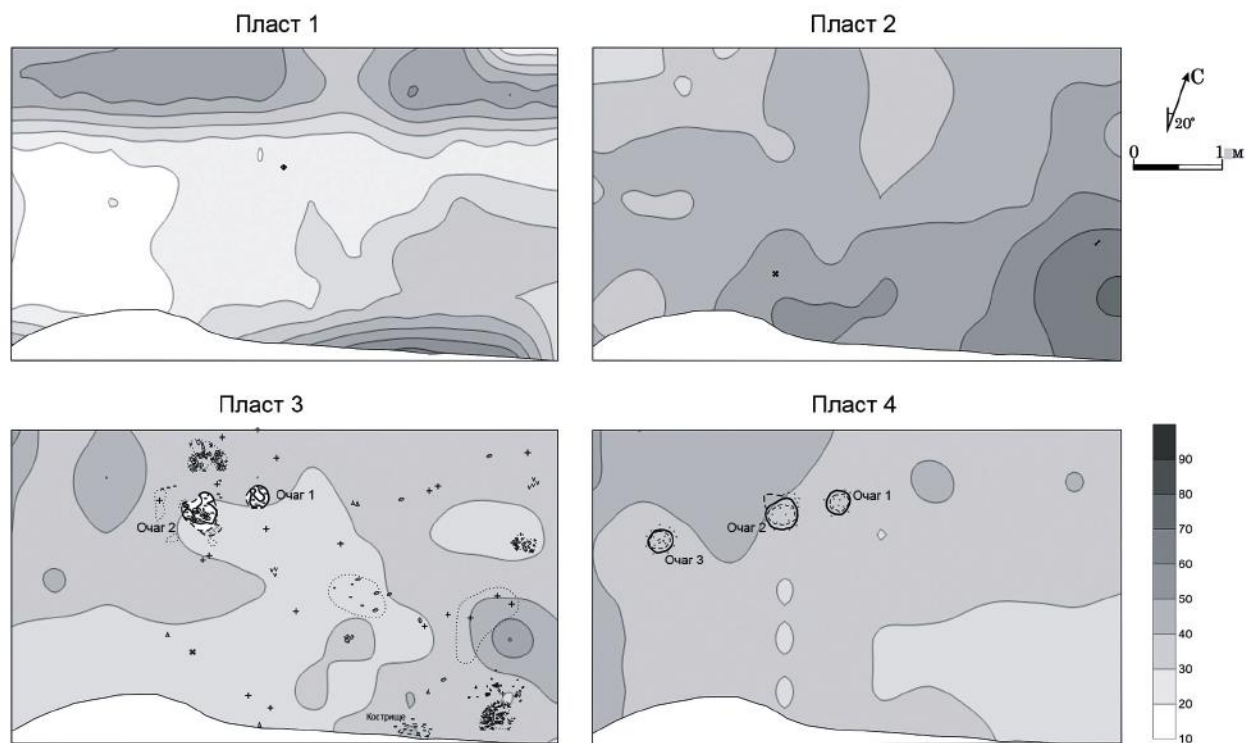


Рис. 7. Изменения уреазной активности по уровням отбора образцов, $\mu\text{g NH}_4/\text{г/час}$.

Fig. 7. Changes in urease activity by sampling depths, $\mu\text{g NH}_4/\text{g}$ per hour

величины уреазной активности были существенно выше. Аномальным выглядит резкое и хорошо очерченное увеличение уреазной активности в северной части раскопа на первом уровне отбора образцов, соответствующем границе культуросодержащего слоя с погребенной почвой. В раннем железном веке этот участок входил в зону освоения территории, возможно, поселения, ядро которого располагалось севернее, у подошвы второй надпойменной террасы (Гак и др., 2017).

В качестве графической иллюстрации результатов статистических расчетов нами были использованы диаграммы типа Box&Whisker Plot (Дарманиян, 2013; Куприенко и др., 2009), обобщающие достаточно большую диагностическую и описательную информацию об исследуемой совокупности эмпирических данных.

Распределение величин содержания общего, минерального и органического фосфора в культуросодержащем слое поселения Ксизово-1 представлено на рис. 8, 1–3. Общий фосфор в верхнем пласте, а также во втором и третьем пластах характеризуется симметричным распределением значений, при этом

наибольшее варьирование величин данного показателя при сравнении пластов наблюдалось на третьем, максимально насыщенном археологическими материалами. Кроме того, существенные особенности распределения общего фосфора были отмечены для четвертого уровня с наибольшим варьированием значений как во всей выборке, так и в ее интервале от 25 до 75%. Здесь же зафиксировано экстремально высокое содержание общего фосфора, в 5 раз превышающее его среднее значение.

Содержание минерального фосфора в образцах, отобранных из третьего пласта, по сравнению с остальными пластами культуросодержащего слоя отличалось повышенными значениями в интервале от 25 до 75% выборки и более широким варьированием этих значений, тогда как общий разброс величин содержания минерального фосфора был здесь значительно меньше, чем в образцах, отобранных из четвертого пласта, хотя и несколько выше, чем в образцах из верхних пластов.

Содержание органических форм фосфора наиболее широко варьировало на третьем уровне: здесь были отмечены максимальные величины данного показателя, хотя в целом

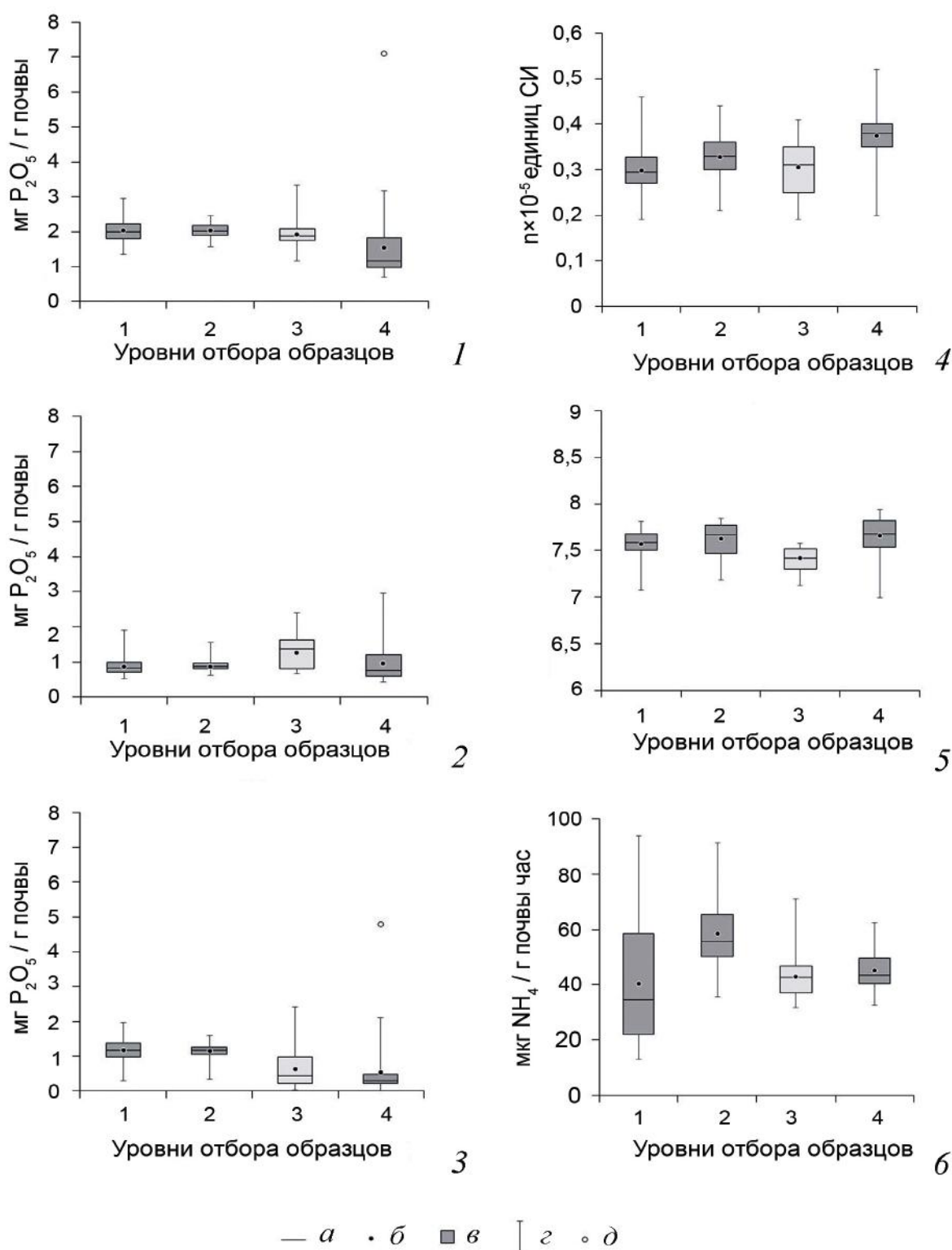


Рис. 8. Распределение значений содержания валового (1), минерального (2) и органического (3) фосфора; величин магнитной восприимчивости (4), pH (5) и уреазной активности (6) в культуросодержащем слое поселения Ксизово-1. Условные обозначения: а – медиана, б – среднее значение, в – 25–75%, г – минимум–максимум, д – экстремум.

Fig. 8. Distribution of gross (1), mineral (2), and organic (3) phosphorus contents; magnetic susceptibility (4), pH (5) and urease activity (6) in the cultural layer of the Ksizovo-1 settlement

половина всей выборки в интервале от 25 до 75% характеризовалась на данном уровне отбора образцов существенно меньшими значениями по сравнению с образцами, отобранными из верхних пластов культуросодержащего слоя. Нижний пласт также характеризовался значительным разбросом величин содержания органического фосфора и наличием экстремума, что связано с присутствием очага на данном уровне отбора образцов.

Таким образом, третий и четвертый пласты культуросодержащего слоя поселения Ксизово-1 характеризовались ярко выраженной неоднородностью показателей содержания минерального и органического фосфора, обусловленной различным характером антропогенной деятельности при формировании отдельных участков культурного слоя на различных этапах функционирования поселения.

Распределение величин магнитной восприимчивости, pH и уреазной активности в культуросодержащем слое поселения Ксизово-1 представлено на рис. 8, 4–6. Магнитная восприимчивость в третьем пласте культуросодержащего слоя, максимально насыщенном археологическими материалами, по сравнению с остальными пластами характеризовалась более низкими величинами, а также более широким диапазоном их распределения в интервале от 25 до 75% выборки. Величины pH почвенных образцов из третьего пласта, напротив, отличались достаточно узким диапазоном распределения, причем значения данного показателя, расположенные в интервале от 25 до 75% выборки, были заметно меньше аналогичных значений в остальных пластах культуросодержащего слоя. При статистическом анализе уреазной активности обращает на себя внимание тот факт, что величины данного показателя в образцах из верхнего пласта варьировали в более широком диапазоне по сравнению с образцами из остальных пластов. При этом наименьшие значения уреазной активности в верхнем пласте были существенно ниже аналогичных значений в пластах 2 и 3. Сравнение уреазной активности по пластам демонстрирует для третьего пласта более низкие показатели как максимальных значений, так и значений, распределенных в интервале от 25 до 75% выборки. Низкие величины уреазной активности здесь обусловлены селитебным типом, антропогенной нагрузкой и небольшими объемами поступления мочевины в почву.

Выводы. Химические и биологические свойства культуросодержащего слоя поселения эпохи средней бронзы Ксизово-1, расположенного в лесостепной зоне, существенно варьируют в профиле и в плане. Варьирование свойств в плане связано с особенностями антропогенной деятельности и инфраструктуры поселения в целом. Профильная динамика свойств зависит от особенностей эрозионно-аккумулятивных процессов во время функционирования поселения и в последующий период.

Сравнение данных естественнонаучных исследований культурного слоя с археологическими данными позволило установить, что основной период функционирования поселения связан с пластом 3; пласт 2 соответствует финалу существования поселения и началу запустения; верхний слой (пласт 1) сформировался после запустения в результате эрозионно-аккумулятивных процессов.

Культурный слой, сформировавшийся в период функционирования поселения, отличается смещением pH в кислую сторону, ослаблением биологической активности почв и снижением магнитной восприимчивости, что связано с уплотнением почвы, застоем влаги и развитием частично анаэробных условий. Только вокруг очагов в местах накопления золы заметен ореол подщелачивания.

Антропогенная деятельность в период функционирования поселения привела к заметному увеличению содержания фосфатов. Впервые установлено, что увеличение содержания фосфора в культурном слое происходит за счет накопления минерального фосфора при попадании в почву золы и костей. Лишь возле очагов в местах возможного приготовления пищи отмечено накопление органических фосфатов. После прекращения функционирования памятника в почвах идет накопление биогенного органического фосфора.

Низкая уреазная активность не позволяет говорить о содержании скота на данном участке поселения.

Работа выполнена в рамках Госзадания № АААА-А18-118013190175-5 “Развитие почв в условиях меняющегося климата и антропогенных воздействий”. Микробиологические исследования выполнены за счет средств гранта РФФИ 17-29-04257 офи_м “Археологическая микробиология: теория и практика выявления исходного присутствия органических материалов в археологических исследованиях”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Александровская Е.И., Александровский А.Л.* Историко-географическая антропохимия. М.: НИИ-Природа, 2003. 204 с.
- Александровский А.Л., Александровская Е.И., Долгих А.В.* Эволюция почв и палеосреды античных городов юга Европейской России // Известия РАН. Серия географическая. 2010. № 5. С. 73–86.
- Александровский А.Л., Александровская Е.И., Долгих А.В., Замотаев И.В., Курбатова А.Н.* Почвы и культурные слои древних городов юга Европейской России // Почвоведение. 2015. № 11. С. 1291–1301.
- Александровский А.Л., Воронин К.В., Александровская Е.И., Дергачева М.И., Мамонтова Д.А., Долгих А.В.* Естественные методы изучения многослойных доисторических памятников с гомогенным культурным слоем (на примере поселения Песочное-1 на озере Неро) // Археология Подмосковья: материалы науч. семинара. Вып. 7. М.: ИА РАН, 2011. С. 11–25.
- Александровский А.Л., Воронин К.В., Александровская Е.И., Мамонтова Д.А., Долгих А.В.* Почвенно-геохимические методы изучения стратиграфии многослойных доисторических памятников // Тверской археологический сборник. Вып. 9. Тверь: Триада, 2013. С. 79–91.
- Алексеев А.О., Алексеева Т.В.* Оксидогенез железа в почвах степной зоны. М.: ГЕОС, 2012. 204 с.
- Алексеев А.О., Алексеева Т.В., Заварзина Д.Г.* Роль железо-редуцирующих бактерий в формировании почвенного магнетита // Органическая минералогия: материалы I Рос. совещ. по органической минералогии. СПб.: СПбГУ, 2002. С. 55–56.
- Алексеев А.О., Алексеева Т.В., Махер Б.А.* Магнитные свойства и минералогия соединений железа в степных почвах // Почвоведение. 2003. № 1. С. 62–74.
- Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
- Борисов А.В., Коробов Д.С.* Древнее и средневековое земледелие в Кисловодской котловине: итоги почвенно-археологических исследований. М.: Таус, 2013. 272 с.
- Бронникова М.А., Мурашева В.В., Якушев А.И.* Первые данные по пространственной неоднородности элементного состава культурного слоя Гнездовского поселения // Гнездово: Результаты комплексных исследований памятника / Отв. ред. В.В. Мурашева. М.: Альфарет, 2008. С. 145–149.
- Вагапов И.М., Алексеев А.О.* Магнитная восприимчивость в оценке пространственной и профильной неоднородности почв, обусловленная палеоэкологическими факторами // Известия РАН. Серия географическая. 2015. № 5. С. 99–106.
- Водяницкий Ю.Н.* Оксиды железа и их роль в плодородии почв. М.: Наука, 1989. 160 с.
- Водяницкий Ю.Н., Гагарина Э.И., Лесовая С.Н.* Влияние оглеения на соединения железа в красноцветных породах // Почвоведение. 2000. № 4. С. 427–433.
- Гак Е.И., Ивашов М.В., Кайзер Э.* Поселение катакомбной культуры Ксизово-1 на верхнем Дону: результаты и перспективы комплексных исследований // V (XXI) Всероссийский археологический съезд: сб. науч. тр. / Отв. ред. А.П. Деревянко. Барнаул: Алтайский гос. ун-т, 2017. С. 243–244.
- Гак Е.И., Чернышева Е.В., Ходжаева А.К., Борисов А.В.* Опыт выявления и систематизации инфраструктурных признаков поселения катакомбной культуры Рыкань-3 в лесостепном Подонье // РА. 2014. № 4. С. 19–28.
- Дарманиян А.П.* Статистические особенности вычисления и графического представления макроэкономических индикаторов уровня жизни населения Российской Федерации // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 1. С. 324–332.
- Долгих А.В.* Формирование педолитоседиментов и почвенно-геохимической среды древних городов Европейской России: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 2008. 24 с.
- Екимов Ю.Г.* Поселения эпохи бронзы в бассейне р. Сновы в Липецкой области // Археология восточноевропейской степи. Воронеж: Воронежский гос. ун-т, 1979. С. 103–114.
- Иванов И.В.* Геолого-почвенный метод палеогеографических реконструкций и концепция “Археологического вещества” (по результатам изучения стоянки срубного времени “Песчаный Дол-II”) // Материальная культура населения бассейна реки Самары в бронзовом веке. Самара: Изд-во Самарского гос. пед. ун-та, 2003. С. 147–163.
- Ивашов М.В.* Отчет о работах археологической экспедиции Липецкого госпединститута в Задонском районе Липецкой области в 1998 г. // Архив ИА РАН. Р-1. № 21677.
- Ивашов М.В.* Исследования в бассейне р. Снова в Задонском районе Липецкой области [Электронный ресурс] // Археологическое обозрение. Воронеж. 1999. URL: http://www.hist.vsu.ru/antiqu/arho/arho99_1.html (дата обращения: 14.10.2019).
- Ивашов М.В., Гак Е.И.* Микрорегион катакомбных памятников у с. Ксизово на Верхнем Дону // КСИА. 2019. Вып. 256. С. 108–120.
- Каширская Н.Н., Плеханова Л.Н., Удальцов С.Н., Чернышева Е.В., Борисов А.В.* Механизмы и временной фактор функционирования ферментативной организации палеопочв // Биофизика. 2017. Т. 62. Вып. 6. С. 1235–1244.

- Куприенко Н.В., Пономарева О.А., Тихонов Д.В. Статистика. Методы анализа распределений. Выборочное наблюдение: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2009. 137 с.
- Макаров М.И. Фосфор органического вещества почв. М.: ГЕОС, 2009. 395 с.
- Пряхин А.Д. Отчет археологической экспедиции Воронежского университета за 1964 г. // Архив ИА РАН. Р-1. № 2896.
- Пряхин А.Д. К вопросу о памятниках раннекатакомбного типа на Верхнем и Среднем Дону // Вопросы истории славян. Вып. 2. Воронеж: Воронежский гос. ун-т, 1966. С. 145–160.
- Пряхин А.Д. Поселения катакомбного времени лесостепного Подонья. Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 1982. 159 с.
- Сычева С.А. Культурные слои древних поселений как объект междисциплинарных исследований // Культурные слои археологических памятников. Теория, методы и практика исследований: материалы науч. конф. М.: НИИ-Природа, 2006. С. 45–54.
- Сычева С.А. Почвенно-геоморфологические аспекты формирования культурного слоя древних поселений // Почвоведение. 1994. № 3. С. 28–33.
- Чеве́рдин Ю.И. Влияние антропогенных факторов на реакцию почвенной среды черноземов // Агрохимия. 2015. № 8. С. 15–22.
- Чернышева Е.В., Каширская Н.Н., Коробов Д.С., Борисов А.В. Изменение биологической активности дерново-карбонатных почв Кисловодской котловины под влиянием древнего и современного антропогенного воздействия // Почвоведение. 2014. № 9. С. 1068–1076.
- Chernysheva E.V., Korobov D.S., Khomutova T.E., Borisov A.V. Urease activity in cultural layers at archaeological sites // Journal of Archaeological Science. 2015. V. 57. P. 24–31.
- Fassbinder J., Stanjek H. Occurrence of bacterial magnetite in soils from archaeological sites // Archaeologia Polona. 1993. V. 31. P. 117–128.
- Holliday V.T., Gartner W.G. Methods of soil P analysis in archeology // Journal of Archaeological Science. 2007. V. 34. № 2. P. 301–333.
- Kandeler E., Gerber H. Short-term assay of urease activity using colorimetric determination of ammonium // Biology and Fertility of Soils. 1988. V. 6. P. 68–72.
- Maher B.A. Environmental magnetism and climate change // Contemporary Physics. 2007. V. 48. P. 247–274.
- Maher B.A., Alekseev A., Alekseeva T. Magnetic mineralogy of soils across the Russian steppe: climatic dependence of pedogenic magnetite formation // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2003. V. 201. № 3–4. P. 321–341.
- Oldfield F., Crowther J. Establishing fire incidence in temperate soils using magnetic measurements // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2007. V. 249. P. 362–369.
- Saunders W.M., Williams E.G. Observations on the determination of total organic phosphorus in soils // Journal of Soil Science. 1955. V. 6. P. 254–267.
- Zhang C., Vali H., Romanek C.S., Phelps T.J., Liu S.V. Formation of single-domain magnetite by a thermophilic bacterium // American Mineralogist. 1998. V. 83. P. 1409–1418.

VARIABILITY OF THE CULTURAL LAYER PROPERTIES OF THE BRONZE AGE SETTLEMENT KSIZOVO-1 IN THE FOREST-STEPPE DON REGION

Anastasia V. Potapova^{1,*}, Viktor N. Pinskoy^{1,**}, Evgeny I. Gak^{2,***},
Natalya N. Kashirskaya^{1,****}, Aleksandr V. Borisov^{1,*****}

¹Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science RAS, Pushchino, Russia

²The State Historical Museum, Moscow, Russia

*E-mail: anastassia4272@gmail.com

**E-mail: Pinskoy@inbox.ru

***E-mail: e.i.gak@mail.ru

****E-mail: nkashirskaya81@gmail.com

*****E-mail: a.v.borisovv@gmail.com

The article presents the results of the study on Ksizovo-1, a settlement of the Middle Don Catacomb culture (24th–23rd centuries BC) with a unique preservation of its cultural layer. The settlement is located in the forest-steppe zone on the high first terrace of the river Snova, the tributary of the Don River, in the vicinity of the village of Ksizovo in Lipetsk Region. The objective

of the study was to evaluate the variation of the chemical and microbiological properties of the occupation layer throughout the excavation area. The soil sampling from each square meter of the cultural layer at four different depths was conducted during excavations. The researchers determined pH, magnetic susceptibility, and urease activity in the samples, and conducted separate analyses of organic and mineral forms of phosphates. The obtained results of the analyses were processed statistically. Comparison of the distribution of archaeological finds and chemical properties across the excavation area enabled the authors to conclude that during the site functioning, the soil pH values were lower than in the period following its abandonment. Besides, a decrease in biological activity and a sharp increase in the intake of phosphorus into the soil occurred during the site functioning. Phosphorus entered the soil in mineral forms, primarily, as ash and bones. In the period that followed the abandonment of the settlement, the content of organic phosphates increases due to the activation of biological processes on the site area. In layer 4, which is the underlying sediments, it was only in the fireplace spots that the investigation identified entry of phosphates, both biological and mineral, into the soil.

Keywords: cultural layer, settlement, the Bronze Age, the Middle-Don Catacomb culture, phosphorus, magnetic susceptibility, pH, urease activity.

REFERENCES

- Aleksandrovskaya E.I., Aleksandrovskiy A.L.*, 2003. Istoriko-geograficheskaya antropokhimiya [Historical and geographical anthropochemistry]. Moscow: NIA-Priroda. 204 p.
- Aleksandrovskiy A.L., Aleksandrovskaya E.I., Dolgikh A.V., Zamotayev I.V., Kurbatova A.N.*, 2015. Soils and cultural layers of ancient cities in the south of European Russia. *Pochvovedeniye [Eurasian Soil Science]*, 11, pp. 1291–1301. (In Russ.)
- Aleksandrovskiy A.L., Aleksandrovskaya E.I., Dolgikh A.V.*, 2010. Evolution of soils and palaeoenvironment of ancient cities in the south of European Russia. *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Seriya geograficheskaya [Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Geography Series]*, 5, pp. 73–86. (In Russ.)
- Aleksandrovskiy A.L., Voronin K.V., Aleksandrovskaya E.I., Dergacheva M.I., Mamontova D.A., Dolgikh A.V.*, 2011. Natural science methods for studying multilayer prehistoric sites with a homogeneous cultural layer (based on the settlement of Pesochnoye-1 on Lake Nero). *Arkheologiya Podmoskov'ya: materialy nauchnogo seminara [The archaeology of Moscow region: Proceedings of scientific seminar]*, 7. Moscow: IA RAN, pp. 11–25. (In Russ.)
- Aleksandrovskiy A.L., Voronin K.V., Aleksandrovskaya E.I., Mamontova D.A., Dolgikh A.V.*, 2013. Soil and geochemical methods for studying the stratigraphy of multilayer prehistoric sites. *Tverskoy arkheologicheskii sbornik [Tver archaeological collection of papers]*, 9. Tver': Triada, pp. 79–91. (In Russ.)
- Alekseyev A.O., Alekseyeva T.V.*, 2012. Oksidogenez zheleza v pochvakh stepnoy zony [Iron oxidogenesis in the soils of the steppe zone]. Moscow: GEOS. 204 p.
- Alekseyev A.O., Alekseyeva T.V., Makher B.A.*, 2003. Magnetic properties and mineralogy of iron compounds in steppe soils. *Pochvovedeniye [Eurasian Soil Science]*, 1, pp. 62–74. (In Russ.)
- Alekseyev A.O., Alekseyeva T.V., Zavarzina D.G.*, 2002. The role of iron-reducing bacteria in the formation of soil magnetite. *Organicheskaya mineralogiya: materialy I Rossiyskogo soveshchaniya po organicheskoy mineralogii [Organic mineralogy: Proceedings of the 1st Russian meeting on organic mineralogy]*. St.Petersburg: Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy universitet, pp. 55–56. (In Russ.)
- Arinushkina E.V.*, 1970. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv [Guide-book for chemical analysis of soils]. Moscow: Izdatel'stvo MGU. 487 p.
- Borisov A.V., Korobov D.S.*, 2013. Drevneye i sredne-vekovoye zemledeliye v Kislovodskoy kotlovine: itogi pochvenno-arkheologicheskikh issledovaniy [Ancient and medieval agriculture in the Kislovodsk depression: Results of soil and archaeological research]. Moscow: Taus. 272 p.
- Bronnikova M.A., Murasheva V.V., Yakushev A.I.*, 2008. The first data on the spatial heterogeneity of the elemental composition of the Gnezdovo cultural layer. *Gnezdovo: Rezul'taty kompleksnykh issledovaniy pamyatnika [Gnezdovo: Results of the comprehensive research on the site]*. V.V. Murasheva, ed. Moscow: Al'faret, pp. 145–149. (In Russ.)
- Chernysheva E.V., Kashirskaya N.N., Korobov D.S., Borisov A.V.*, 2014. Changes in the biological activity of soddy calcareous soils of the Kislovodsk depression under the influence of ancient and modern anthropogenic effects. *Pochvovedeniye [Eurasian Soil Science]*, 9, pp. 1068–1076. (In Russ.)
- 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*, 57, pp. 24–31.
- Cheverdin Yu.I.*, 2015. The influence of anthropogenic factors on the reaction of the soil environment of chernozems. *Agrokimiya [Agricultural chemistry]*, 8, pp. 15–22. (In Russ.)

- Darmanyany A.P., 2013. Statistical features of the calculation and graphical representation of macroeconomic indicators of the Russian Federation population's living standard. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Contemporary issues of science and education], 1, pp. 324–332. (In Russ.)
- Dolgikh A.V., 2008. Formirovaniye pedolitosedimentov i pochvenno-geokhimicheskoy sredy drevnikh gorodov Evropeyskoy Rossii: avtoreferat dissertatsii ... kandidata geograficheskikh nauk [Formation of pedolithic sediments and soil-geochemical environment of ancient cities in European Russia: the author's abstract of a doctoral thesis for the degree in Geography]. Moscow. 24 p.
- Ekimov Yu.G. 1979. Bronze Age settlements in the Snova river basin in Lipetsk Region. *Arkheologiya vostochnoevropeyskoy lesostepi* [Archaeology of the East European forest-steppe]. Voronezh: Voronezhskiy gosudarstvennyy universitet, pp. 103–114. (In Russ.)
- Fassbinder J., Stanjek H., 1993. Occurrence of bacterial magnetite in soils from archaeological sites. *Archaeologia Polona*, 31, pp. 117–128.
- Gak E.I., Chernysheva E.V., Khodzhayeva A.K., Borisov A.V., 2014. The experience of identifying and systematization of the infrastructure characteristics of the settlement of the catacomb culture Rykan-3 in the forest-steppe Don region. *Ross. Arkheol.* [Russian archaeology], 4, pp. 19–28. (In Russ.)
- Gak E.I., Ivashov M.V., Kayzer E., 2017. The settlement of the catacomb culture Ksizovo-1 in the Upper Don region: results and prospects of comprehensive studies. *V(XXI) Vserossiyskiy arkheologicheskiy s"yezd: sbornik nauchnykh trudov* [V(XXI) All-Russian Archaeological Congress: Collected papers]. A.P. Derevyanko, ed. Barnaul: Altayskiy gosudarstvennyy universitet, pp. 243–244. (In Russ.)
- Holliday V.T., Gartner W.G., 2007. Methods of soil P analysis in archeology. *Journal of Archaeological Science*, vol. 34, no. 2, pp. 301–333.
- Ivanov I.V., 2003. The geological and soil method of palaeogeographic reconstructions and the concept of "archaeological substance" (based on the results of studying the Timber-grave (Srubnaya) site Peschany Dol-II). *Material'naya kul'tura naseleniya basseyna reki Samary v bronzovom veke* [Material culture of the population of the Samara river region in the Bronze Age]. Samara: Izdatel'stvo Samarskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta, pp. 147–163. (In Russ.)
- Ivashov M.V. Otchet o rabotakh arkheologicheskoy ekspeditsii Lipetskogo gospedinstituta v Zadonskom rayone Lipetskoy oblasti v 1998 g. [Report on the works of the Lipetsk State Pedagogical Institute's archaeological expedition in Zadonsky district of the Lipetsk region in 1998]. *Arkhir Instituta arkheologii Rossiyskoy akademii nauk* [Archive of the Institute of Archaeology RAS], R-1, № 21677.
- Ivashov M.V., 1999. Issledovaniya v basseyne r. Snova v Zadonskom rayone Lipetskoy oblasti (Elektronnyy resurs) [Studies in the Snova river basin in Zadonsky district of Lipetsk region (Electronic source)]. URL: http://www.hist.vsu.ru/antiq/arho/arho99_1.html.
- Ivashov M.V., Gak E.I., 2019. The Microregion of the catacomb sites near the village of Ksizovo in the Upper Don region. *KSIA* [Brief Communications of the Institute of Archaeology], 256, pp. 108–120. (In Russ.)
- Kandeler E., Gerber H., 1988. Short-term assay of urease activity using colorimetric determination of ammonium. *Biology and Fertility of Soils*, vol. 6, iss. 1, pp. 68–72.
- Kashirskaya N.N., Plekhanova L.N., Udal'tsov S.N., Chernysheva E.V., Borisov A.V., 2017. Mechanisms and time factor of the functioning of the palaeosol enzymatic organization. *Biofizika* [Biophysics], vol. 62, iss. 6, pp. 1235–1244. (In Russ.)
- Kupriyenko N.V., Ponomareva O.A., Tikhonov D.V., 2009. Statistika. Metody analiza raspredeleniy. Vyborochnoye nablyudeniye: uchebnoye posobiye [Statistics. Distribution analysis methods. Sampling: A study guide]. St.Petersburg: Izdatel'stvo Politekhnikeskogo universiteta. 137 p.
- Maher B.A., 2007. Environmental magnetism and climate change. *Contemporary Physics*, vol. 48, iss. 5, pp. 247–274.
- Maher B.A., Alekseev A., Alekseeva T., 2003. Magnetic mineralogy of soils across the Russian steppe: climatic dependence of pedogenic magnetite formation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 201, no. 3–4, pp. 321–341.
- Makarov M.I., 2009. Fosfor organicheskogo veshchestva pochv [Phosphorus of soil organic matter]. Moscow: GEOS. 395 p.
- Oldfield F., Crowther J., 2007. Establishing fire incidence in temperate soils using magnetic measurements. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 249, iss. 3–4, pp. 362–369.
- Pryakhin A.D. Otchet arkheologicheskoy ekspeditsii Voronezhskogo universiteta za 1964 g. [Report of the archaeological expedition of Voronezh University for 1964]. *Arkhir Instituta arkheologii Rossiyskoy akademii nauk* [Archive of the Institute of Archaeology RAS], R-1, № 2896.
- Pryakhin A.D., 1966. On the sites of the early catacomb type in the Upper and Middle Don region. *Voprosy istorii slavyan* [Issues of the history of the Slavs], 2. Voronezh: Voronezhskiy gosudarstvennyy universitet, pp. 145–160. (In Russ.)
- Pryakhin A.D., 1982. Poseleniya katakombnogo vremeni lesostepnogo Podon'ya [Catacomb period settlements of the forest-steppe Don region]. Voronezh: Izdatel'stvo Voronezhskogo universiteta. 159 p.

- Saunders W.M., Williams E.G., 1955. Observations on the determination of total organic phosphorus in soils. *Journal of Soil Science*, vol. 6, iss. 2, pp. 254–267.
- Sycheva S.A., 1994. Soil-geomorphological aspects in the formation of the cultural layer of ancient settlements. *Pochvovedeniye [Eurasian Soil Science]*, 3, pp. 28–33. (In Russ.)
- Sycheva S.A., 2006. Cultural layers of ancient settlements as an object of interdisciplinary research. *Kul'turnyye sloi arkheologicheskikh pamyatnikov. Teoriya, metody i praktika issledovaniy: materialy nauchnoy konferentsii [Cultural layers of archaeological sites. Theory, methods and research practice: Proceedings of scientific conference]*. Moscow: NIA-Priroda, pp. 45–54. (In Russ.)
- Vagapov I.M., Alekseyev A.O., 2015. Magnetic susceptibility in assessing spatial and profile heterogeneity of soils caused by palaeoecological factors. *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Seriya geograficheskaya [Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Geography series]*, 5, pp. 99–106. (In Russ.)
- Vodyanitskiy Yu.N., 1989. Oksidy zheleza i ikh rol' v plodorodii pochv [Iron oxides and their role in soil fertility]. Moscow: Nauka. 160 p.
- Vodyanitskiy Yu.N., Gagarina E.I., Lesovaya S.N., 2000. The effect of gleying on iron compounds in red rocks. *Pochvovedeniye [Eurasian Soil Science]*, 4, pp. 427–433. (In Russ.)
- Zhang C., Vali H., Romanek C.S., Phelps T.J., Liu S.V., 1998. Formation of single-domain magnetite by a thermophilic bacterium. *American Mineralogist*, 83, pp. 1409–1418.