

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
ТЮМЕНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

**ВЕСТНИК АРХЕОЛОГИИ, АНТРОПОЛОГИИ  
И ЭТНОГРАФИИ**

*Сетевое издание*

**№ 2 (65)  
2024**

ISSN 2071-0437 (online)

Выходит 4 раза в год

**Главный редактор:**

Зах В.А., д.и.н., ТюмНЦ СО РАН

**Редакционный совет:**

Молодин В.И., председатель совета, акад. РАН, д.и.н., Ин-т археологии и этнографии СО РАН;  
Добровольская М.В., чл.-кор. РАН, д.и.н., Ин-т археологии РАН;  
Бауло А.В., д.и.н., Ин-т археологии и этнографии СО РАН;  
Бороффка Н., PhD, Германский археологический ин-т, Берлин (Германия);  
Епимахов А.В., д.и.н., Ин-т истории и археологии УрО РАН;  
Кокшаров С.Ф., д.и.н., Ин-т истории и археологии УрО РАН; Кузнецов В.Д., д.и.н., Ин-т археологии РАН;  
Лахельма А., PhD, ун-т Хельсинки (Финляндия); Матвеева Н.П., д.и.н., ТюмГУ;  
Медникова М.Б., д.и.н., Ин-т археологии РАН; Томилов Н.А., д.и.н., Омский ун-т;  
Хлахула И., Dr. hab., ун-т им. Адама Мицкевича в Познани (Польша); Хэнкс Б., PhD, ун-т Питтсбурга (США);  
Чикишева Т.А., д.и.н., Ин-т археологии и этнографии СО РАН

**Редакционная коллегия:**

Дегтярева А.Д., зам. гл. ред., к.и.н., ТюмНЦ СО РАН; Костомарова Ю.В., отв. секретарь, ТюмНЦ СО РАН;  
Пошехонова О.Е., отв. секретарь, ТюмНЦ СО РАН; Лискевич Н.А., отв. секретарь, к.и.н., ТюмНЦ СО РАН;  
Агапов М.Г., д.и.н., ТюмГУ; Адаев В.Н., к.и.н., ТюмНЦ СО РАН;  
Бейсенов А.З., к.и.н., НИЦИА Бегазы-Тасмола (Казахстан);  
Валь Й., PhD, О-во охраны памятников Штутгарта (Германия); Ключева В.П., к.и.н., ТюмНЦ СО РАН;  
Крийска А., PhD, ун-т Тарту (Эстония); Крубези Э., PhD, проф., ун-т Тулузы (Франция);  
Кузьминых С.В., к.и.н., Ин-т археологии РАН; Перерва Е.В., к.и.н., Волгоградский ун-т;  
Печенкина К., PhD, ун-т Нью-Йорка (США); Пинхаси Р., PhD, ун-т Дублина (Ирландия);  
Рябогина Н.Е., к.г.-м.н., ТюмНЦ СО РАН; Слепченко С.М., к.б.н., ТюмНЦ СО РАН;  
Ткачев А.А., д.и.н., ТюмНЦ СО РАН; Хартанович В.И., к.и.н., МАЭ (Кунсткамера) РАН

Утвержден к печати Ученым советом ФИЦ Тюменского научного центра СО РАН

Сетевое издание «Вестник археологии, антропологии и этнографии»  
зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий  
и массовых коммуникаций; регистрационный номер: серия Эл № ФС77-82071 от 05 октября 2021 г.

Адрес: 625008, Червишевский тракт, д. 13, e-mail: [vestnik.ipos@inbox.ru](mailto:vestnik.ipos@inbox.ru)

Адрес страницы сайта: <http://www.ipdn.ru>

© ФИЦ ТюмНЦ СО РАН, 2024

**FEDERAL STATE INSTITUTION  
FEDERAL RESEARCH CENTRE  
TYUMEN SCIENTIFIC CENTRE  
OF SIBERIAN BRANCH  
OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES**

# **VESTNIK ARHEOLOGII, ANTROPOLOGII I ETNOGRAFII**

ONLINE MEDIA

**№ 2 (65)  
2024**

ISSN 2071-0437 (online)

There are 4 numbers a year

**Editor-in-Chief**

Zakh V.A., Doctor of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)

**Editorial Council:**

Molodin V.I. (Chairman of the Editorial Council), member of the RAS, Doctor of History,  
Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS (Novosibirsk, Russia)  
Dobrovolskaya M.V., Corresponding member of the RAS, Doctor of History,  
Institute of Archaeology of the RAS (Moscow, Russia)  
Baulo A.V., Doctor of History, Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS (Novosibirsk, Russia)  
Boroffka N., PhD, Professor, Deutsches Archäologisches Institut (German Archaeological Institute) (Berlin, Germany)  
Chikisheva T.A., Doctor of History, Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS (Novosibirsk, Russia)  
Chlachula J., Doctor hab., Professor, Adam Mickiewicz University in Poznan (Poland)  
Epimakhov A.V., Doctor of History, Institute of History and Archeology Ural Branch RAS (Yekaterinburg, Russia)  
Koksharov S.F., Doctor of History, Institute of History and Archeology Ural Branch RAS (Yekaterinburg, Russia)  
Kuznetsov V.D., Doctor of History, Institute of Archeology of the RAS (Moscow, Russia)  
Hanks B., PhD, Professor, University of Pittsburgh (Pittsburgh, USA)  
Lahelma A., PhD, Professor, University of Helsinki (Helsinki, Finland)  
Matveeva N.P., Doctor of History, Professor, University of Tyumen (Tyumen, Russia)  
Mednikova M.B., Doctor of History, Institute of Archaeology of the RAS (Moscow, Russia)  
Tomilov N.A., Doctor of History, Professor, University of Omsk

**Editorial Board:**

Degtyareva A.D., Vice Editor-in-Chief, Candidate of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)  
Kostomarov Yu.V., Assistant Editor, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)  
Poshekhonova O.E., Assistant Editor, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)  
Lishevich N.A., Assistant Editor, Candidate of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)  
Agapov M.G., Doctor of History, University of Tyumen (Tyumen, Russia)  
Adaev V.N., Candidate of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)  
Beisenov A.Z., Candidate of History, NITSIA Begazy-Tasmola (Almaty, Kazakhstan),  
Crubezy E., PhD, Professor, University of Toulouse (Toulouse, France)  
Kluyeva V.P., Candidate of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)  
Kriiska A., PhD, Professor, University of Tartu (Tartu, Estonia)  
Kuzminykh S.V., Candidate of History, Institute of Archaeology of the RAS (Moscow, Russia)  
Khartanovich V.I., Candidate of History, Museum of Anthropology and Ethnography RAS Kunstkamera  
(Saint Petersburg, Russia)  
Pechenkina K., PhD, Professor, City University of New York (New York, USA)  
Pererva E.V., Candidate of History, University of Volgograd (Volgograd, Russia)  
Pinhasi R., PhD, Professor, University College Dublin (Dublin, Ireland)  
Ryabogina N.Ye., Candidate of Geology, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)  
Slepchenko S.M., Candidate of Biology, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)  
Tkachev A.A., Doctor of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)  
Wahl J., PhD, Regierungspräsidium Stuttgart Landesamt für Denkmalpflege  
(State Office for Cultural Heritage Management) (Stuttgart, Germany)

Address: Chervishevskiy trakt, 13, Tyumen, 625008, Russian Federation; mail: [vestnik.ipos@inbox.ru](mailto:vestnik.ipos@inbox.ru)

URL: <http://www.ipdn.ru>

Потапова А.В.<sup>a,\*</sup>, Арсенова Н.Е.<sup>b</sup>, Каширская Н.Н.<sup>a</sup>, Борисов А.В.<sup>a</sup><sup>a</sup> ИФХиБПП РАН, Институтская ул., 2, Пущино, 142290<sup>b</sup> Воронежский государственный университет, Россия, Университетская площадь, 1, Воронеж, 394018  
E-mail: anastassia4272@gmail.com (Потапова А.В.); arsyu1@yandex.ru (Арсенова Н.Е.);  
nkashirskaya81@gmail.com (Каширская Н.Н.); a.v.borisovv@gmail.com (Борисов А.В.)

## ПАЛЕОПОЧВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСТАТКОВ ПОСТРОЙКИ НА ГОРОДИЩЕ МИХАЙЛОВСКИЙ КОРДОН

*Проведены почвенно-археологические исследования остатков постройки на территории «Древнеславянского городища» (городище Михайловский кордон, славянская боршевская культура конца I тыс. н.э.) в Воронежской области с целью получения новых данных о планировке городища, характере домостроительства, жизнеобеспечения, хозяйства, бытового обихода. Исследования позволяют говорить о специфике использования строительных комплексов на площади городища, о возможности определения времени их активного использования.*

**Ключевые слова:** содержание фосфатов, археологическая микробиология, ферментативная активность, антропогенная деятельность, городище, боршевская культура, эпоха средневековья.

*Ссылка на публикацию:* Потапова А.В., Арсенова Н.Е., Каширская Н.Н., Борисов А.В. Палеопочвенные исследования остатков постройки на городище Михайловский кордон // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2024. 2. С. 110–122. <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2024-65-2-9>

### Введение

На северной окраине г. Воронежа на высоком правом берегу р. Воронеж расположена компактная группа археологических памятников, относящаяся к эпохе раннего средневековья. К их числу принадлежит и славянское городище Михайловский кордон площадью 8,9 га (рис. 1). Городище имеет две линии укреплений. Оно датируется древнерусским временем (последние века I тыс. н.э.), но также есть материалы эпохи бронзы и раннего железного века [Томилин, 2020].

Славянские поселения (городища) конца I тыс. н.э. на р. Воронеж в научной литературе стали широко известны с 1928 г. в результате исследований, проведенных экспедицией ГАИМК под руководством П.П. Ефименко [Ефименко, Третьяков, 1948]. В публикации результатов раскопок, появившейся в 1948 г., впервые звучит название городища — у «Михайловского кордона»: «В устье оврага, отделяющего городище от Лысой горы, находится лесная сторожка, известная под наименованием Михайловского 2-го кордона» [Ефименко, Третьяков, 1948]. В 1962 г. городище обследовалось археологической экспедицией Воронежского университета по руководством А.Н. Москаленко.

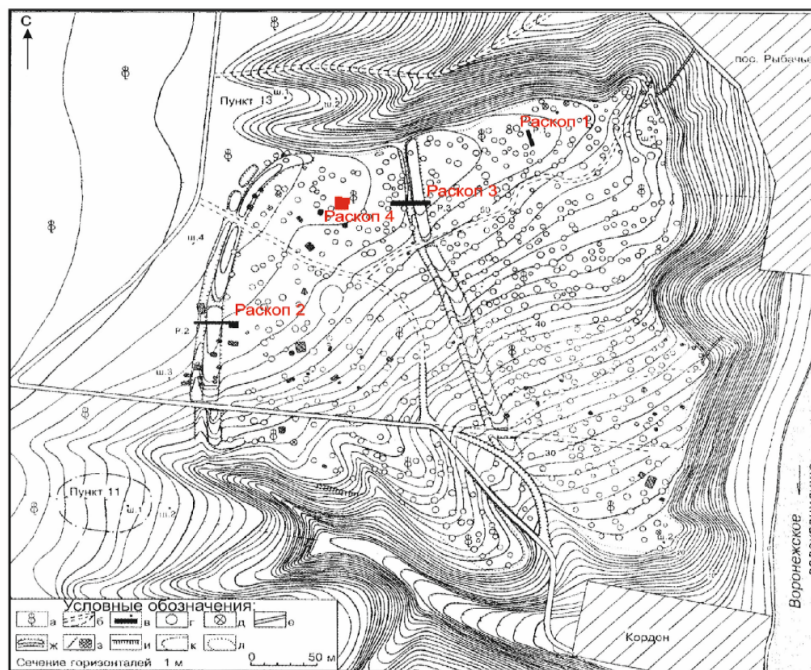
В 1986 и 1989 гг. на памятнике были проведены раскопки славянским отрядом экспедиции ВГУ под руководством А.З. Винникова. В 1986 г. в северо-восточной части городища были заложены раскоп 1 (60 м<sup>2</sup>) и два шурфа. В 1989 г. были изучены две линии укреплений. На внешней линии был заложен раскоп 2 (129 м<sup>2</sup>), на внутренней — раскоп 3 (36 м<sup>2</sup>) (рис. 1) [Винников, 2017; Пряхин и др., 1997]. В мае 2021 г. экспедицией Археологического музея Воронежского университета под руководством Н.Е. Арсеновой (на основании открытого листа № 0137-2021 от 02.03.2021) в северо-западной части городища был заложен раскоп 4 (рис. 1). Он находился между внутренней и внешней линиями укреплений, на территории, относительно свободной от лесной растительности, общая площадь 68 м<sup>2</sup>. Включал в себя западину размерами 4×4 м, которая хорошо фиксировалась на современной дневной поверхности (рис. 2, I). Выявленный культурный слой толщиной до 0,6 м представлял собой темно-серую гумусированную плотную супесь с включениями желтой плотной супеси.

На месте западины в раскопе выявлен объект 1, который фиксировался на уровне материка в виде темного гумусированного пятна подквадратной формы 4×4 м (рис. 3, II). Он изучался в несколько этапов. На первом этапе разбиралось заполнение котлована по контурам упомянутого пятна. На втором этапе к исследованию привлекли палеопочвоведов. В результате в исследуемую площадь включили заплывшие стенки объекта. Итоговая глубина котлована — до 0,85 м в

\* Corresponding author.

## Палеопочвенные исследования остатков постройки на городище Михайловский кордон

материковом основании, длинной осью он вытянут по линии СЗ–ЮВ, его площадь около 22,5 м<sup>2</sup>. На площади котлована расчищено 14 ям различных диаметров (от 0,25 до 0,65 м), которые имеют непосредственное отношение к домостроительной конструкции данного объекта (рис. 3).

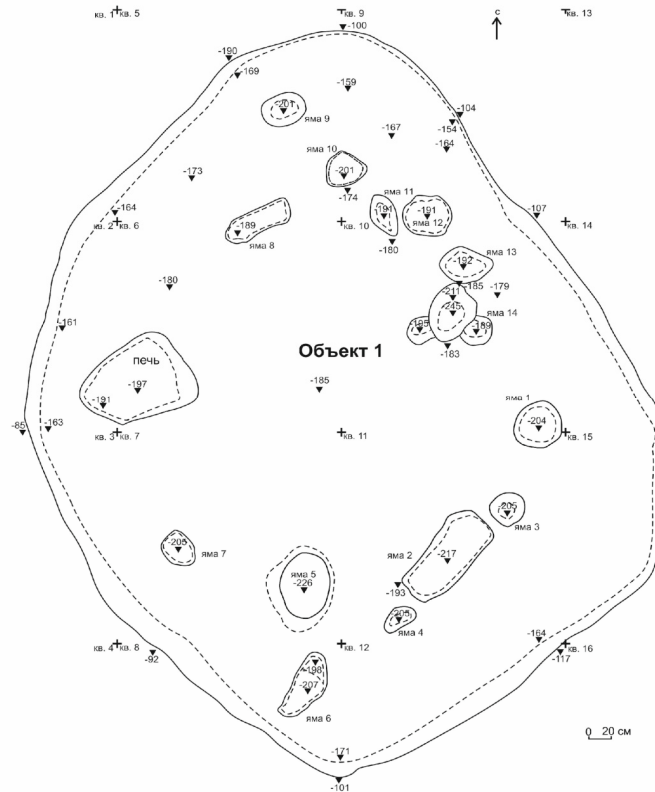


**Рис. 1.** План городища Михайловский кордон с обозначенными раскопами. Съемка Ю.Д. Разуваева и М.В. Цыбина, 1996 г. Раскоп 4 (2021 г.) отмечен красным квадратом.  
**Fig. 1.** Plan of the settlement Mikhailovsky cordon with designated excavations. Shooting by Yu.D. Razuvaev and M.V. Tsybin. Excavation 4 in 2021 is marked with a red square.



**Рис. 2.** Западина объекта 1, вид с севера (I), и общий вид раскопа 4 после зачистки по матерiku, вид с севера (II).  
**Fig. 2.** Depression of object 1, view from the north I; and general view of excavation 4 after clearing along the mainland, view from the north (II).

Стены котлована почти отвесные. Пол постройки материковый (рис. 4, А), достаточно плотный. По всей площади котлована отчетливо фиксировался так называемый натопт, соответствующий уровню основания котлована в период его использования (-175 см от условного «0», толщина — до 0,06 м). В квадрате 10 на уровне натопта был найден развал боршевского сосуда с защипами по краю венчика (диаметр верха — 19 см, тулова — 21 см, дна — 11 см, высота — 20,5 см) (рис. 4, Г8). В котловане жилища, в его северо-западной части, на уровне материковой поверхности (кв. 2, 7) были обнаружены остатки отопительного сооружения — глинобитной печи размерами 0,9×0,7 м (рис. 3; рис. 4, А). Напротив печи в юго-восточной части постройки находился предполагаемый вход со ступеньками.



**Рис. 3.** План объекта 1 с изученными ямами.  
**Fig. 3.** Plan of object 1 with studied pits.

Основные находки из объекта 1 представлены фрагментами салтовских, славянских и крымских керамических сосудов, костями животных, а также следующими предметами: фрагмент ножа (рис. 4, ГЗ), пряслице из стенки сосуда (рис. 4, Г1), фрагмент бронзовой подвески (рис. 4, Г2), глиняное пряслице (рис. 4, Г4), бронзовая пуговица грушевидной формы (рис. 4, Г5), железный предмет (рис. 4, Г6) и каменный оселок (рис. 4, Г7).

В кв. 13, 14 располагался объект 2 (рис. 4, Б). Он представлял собой яму округлой формы, глубиной до 0,75 м, диаметром 1,5 м. В объекте были обнаружены фрагмент стенки и фрагмент дна лепного сосуда (рис. 4, Д). Можно предположить, что данный объект имел хозяйственное назначение.

В северо-западном углу квадрата 1 на уровне -33 см от условного «0» был зафиксирован объект 3 — отопительное сооружение, возможно летняя печь (рис. 4, В). От нее сохранилось пятно прокала и угля размерами 0,75×0,8 м, мощностью до 0,2 м.

Таким образом, объект 1 — это полуземляночная постройка славянской боршевской археологической культуры конца I тыс. н.э. Скорее всего, единый комплекс с ней составляли летняя печь (объект 3) и хозяйственная яма (объект 2).

### Палеопочвенные исследования

Целью палеопочвенных исследований была реконструкция особенностей бытовой и производственной деятельности населения на территории памятника, а также реконструкция характера использования отдельной постройки. Также в число задач входила оценка природных условий времени существования памятника на основе палеопочвенных данных.

В южной части бровки «север — юг» была исследована погребенная почва, перекрытая слоем материкового грунта (рис. 5). Погребенная почва имеет явные признаки подзолистого процесса в виде характерной белесоватости в горизонте ЕL. Это говорит о том, что в момент создания постройки территория была занята хвойным лесом, но с определенной долей лиственных пород.

Для реконструкции особенностей хозяйственного использования территории, прилегающей к постройке, были отобраны образцы из бортов раскопа. Образцы отбирались из слоя 0–20 см и слоя 20–40 см. Как предполагается, слой 0–20 см в большей степени отражает современный



этап почвообразования, в то время как свойства слоя 20–40 см связаны с особенностями антропогенной деятельности в период функционирования постройки.



**Рис. 4.** Объекты инфраструктуры и находки на территории городища Михайловский кордон: А — объект 1 с изученными ямами, вид с юго-востока (жилище); Б — объект 2 (хозяйственная яма); В — объект 3 (летняя печь); Г — находки из объекта 1: 1 — пряслице из стенки сосуда; 2 — фрагмент подвески бронзовой; 3 — нож железный; 4 — фрагмент пряслица; 5 — пуговица бронзовая; 6 — предмет железный; 7 — оселок каменный; 8 — развал боршевского сосуда; Д — находки из объекта 2: 9 — фрагмент стенки; 10 — фрагмент дна лепного сосуда.

**Fig. 4.** Infrastructure objects and finds on the territory of the Mikhailovsky cordon settlement: А — object 1 with studied pits, view from the southeast (dwelling); Б — object 2 (utility pit); В — object 3 (summer stove); Г — finds from object 1: 1 — whorl from the wall of the vessel; 2 — fragment of a bronze pendant; 3 — iron knife; 4 — fragment of the whorl; 5 — bronze button; 6 — iron object; 7 — stone touchstone; 8 — broken vessel of the Borshevo Culture; Д — finds from object 2: 9 — fragment of the wall; 10 — fragment of the bottom of a molded vessel.

В северо-западной части раскопа была исследована летняя печь. Из этого комплекса были отобраны образцы из погребенной почвы рядом с печью, из ореола печи и слоя прокала.

На дне котлована сохранился хорошо выраженный слой натопта, который образовался в период функционирования постройки. Материал натопта более тяжелого гранулометрического состава, плотный, темно-серый с бурым оттенком. В бровке «запад — восток» были отобраны образцы натопта на разном удалении от печи (0 м — «нулевая» точка отбора — печь; по мере удаления от печи через каждые 0,5 м отбирались образцы натопта: 0; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4 м). В различных частях постройки отбирались образцы натопта с пола. В северо-западном секторе у печи были отобраны образцы натопта черного и бурого цвета и образец углистого слоя. Из ниши под сосудом также был отобран образец грунта. В северо-восточном секторе отбор производился из бурого слоя натопта над углистым слоем и из углистого слоя. Также были взяты образцы тлена от деревянных конструкций на материке и сохранившийся тлен от бревна у стены.

#### Методы исследований

##### *Содержание органических и минеральных форм фосфатов*

Анализ содержания фосфатов используется в ходе разведки перед раскопками, чтобы определить местонахождение или границы археологических памятников [Dauncey, 1952; Hammond, 1983; Ball, Kelsay, 1992], в качестве инструмента в ландшафтной археологии для изучения древней сельскохозяйственной практики [Coultas, 1993; Lippi, 1988; Dunning, 1993, 1997, 1998], для выявления особенностей территории и установления зон хозяйственной активности [Manzanilla, Barba, 1990; Демкин, Дьяченко, 1994].



**Рис. 5.** Фрагмент бровки котлована:

- 1 — материк; 2 — горизонт EL погребенной почвы; 3 — горизонт АУ погребенной почвы;  
4 — грунт перекрытия котлована; 5 — заполнение котлована.

**Fig. 5.** Fragment of the edge of the pit:

- 1 — mainland; 2 — EL horizon of buried soil; 3 — AY horizon of buried soil; 4 — soil of the pit cover; 5 — pit filling.

В данной работе проводилось определение содержания органических и минеральных фосфатов по методу Сандерса и Вильямса [Saunders, Williams, 1955]. Применение данного метода связано с тем, что при классическом определении валового фосфора с помощью рентген-флуоресцентного анализа информация о природе этого элемента в культурном слое неясна. Например, схожими значения содержания фосфора могут оказаться в результате поступления в почву как золы, так и пищевых отходов, экскрементов либо иных продуктов органического происхождения. Поэтому раздельное определение органических и минеральных форм фосфатов позволяет более точно воссоздать источник фосфора. При таком определении на первом этапе оценивается содержание минерального фосфора путем его экстракции из почвы 0,2 н раствором  $H_2SO_4$  с последующим колориметрическим определением концентрации. Далее для оценки содержания органических фосфатов почву прокаливают в течение 3 часов при 525 °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.

Существует два основных источника поступления фосфора в культурный слой: биологический фосфор — пищевые отходы, экскременты, бытовой мусор; минеральный фосфор, представленный в виде остатков золы и костей [Макаров, 2009]. При традиционном определении содержания валового фосфора и в том, и в другом случае будет фиксироваться обогащение слоя фосфатами, хотя с позиций археологических реалий накопление «биологического» и «минерального» фосфора представляет собой последствия совершенно различных типов антропогенной деятельности. Таким образом, содержание валового фосфора в культурном слое не дает полного представления об особенностях функционирования памятника, а в ряде случаев может провоцировать неверные, искаженные интерпретации. Так, опираясь на высокие показатели содержания фосфатов, можно сделать вывод об интенсивном и длительном хозяйственном использовании территории (приготовление пищи, складирование отходов и т.д.), хотя на самом деле могло иметь место накопление золы. Поэтому раздельное определение биологических и минеральных форм фосфора в культурных слоях является одним из необходимых этапов реконструкции инфраструктуры археологических памятников [Потапова и др. 2020].

#### *Уреазная активность почв*

Активность фермента уреазы является одним из показателей антропогенной нагрузки. Если бы в окружающей среде отсутствовали процессы разрушения мочевины, почва была бы пере-

насыщена азотистыми соединениями. В природе разложение мочевины до аммиака и углекислого газа происходит с участием уреазы, продуцируемой почвенными микроорганизмами, в первую очередь уробактериями. Фермент, называемый уреазой, катализирует гидролиз мочевины до аммиака и углекислоты [Гиззатова, Шипаева, 2016]. Обычно ее присутствие обнаруживается во всех почвах, при этом уреазная активность сильно варьирует, в зависимости от степени окультуренности почв, характера растительности и содержания гумуса. Уреаза распространена среди микроорганизмов, причем уреазную активность можно обнаружить и у сапрофитов, и у патогенных микробов; но в тканях животных фермент отсутствует [Tabatabai, 1977]. Уреазная активность успешно используется как индикатор при поиске зон содержания скота и границ древних сельскохозяйственных угодий [Chernysheva et al., 2015; Каширская и др., 2017; Борисов, Коробов, 2013]. Увеличение значений уреазной активности почвы может свидетельствовать о местах компактного проживания людей и содержания скота [Чернышева и др., 2014; Гак и др., 2014; Chernysheva et al., 2015].

Для оценки уреазной активности был использован модифицированный индофенольный метод [Kandeler, Gerber, 1988].

#### *Численность индикаторных микробных групп*

Решение ряда археологических задач оказывается возможным только благодаря использованию методов из арсенала археологической микробиологии. Так, отделить жилую зону поселения от хозяйственной или производственной части с помощью классических методов исследования довольно сложно. Ранее для этого оценивались лишь физико-химические свойства почв [Holliday, Gartner, 2007; Wilkinson, 1982]. Физико-химические свойства жилой зоны поселения и почв за ее пределами могут быть схожи, поэтому использование микробиологических методов позволяет диагностировать занятия животноводством. Применение методов археологической микробиологии наиболее обстоятельно описано в статье "Microbiology Meets Archaeology" [Margesin et al., 2016], где показана возможность сохранения в микробном сообществе почвы информации об антропогенном воздействии.

Многочисленные исследования показали, что практически все характеристики микробного сообщества выявляют различия между почвами поселений и фоновыми почвами, не подвергавшимися антропогенному воздействию [Чернышева и др., 2016].

Численность сапротрофных бактерий оценивали по результатам посева на твердой питательной глюкозо-пептонно-дрожжевой среде ГПД следующего состава (г/л): пептон — 2, глюкоза — 1, дрожжевой экстракт — 1, гидролизат казеина — 1, агар — 20.

Определение числа КОЕ кератинолитических грибов проводилось методом чашечного счета на шерстяном диске, который помещался на поверхность твердой питательной среды Виноградского. Для изготовления дисков 100% шерстяная ткань обрабатывалась гексаном в течение 1 часа для удаления примесей органических веществ. После высушивания ткань выдерживалась в течение 1 часа в концентрированной соляной кислоте для частичного разрушения кератина, чтобы полученный таким образом питательный субстрат давал возможность учитывать не только число КОЕ кератинолитических грибов, способных усваивать неповрежденный кератин, но и КОЕ кератинофильных грибов, усваивающих первичные продукты его разложения [Marchisio et al., 2000]. Из промытой от кислоты и стерилизованной в автоклаве шерстяной ткани изготавливались диски диаметром 90 мм, по диаметру чашек Петри. Диски выравнивались утюгом и вторично стерилизовались в сушильном шкафу при температуре 160 °С в течение 3 часов.

Почвенную суспензию, приготовленную из грунтов, высевали непосредственно на шерстяные диски.

Для приготовления почвенной суспензии навеску грунта 1 г помещали в стерильную фарфоровую ступку. Далее из колбы, содержащей 100 мл стерильной водопроводной воды, к почве приливали одну каплю (100–200 мкл). Полученную пасту растирали пальцем в стерильной перчатке до полного разрушения структурных агрегатов [Методы почвенной микробиологии..., 1991], затем количественно переносили в колбы, доводя суспензию до второго разведения. На шерстяной диск наносили 1 мл суспензии и растирали шпателем. Затем чашки Петри закрывали и помещали в стерильные пластиковые пакеты с кусочком ваты, смоченным в стерильной воде для поддержания влажности. Рост кератинолитических грибов на шерстяном субстрате продолжался в течение 6–7 дней в термостате при температуре 26 °С. Число КОЕ кератинолитических грибов после подсчета их колоний на поверхности шерсти определяли по формуле  $N = a \times 100/m/1000$ , где  $N$  — число КОЕ кератинолитических грибов (тыс. / г почвы);  $a$  — число колоний на поверхно-



сти диска; 100 — второе разведение суспензии;  $m$  — масса навески грунта. Статистическую обработку данных проводили стандартными методами [Дмитриев, 1995; Куприенко и др., 2009].

### Результаты исследований

Результаты определения *содержания фосфатов* в бортах раскопа позволяют сделать некоторые выводы о характере антропогенной деятельности за пределами постройки. Содержание минерального фосфора (рис. 6, I) в слое 0–20 см варьировало в большей части случаев от 0,5 до 1 мг  $P_2O_5$  / г почвы. Особенно высокое содержание минерального фосфора, 2,2 мг  $P_2O_5$  / г почвы, было отмечено в квадрате 3 с восточной стороны. С южной стороны этого же квадрата содержание минерального фосфора было почти в 3 раза меньше. Достаточно высокое значение этого показателя наблюдалось в квадрате 17, где была расположена летняя печь, и в квадрате 2, откуда происходит находка № 6.

Слой 20–40 см по содержанию минерального фосфора мало отличался от верхнего слоя, за исключением квадрата 2 и квадрата 3 с восточной стороны, где в верхнем слое было выявлено максимальное значение этого показателя. При этом в квадрате 3 содержание минерального фосфора оставалось максимальным — в 1,5–3,5 раза выше по сравнению с остальными квадратами.

В квадрате 17, где была расположена летняя печь, содержание минерального фосфора в слое 20–40 см оставалось таким же высоким, как в верхнем слое. Очевидно, что здесь высокое содержание минерального фосфора связано с наличием углей (зола).

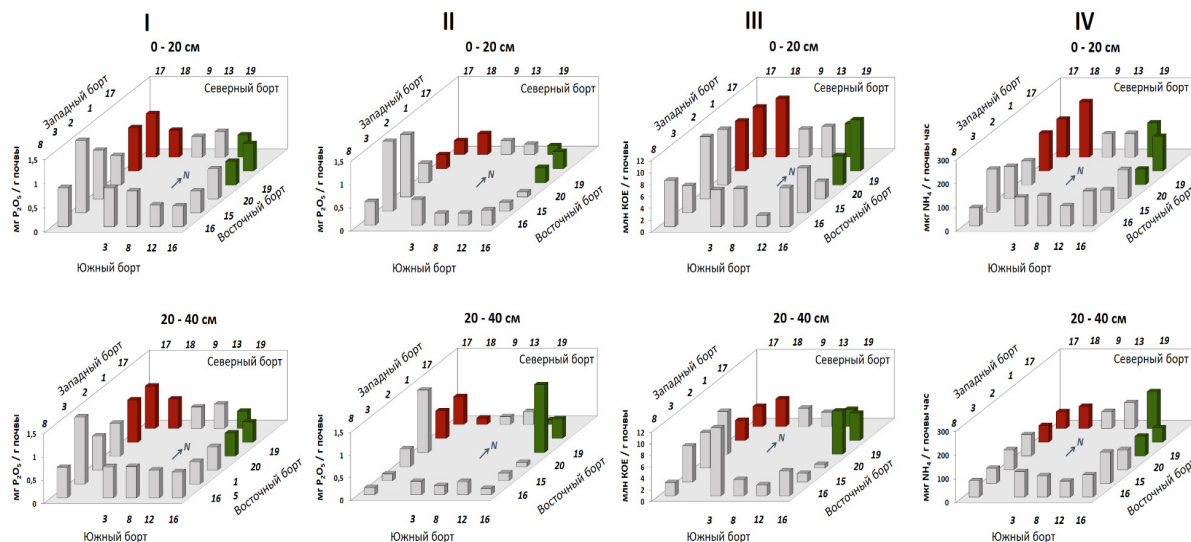
В целом, содержание минерального фосфора увеличивалось в направлении с востока на запад в 2–3,5 раза. По-видимому, в западной части памятника была сосредоточена хозяйственная деятельность древнего населения, предположительно в летнее время (когда работала летняя печь). Это подтверждается данными по содержанию органического фосфора, который также в западной части поселения увеличивался в верхнем слое в 3–16 раз, а в нижнем слое — в 3–6 раз по сравнению с восточной частью. Например, исследование поселения Ксизово-1 среднедонской катакомбной культуры (XXIV–XXIII вв. до н.э.) в лесостепной зоне выявило резкое увеличение поступления в почву фосфора, причем максимальные величины содержания минеральных и органических форм фосфора были зафиксированы в местах обнаружения очага [Потапова и др., 2020; Kashirskaya, Potarova et al., 2020]. В культурном слое Михайловского кордона по периметру раскопа 4 экстремально высокое значение органического фосфора — 6,3 мг  $P_2O_5$  / г почвы — было выявлено в квадрате 20, в восточной части раскопа (рис. 6, II). Территория этого квадрата примыкала к хозяйственной яме (объект № 2). Здесь в слое 20–40 см имело место накопление органического вещества, что подтверждается не только высоким содержанием органического фосфора, но и достаточно высокой численностью сапротрофных бактерий, свидетельствующих об органическом загрязнении почвы (рис. 6, III). Мы предполагаем, что в северо-восточной части раскопа происходило дополнительное поступление в почву органических субстратов (навоз, фекалии, бытовой мусор).

*Численность сапротрофных бактерий* в верхнем слое варьировала от 2 до 10 млн КОЕ / г почвы и была максимальной в северо-западной части поселения (зона летней печи). Достаточно высокая численность сапротрофов в верхнем слое была в квадрате 19, в зоне влияния хозяйственной ямы (рис. 6, III). В слое 20–40 см, который в целом характеризовался снижением численности сапротрофов, были отмечены пики данного показателя в квадратах 3, 19 и 20.

*Уреазная активность* (рис. 6, IV) в верхнем слое варьировала от 66 до 234 мкг  $NH_4$  / г почвы час. Заметное увеличение этого показателя наблюдалось в западной части раскопа. В слое 20–40 см, где в целом величины уреазной активности были ниже, чем в слое 0–20 см, пик этого показателя наблюдался в квадрате 19.

Некоторые представления о характере использования постройки можно получить по анализу свойств натопа на дне котлована. Содержание минерального фосфора составляло здесь от 0,6 до 1,0 мг  $P_2O_5$  / г почвы, тогда как содержание органического фосфора варьировало в более широком диапазоне — от 0,03 до 1,4 мг  $P_2O_5$  / г почвы. В восточной части бровки преобладали минеральные формы фосфора, органический фосфор здесь практически не выявлялся. Далее, по направлению к западу, содержание фосфора в натопе постройки возрастало и достигало максимальных значений в точке 3,0 м. Здесь содержание органического фосфора было в 1,5 раза выше, в западной части бровки значения этих показателей снова уменьшались до 0,4–0,3 мг  $P_2O_5$  / г почвы. Экстремально высоких значений содержания фосфора, отмеченных в культурном слое по периметру раскопа 4, здесь не было выявлено.

## Палеопочвенные исследования остатков постройки на городище Михайловский кордон



**Рис. 6.** Содержание минерального (I) и органического (II) фосфора в культурном слое в бортах раскопа 4. Численность сапротрофных бактерий (III) и уреазная активность (IV) в культурном слое в бортах раскопа 4. Красной заливкой показаны значения в секторах рядом с летней печью, зеленой — в секторах у хозяйственной ямы.

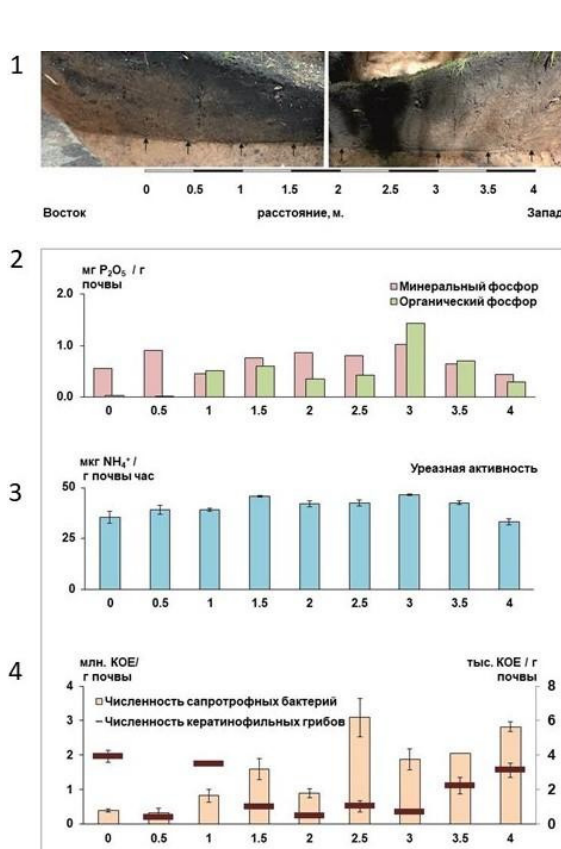
**Fig. 6.** The content of mineral (I) and organic (II) phosphorus in the cultural layer in the sides of the excavation 4. The number of saprotrophic bacteria (III) and urease activity (IV) in the cultural layer in the sides of the excavation 4. Red shading shows the values in the sectors next to the summer stove, green — in sectors near the utility pit.

Уреазная активность (рис. 7) в натопте на дне котлована варьировала от 33 до 46  $\text{мкг NH}_4 / \text{г почвы час}$ . Незначительное увеличение данного показателя было замечено с востока на запад в точках 1,5 и 3 м от нулевой точки — печь. В «натопте» на дне котлована была выявлена низкая численность сапротрофных бактерий — не более 3 млн КОЕ / г почвы, тогда как за пределами жилища она достигала 10,5 млн КОЕ / г почвы. Минимальная численность сапротрофов была выявлена в слое натопта в области печи и возрастала по мере удаления от печи. Численность кератинофильных грибов не превышала 3 тыс. КОЕ / г.

В северо-западной части жилища черный натопт и бурый слой были представлены в большей части углистыми субстратами, с низкими значениями численности сапротрофов и кератинофильных грибов. Здесь натопт не выделялся высоким содержанием фосфора (рис. 8) в, отличие от северо-восточной части жилища. Содержание минерального фосфора варьировало в пределах 0,5–2  $\text{мг/г P}_2\text{O}_5$ , содержание органического фосфора — в пределах 0,04–2  $\text{мг/г P}_2\text{O}_5$ . Максимальные значения минеральных форм фосфора отмечались в черном натопте и углистом слое, тогда как органический фосфор — в углистом слое и в буром слое над углистым слоем. Уреазная активность в разных типах натопта на дне котлована постройки варьировала от 56 до 93  $\text{мкг NH}_4 / \text{г почвы час}$ .

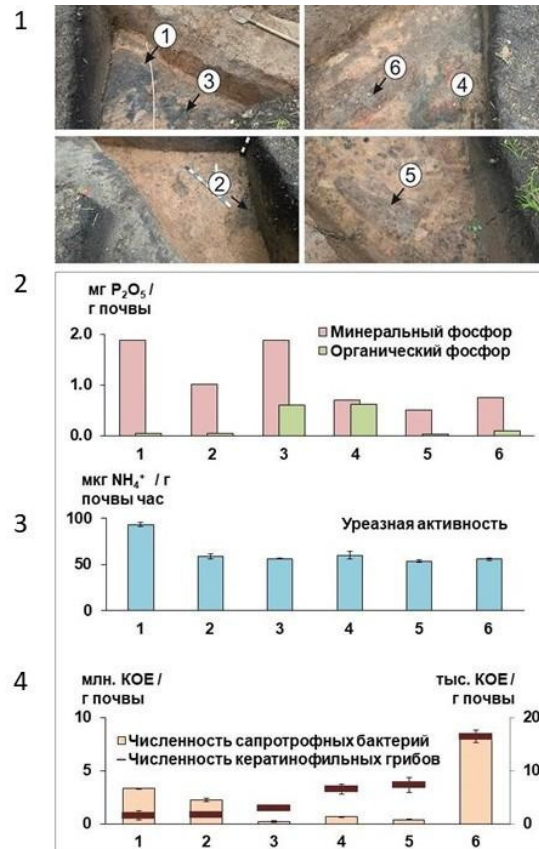
На дне котлована отмечалась низкая численность сапротрофных бактерий и кератинофильных грибов, единственный выбивающийся из ряда натопт № 6 — тлен от бревна имел численность сапротрофных бактерий около 10 млн КОЕ / г почвы и около 20 тыс. КОЕ / г кератинофильных грибов. Предположительно здесь находились деревянные конструкции (впоследствии — сохранившийся тлен от бревна у стены).

Анализ органических тленов на дне в разных частях постройки позволил выявить следующие закономерности. Изменение содержания фосфатов органических тленов в разных частях постройки варьировало от 0,5 до 2  $\text{мг P}_2\text{O}_5 / \text{г почвы}$ , тогда как содержание органического фосфора — в более широком диапазоне: от 0,03 до 1,4  $\text{мг P}_2\text{O}_5 / \text{г почвы}$ . Основной вклад в увеличение содержания фосфатов вносили минеральные формы фосфора. Можно предположить, что их источником являлась зола от костей животных, которые встречались в культурном слое. Что касается содержания органических форм фосфатов, то, как правило, этот показатель был значительно ниже.



**Рис. 7.** Места отбора образцов грунта из слоя натопта под бровкой раскопа (1) и динамика содержания фосфатов (2), уреазная активность (3) и численность специфических групп микроорганизмов в натопте.

**Fig. 7.** Places of soil sampling from the layer of soil under the brow of the excavation (1) and the dynamics of phosphate content (2), urease activity (3) and the number of specific groups of microorganisms in the soil



**Рис. 8.** Места отбора образцов грунта из слоя натопта на дне котлована (1) и динамика содержания фосфатов (2), уреазная активность (3) и с численность специфических групп микроорганизмов в натопте.

**Fig. 8.** Places of soil sampling from the layer of soil at the bottom of the excavation (1) and the dynamics of phosphate content (2), urease activity (3) and the number of specific groups of microorganisms in the soil.

Значения уреазной активности в органических тленах на дне котлована постройки было заметно ниже, чем за пределами постройки, что можно рассматривать как явный признак соблюдения санитарных условий, исключающих поступление мочевины в почву.

Низкая численность кератинолитических грибов и сапротрофных бактерий свидетельствует о том, что в слой натопта не попадали шерсть и богатые питательными веществами органических субстраты, которые можно связывать с остатками пищи.

### Заключение

В целом комплекс химических и микробиологических свойств почв внутри котлована и за его пределами позволяет предположить специфический характер эксплуатации постройки и прилегающей к ней территории. Первое, на что следует обратить внимание, это полное отсутствие следов содержания скота. Активность фермента уреазы, а также численность кератинолитических грибов свидетельствуют об отсутствии поступления в почву мочевины и шерсти. Предполагается, что жизнедеятельность древнерусского населения так или иначе была тесным образом связана со скотом, и в этих условиях закономерно было бы ожидать наличие выраженных индикаторов содержания скота в культурном слое постройки. Однако этого не наблюдается. Также вызывают вопросы очень низкие значения содержания фосфатов и иных индикаторов антропогенной деятельности в натопте на дне котлована внутри помещения. Предположительно, это может быть следствием высоких санитарных норм, которые соблюдали его обитатели. Но эта версия не представляется нам убедительной. Более обоснованным выглядит

предположение об эпизодическом использовании постройки либо о возможном проживании без ведения активной хозяйственной деятельности, как в самой постройке, так и за ее пределами. Это подтверждает очень небольшое количество керамики (14,5 % от общей массы находок) и костей животных (18 % от общего количества костного материала) из объекта 1.

Результаты палеопочвенных исследований позволяют поставить вопрос о специфике использования конкретных строительных комплексов на площади городища, о возможности определения времени их активного использования. Расширение результатов подобных исследований позволит более детально говорить о планировочной структуре городища.

**Финансирование:** Археологические раскопки проводились при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-49-363003. Аналитический блок исследований выполнен за счет средств гранта РФФИ 22-68-00010.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Борисов А.В., Коробов Д.С.* Древние и средневековое земледелие в Кисловодской котловине: Итоги почвенно-археологических исследований. М.: Таус, 2013. 272 с.
- Винников А.З., Цыбин М.В.* Славянское городище у «Михайловского кордона» на р. Воронеж // Верхнедонской археологический сборник. Липецк: ЛГПУ, 2017. Вып. 8. С. 81–93.
- 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.
- Гиззатова Г.Л., Шипаева Т.А.* Уреаза — ключевой фермент биodeградации мочевины // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 3 (45). Ч. 3. С. 88–90. <https://doi.org/10.18454/IJ.RJ.2016.45.175>
- Демкин В.А., Дьяченко А.Н.* Итоги палеопочвенного изучения поселения Ерзовка-I в Волгоградской области // РА. 1994. № 3. С. 216–222.
- Дмитриев Е.А.* Математическая статистика в почвоведении. М.: МГУ. 1995. 320 с
- Ефименко П.П., Третьяков П.Н.* Древнерусские поселения на Дону. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1948. 127 с. (МИА; № 8).
- 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 Политех. ун-та, 2009. 137 с.
- Макаров М.И.* Фосфор органического вещества почв. М.: ГЕОС, 2009. 395 с.
- Методы почвенной микробиологии и биохимии.* Под ред. проф. Д.Г. Звягинцева. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Изд-во МГУ. 1991. 304 с.
- Потапова А.В., Пинской В.Н., Гак Е.И., Каширская Н.Н., Борисов А.В.* Изменчивость свойств культурного слоя поселения эпохи бронзы Ксизово-1 в лесостепном Подонье // РА. 2020. № 1. С. 60–75. <https://doi.org/10.31857/S086960630008254-8>
- Пряхин А.Д., Беседин В.А., Разуваев Ю.Д., Цыбин М.В.* Вантит: Изучение микрорегиона памятников у северной окраины г. Воронежа. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1997. Вып. 1. 43 с.
- Томилин Д.А.* Археологическая разведка на территории государственного природного заказника «Воронежская нагорная дубрава» // АО. 2018 г. М.: ИА РАН, 2020. С. 221–223. <https://doi.org/10.25681/IARAS.2020.978-5-94375-326-8.221-223>
- Чернышева Е.В., Борисов А.В., Коробов Д.С.* Биологическая память почв и культурных слоев археологических памятников. М.: ГЕОС, 2016. 240 с.
- 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. <https://doi.org/10.7868/80032180X14090020>
- Ball J.W., Kelsay R.G.* Prehistoric intrasettlement land use and residual soil phosphate levels in the upper Belize Valley, Central America // Gardens of Prehistory / Ed. by T.W. Killion. University of Alabama Press. 1992. P. 234–262.
- Chemysheva E.V., Korobov D.S., Khomutova T.E., Borisov A.V.* Urease activity in cultural layers at archaeological sites // Journal of Archaeological Science. 2015. Vol. 57. P. 24–31. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2015.01.022>
- Coultas, C.L., Collins, M.E., Chase A.F.* Effect of ancient Maya agriculture on terraced soils of Caracol, Belize // Proceedings of The First International Conference on Pedito-archaeology / Ed. by J.E. Foss, M.E. Timpson & M.W. Morris. Knoxville: University of Tennessee special publication 93–03, 1992. P. 191–201.
- Dauncey K.D.M.* Phosphate content of soils on archaeological sites // Advancement of Science. 1952. № 9. P. 33–37.
- Dunning N.P.* Ancient Maya anthrosols: Soil phosphate testing and land use // Proceedings of the First International Conference on Pedito-Archaeology / Ed. by J.E. Foss, M.E. Timpson & M.W. Morris. Knoxville: University of Tennessee Agricultural Experiment Station Publication 93–03, 1993. P. 203–211.
- Dunning N.P., Beach T., Rue D.* The paleoecology and ancient settlement of the Petexbatu'n region, Guatemala // Ancient Mesoamerica. 1997. № 8. P. 255–266.

- Dunning N.P., Rue D.J., Beach T., Covich A., Traverse A.* Human-environment interactions in a tropical watershed: The paleoecology of Laguna Tamarandito, El Peten, Guatemala // *Journal of Field Archaeology*. 1998. № 25. P. 139–151.
- Hammond F.W.* Phosphate analysis of archaeological sediments // *Landscape Archaeology in Ireland*. Oxford: BAR. 1983. No. 116. P. 47–80.
- Holliday V., Gartner W.* Methods of soil P analysis in archeology // *Journal of Archaeological Science*. 2007. Vol. 34. Iss. 2. P. 301–333. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2006.05.004>
- Kandeler E.* Short-term assay of urease activity using colorimetric determination of ammonium // *Biology and Fertility of Soils*. 1988. Vol. 6. P. 68–72. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00257924>
- Kashirskaya N., Potapova A., Gak E., Ivashov M., Borisov A.* Phosphorus content and enzymatic activity in the cultural layers of the Bronze Age settlement Ksizovo 1 (XXIV–XXIII BC) // 20 International multidisciplinary scientific GeoConference SGEM. Albena, 2020. P. 493–499.
- Lippi R.D.* Paleotopography and phosphate analysis of a buried jungle site in Ecuador // *Journal of Field Archaeology*. 1988. № 15. P. 85–97.
- Marchisio V.F.* Keratinophilic fungi: Their role in nature and degradation of keratinic substrates // *Revista Iberoamericana de Micologia*. 2000. 699 p.
- Margesin R., Siles J., Cajthaml T., Öhlinger B., Kistler E.* Microbiology Meets Archaeology. Soil Microbial Communities Reveal Different Human Activities at Archaic Monte Iato (Sixth Century BC) // *Microbial Ecology*. 2016. Vol. 73. P. 925–938.
- Manzanilla L., Barba L.* The study of activities in classic households // *Ancient Mesoamerica*. 1990. № 1. 41–49.
- Tabatabai M.A.* Phosphatases in Soils // *Soil Biology Biochemistry*. 1977. № 9. P. 167–172. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(77\)90070-0](https://doi.org/10.1016/0038-0717(77)90070-0)
- Saunders W.M., Williams E.G.* Observations on the determination of total organic phosphorus in soils // *Journal of Soil Science*. 1955. Vol. 6. No. 2. P. 254–267. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1955.tb00849.x>
- Wilkinson B.H.* Cyclic cratonic carbonates and Phanerozoic calcite seas // *Journal of Geologic Education*. 1982. Vol. 30. P. 189–203.

## ИСТОЧНИКИ

*Москаленко А.Н.* Отчет к открытому листу № 56 на право производства археологических разведок в пределах Воронежской и Липецкой областей в 1962 году. Воронеж, 1963 // Архив ИА РАН. Р-1. № 2474.

**Potapova A.V.<sup>a,\*</sup>, Arsenova N.E.<sup>b</sup>, Kashirskaya N.N.<sup>a</sup>, Borisov A.V.<sup>a</sup>**

<sup>a</sup> Institute of Physico-Chemical and Biological Problems of Soil Science of the RAS  
Institutskaya st., 2, Pushchino, 142290, Russian Federation

<sup>b</sup> Voronezh State University, University Square, 1, Voronezh, Russian Federation

### Paleosurface studies of the remains of a building in the Mikhailovsky Cordon settlement

Pedoarchaeological study of the remains of a building on the territory of the Old Slavic site (the settlement of Mikhailovsky Cordon — the Slavic Borshevo Culture of the late 1<sup>st</sup> mil. AD) in the Voronezh region were carried out in order to obtain new data on the layout of the settlement, the type of housing building, life sustainability, economy, and residential use. The main purpose of soil research was the identification of the nature of the use of the building and the reconstruction of the economic activities in the adjacent territory. The determination of organic and mineral forms of phosphates, urease activity, and the quantity of microorganisms of various trophic groups in the 'natopt' (trampled soil) at the bottom of the pit and in the soil outside of the building was carried out. It has been established that the most pronounced traces of economic activity have been preserved in the soils to the west of the building where the summer stove was located. In this area, the content of phosphates reached 2 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/g soil. The soil to the northeast of the construction pit is characterized by the accumulation of organic matter, which is confirmed not only by a high content of organic phosphorus, but also by rather high quantity of saprotrophic bacteria, indicating organic contamination of the soil, which suggests the ingress of organic substrates into the soil (manure, feces, household waste). The values of many indicators of anthropogenic activity inside the building turned out to be unexpectedly low. As such, the low content of phosphates, saprotrophic bacteria and keratinophilic fungi in the analysed 'natopt' in the building at the bottom of the pit indicate a low intensity, or periodic use of the premises.

**Keywords:** Borshevo Culture, Middle Ages, ancient settlement, construction pit, anthropogenic activity, phosphate content, urease activity.

**Funding.** The archaeological excavations were carried out with the financial support of the RFBR and the Voronezh Region as part of the scientific project No. 19-49-363003. The analytical block of research was carried out at the expense of the RGNF grant No. 22-68-00010.

---

\* Corresponding author.



## REFERENCES

- Ball, J.W., Kelsay, R.G. (1992). Prehistoric intrasettlement land use and residual soil phosphate levels in the upper Belize Valley, Central America. In: T.W. Killian (Ed.). *Gardens of Prehistory*. University of Alabama Press, 234–262.
- Borisov, A.V., Korobov, D.S. (Eds.) (2013). *Ancient and medieval agriculture in the Kislovodsk basin: results of soil and archaeological research*. Moscow: Taus. (Rus.).
- Chernysheva, E.V., Borisov, A.V., Korobov, D.S. (Eds.) (2016). *Biological memory of soils and cultural layers of archaeological sites*. Moscow: GEOS. (Rus.).
- Chernysheva, E.V., Kashirskaya, N.N., Korobov, D.S., Borisov, A.V. (2014). Change in biological activity of sod-carbonate soils of the Kislovodsk basin under the influence of ancient and modern anthropogenic impact. *Pochvovedenie*, (9), 1068–1076. <https://doi.org/10.7868/80032180X14090020>
- 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), 24–31. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2015.01.022>
- Coultas, C.L., Collins, M.E., Chase, A.F. (1992). Effect of ancient Maya agriculture on terraced soils of Caracol, Belize. In: J.E. Foss, M.E. Timpson & M.W. Morris (Eds.). *Proceedings of The First International Conference on Pseudo-archaeology*. Knoxville: University of Tennessee special publication 93–03, 191–201.
- Dauncey, K.D.M. (1952). Phosphate content of soils on archaeological sites. *Advancement of Science*, (9), 33–37.
- Demkin, V.A., Dyachenko, A.N. (1994). Results of paleosurface study of the settlement of Yezovka-I in the Volgograd region. *Rossiyskaya arkheologiya*, (3), 216–222. (Rus.).
- Dmitriev, E.A. (Ed.) (1995). *Mathematical statistics in soil science*. Moscow: MGU. (Rus.).
- Dunning, N.P. (1993). Ancient Maya anthrosols: Soil phosphate testing and land use. In: J.E. Foss, M.E. Timpson & M.W. Morris (Eds.). *Proceedings of the First International Conference on Pseudo-Archaeology*. Knoxville: University of Tennessee Agricultural Experiment Station Special Publication 93–03, 203–211.
- Dunning, N.P., Beach, T., Rue, D. (1997). The paleoecology and ancient settlement of the Petexbatu'n region, Guatemala. *Ancient Mesoamerica*, (8), 255–266.
- Dunning, N.P., Rue, D.J., Beach, T., Covich, A., Traverse, A. (1998). Human-environment interactions in a tropical watershed: The paleoecology of Laguna Tamarandito, El Peten, Guatemala. *Journal of Field Archaeology*, (25), 139–151.
- Efimenko, P.P., Tretyakov, P.N. (Eds.) (1948). *Ancient Russian settlements on the Don*. Moscow; Leningrad: Izdatel'stvo AN SSSR. (Rus.).
- Gak, E.I., Chernysheva, E.V., Khodzhaeva, A.K., Borisov, A.V. (2014). The experience of identifying and systematizing infrastructural features of the settlement of the catacomb culture Rykan-3 in the forest-steppe Podonye. *Rossiyskaya arkheologiya*, (4), 19–28. (Rus.).
- Gizatova, G.L., Shipaeva, T.A. (2016). Urease is a key enzyme of urea biodegradation. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*, 45(3), chast' 3, 88–90. (Rus.). <https://doi.org/10.18454/IRJ.2016.45.175>
- Hammond, F.W. (1983). Phosphate analysis of archaeological sediments. *Landscape Archaeology in Ireland*, (116), Oxford: BAR, 47–80.
- Holliday, V., Gartner, W. (2007). Methods of soil P analysis in archeology. *Journal of Archaeological Science*, 34(2), 301–333. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2006.05.004>
- Kandeler, E. (1988). Short-term assay of urease activity using colorimetric determination of ammonium. *Biology and Fertility of Soils*, (6), 68–72. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00257924>
- Kashirskaya, N., Potapova, A., Gak, E., Ivashov, M., Borisov, A. (2020). Phosphorus content and enzymatic activity in the cultural layers of the Bronze Age settlement Ksizovo 1 (XXIV–XXIII BC). In: *20 International multidisciplinary scientific GeoConference SGEM*. Albena, 493–499.
- Kashirskaya, N.N., Plekhanova, L.N., Udaltsov, S.N., Chernysheva, E.V., Borisov, A.V. (2017). Mechanisms and time factor of functioning of the enzymatic organization of paleosols. *Biofizika*, (62), (6), 1235–1244. (Rus.).
- Kuprienko, N.V., Ponomareva, O.A., Tikhonov, D.V. (Eds.) (2009). *Statistics: Methods of distribution analysis. Selective observation: Study guide*. St. Petersburg: Izdatel'stvo Politekhnikeskogo universiteta. (Rus.).
- Lippi, R.D. (1988). Paleotopography and phosphate analysis of a buried jungle site in Ecuador. *Journal of Field Archaeology*, (15), 85–97.
- Makarov, M.I. (Ed.) (2009). *Phosphorus of organic matter of soils*. Moscow: GEOS. (Rus.).
- Manzanilla, L., Barba, L. (1990). The study of activities in classic households. *Ancient Mesoamerica*, (1), 41–49.
- Marchisio, V.F. (Ed.) (2000). *Keratinophilic fungi: Their role in nature and degradation of keratinic substrates*. Revista Iberoamericana de Micologia.
- Margesin, R., Siles, J., Cajthaml, T., Öhlinger, B., Kistler, E. (2016). Microbiology Meets Archaeology. Soil Microbial Communities Reveal Different Human Activities at Archaic Monte Iato (Sixth Century BC). *Microbial Ecology*, (73), 925–938.
- Potapova, A.V., Pinsky, V.N., Gak, E.I., Kashirskaya, N.N., Borisov, A.V. (2020). Variability of the properties of the cultural layer of the Bronze Age settlement of Ksizovo-1 in the forest-steppe Podonye. *Rossiyskaya arkheologiya*, (1), 60–75. (Rus.). <https://doi.org/10.31857/S086960630008254-8>
- Pryakhin, A.D., Besedin, V.A., Razuvaev, Y.D., Tsybin, M.V. (Eds.) (1997). *Vantit: Study of the microregion of monuments near the northern outskirts of Voronezh. Issue 1*. Voronezh: Izdatel'stvo VGU. (Rus.).

Saunders, W.M., Williams, E.G. (1955). Observations on the determination of total organic phosphorus in soils. *Journal of Soil Science*, (6), (2), 254–267. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1955.tb00849.x>

Tabatabai, M.A. (1977). Phosphatases in Soils. *Soil Biology Biochemistry*, (9), 167–172. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(77\)90070-0](https://doi.org/10.1016/0038-0717(77)90070-0)

Tomilin, D.A. (2020). Archaeological exploration on the territory of the State nature reserve “Voronezh Upland oak grove”. *Arheologicheskie otkrytiya. 2018 g.* Moscow: IA RAN, 221–223. (Rus.). <https://doi.org/10.25681/IARAS.2020.978-5-94375-326-8.221-223>

Vinnikov, A.Z., Tsybin, M.V. (2017). Slavic settlement at the “Mikhailovsky cordon” on the Voronezh river. *Verhnedonskoj arheologicheskij sbornik*, (8), 81–93. (Rus.).

Wilkinson, B.H. (1982). Cyclic cratonic carbonates and Phanerozoic calcite seas. *Journal of Geologic Education*, (30), 189–203.

Zvyagintsev D.G. (Ed.) (1991). *Methods of soil microbiology and biochemistry*. Moscow: Izdatel'stvo MGU. (Rus.).

Потапова А.В., <https://orcid.org/0000-0002-7846-9103>

Арсенова Н.Е., <https://orcid.org/0000-0002-7968-1843>

Каширская Н.Н., <https://orcid.org/0000-0001-8353-3192>

Борисов А.В., <https://orcid.org/0000-0001-5031-7477>

#### **Сведения об авторах:**

Потапова Анастасия Владимировна, младший научный сотрудник, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино.

Арсенова Наталья Евгеньевна, главный хранитель Археологического музея Воронежского университета, Воронеж. Каширская Наталья Николаевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино.

Борисов Александр Владимирович, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино.

#### **About the authors:**

Potapova Anastasia V., Junior Researcher, Institute of Physico-Chemical and Biological Problems of Soil Science, RAS, Pushchino.

Arsenova Natalia E., Chief Curator of the Archaeological Museum of Voronezh State University, Voronezh.

Kashirskaya Natalia N., Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Institute of Physico-Chemical and Biological Problems of Soil Science, RAS, Pushchino.

Borisov Alexander V., Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Institute of Physico-Chemical and Biological Problems of Soil Science, RAS, Pushchino.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Accepted: 28.02.2024

Article is published: 15.06.2024