

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

ВЕСТНИК АРХЕОЛОГИИ, АНТРОПОЛОГИИ И ЭТНОГРАФИИ

Сетевое издание

**№ 4 (63)
2023**

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, академик 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;
Бороффа 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;
Хлагула 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

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

© ФИЦ ТюмНЦ СО РАН, 2023

**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

**№ 4 (63)
2023**

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)

Kostomarova Yu.V., Assistant Editor, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)

Poshekhonova O.E., Assistant Editor, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)

Liskevich 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

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

Куприянова Е.В.^a, Соломонова М.Ю.^b, Трубицына Э.Д.^{c,*},
Каширская Н.Н.^d, Филимонова М.О.^c, Афонин А.С.^c,
Шарапов Д.В.^e, Иванов С.Н.^c, Рябогина Н.Е.^c

^a Учебно-научный центр изучения проблем природы и человека
Челябинского государственного университета, ул. Бр. Кашириных, 129, Челябинск, 454001

^b Алтайский государственный университет, Институт биологии и биотехнологии
просп. Ленина, 61, Барнаул, 656049

^c ФИЦ Тюменский научный центр СО РАН, ул. Червишеский тракт, 13, Тюмень, 625008

^d Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН
ул. Институтская, 2, Пушкино, 142290

^e Тюменский государственный университет, ул. Володарского, 6, Тюмень, 625000

E-mail: dzdan@mail.ru (Куприянова Е.В.); solomonova@edu.asu.ru (Соломонова М.Ю.);

el.yuzh@gmail.com (Трубицына Э.Д.); nkashirskaya81@gmail.com (Каширская Н.Н.);

mashaofilimonova@yandex.ru (Филимонова М.О.); hawk_lex@list.ru (Афонин А.С.);

dsharapov83@gmail.com (Шарапов Д.В.); ivasenik@rambler.ru (Иванов С.Н.);

nataly.ryabogina@gmail.com (Рябогина Н.Е.)

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ЗОЛЬНИКА ОКОЛО ПОСЕЛЕНИЯ СТЕПНОЕ (ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Предположения о формировании и функциональном назначении зольников как особых археологических объектов, обнаруживаемых около поселений бронзового века, до настоящего времени слабо обоснованы естественнонаучными данными. На зольнике около укрепленного поселения Степное (Челябинская обл.), впервые проведены масштабные и разносторонние исследования строения этих отложений, их гранулометрического и геохимического состава, в сочетании с анализом растительных макроостатков, палеопаразитов, микробиоморфных и палинологических комплексов, индикаторных бактериальных групп и кератинофильных грибов. В результате исследований отклонены гипотезы о том, что зольник Степное — место концентрированного выноса золы или компостирования стойлового навоза. Вероятнее всего, зольник Степное образовался как результат регулярной очистки сооружений поселения, поэтому в обилии содержит фитолиты трав, использовавшихся в быту, маркеры продуктов животного происхождения и шерсти.

Ключевые слова: зольники, бронзовый век, Южное Зауралье, синташтинское поселение, фитолиты, пыльца, геохимический состав, сапротрофные микроорганизмы кератинофильные грибы, функциональное назначение.

Введение

Так называемые зольники являются одними из наименее понятных археологических объектов, не имеющих даже четкого определения. Обычно под зольником понимается самостоятельный или примыкающий к поселению объект, культурный слой которого состоит из тонкодисперсного грунта серо-желтого или пепельного цвета, схожего по внешнему виду с золой или пеплом, насыщенного артефактами. Однако нередко так называют и цветные линзы или прослои в пределах поселенческого культурного слоя. Зольники известны в археологии с конца XIX в. [Гершкович, 2016, с. 42], встречаются на обширном пространстве степи и лесостепи от Причерноморья до Алтая и имеют широкий хронологический диапазон — от среднего бронзового до раннего железного века. Свое название объекты получили в связи с предположением, что они образованы в результате скопления золы, по аналогии с античными памятниками, действительно представлявшими собой места проведения многочисленных обрядов с участием огня, но данная гипотеза была опровергнута Я.П. Гершковичем [1997, 2004]. Позднее физико-химический анализ зольников культуры Ноуа показал, что их слой представляет собой не остатки костровой золы, а антропогенно преобразованную обогащенную карбонатами почву [Са-

* Corresponding author.

ва, Кайзер, 2011]. Тем не менее точка зрения о зольниках как результате складирования золы из очагов и костров продолжает существовать (напр.: [Каздым и др., 2003]).

В связи с широким географическим и хронологическим диапазонами распространения памятников, интерпретируемых в археологии как зольники, а также их различной структурой и морфологией можно предполагать, что на разных территориях и в разные эпохи эти объекты имели различное назначение и функции. В одних случаях они существовали сепаратно, имели вид всхолмлений и/или были огорожены [Сава, Кайзер, 2011; Корочкова, 2009], в других — примыкали к территории поселения, не выделяясь в ландшафте (напр.: [Бикмулина и др., 2017]). Был высказан целый спектр гипотез о назначении зольников — от производственно-бытового до ритуального [Сидоров, Матвеев 1985; Зах, 1995; Матвеев, 1993; Гершкович, 2004; Корочкова, 2009; Папин, 2002; Рыбаков, 1981; Сава, Кайзер, 2011; Потемкина и др., 1995; и др.]. Изучение материалов раскопок различных памятников по-прежнему позволяет найти аргументы для разных версий. Поэтому при изучении зольников представляется целесообразным не сравнение их на обширных территориях и в различных археологических культурах, а сосредоточение на памятниках одного культурно-хронологического горизонта, имеющих, предположительно, схожую природу происхождения.

В Зауралье, на юге Западной Сибири и в Казахстане зольники встречаются рядом с поселениями среднего и позднего бронзового века (XXI–XVI вв. до н.э.), специализировавшимися на придомном скотоводстве. Зольники часто встречаются на стационарных поселениях алакульской культуры [Кривцова-Гракова, 1948; Сальников, 1957; Чемякин, 1974; Стефанов, 1996; Матвеев и др., 1999; Потемкина, 1985; и др.], в некоторых федоровских поселках [Зах, 1995], на поселениях ирменской, черкаскульской, пахомовской и сузгунской культур [Матвеев, 1993; Зах, 1997; Горбунов, Обыденнов, 1983; Матвеев, Сидоров, 1985; Стефанов, Труфанов, 1988; Татаурова и др., 1997; Папин и др., 2002; Потемкина и др., 1995].

В Южном Зауралье спецификой зольников является то, что они никак не выражены в ландшафте, поэтому их обнаружение проблематично. В позднем бронзовом веке (алакульская, черкаскульская культуры) зольники обычно расположены на периферии неукрепленных поселений, чаще — между рекой и рядами жилищных впадин. В этом случае они обнаруживаются археологами при исследовании обрывов, разрушающих культурный слой периферии поселений. Одним из авторов статьи было изучено раскопками два подобных объекта — зольники при поселениях Стрелецкое-1 и Черноречье 2 (Троицкий р-н Челябинской обл.). Гораздо реже наличие зольников при поселениях можно выявить при дешифрировании аэрофотоснимков — они выделяются более светлым фототонном, обусловленным изменением цвета растительности, продиктованным спецификой почв. Тем не менее ввиду их неочевидности определить наличие или отсутствие зольников при поселениях в Южном Зауралье удается достаточно редко.

Раскопки сибирско-казахстанских зольников производились нечасто, еще реже применялись естественнонаучные методы при их изучении. Исследования собственно золистых отложений ограничиваются применением фосфатного метода для выявления границ зольника Степное [Валдайских и др., 2010], геохимическим анализом зольника Стрелецкое [Бикмулина и др., 2017] и тестовым междисциплинарным изучением зольника Черемуховый Куст [Насонова, 2019]. Эти исследования продемонстрировали повышенные значения биофильных элементов, и в первую очередь фосфора, другие маркеры были менее явными, но в целом природа «золистого» типа отложений по-прежнему не установлена. По-видимому, в данном случае невозможно ориентироваться на результаты минералогических, петрографических и микроэлементных исследований небольших золистых линз в пределах поселений, так как они касаются не отдельных объектов, а ям, заполнений построек или прослоев на межжилищных участках, фиксируемых на памятниках разного времени [Каздым и др., 2003; Алаева и др., 2022].

Не вдаваясь в детализацию гипотез о функциональном назначении зольников и их образовании, выдвинутых археологами, мы предприняли попытку изучить свойства отложений зольников и получить новые естественнонаучные данные как аргумент для дальнейших археологических дискуссий о формировании и использовании зольников около поселений бронзового века.

Объект исследования и археологический контекст

Объектом исследования является зольник на территории памятника культурного наследия федерального значения «поселение и могильник Степное», расположенного у с. Степное в Пластовском районе Челябинской области, который на сегодняшний день является первым достоверно установленным и масштабно исследованным зольником при укрепленном поселе-

нии синташтинской культуры в Южном Зауралье. Архитектура поселения подробно дешифрирована по аэрофотоснимкам 1950–1960-х гг. (рис. 1).

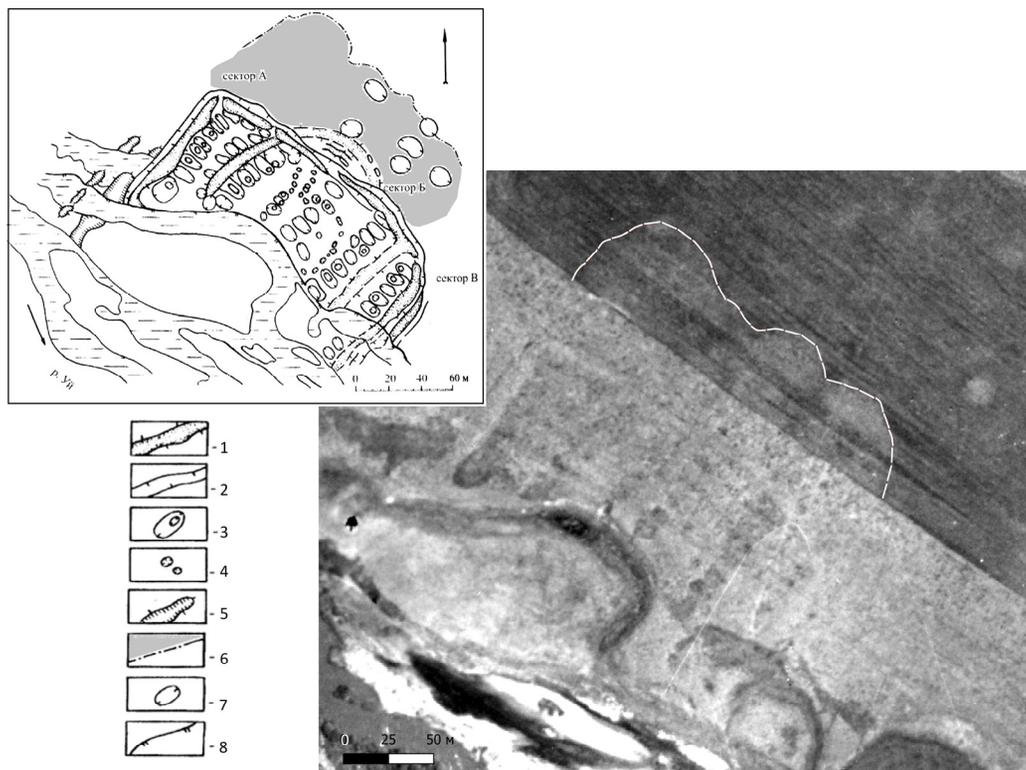


Рис. 1. Укрепленное поселение Степное и зольник к северо-востоку от него. Аэрофотоснимок 1956 г. (справа) и структура поселения по материалам дешифрирования аэрофотоснимка

(по: [Зданович, Батанина, 2007, с. 159–160, рис. 93, 94]):

- 1 — развалы оборонительных стен; 2 — обводной ров; 3 — жилищные впадины с углублениями на месте колодцев; 4 — мелкие ямки неясного назначения; 5 — развалы дамбы и плотины; 6 — контур зольника; 7 — жилищные впадины за пределами укрепленного поселения; 8 — бровка первой надпойменной террасы).

Белой пунктирной линией отмечена визуальная граница зольника.

Fig. 1. Plan of the Stepnoye fortified settlement and the ash heap to the north-east. Aerial photograph of 1956 (right) and settlement structure according to aerial photograph interpretation

(after: [Zdanovich, Batanina, 2007, p. 159–160, fig. 93, 94]:

- 1 — ruins of the defensive walls; 2 — bypass ditch; 3 — dwellings depressions with recesses in place of wells; 4 — small pits of unknown purpose; 5 — ruins of weir and dam; 6 — the contour of the ash heap, gray shading shows its approximate area; 7 — dwellings depressions outside the fortified settlement; 8 — baulk of the first floodplain terrace).

The white dotted line marks the ash heap visual boundary.

Современный топографический план фиксирует, что поверхность памятника значительно сnivelирована в процессе распашки (рис. 2). Укрепленное поселение и могильник у с. Степное планомерно исследуются экспедицией Челябинского государственного университета с 2007 г. [Куприянова, 2016; Степное: новые горизонты, в печати]; раскопки поселения проводились в 2008, 2009, 2021 гг., в 2009 г. была заложена небольшая траншея на зольнике (рис. 2).

Зольник площадью около 1 га¹ имеет аморфную форму и расположен за границей внешних оборонительных сооружений поселения между ним и могильником. На данный момент на поверхности зольника визуально не виден, но выделяется на аэрофотоснимках XX в. более светлым фото-тоном. На снимках на его территории дешифрировано шесть жилищных впадин, не фиксируемых на современной поверхности. Определить границы и площадь зольника помог фосфатный метод обследования почв за пределами поселения по сетке с шагом в 5 м в нескольких направлениях, выполненный в 2009 г. По итогам был локализован участок в 60–70 м на северо-восток от края по-

¹ Точные границы и площадь зольника неопределимы, поскольку он не выражен в рельефе, а виден только на аэрофотоснимках в зоне распашки.

Междисциплинарные исследования отложений зольника около поселения Степное...

селения, характеризующийся наибольшими отклонениями содержания подвижного фосфора (80–120-кратными от фоновых величин) [Валдайских и др., 2010].

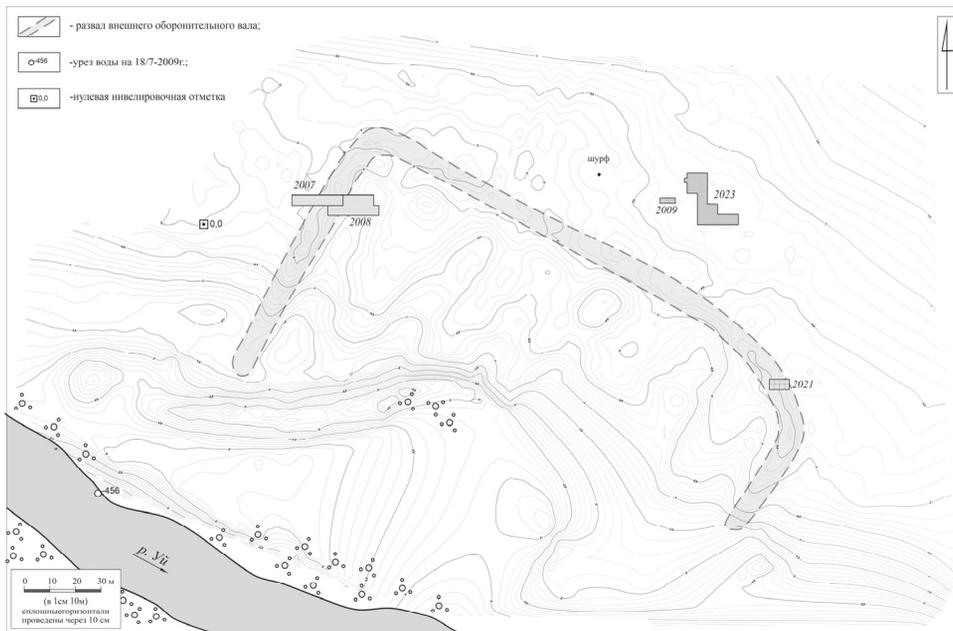


Рис. 2. Топографический план укрепленного поселения Степное с раскопами разных лет. План выполнен с помощью электронного тахеометра Trimble-M5 Н.С. Батаниной и С.А. Батаниным.
Fig. 2. Topographic plan of the fortified settlement of Stepnoye with excavations from different years, was made using an electronic total station Trimble-M5 N.S. Batanina and S.A. Batanin.



Рис. 3. Культурный слой зольников на поселениях бронзового века Южного Зауралья: 1 — укрепленное поселение Степное, раскоп 2023 г., южная часть раскопа; 2 — поселение Стрелецкое-1, раскопки 2012 г. (рук. Е.В. Куприянова); 3 — поселение Черноречье 2, раскопки 2019 г. (рук. Е.В. Куприянова).
Fig. 3. Cultural layer of ash heaps in the Bronze Age settlements of the Southern Trans-Urals: 1 — fortified settlement of Stepnoye, excavation 2023, the southern part of the excavation site; 2 — settlement Streletskoye-1, excavations in 2012 (headed by E.V. Kupriyanova); 3 — settlement Chernorechye 2, excavations 2019 (headed by E.V. Kupriyanova).

В 2009 г. на зольнике был заложен раскоп площадью 12 м². В 2023 г. сотрудником Института геофизики УрО РАН Л.А. Муравьевым были проведены геофизические исследования поселения Степное и прилегающей территории с использованием индукционной системы электромагнитного профилирования АЭМП-14. Съёмка выявила на территории зольника аномалии, являющиеся, очевидно, визуально не фиксируемыми впадинами. С целью исследования этих конструкций был заложен раскоп площадью 166 м² от периферии зольника по направлению к одной из выявленных аномалий.

Сравнение зольника у с. Степное с другими известными зольниками позволило выявить ряд отличий. Во-первых, он, безусловно, не аналогичен зольникам Причерноморья, Западной Сибири и других территорий, имевшим вид всхолмлений и определенную форму, поскольку форма его аморфна, он не возвышен над поверхностью и имеет большую площадь. Во-вторых, он отличается от зольников при неукрепленных поселениях Зауралья: они расположены между жилищами и рекой, а зольник Степного — снаружи оборонительных сооружений, между поселением и примыкающим к нему могильником. Кроме того, культурные слои зольников при неукрепленных поселениях имеют иную структуру. Зольник Степного по всей территории раскопа имел вид монолитной линзы белесого грунта, не перемежавшейся иными прослойками, без прокалов, следов горения (рис. 3, 1); находки угля и обожженных костей единичны. Зольник поселения Стрелецкое-1 имел сложную многослойную стратиграфию: линзы белесого цвета перемежались с проколами, прослойками песка, темного гумуса (рис. 3, 2). На поселении Черноречье 2 золистый слой был менее мощный, но также перемежался прослойками иного цвета (рис. 3, 3).

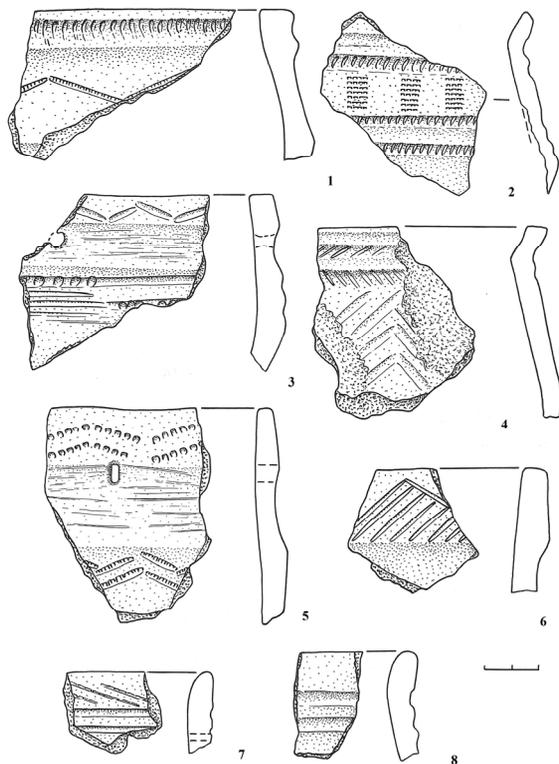


Рис. 4. Фрагменты сосудов из раскопок зольника при укрепленном поселении Степное, 2023 г.: 1–4 — керамика синташтинской культуры; 5, 6 — керамика петровской культуры; 7, 8 — керамика черкаскульской культуры.
Fig. 4. Fragments of vessels from excavations of the ash heap of the Stepnoye settlement, 2023: 1–4 — ceramics of the Sintashta culture; 5, 6 — ceramics of the Petrovka culture; 7, 8 — ceramics of the Cherkaskul culture.

Предварительные результаты археологических исследований дали интересный материал². Неожиданным стало то, что в слое зольника, отдаленном от предполагаемого жилища, содержалась керамика не только синташтинской культуры (основной период функционирования поселения

² В полном объеме результаты археологических исследований будут представлены после обработки в последующих публикациях.

Междисциплинарные исследования отложений зольника около поселения Степное...

и могильника), но и всех периодов бронзового века, представленных на этой территории, от средней до поздней бронзы (синташтинская, петровская, алакульская, черкасульская культуры) (рис. 4). Это означает, что территория зольника использовалась на протяжении как минимум пяти-шести столетий, причем не только жителями укрепленного поселения, а и населением более поздних археологических культур.

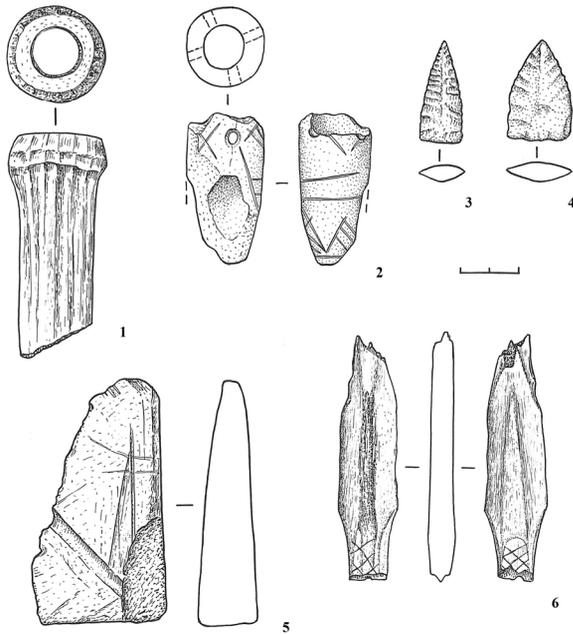


Рис. 5. Предметы из раскопок зольника при укрепленном поселении Степное, 2023 г.: 1, 2 — керамические сопла; 3, 4 — каменные наконечники стрел; 5 — фрагмент литейной формы из талька; 6 — костяной наконечник стрелы.

Fig. 5. Items from excavations of the ash heap at the fortified settlement of Stepnoye, 2023: 1, 2 — ceramic nozzles; 3, 4 — stone arrowheads; 5 — fragment of talc casting mold from; 6 — bone arrowhead.



Рис. 6. Погребение ребенка синташтинской культуры на погребенной почве под слоем зольника. Укрепленное поселение Степное, уч. А/5, раскопки 2023 г.

Fig. 6. Burial of a child of the Sintashta culture on buried soil under a layer of ash heap. Fortified settlement Stepnoye, site. A/5, excavations 2023.

Среди находок — большое количество металлургических шлаков, фрагменты литейных форм и металлургические сопла (рис. 5, 1, 2, 5), каменные макроорудия, что свидетельствует о наличии в древности в непосредственной близости к зольнику металлургического производства. Другие находки — пряслица, костяные спицы, проколки, уток для плетения, орудия для выделки кожи и др. Найдено множество предметов, обычно связываемых не со слоями поселений, а с погребениями (каменные и костяные наконечники стрел (рис. 5, 3, 4, 6), сосуды-светильники), хотя ближайшие курганы расположены в нескольких десятках метров от зольника.

У северной границы раскопа был исследован край котлована постройки, окруженный столбовыми ямками от каркасных конструкций стен. У внешней стены за пределами постройки на погребенной почве обнаружено погребение младенца на правом боку с сосудом синташтинской культуры (рис. 6). Внутри помещения расчищено частично нарушенное погребение взрослого человека, лежавшего вытянуто на спине, с наконечником стрелы и сосудом, посыпанным охрой. Сверху и постройка, и погребение были перекрыты слоем зольника мощностью 20–40 см.

Раскопки 2023 г. не позволили прояснить вопросы о природе зольника, а скорее озадачили еще в большей степени. Судя по археологическим материалам, совершенно очевидно, что это был многофункциональный объект, формировавшийся много столетий и на разных этапах исполнявший разные роли. Сначала были сооружены постройки, затем на этой территории велась некая деятельность, сформировавшая золистые слои, перекрывшие постройки. С целью детализации происхождения и формирования слоев зольника были проведены масштабные и разно-сторонние естественнонаучные исследования

Методы исследования

*Отбор проб*³. Колонка почвенных отложений вырезана целым монолитом в металлический профиль в шурфе, заложенном ближе к центральной части зольника. Дополнительно отобрано 10 литров золистого слоя (35–75 см) для флотации грунта и поиска обугленных растительных макроостатков.

Пробы для серии микроанализов вырезаны в лабораторных условиях из золистого слоя монолита, а также из подстилающих и перекрывающих его отложений. Мощность образцов 2 см, интервал отбора 5 или 10 см. Также исследован один поверхностный образец (дерн), для сопоставления с современными условиями. Пробы не захватывали участки со следами нор или вертикальных трещин, чтобы исключить привнос материала из других слоев.

Пробоподготовка. Гранулометрический состав почв определялся методом Качинского [Вадюнина, Корчагина, 1986] и проводился в ЦКП ИФХИБПП РАН.

Состав и распределение химических элементов в отложениях исследованы рентгенофлуоресцентным методом с применением спектрометра Bruker Tracer 5g (США). Почвенные пробы были подготовлены согласно методике, описанной в: [Frahm et al., 2016]. При измерениях использовалась заводская калибровка Geo Exploration, способная определять концентрации до 48 элементов и соединений.

Растительные макроостатки извлечены методом водной флотации с использованием сита 0,5 мм/ячейка [Сергушева, 2013] и затем изучены под стереомикроскопом.

Для археопаразитологического анализа пробы грунта регидратировали 0,5 % водным раствором Na_3PO_4 в течение 10 дней по методу Callen and Cameron [1960]. Дальнейшая обработка проб проводилась по апробированной схеме [Slepchenko et al., 2020].

Для исследования фитолитов пробоподготовка выполнена с помощью перекиси водорода и последующего применения сепарационного метода Гричука при использовании тяжелой жидкости ($\text{CdJ2}+\text{KJ}$). Для фитолитного анализа была получена выборка фитолитов 300–320 шт. с каждой пробы. Образцы просматривались в глицерине, подсчет абсолютного количества производился в трех участках покровного стекла (верх, низ, середина).

Результаты микробиоморфного анализа представлены в табл. 1. Интерпретация микробиоморфных комплексов дана согласно подходу А.А. Гольевой [2008].

Для палинологического анализа пробы обработаны с применением сепарационного метода Гричука [Пыльцевой анализ, 1950], без ацетолиза. Статистическая обработка результатов, подсчеты пыльцы, спор и NPP, построение диаграмм выполнены в программе TILIA и TILIA-Graph.

Численность термофильных и сапротрофных бактерий определялась методом счета колоний на глюкозо-пептонно-дрожжевой среде [Лысак и др., 2000; Chernysheva et al., 2017].

Численность кератинофильных грибов оценивалась методом счета колоний, растущих на шерстяной ткани после посева из почвенной суспензии [Kashirskaya et al., 2020].

Результаты и интерпретация

Стратиграфия. В составе отложений (рис. 7) отчетливо выделяется мощный горизонт пепельно-белесого цвета. Верхняя часть «золистого» слоя, по-видимому, была затронута распашкой и окрашена гумусом в более темный цвет. Снизу они подстилаются темной гумусированной супесью, первоначально интерпретированной как погребенная почва, и плотной темно-рыжей материковой породой.

Судя по гранулометрическому составу физический песок составляет скелетную основу всех горизонтов профиля (рис. 8). Однако «золистый» слой содержит существенно большую долю мелкого песка (фракция 0,25–0,05 мм) и крупной пыли (фракция 0,05–0,01 мм). Напротив, фракция крупного песка в большем количестве содержится в слое «погребенной почвы», материкового суглинка и современного гумусового горизонта.

Высокое содержание карбонатов наблюдается по всему профилю отложений (вскипание HCl). Но по результатам рентгенофлуоресцентного анализа видно, что отложения зольника не однородны и их можно разделить на две части примерно на глубине 57 см. Во всех пробах ожидаемо абсолютно доминирует диоксид кремния (SiO_2) (рис. 9).

Нижняя часть зольника (60–75 см), т.е. в начале накопления слоя «золистых» отложений, по содержанию большинства химических элементов почти не отличается от слоя «погребенной поч-

³ Отбор проб производился до начала раскопок, с этой целью был заложен шурф в центральной части зольника. Пробы, отобранные из раскопа 2023 г., находятся в процессе анализа.

Междисциплинарные исследования отложений зольника около поселения Степное...

вы», в том числе по компонентам, потенциально обусловленным биогенным происхождением. В верхней же пачке золистых отложений (30–60 см) заметно снижение SiO_2 и Al_2O_3 , это согласуется с минимальным содержанием крупного песка. Как правило, при естественном почвообразовании это указывает на увеличение золового привноса, однако зольник имеет антропогенный генезис, поэтому значительно более вероятно природу этих отложений описывает повышенное в два раза содержание кальция, фосфора и серы — биофильных элементов. Примечательно также снижение содержания бария и колебание соотношения Ba/Sr на этих глубинах (табл. 1). В естественных условиях это указывает на увеличение испарительной концентрации на карбонатно-гипсовом геохимическом барьере и аридизацию ландшафтов [Retallack et al., 2001]. Снижение количества Ti, как маломобильного элемента, содержащегося преимущественно во фракции ила [Kalinin et al., 2018], согласуется с минимальными показателями этой фракции по данным гранулометрии. Распределение прочих элементов не демонстрирует каких-либо явных указаний на специфику отложений зольника.

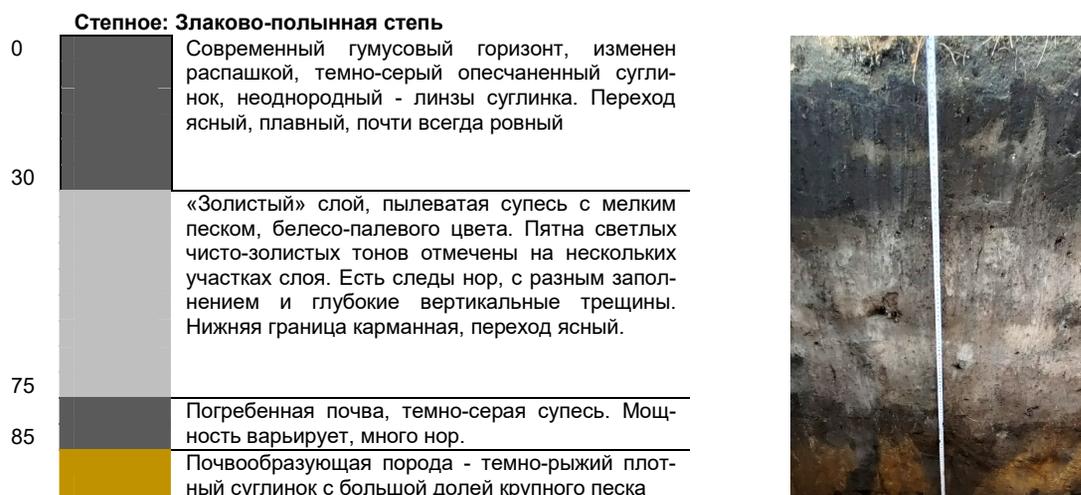


Рис. 7. Стратиграфия отложений в шурфе зольника Степное.
Fig. 7. Stratigraphy of Stepnoye ash heap soil profile.

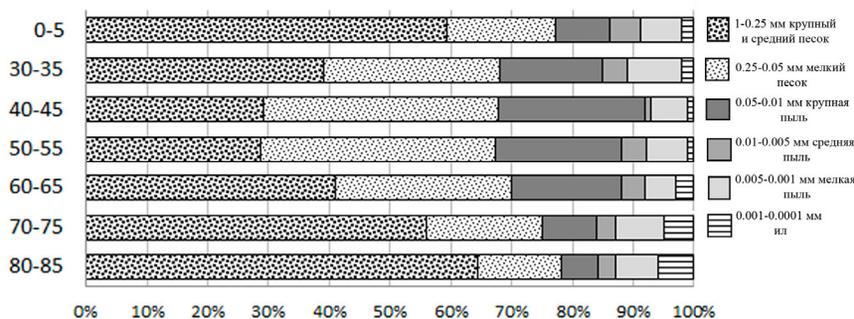


Рис. 8. Профильное изменение гранулометрического состава отложений.
Fig. 8. The changes of the granulometric composition of Stepnoye ash heap profile by depth.

Состав макроостатков. В составе флотационной пробы из «золистого» горизонта обнаружено крайне мало угольков от сжигания древесины или трав и соответственно карбонизированных растительных остатков. Это оказалось неожиданным, так как бытовой мусор поселений, и особенно слой золы, всегда содержит обугленную органику. В 10 литрах грунта найдено 14 целых семян и фрагменты оболочек семян мари *Chenopodium* sp. и 3 семени представителей гречишных *Polypogonaceae* sp., т.е. только типичные рудеральные сорняки.

Палеопаразитологические исследования не дали положительных результатов: несмотря на тщательный поиск, в исследованных пробах остатков оболочек яиц кишечных паразитов животных или человека не выявлено.



Рис. 9. Распределение ключевых значений химических элементов в профиле отложений зольника Степное (все значения приведены в процентах).

Fig. 9. Distribution of key of value of chemical elements in the Stepnoye ash heap profile (all values are given in percent).

Таблица 1

Распределение значений химических элементов в профиле отложений зольника Степное (все значения приведены в процентах)

Table 1

Distribution of value of chemical elements in the Stepnoye ash heap profile (all values are given in percent)

Глуб., см	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	P	S	K ₂ O	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Ba	Pb
0-2	55,50	0,66	4,94	0,33	0,166	1,416	2,269	0,187	0,000	0,010	0,15	2,29	0,003	0,004	0,013	0,004	0,037	0,002	0,010	0,031	0,002
30-35	63,60	1,63	7,22	0,59	0,05	1,62	4,08	0,21	0,000	0,008	0,14	2,49	0,004	0,005	0,009	0,005	0,044	0,001	0,010	0,037	0,001
35-39	60,22	1,32	5,08	1,11	0,12	1,35	5,76	0,18	0,000	0,011	0,14	2,06	0,004	0,005	0,010	0,004	0,051	0,001	0,008	0,033	0,001
41-46	59,35	2,10	5,08	0,79	0,14	1,24	6,93	0,18	0,007	0,007	0,15	2,03	0,004	0,004	0,010	0,004	0,053	0,002	0,012	0,032	0,001
49-53	59,66	1,46	5,42	0,68	0,10	1,36	5,34	0,20	0,005	0,013	0,15	2,30	0,005	0,005	0,009	0,004	0,050	0,001	0,008	0,034	0,001
53-57	61,63	1,70	5,90	0,62	0,09	1,46	4,92	0,17	0,000	0,007	0,13	2,22	0,005	0,004	0,008	0,004	0,050	0,001	0,007	0,044	0,001
60-65	62,79	2,09	6,77	0,49	0,06	1,68	3,70	0,22	0,000	0,010	0,11	2,33	0,005	0,005	0,008	0,005	0,045	0,001	0,013	0,040	0,000
65-68	64,21	1,66	7,06	0,46	0,05	1,78	3,45	0,21	0,010	0,008	0,13	2,40	0,004	0,004	0,007	0,005	0,046	0,001	0,009	0,041	0,001
70-75	60,74	1,54	6,54	0,50	0,05	1,71	3,88	0,21	0,000	0,006	0,14	2,48	0,004	0,004	0,008	0,005	0,045	0,001	0,010	0,045	0,001
85-87	61,62	1,64	7,67	0,38	0,06	1,91	3,43	0,25	0,007	0,009	0,12	2,60	0,004	0,004	0,007	0,005	0,043	0,001	0,011	0,039	0,001

Результаты микробиоморфного (фитолитного) анализа. Наиболее интересные результаты получены при подсчете следующих микробиоморфов: растительный детрит, аморфная органика, диатомовые водоросли, спикулы губок, фитолиты, кутикулярные слепки, пыльца, микроскопический уголь (табл. 2, 3). Основной единицей анализа является фитолитный спектр — абсолютное или относительное (процентное) содержание форм фитолитов (морфотипов) в образце (рис. 10). Названия морфотипов фитолитов даны согласно международной номенклатуре фитолитов ICPN 2.0. [Neumann et al., 2019] с учетом эколого-таксономической специфичности морфотипов фитолитов умеренных широт Евразии. Интерпретация данных выполнена согласно работам по умеренным широтам Европы [Гольева, 2001; Динесман и др., 1989; Blinnikov et al., 2021; Jarl, Bruch, 2023] и югу Западной Сибири [Silantyeva et al., 2008; Solomonova et al., 2019; Фитолитные спектры..., 2019]. Наибольшей диагностической значимостью обладают следующие морфотипы злаков: bulliform flabellate — фитолиты тростника; crenate sinuate, rondels — фитолиты степных злаков; crenate lobate, bilobate trapeziform, acute bulbosus — фитолиты мезофитных и гигрофитных трав, а также осок.

Таким образом, до формирования «зольника» участок покрывала степная растительность. Наличие углей на глубине 85–87 см указывает на следы горения в древности, возможно, это уже было связано с антропогенной деятельностью на участке, но в целом по фитолитному спектру этот слой идентифицируется как погребенная поверхность почвы. Ее перекрывает темноокрашенный гумусированный горизонт под зольником, однако, по-видимому, он не является непотревоженной погребенной почвой. Фитолитный комплекс здесь не соответствует зональной степной растительности (для сравнения см. поверхностный образец), фиксируются следы привнесения растительного материала, в том числе осок. Темный цвет, преобладание более крупной фракции песка и одновременно привнесенная со стороны растительная биомасса указывают на то, что на начальном этапе накопления отложений зольника их было немного и здесь продолжались процессы почвообразования. Значительная доля фитолитов осок могла быть связана с гидроморфными условиями почвообразования либо попасть вместе с поселенческим мусором, если преречные растения использовались, например, в домостроительстве.

Сравнительное содержание микробиоморф в зольнике Степное

Table 2

Comparative content of microbiomorphs in the Stepnoye ash heap

Глубина, см	Детрит	Аморфн. органика	Диат. водор.	Спикулы губок	Фитолиты	Кутик. слепки	Пыльца	Уголь
0	++	-	Ед.	-	++	++	Ед.	-
28–30	+	Ед.	Ед.	-	+++	+	-	-
39–41	++	+	Ед.	-	++	+	+	-
48–50	Ед.	Ед.	+	-	+++	-	-	-
58–60	Ед.	Ед.	Ед.	-	+++	-	-	-
68–70	Ед.	+	Ед.	Ед.	+++	Ед.	-	Ед.
77–79	Ед.	+	+	-	+++	-	-	-
85–87	Ед.	-	Ед.	-	++	++	+	++

Примечание. Крестиками показано сравнительное относительное содержание частиц: +++ — много (более 100), ++ — средне (20–100); + — мало (5–20); Ед. — единично (1–4 штуки); — отсутствуют.

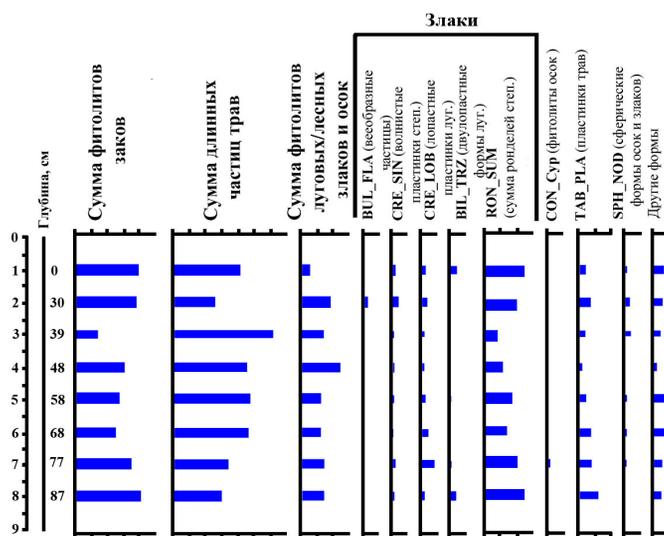


Рис. 10. Распределение диагностических групп фитолитов (%), расшифровку морфотипов см. выше в тексте данного раздела.

Fig. 10. Distribution of diagnostic phytoliths groups (%), decoding of morphotypes see above.

Таким образом, характерной особенностью микробиоморфного профиля вертикальной колонки зольника Степное является преобладание фитолитов при сниженном участии других форм. Фитолитов меньше только в поверхностной и самой нижней материковой пробах. Слои на глубине 28–70 см (собственно золистый слой) сформированы в результате привнесения более значительного количества растительного материала, что создало высокую концентрацию фитолитов в слое. Это мог быть навоз или бытовой мусор с большой долей травянистой массы (сено, травянистые маты). Отсутствие углей (кроме одного прослоя) указывает на то, что внесенный органический материал не сжигался, а разложился естественным образом, по крайней мере в точке отбора проб. В целом, фитолитный спектр «золистого слоя» не характерен для степной области юга Западной Сибири [Silantyeva et al., 2018; Solomonova et al., 2019], так как в нем доминируют не злаки, а группа разнотравья, луговые травы с элементами сорной флоры. В некоторых пробах «зольника» (особенно 29–41 см) участие степных злаков настолько снижено, что возможно предположить сознательный выбор растений при внесении их на территорию объекта (например, избирательная заготовка корма животным).

Учитывая незначительное количество растительного детрита и аморфной органики при повышенной концентрации фитолитов, не следует исключать, что это преимущественно скопление навоза, который впоследствии оказался полностью минерализован. Однако по присутствию кутикулярных слепков выделяются и непродолжительные фазы стабилизации накопления, когда слой функционировал как поверхностный, задерновывался (в верхней и средней части золистого слоя), а затем опять перекрывался новыми отложениями. Единичные диатомовые водоросли относятся к бентосным формам и об-

растателям. Их занос возможен с околотовными растениями, водопоем и выпасом животных в заливаемой в половодье пойме или бытовым образом (хранение или ремонт рыболовных снастей, очистка и заготовка рыбы — попадание диатомовых водорослей и спикул губок в бытовую слой поселения).

Таблица 3
Характеристика микробиоморфных комплексов зольника Степное

Table 3

Features of the microbiomorphic complexes of the Stepnoye ash heap

Глубина, см	Описание
0–2 см Поверхностная почва/дерн	Образец содержит растительный детрит, фитоциты, редко пыльцу, в малом количестве кутикулярные слепки и единичные диатомовые водоросли. Доминируют степные морфотипы фитоцитов с небольшим участием типичных луговых форм. Общий состав микробиоморф и фитоцитный комплекс соответствует степной зоне и современным степным формациям. Среди кутикулярных слепков встречаются остатки как двудольных, так и однодольных растений. Их хорошая сохранность объясняется значительным количеством неразложившейся растительной органики в дерне
28–77 см золистый слой	Преобладают фитоциты, почти во всех пробах их количество выше нормы. В некоторых слоях встречаются кутикулярные слепки, преимущественно двудольных растений. Аморфная органика и детрит не обильны. В единичном числе представлены диатомовые водоросли. В пробах с нижней части листового слоя единичны спикулы губок. Фитоцитные спектры слоя не соответствуют зональной степной растительности. Количество фитоцитов злаков, в том числе их основных степных морфотипов (gondells) значительно ниже, чем в предыдущем слое. В верхней части листового слоя встречаются фитоциты тростника. В средней части слоя количество фитоцитов мезофитных злаков и (возможно) осок выше, чем в поверхностной пробе. Микробиоморфный комплекс образован за счет внесения значительного количества растительной органики. Набор фитоцитов указывает на выборочность вносимых растений. Подобные фитоцитные спектры могли сформироваться при обильном количестве двудольных и участии луговых и (или) лесных злаков
77–79 см «Погребенная» под зольником почва	Микробиоморфный профиль содержит повышенное число фитоцитов, единичные диатомовые водоросли, аморфную органику. В фитоцитном комплексе преобладают морфотипы степных злаков, но с значительным участием фитоцитов луговых трав. Встречаются мелкие папиллярные формы фитоцитов осок до 2 %. Учитывая слабую сохранность этого морфотипа, можно предположить значительное участие осок в формировании профиля. Фитоцитный профиль не соответствует зональной растительности, среди микробиоморф отсутствуют индикаторы погребенной почвы. Слой можно отнести к нижней границе зольника, сформирован в первую очередь за счет привнесенного материала
85–87 см Материковая порода (верхняя часть)	В образце содержится в большом количестве фитоциты и микроскопический уголь, присутствуют пыльца и кутикулярные слепки, редкие диатомовые (1 % от всех кремниевых микробиоморф). Фитоцитный спектр схож со спектром поверхностной пробы, но с меньшим количеством форм разнотравья, большим числом пластинчатых форм и фитоцитов луговых трав. Состав микробиоморфного спектра (наличие углей, пыльцы, сохранность кутикулярных слепков) позволяет отнести этот слой к поверхности древней погребенной почвы. Фитоцитный комплекс характеризует лугово-степную растительность. Высокое количество эпиток (осок), некоторые двудольные травы) обусловлено значительной сохранностью этого морфотипа при погребении слоя почвы, в обычных условиях эта форма фитоцитов сохраняется слабо

Отличия в ряде фитоцитных спектров листового слоя указывают на различный характер привнесения растительного материала (двудольных растений, луговых злаков, осок, тростника), но не степных злаков.

Результаты палинологического анализа. Спорово-пыльцевой состав и содержание непыльцевых палиноморф NPP (спор грибов, микроостатков насекомых, водорослей и прочих групп) выполнен для «золистого» слоя и подстилающих его отложений (табл. 4, рис. 11). Современный гумусовый горизонт не анализировался, так как он был нарушен распашкой, однако изучен палинологический состав поверхностного образца из дернового слоя.

Характеристика палинокомплексов Степное

Таблица 4

Table 4

Features of the palynological zones of the Stepnoye ash heap

Глубина, см	Описание
0–2 см Поверхностная проба	Содержание древесной и травянистой пыльцы примерно 50/50. Среди древесной пыльцы преобладает сосна (45%), единичны — ель и пихта, береза около 10 %. Среди группы пыльцы лугово-степных трав абсолютно преобладают злаки (Poaceae), также повышено участие полевой и маревых; пыльца разнотравья (астровые, лабазник, гвоздичные, васильки, розоцветные, вероника, василистник, лютиковые и пр.) постоянно встречается, разнообразна, но ее немного. Среди условно синантропной группы есть культурные злаки, чертополох; маревые и цикоревые могут быть представителями как сорной, так и фоновой степной растительности. Единично встречаются оски, споры папоротников и сфагнума. Группа NPP представлена небольшим числом спор микоризных грибов, редко капрофильными грибами. В целом, это типичный степной палинокомплекс, хвойная пыльца не отражает значительное участие осоновых лесов в ландшафте, ее высокие значения в открытых ландшафтах связаны с ветровым заносом из отдаленных таежных районов
28–75 см Золистый слой	Доминирует пыльца трав (75–85 %), высокие значения полевой, астровых, лабазника, доля разнотравья повышена; участие злаков заметно ниже, чем в поверхностной пробе. В нижней и средней части «зольника» повышено участие пыльцы трав, потенциально связанных с антропогенными нарушениями — очень много представителей цикориевых, значительна доля маревых, иногда встречается чертополох. В верхней части «золистого» слоя (28–41 см) увеличивается содержание пыльцы злаков, но меньше цикориевых. Среди пыльцы древесных пород преобладает сосна (10–23 %), но постоянно встречается и береза; примечательно спорадическое участие ольхи и широколиственных — липа, дуб, вяз, не характерных для поверхностного спектра, и, в целом, для современной региональной растительности. Пыльца древесных является ветрозаносной с участком севернее Степного или даже со склонов Урала. Маркеры увлажненных местообитаний — оски, папоротники, режее плауны и сфагнум встречаются в небольшом количестве на уровне фоновых значений. Среди NPP маркеров антропогенных нарушений стоит отметить высокие показатели спор <i>Glomus</i> — эти микоризные грибы являются симбионтами многих растений, их доля увеличивается при нарушении дернового слоя почвы или выдергивании растений с корнями. Заметно участие аскоспор типа <i>Sordaria</i> (HdV 55A, HdV 55B), реже <i>Cercophora</i> (HdV 112) и <i>Coniochaeta</i> (TM-16) — все это копрофильные грибы, живущие на навозе; их присутствие, как правило, связано с пастбищной активностью, реже они расселяются на разложившейся древесине. С разложением древесины (ольхи) связаны споры типа EMA-14, они представлены в верхней части отложений зольника, и <i>Gelasinospora</i> , предпочитающие горелую древесину. Экология остальных разнообразных NPP неизвестна. Сферулитов не обнаружено
75–85 см «Погребенная почва»	Состав и соотношение основных групп спектра близки таковым в «золистом» слое, изменяется только состав разнотравья и NPP. Доминируют травы, в основном полевой, разнотравья и злаки; много цикориевых, маревых и конопля; спор грибов <i>Glomus</i> и <i>Sordaria</i>
85–87 см Материковый суглинок	Состав и соотношение основных групп спектра близки таковым в «золистом» слое и «погребенной почве». Доля пыльцы трав около 80 %, доминирует полевой, группа разнотравья, астровые и цикориевые

Сравнение полученных данных поверхностной пробы и нижних горизонтов показывает, что если современные условия злаковой степи наглядно отражены в спорово-пыльцевом спектре из

Междисциплинарные исследования отложений зольника около поселения Степное...

дерна, то для слоя «зольника» не все так однозначно. Любые вариации палинологического состава «зольника» не могут рассматриваться как основа для палеоэкологических реконструкций, так как это искусственно созданные отложения, а не результат естественного осаждения пыльцы из воздуха. Исходя из представления о том, что аккумуляция «золистых» отложений происходила сравнительно быстро, можно заключить, что палинологический состав этого мощного горизонта обусловлен не столько изменениями фонового ландшафтно-климатического окружения, сколько спецификой накопления материала. Отсюда примечательно обилие в «зольнике» пыльцы полыней, астровых и лугового разнотравья в комплексе с представителями синантропной группы, а также микоризными и копрофильными грибами, но не сферулитами.

Пыльца злаков не является ключевой для спорово-пыльцевого комплекса «зольника», хотя именно злаки доминируют в степной растительности, и они являются основой для кормовой базы домашних животных. Пыльцы злаков должно быть много и в навозе пасущихся в степи животных, но специальных исследований пыльцы из навоза в этом регионе не проводилось. Слабая представленность злаков отмечена не только по пыльце, но и в составе фитолитов. С одной стороны, это подтверждает неестественное происхождение отложений, с другой — ставит вопрос об источнике растительной массы и пыльцы в «зольнике».

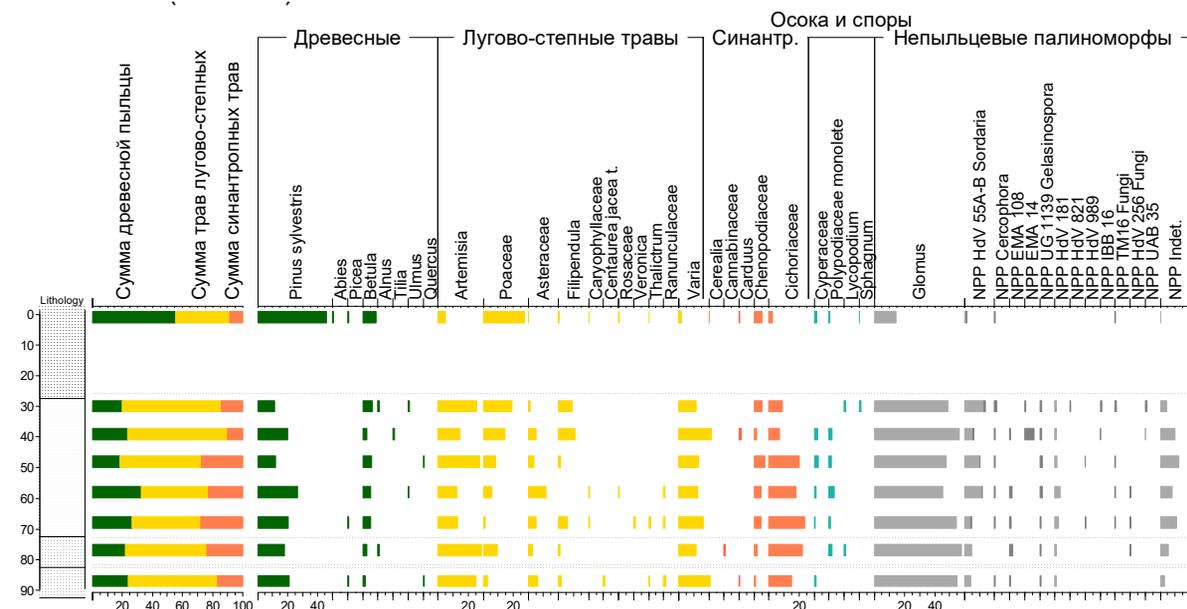


Рис. 11. Палинологическая диаграмма зольника у поселения Степное.

Fig. 11. Pollen diagram of ash heap near the Steponoye settlement.

Исследованный палинокомплекс сложен преимущественно луговым и, возможно, пойменным разнотравьем с учетом существенной доли лабазника. С другой стороны, полынь — типично степное, а не луговое растение, но эта пыльца также обильно представлена. Цикориевые и маревые входят как в состав луговых и степных фитоценозов, так в обширную группу сорняков, так как эти растения предпочитают расселяться у жилья, на вытопанных, мусорных местах и залежах. Увеличение доли злаков наблюдается только в верхней части «зольника» (параллельно с падением пыльцы синантропных растений), что, по-видимому, маркирует стадию прекращения искусственных напластований на этом участке и зарастание поверхности фоновой степной растительностью. Таким образом, «золистый слой» Степного, может быть, демонстрирует преимущественно скопление пыльцы лугового разнотравья, полыни и сорняков. Исходя из этого можно предположить, что это было сено, собранное на пойменных низинных участках, или навоз животных, пасущихся преимущественно на таких участках.

Горизонт, первоначально идентифицированный как «погребенная почва», а также верхний слой материкового горизонта, по-видимому, были затронуты антропогенной деятельностью. К такому же заключению подводят и данные исследования фитолитов. Состав и соотношение палиноморфов из погребенной почвы очень похожи на таковые в «зольнике». Это подтверждает

ют и раскопки этого года. Не исключено, что на начальной стадии накопления «зольника» на периферию укрепленного поселения Степное выносили сравнительно немного органического материала, а больше грунта (из котлованов сооружений?), поэтому эта масса легко вовлекалась в процессы почвообразования и оказалась окрашена гумусом.

Результаты почвенно-микробиологических анализов. Для проверки версий происхождения золистого слоя проанализирована численность микроорганизмов разных трофических групп в почвенном профиле с интервалом 5 см. Пробы из горизонта распашки не анализировались, однако поверхностная проба (0–5 см), скорее всего, захватила и гомогенизированный пахотный слой.

Внесение в почву органических материалов приводит к резкому увеличению численности сапротрофных бактерий и появлению в значительных количествах специфических микроорганизмов, таких как термофильные бактерии, это наглядно подтверждено при исследовании культурных слоев, в том числе загонов для скота [Чернышова и др., 2016]. Численность комплекса сапротрофных бактерий, растущих на богатой органической среде, заметно увеличивается при разложении растительных остатков, особенно в почвах, загрязненных органическими азотсодержащими веществами. Поступление таких субстратов приводит к увеличению численности микроорганизмов, специализирующихся на их утилизации. После того как субстрат полностью утилизирован, в микробном сообществе почвы остается высокая доля микроорганизмов, которые участвовали в процессе разложения. Как правило, к увеличению численности сапротрофных бактерий приводит хозяйственная деятельность, связанная с содержанием скота [Борисов и др., 2017].

Одним из индикаторов поступления в почву навоза является повышенная численность термофильных микроорганизмов. Это специфическая группа микроорганизмов, способных развиваться при высоких температурах и маркирующих стадию компостирования органической массы. Присутствие теплолюбивых микроорганизмов установлено в почвах различных широт, но их обилие зависит в первую очередь не от географических условий, а от степени сельскохозяйственного использования почв [Мишустин и др., 1979].

Еще одним важным маркером индикации является использование группы кератинофильных грибов. Активное и обильное заселение кератиновых субстратов этими грибами позволяет дифференцировать участки культурного слоя, различные по интенсивности древнего хозяйственного использования. Максимальная кератинолитическая активность характерна для грунта пола жилых построек или участков поступления значительного количества шерсти или волос, что вызывало всплеск численности кератинолитических грибов. Таким образом, повышенная плотность кератинолитических грибов в почве, вероятнее всего, является универсальным индикатором мест проживания человека и содержания животных.

Диаграмма, отображающая полученные результаты, наглядно демонстрирует (рис. 12), что в профиле «зольника» Степное поверхностный слой почвы нельзя считать природным фоном, здесь очень высока численность сапротрофных и термофильных бактерий. Вероятно, это стало следствием недавнего сельскохозяйственного использования данного участка, в том числе с внесением удобрений. Численность кератинофильных бактерий в поверхностной пробе, напротив, очень низкая, т.е. подходящего субстрата, содержащего кератин, для их развития немного.

Мощный «золистый» слой характеризуется частыми и разнонаправленными колебаниями численности сапротрофных бактерий и кератинофильных грибов. При этом, в целом, самые низкие показатели сапротрофных бактерий отмечены в «погребенной почве» и нижней части золистых отложений, выше они постепенно увеличиваются, достигая максимума на глубине 40–50 см, а затем резко снижаются в верхней части «зольника». Таким образом, в нижней части профиля обилие микроорганизмов, ответственных за разложение органического вещества антропогенного характера, невелико; численность сапротрофных бактерий в темноокрашенной «погребенной почве» и нижней части золистого горизонта приблизительно одинакова. И только средняя, наиболее белесая по окрасу, часть золистого горизонта демонстрирует значительное увеличение содержания растительной органики, которую активно утилизировали сапротрофы.

Термофильные бактерии в горизонте «зольника» не проявили никакой активности при посеве из почвенной суспензии. Это указывает на ошибочность версии о компостировании биомассы, сконцентрированной на этом участке, и не подтверждает версию скопления навоза.

Численность кератинофильных грибов, так же как и сапротрофных бактерий, увеличивается в средней части золистых отложений, достигая максимальных показателей в разрезе на глубине 40–45 см. Попадание шерсти в слой «зольника» в таких значительных количествах, возможно, связано с утилизацией шерстяных изделий, которые могли использоваться в убранстве жилых помещений.

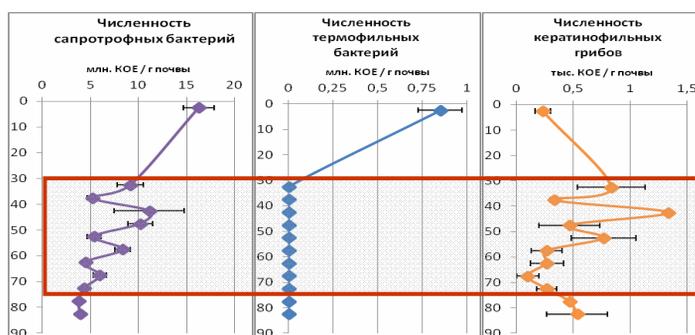


Рис. 12. Вертикальное распределение почвенно-микробиологических показателей в шурфе «зольника» Степное. Рамкой выделен «золистый» горизонт.

Fig. 12. Vertical distribution of soil and microbiological parameters in the pit of the Stepnoye ash heap. The frame highlights the "ashy" horizon marked.

Таким образом, почвенно-микробиологические исследования не свидетельствуют в пользу версии о скоплении стойлового навоза или компостировании на участке «зольника» Степное, однако подтверждают значительное скопление органической массы, вероятно растительной, с включением большого количества кератинсодержащих субстратов (шерсти, волос, пера).

Заключение

Результаты гранулометрического анализа показали, что белесый горизонт мощностью 45 см в зольнике Степное содержит значительное количество фракции крупной пыли, которой нет в поверхностном слое и в погребенной почве. Наиболее высокое содержание биофильных элементов (фосфора и серы), а также кальция отмечено в верхней пачке золистого слоя. Однако высокая концентрация фитолитов в «золистых» отложениях указывает также на формирование слоя в результате привнесения большого количества травянистой растительной массы. Неожиданным явилось то, что состав фитолитного спектра «золистого» горизонта не характерен для степной зоны юга Западной Сибири, так как в нем доминируют группа разнотравья и луговые травы с элементами сорной флоры, а не злаки. Аналогичные выводы получены и при палинологическом исследовании этого слоя: минимальное участие злаков, обилие пыльцы лугового (пойменного) разнотравья, трав синантропной группы в сочетании с полынью. Слабая представленность злаков в составе фитолитов и пыльцы ставит вопрос об источнике этой растительной массы. Повышенное содержание сапротрофных бактерий в «золистом» слое свидетельствует в пользу версии разложения органики на месте. Кроме того, выявлена высокая численность кератинофильных грибов, разлагающих шерсть и волосы. По итогам исследования можно оценить аргументированность нескольких версий происхождения зольника у поселения Степное:

1. Утверждение о том, что белесый цвет и пылеватость основного слоя зольника являются следствием выноса и складирования золы из жилищ, изначально выглядело мало обоснованным. Бытовой мусор, даже перемешанный с золой, должен был преобразоваться почвенными процессами и в условиях почвообразования в степной зоне окраситься гумусом в темные тона. Накопить слой чистой золы, пусть даже за долгое время, практически невозможно: зола легко раздувается ветром и активно включается в почвообразование. Отсутствие углей и, что более важно, карбонизированных семян трав, а также повышенное содержание сапротрофных бактерий указывает на то, что внесенный органический материал не сжигался, а разложился естественным образом. Кроме того, в случае накопления золы объем сожженной растительной массы должен быть огромным, что в условиях безлесных ландшафтов крайне маловероятно, а при использовании кизяка как топлива остается много обугленных семян.

2. Другое объяснение связано с тем, что на зольники выносили не столько бытовой мусор с золой, сколько стойловый навоз, скопившийся во время зимнего содержания животных внутри поселения. Возможно, именно поэтому зольники являются атрибутом преимущественно позднебронзовых поселений, ассоциирующихся с содержанием небольшого стада, и исчезают после перехода к крупностадному и полуотгонному скотоводству в раннем железном веке. Медленное истление растительных остатков в слое навоза в условиях сухого климата могло приводить к формированию подобной сухой белесой массы, по виду напоминающей золу.

Версия концентрированного складирования зимнего стойлового навоза согласуется с большим числом фитолитов и пыльцы преимущественно луговых, а не степных трав. В таком случае это подразумевает кормление животных сеном, заготовленным в поймах, и зимний выпас на высокотравных луговых участках и в степи, где после первых морозов в полынях уменьшается концентрация эфирных масел и животные активнее поедают их.

В настоящее время многие археологи склоняются к версии о том, что для части стада поселений бронзового века в Южном Зауралье практиковалось стойловое содержание, подразумевающее заготовку кормов. Об этом говорят результаты различных естественнонаучных исследований. Для ряда поселений (Каменный Амбар, Черноречье, Степное и др.) был проведен археозоологический анализ, выявивший у скота болезни конечностей, характерные для стойлового содержания, а также факты остеофагии, свидетельствующие о нехватке минералов [Рассадников, 2021; Rassadnikov, 2021; и др.]. Комплексные палеоэкологические исследования округа нескольких укрепленных поселений синташтинского типа, подобных поселению Степное, выполненные с учетом соотношения количества населения, голов скота, пастбищной продуктивности, освоенной территории, также не подвергают сомнению тот факт, что часть скота в зимний период содержалась в стойлах, под которые отводились помещения в жилищах [Шарапов, Плаксина, 2023].

Исследования, выполненные археоботаником Ын Чуен Ян (Университет г. Питтсбург, США) для культурного слоя укрепленных поселений Степное и Левобережное, позволили прийти к выводу о том, что в жилищах поселений хранилось большое количество луговой растительности. Количественные показатели по двум поселениям примерно сходны; забор образцов для флотации осуществлялся с каждого квадратного метра раскопок, с горизонтов по 5 см [Петров и др., 2017; Куприянова, 2023]. В культурных слоях поселений доминируют семена дикорастущих видов, характерных для луговой растительности, а не степей. По мнению исследователя, распределение, количество образцов и их состав с обилием представителей бобовых могут предполагать целенаправленное накопление и хранение в жилищах и рядом большого количества сена или свежего корма для скота. В качестве орудий для сенокоса могли использоваться бронзовые серпы, часто встречающиеся среди находок в памятниках бронзового века.

Археоботанические исследования не принесли аргументов в пользу версии о земледелии у синташтинского населения, поэтому серпы принято рассматривать не как земледельческие орудия, а именно как орудия для заготовки кормов. Несколько серпов и их фрагменты были обнаружены и в синташтинских погребениях могильника Степное-1, и в слоях поселения Степное [Куприянова, 2016, рис.49.9; Куприянова, 2023, глава 1, рис. 57.11; глава 5, рис. 13].

Синташтинское население активно использовало колесный транспорт, который мог применяться для транспортировки сена. Находки конской упряжи и остатков колесниц характерны для погребальных памятников, в том числе для могильника Степное-1 [Куприянова, 2016]. Четырехколесные повозки в качестве транспорта бронзового века фиксируются в археологических памятниках Евразии гораздо раньше, с начала эпохи бронзы, поэтому очевидно, что население Южного Зауралья было знакомо с ними, хотя и не использовало их в погребальных практиках. Тем не менее в соседнем и синхронном поселении могильнике Степное VII в погребении 18 были обнаружены следы четырех, а не двух колес, что может быть истолковано как помещение в могилу повозки вместо колесницы [Куприянова, Зданович, 2015].

Таким образом, множественные аргументы косвенно подтверждают существование практики стойлового содержания и заготовления кормов у населения синташтинской культуры.

Однако почвенно-микробиологические исследования, проведенные на зольнике Степное, не подтвердили версию разложения навоза в слое зольника: нет термофильных бактерий, появляющихся при компостировании растительной биомассы. При палинологических исследованиях обнаружены споры капрофильных грибов, но они, как правило, живут в навозе, который остается на пастбищах, и поэтому маркируют свободный выпас скота, а не придомное зимнее содержание. Важно также, что в золистом слое не удалось обнаружить ни яиц кишечных паразитов, ни навозных сферулитов (микроскопические кристаллические частицы карбоната кальция, образующиеся в пищеварительном тракте травоядных животных), которые, как правило, достоверно маркируют слой навоза на археологических памятниках.

3. Еще одной версией формирования специфического золистого слоя является складирование не навоза, а растительной массы. Это мог быть как материал, использовавшийся в быту и домостроении, так и непосредственно заготовленное разнотравное сено. В подтверждение версии о зоне хранения сена свидетельствует прежде всего состав трав; возможность заготов-

Междисциплинарные исследования отложений зольника около поселения Степное...

ки сена населением поселка обсуждалась выше. Вариантов использования трав в быту множество — внешнее и внутреннее обустройство сооружений, покрытие крыши, утепление, сооружение мест для сна, матов. Использование в этих целях тростника не подтверждается: по фитолитным данным, тростник обнаруживается только в самом верхнем слое зольника, на заключительном этапе накопления его отложений. При бытовом использовании растений, таким образом, их должны были достаточно часто обновлять и утилизировать около поселения на «зольнике». Объем подобных отложений весьма значительный, и, вероятно, он аккумулировался продолжительное время, а значит, это было регулярной, возможно ритуальной, практикой. В пользу версии об очистке пола и интерьера жилищ и хозяйственных построек укрепленного поселения Степное говорит несколько повышенная численность кератинофильных грибов, разлагающих шерсть, перо и волосы, шерстяные и меховые изделия.

Таким образом, для зольника Степное наиболее вероятной выглядит версия происхождения золистых отложений, связанная с накоплением большого объема растительной массы (луговых трав) после очистки жилых и хозяйственных помещений поселения. Тем не менее «навозная» и «сеновальная» версии не могут быть однозначно отклонены для других подобных объектов. Так как это первое междисциплинарное исследование зольников, интерпретация результатов нуждается в верификации.

Финансирование. Все аналитические исследования и полевые работы 2023 года выполнены за счет гранта Российского научного фонда № 23-27-10016, <https://rscf.ru/project/23-27-10016/> «Изучение последствий скотоводства около поселений синташтинско-аркаимского типа в Южном Зауралье: междисциплинарные исследования». Рекогносцировочные полевые работы на зольниках проведены предварительно в рамках государственного задания Министерства науки и образования РФ № 121041600045-8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алаева И.П., Каширская Н.Н., Плеханова Л.Н. Некоторые свойства культурных слоев поселений бронзового века степной зоны Челябинской области // *Геoarхеология и археологическая минералогия*. 2022. Миасс; Челябинск: Изд-во ЮУрГГПУ, 2022. С. 24–30.

Бикмулина Р.Л., Якимов А.С., Куприянова Е.В., Чечушков И.В., Баженов А.И. Геохимические особенности зольника поселения бронзового века Стрелецкое-1 лесостепного Зауралья // *Вестник археологии, антропологии и этнографии*. 2017. № 4 (39). С. 172–182.

Борисов А.В., Демкина Т.С., Ельцов М.В., Каширская Н.Н., Кузнецова Т.В., Хомутова Т.Э., Чернышева Е.В. Информационный потенциал микробных сообществ почв археологических памятников // *Микробные сообщества в эволюции биосферы с древнейших времен до наших дней*. Сер. Геобиологические процессы в прошлом. М.: ПИН РАН, 2017. С. 169–181.

Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.

Валдайских В.В., Зданович Д.Г., Хэнкс Б. Опыт практического привлечения фосфатного метода для поиска почв с древними антропогенными нарушениями // *Отражение био-, гео-, антропогенных взаимодействий в почвах и почвенном покрове*. Томск: ТГУ, 2010. Т.1. С. 34–36.

Гершкович Я.П. Происхождение и эволюция сабатиновского керамического комплекса // *Археологический альманах*. 1997. № 6. С. 125–144.

Гершкович Я.П. Феномен зольников белорудовского типа // *РА*. 2004. № 4. С. 104–113.

Гершкович Я.П. Зольники белогрудовского типа - сложные монументальные структуры эпохи поздней бронзы // *Актуальные проблемы первобытной археологии Восточной Европы: Археологический альманах*. 2009. № 20. С. 327–332.

Гершкович Я.П. Суботовское городище. Киев: Ин-т археологии НАН Украины, 2016. 508 с.

Гольева А.А. Фитолиты и их информационная роль при исследовании природных и археологических объектов. М.: Элиста, 2001. 200 с.

Гольева А.А. Микробиоморфные комплексы природных и антропогенных ландшафтов: Генезис, география, информационная роль. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 240 с.

Динесман Л.Г., Киселева Н.К., Князев А.В. История степных экосистем Монгольской Народной Республики. М.: Наука, 1989. 215 с.

Зах В.А. Поселок древних скотоводов на Тоболе. Новосибирск: Наука, 1995. 96 с.

Зах В.А. О формировании федоровской культуры (по материалам Нижнего Притоболья) // *Труды III (XIX) Всероссий. археол. съезда*. СПб.; В. Новгород, 2011. Т. 1. С. 220–222.

Зданович Г.Б., Батанина И.М. Аркаим — Страна городов: Пространство и образы. Челябинск: Крокус: Южно-Урал. кн. изд-во, 2007. 260 с.

Каздым А.А., Корякова Л.Н., Ковригин А.А., Берсенева Н.А. Петрографическое и минералогическое исследование «зольников» Павлинова городища (V в. до н.э., Курганская область) // *Минералогия техногенеза-2003*. Миасс: ИМин УрО РАН, 2003. С. 198–203.

- Корочкова О.Н. Новое в изучении зольников и погребальных комплексов эпохи поздней бронзы Западной Сибири // 120 лет археологии Восточного склона Урала: Первые чтения памяти В.Ф. Генинга. Екатеринбург, 1999. С. 57–63.
- Корочкова О.Н. О западно-сибирских зольниках эпохи поздней бронзы // РА. 2009. № 1. С. 25–35.
- Кривцова-Гракова О.А. Алексеевское поселение и могильник // Труды ГИМ. 1948. Вып. XVII. С. 57–181.
- Куприянова Е.В. Погребальные практики эпохи бронзы Южного Зауралья: Могильник Степное-1 (раскопки 2008, 2010–2011, 2014 гг.). Челябинск: Энциклопедия, 2016. 119 с.
- Куприянова Е.В. (отв. ред.). Степное: Новые горизонты. Челябинск: Изд-во ЧелГУ, 2023. 292 с.
- Куприянова Е.В., Зданович Д.Г. Древности лесостепного Зауралья: Могильник Степное VII. Челябинск: Энциклопедия, 2015. 196 с.
- Лысак Л.В., Сидоренко Н.Н., Марфенина О.Е., Звягинцев Д.Г. Микробные комплексы городских почв // Почвоведение. 2000. № 1. С. 80–85.
- Матвеев А.В. Ирменская культура в лесостепном Приобье. Новосибирск: НГУ, 1993. 181 с.
- Матвеев А.В., Матвеева Н.П., Крюкова Т.С. Новые памятники эпохи бронзы и раннего железного века в Ингальской долине (по итогам работ 1998 г.) // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 1999. Вып. 2. С. 126–135.
- Матвеев А.В., Сидоров Е.А. Ирменские поселения Новосибирского Приобья // Западная Сибирь в древности и средневековье. Тюмень: ТюмГУ, 1985. С. 29–54.
- Мишустин Е.Н., Перцовская М.И., Горбов В.А. Санитарная микробиология почвы. М.: Наука, 1979. 304 с.
- Насонова Э.Д. Зольники как объекты междисциплинарного исследования (на примере зольника Черемуховый Куст) // Материалы Междунар. науч. конф. молодых ученых. СПб.: Невская типография, 2020. С. 46–48.
- Палин Д.В. Особенности функционирования зольника эпохи поздней бронзы поселения Рублево VI // Северная Евразия в эпоху бронзы: Пространство, время, культура. Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2002. С. 181–183.
- Петров Ф.Н., Батанина Н.С., Малая Н.В., Плаксина А.Л., Маркова Л.Н., Носкевич В.В., Ын Ч.Я. Поселение Левобережное (Синташта II) по материалам комплексных исследований 2015–2017 гг. // Археологические памятники Оренбуржья. Оренбург: ОГАУ, 2017. Вып. 13. С. 113–139.
- Потемкина Т.М. Бронзовый век лесостепного Приобья. М.: Наука, 1985. 376 с.
- Потемкина Т.М., Корочкова О.Н., Стефанов В.И. Лесное Тоболо-Иртышье в конце эпохи бронзы (по материалам Чудской Горы). М.: ПАИМС, 1995. 208 с.
- Пыльцевой анализ / Сост.: А.Н. Гладкова, В.П. Гричук, Е.Д. Заклинская и др.; Ред. И.М. Покровская; Под общ. ред. А.Н. Криштофовича. М.: Изд. и 1-я тип. Госгеолиздата, 1950 (Л.: Картф-ка Госгеолиздата). 572 с.
- Рассадиных А.Ю. Результаты архео- и этнозоологических исследований на поселении позднего бронзового века Черноречье-2 // Теория и практика археологических исследований. 2021. № 33 (1). С. 85–105. [https://doi.org/10.14258/tpai\(2021\)33\(1\).-06](https://doi.org/10.14258/tpai(2021)33(1).-06)
- Русяева А.С. Древнегреческие сакральные зольники в древнем Побужье // РА. 2006. № 4. С. 95–103.
- Рыбаков Б.А. Язычество древних славян. М.: Наука, 1981. 607 с.
- Сава Е., Кайзер Е. Поселение с «зольниками» у села Одая-Мичурин, Республика Молдова: (Археологические и естественнонаучные исследования). Кишинев: Muzeul Național de Arheologie și Istorie a Moldovei, 2011. 532 с.
- Сальников К.В. Кипельское селище // СА. 1957. Т. XXVII. С. 193–198.
- Сергушева Е.А. Археоботаника: Теория и практика. Владивосток: Дальнаука, 2013. 84 с.
- Стефанов В.И. Поселения алакульской культуры Южного Урала // Материалы по археологии и этнографии Южного Урала. Челябинск: Каменный пояс, 1996. С. 43–63.
- Стефанов В.И., Труфанов А.Я. К вопросу о своеобразии ирменской культуры в Среднем Прииртышье (по материалам поселения Сибирская Саргатка I) // Материальная культура древнего населения Урала и Западной Сибири. Свердловск: Урал. ун-т, 1988. С. 65–75.
- Татаурова Л.В., Полеводов А.В., Труфанов А.Я. Алексеевка XXI — памятник эпохи поздней бронзы подтаежного Прииртышья // Археологические микрорайоны Западной Сибири. Омск: ОмГУ, 1997. С. 162–197.
- Фитолитные спектры фитоценозов юга Западной Сибири: База данных. RU 2019621443 / М.Ю. Соломонова, Н.Ю. Сперанская, Н.В. Елесова и др. Правообладатель АлтГУ. № 2019621349; опублик. 09.08.2019, бюл. № 8. <http://phytolith.asu.ru/>
- Чемякин Ю.П. Поселение эпохи бронзы Мирный IV // ИИС. Томск: Изд-во ТГУ, 1974. С. 50–55.
- Чернышева Е.В., Борисов А.В., Коробов Д.С. Биологическая память почв и культурных слоев археологических памятников. М.: ГЕОС, 2016. 240 с.
- Шарапов Д.В., Плаксина А.Л. Пастбищная продуктивность долины реки Карагайлы-Аят как индикатор оседлости/мобильности обществ синташтинско-петровского периода // Древние и традиционные культуры во взаимодействии со средой обитания: Проблемы исторической реконструкции: Материалы II Междунар. междисц. конф., Челябинск, 12–14 апр. 2023 г. Челябинск: Изд-во ЧелГУ, 2023. С. 88–99.
- Blinnikov M.S., Hoffman B.R., Salova Yu.A. Modern Analog Assemblages of Phytoliths Under Various Plant Communities of the Middle Volga and their Applicability for Archaeological Reconstructions // The Volga River Region Archaeology. 2021. Vol. 4 (38). P. 217–234. <https://doi.org/10.24852/pa2021.4.38.217.234>
- Callen E. O., Cameron T. W. M. A Prehistoric Diet Revealed in Coprolites // New Scientist. 1960. No 8 (190). P. 35–40.
- Chernysheva E., Korobov D., Borisov A. Thermophilic microorganisms in arable land around medieval archaeological sites in Northern Caucasus, Russia: Novel evidence of past manuring practices // Geoarchaeology. 2017. Vol. 32 (4). P. 494–501.

Междисциплинарные исследования отложений зольника около поселения Степное...

Frahm E., Monnier G.F., Jelinski N.A., Fleming E.P., Barber B.L., & Lambon J.B. Chemical soil surveys at the Bremer Site (Dakota county, Minnesota, USA): Measuring phosphorous content of sediment by portable XRF and ICP-OES // *Journal of Archaeological Science*. 2016. № 75. P. 115–138. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2016.10.004>

Jarl J., Bruch A.A. Modern phytolith assemblages as indicators of vegetation in the southern Caucasus // *Vegetation History and Archaeobotany*. 2023. <https://doi.org/10.1007/s00334-023-00921-5>

Kalinin P.I., Kudrevatykh I.Yu., Vagapov I.M., Borisov A.V., Alekseev A.O. Biogeochemical processes in steppe landscapes of the Ergeni upland in the Holocene // *Eurasian Soil Science*. 2018. Vol. 51 (5). P. 495–505. <https://doi.org/10.1134/S1064229318050058>

Kashirskaya N., Kleshchenko A., Mimokhod R., Borisov A. Microbiological approach for identification of wool clothes in ancient burials // *Journal of Archaeological Science: Reports*. 2020. Vol. 31. 102296. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102296>

Neumann K., Strömberg C., Ball T., Albert R.M., Vrydaghs L., Cummings L.S. International Code for Phytolith Nomenclature (ICPN) 2.0 // *Annals of Botany*. 2019. 124 (2). P. 189–199. <https://doi.org/10.1093/aob/mcz064>

Rassadnikov A. Bone Pathologies of Modern Non-Draft Cattle (*Bos Taurus*) in the Context of Grazing System and Environmental Influences in the South Urals, Russia // *Int. J. Paleopathol.* 2021. 32. P. 87–102. <http://doi.org/10.1016/j.ijpp.2020.11.003>

Retallack G.J. *Soils of the Past: An Introduction to Paleopedology*. Second ed. Oxford: Blackwell, 2001. 404 p. <https://doi.org/10.1017/S0016756802216519>

Silantyeva M., Solomonova M., Speranskaja N., Blinnikov M. S. Phytoliths of temperate forest-steppe: A case study from the Altay, Russia // *Review of Palaeobotany and Palynology*. 2018. Vol. 250. P. 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2017.12.002>

Slepchenko S.M., Slavinsky V.S., Ivanov S.N., Rakultseva D.S., Siben A.N., Tsybankov A.A., Galukhin L.L. Pathoecology of the town of Yeniseisk in Western Siberia from the 17th and 18th centuries // *Quaternary International*. 2020. Vol. 545 (20). P. 111–118. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.12.005>

Solomonova M.Y., Blinnikov M.S., Silantjeva M.M., Speranskaya N.Y. Influence of Moisture and Temperature Regimes on the Phytolith Assemblage Composition of Mountain Ecosystems of the Mid Latitudes: A Case Study From the Altay Mountains // *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2019. Vol. 7. <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00002>

**Kupriyanova E.V.^a, Solomonova M.Yu.^b, Trubitsyna E.D.^{c,*}, Kashirskaya N.N.^d,
Filimonova M.O.^c, Afonin A.S.^c, Sharapov D.V.^e, Ivanov S.N.^c, Ryabogina N.E.^c**

^a Scientific and Educational Center for Research on the Problems of Nature and Man, Chelyabinsk State University, Br. Kashyrynykh st., 129, Chelyabinsk, 454001, Russian Federation

^b Altai State University, Institute of Biology and Biotechnology prosp. Lenina, 61, Barnaul, 656049, Russian Federation

^c Tyumen Scientific Centre of the Siberian Branch RAS Chervishevsky trakt st., 13, Tyumen, 625008, Russian Federation

^d Institute of Physical, Chemical and Biological Problems of Soil Science, Russian Academy of Sciences Institutskaya st., 2, Pushchino, 142290, Russian Federation

^e Tyumen State University, Volodarskogo st., 6, Tyumen, 625000, Russian Federation
E-mail: dzdan@mail.ru (Kupriyanova E.V.); solomonova@edu.asu.ru (Solomonova M.Yu.);
el.yuzh@gmail.com (Trubitsyna E.D.); nkashirskaya81@gmail.com (Kashirskaya N.N.);
mashaofilimonova@yandex.ru (Filimonova M.O.); hawk_lex@list.ru (Afonin A.S.);
sharapov83@gmail.com (Sharapov D.V.); ivasenik@rambler.ru (Ivanov S.N.);
nataly.ryabogina@gmail.com (Ryabogina N.E.)

Interdisciplinary research of ash heap sediment near Stepnoye settlement (Chelyabinsk Oblast)

An ash heap is defined as a specific object at an archaeological site, usually in the form of a separate hillock containing a layer of finely-dispersed greyish-yellow or ash-coloured soil. The existing assumptions about the formation and functional purpose of ash heaps, as special archaeological objects found near the Bronze Age pastoral settlements, have so far been poorly supported by scientific data. At the ash heap near the Sintashta fortified settlement of Stepnoye, Chelyabinsk Oblast, for the first time, large-scale and comprehensive studies were carried out on the structure of these deposits, their granulometric and geochemical composition, in combination with the analysis of plant macroremains, paleoparasites, microbimorphic and palynological complexes, indicative bacterial groups, and keratinophilic fungi. Judging by the archaeological materials, it is patently obvious that this was a multifunctional object that developed over many centuries and played different roles at different stages. The results of the conducted analyses showed that the 45 cm thick “ash” horizon in the Stepnoye ash heap contains a significant proportion of a fine sand fraction, and not a silty fraction. An increase in the biophilic elements (predominantly calcium, as well as phosphorus and sulphur), accumulated mainly in the organic matter of faunal origin, was noted in the upper bench of the ash layer. However, the high concentration of phytoliths in the “ashy” deposits indicates that the layer was formed mainly as a result of the accumulation of a large amount of plant organic matter. The absence of charcoal and the scarcity of charred macroremains indicate that the deposited organic material was not burnt but decomposed naturally. The increased content of saprotrophic bacteria in the “ashy” layer also supports the natural decomposition of an organic matter. The composition of the phyto-

* Corresponding author.

lithic and pollen spectrum of the “ashy” horizon is not typical for the steppe of the south of Western Siberia, since it is dominated by a group of mixed herbs with elements of a ruderal flora, and not by cereals. All the data supports the hypothesis that the ash heap is the result of regular practice of cleaning of the floor and interiors of the buildings of the fortified settlement of Stepnoye. This is evidenced by the increase in the number of keratinophilic fungi, which decompose wool and hair and therefore accumulate in the occupational layer of the structures. Based on the results of the study, the hypotheses that the Stepnoye ash heap is a place of consolidated ash removal or composting of stable manure were rejected.

Keywords: ash heap, Bronze Age, Southern Trans-Urals, Sintashta settlement, phytoliths, pollen, geochemical composition, saprotrophic microbes, keratinophilic fungi, functional purpose.

REFERENCES

- Alaeva, I.P., Kashirskaya, N.N., Plekhanova, L.N. (2022). Some properties of the cultural layers Bronze Age settlements steppe zone of Chelyabinsk region. In: A.M. Yuminov, N.N. Ankusheva (Eds.). *Geoarchaeology and Archaeological Mineralogy-2022*. Miass; Chelyabinsk: Izd-vo YuUrGGPU, 24–30.
- Bikmulina, R.L., Yakimov, A.S., Kupriyanova, E.V., Chechushkov, I.V., Bazhenov, A.I. (2017). Geochemical features of the ashy layer (zol'nic) at the Bronze Age settlement of Streletskoe-1 in the forest-steppe Trans-Urals. *Vestnik arheologii, antropologii i etnografii*, 39(4), 172–182. (Rus.).
- Blinnikov, M.S., Hoffman, B.R., Salova, Yu.A. (2021). Modern Analog Assemblages of Phytoliths Under Various Plant Communities of the Middle Volga and their Applicability for Archaeological Reconstructions. *The Volga River Region Archaeology*, 38(4), 17–234. <https://doi.org/10.24852/pa2021.4.38.217.234>
- Borisov, A.V., Demkina, T.S., Eltsov, M.V., Kashirskaya, N.N., Kuznetsova, T.V., Khomutova, T.E., Chernysheva, E.V. (2017). Information potential of microbial communities of soils of archaeological sites. *Mikrobnnyye soobshchestva v evolyutsii biosfery s drevneyshikh vremen do nashikh dney. Seriya Geobiologicheskkiye protsessy v proshlom*. Moscow: PIN RAN, 169–181. (Rus.).
- Callen, E.O., Cameron, T.W.M. (1960). A Prehistoric Diet Revealed in Coprolites. *New Scientist*, 190(8), 35–40.
- Chemyakin, Yu.P. (1974). Settlement of the Bronze Age Mirny IV. In: V.I. Matyushchenko (Ed.). *Iz istorii Sibiri*. Tomsk: TGU, 50–55. (Rus.).
- Chernysheva, E., Korobov, D., Borisov, A. (2017). Thermophilic microorganisms in arable land around medieval archaeological sites in Northern Caucasus, Russia: novel evidence of past manuring practices. *Geoarchaeology*, 32(4), 494–501. (Rus.).
- Chernysheva, E.V., Borisov, A.V., Korobov, D.S. (2016). Biological memory of soils and cultural layers of archaeological sites. Moscow: GEOS. (Rus.).
- Dinesman, L.G., Kiseleva, N.K., Knyazev, A.V. (1989). History of steppe ecosystems of the Mongolian People's Republic. Moscow: Nauka. (Rus.).
- Frahm, E., Monnier, G.F., Jelinski, N.A., Fleming, E.P., Barber, B.L., & Lambon, J.B. (2016). Chemical soil surveys at the Bremer Site (Dakota county, Minnesota, USA): Measuring phosphorous content of sediment by portable XRF and ICP-OES. *Journal of Archaeological Science*, (75), 115–138. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2016.10.004>
- Gershkovich, Ya.P. (1997). Origin and evolution of the Sabatino ceramic complex. *Arkheologicheskii al'manakh*, (6), 125–144.
- Gershkovich, Ya.P. (2004). Phenomenon of ash heaps of the Belorudov type. *Rossiyskaya arkheologiya*, (4), 104–113.
- Gershkovich, Ya.P. (2009). Ash heaps of the Belorudov type — complex monumental structures of the Late Bronze Age. Actual problems of primitive archeology of Eastern Europe. *Arkheologicheskii al'manakh*, 20, 327–332.
- Gershkovich, Ya.P. (2016). *Subotovo settlement*. Kiev: Institut arkheologii NAN Ukrainy.
- Gladkova, A.N., Grichuk, V.P., Zaklinskaya, E.D., et al. (Comp.) (1950). Pollen analysis. Moscow: Izd. I 1-ya tip. Gosgeolizdata. (Rus.).
- Golyeva, A.A. (2008). *Microbiomorphic complexes of natural and anthropogenic landscapes: Genesis, geography, informational role*. Moscow: Izd-vo LKI. (Rus.).
- Golyeva, A.A. (2001). *Phytoliths and their informational role in the study of natural and archaeological objects*. Moscow: Elista. (Rus.).
- Jarl, J., Bruch, A.A. (2023). Modern phytolith assemblages as indicators of vegetation in the southern Caucasus. *Vegetation History and Archaeobotany*. <https://doi.org/10.1007/s00334-023-00921-5>
- Kalinin, P.I., Kudrevatykh, I.Yu., Vagapov, I.M., Borisov, A.V., Alekseev, A.O. (2018). Biogeochemical processes in steppe landscapes of the Ergeni upland in the Holocene. *Eurasian Soil Science*, 51(5), 495–505. <https://doi.org/10.1134/S1064229318050058>
- Kashirskaya, N., Kleshchenko, A., Mimokhod, R., Borisov, A. (2020). Microbiological approach for identification of wool clothes in ancient burials. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 31, 102296. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102296>
- Kazdym, A.A., Koryakova, L.N., Kovrigin, A.A., Berseneva, N.A. (2003). Petrographical and mineralogical research of the “ashy layers” (zol'nic) of Pavlinovo settlement (V BC, Kurgan region). *Mineralogy of technogenesis-2003*. Miass: IMin UrO RAN, 198–203. (Rus.).
- Korochkova, O.N. (1999). New in the study of ash heaps and burial complexes of the Late Bronze Age in Western Siberia. In: V.T. Kovaleva (Ed.) *120 let arkheologii Vostochnogo sklona Urala: Pervyye chteniya pamyati V.F. Geninga*. Yekaterinburg, 57–63. (Rus.).

Междисциплинарные исследования отложений зольника около поселения Степное...

- Korochkova, O.N. (2009). On the West Siberian ash heaps of the Late Bronze Age. *Rossiyskaya arkheologiya*, (1), 25–35. (Rus.).
- Krivtsova-Grakova, O.A. (1948). Alekseevsky settlement and burial ground. *Trudy Gosudarstvennogo Istoricheskogo muzeya*, (XVII), 57–181. (Rus.).
- Kupriyanova, E.V. (2016). Funerary practices of the Bronze Age of the Southern Trans-Urals: Stepnoye-1 cemetery (excavations 2008, 2010–2011, 2014). Chelyabinsk: Encyclopedia. (Rus.).
- Kupriyanova E.V. (Ed.) (2023). *Stepnoe: New horizons*. Chelyabinsk: Izd-vo Chelyabinskogo universiteta. (Rus.).
- Kupriyanova, E.V., Zdanovich, D.G. (2015). *The antiquity of forest-steppe Trans-Urals: Stepnoye VII cemetery*. Cheliabinsk: Entsiklopediia. (Rus.).
- Lysak, L.V., Sidorenko, N.N., Marfenina, O.E., Zvyagintsev, D.G. (2000). Microbial complexes of urban soils. *Eurasian Soil Science*, (1), 80–85.
- Matveev, A.V. (1993). *Irmen culture in the forest-steppe region of the Ob*. Novosibirsk: Novosibirskii universitet. (Rus.).
- Matveev, A.V., Matveeva, N.P., Kryukova, T.S. (1999). New monuments of the Bronze Age and the Early Iron Age in the Ingalskaya Valley (based on the results of work in 1998). *Vestnik arheologii, antropologii i etnografii*, (2), 126–135. (Rus.).
- Matveev, A.V., Sidorov, E.A. (1985). Irmen settlements of the Novosibirsk Ob region. In: *Zapadnaya Sibir' v drevnosti i srednevekovie*. Tyumen: Tyumenskii universitet, 29–54. (Rus.).
- Mishustin, E.N., Pertsovskaya, M.I., Gorbov, V.A. (1979). *Sanitary soil microbiology*. Moscow: Nauka. (Rus.).
- Nasonova, E.D. (2020). Ash heaps as objects of interdisciplinary research (on the example of the Chere-mukhovoy Kust ash heap). In: *Materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii molodykh uchenykh*. St. Petersburg: Nevskaya tipografiya, 46–48. (Rus.).
- Neumann, K., Strömberg, C., Ball, T., Albert, R. M., Vrydaghs, L., Cummings, L. S. (2019). International Code for Phytolith Nomenclature (ICPN) 2.0. *Annals of Botany*, 124(2), 189–199. <https://doi.org/10.1093/aob/mcz064>
- Papin, D.V. (2002). Peculiarities of the functioning of the ash pan of the Late Bronze Age of the settlement of Rublevo VI. In: Yu.F. Kiryushin, A.A. Tishkin (Eds.). *Severnaya Yevraziya v epokhu bronzы: Prostranstvo, vremya, kul'tura*. Barnaul: Izd-vo Altayskogo universiteta, 181–183. (Rus.).
- Petrov, F.N., Batanina, N.S., Malaya, N.V., Plaksina, A.L., Markova, L.M., Noskevich, V.V., Ng, Ch. Ya. (2017). Levoberezhnoye (Sintashta II) settlement on materials of complex researches 2015–2017. In: *Arkheologicheskie pamyatniki Orenburzhiya*, (13), 113–139.
- Potemkina, T.M. (1985). *Bronze Age of the forest-steppe Tobol region*. Moscow: Nauka. (Rus.).
- Potemkina, T.M., Korochkova, O.N., Stefanov, V.I. (1995). *Forest Tobol-Irtys region in the end of Bronze Age (on Chudskaya Gora materials)*. Moscow: PAIMS. (Rus.).
- Rassadnikov, A. (2021). Bone Pathologies of Modern Non-Draft Cattle (*Bos Taurus*) in the Context of Grazing System and Environmental Influences in the South Urals, Russia. *Int. J. Paleopathol.*, (32), 87–102. <http://doi.org/10.1016/j.ijpp.2020.11.003>
- Rassadnikov, A.Yu. (2021). The results of archaeo- and ethnozoological researches on Bronze Age settlement Chernorechye-2. In: *Teoriya i praktika arkheologicheskikh issledovaniy*, 33(1), 85–105. (Rus.).
- Retallack, G.J. (2001). *Soils of the Past: An Introduction to Paleopedology. Second ed.* Blackwell, Oxford. <https://doi.org/10.1017/S0016756802216519>
- Rusyaeva, A.S. (2006). Ancient Greek sacred ash pans in the ancient Bug region. *Rossiyskaya arkheologiya*, (4), 95–103. (Rus.).
- Rybakov, B.A. (1981). *The paganism of the ancient Slavs*. Moscow: Nauka. (Rus.).
- Salnikov, K.V. (1957). Kipel settlement. *Sovetskaya arkheologiya*, (XXVII), 193–198. (Rus.).
- Sava, E., Kaiser, E. (2011). *Die Siedlung mit "Aschehügeln" von Dorf Odaia. Micuirin, Republik Moldova*. Kishinev: Muzeul Național de Arheologie și Istorie a Moldovei.
- Sergusheva, E.A. (2013). *Archeobotany: Theory and practice*. Vladivostok: Dalnauka.
- Sharapov, D.V., Plaksina, A.L. (2023). Pasture productivity of the Karagaily-Ayat river valley as an indicator of settlement/mobility of societies of the Sintashta-Petrovsky period. In: *Drevnie i traditsionnye kul'tury vo vzaimodeistvii so sredoi obitania: Problemy istoricheskoy rekonstruktsii*. Chelyabinsk: Chelyabinskii universitet, 88–99. (Rus.).
- Silant'yeva, M., Solomonova, M., Speranskaja, N., Blinnikov, M.S. (2018). Phytoliths of temperate forest-steppe: A case study from the Altay, Russia. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 250, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2017.12.002>
- Slepchenko, S.M., Slavinsky, V.S., Ivanov, S.N., Rakultseva, D.S., Siben, A.N., Tsybankov, A.A., Galukhin, L.L. (2020). Pathoecology of the town of Yeniseisk in Western Siberia from the 17th and 18th centuries. *Quaternary International*, 545(20), 111–118. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.12.005>
- Solomonova, M.Y., Blinnikov, M.S., Silant'eva, M.M., Speranskaya, N.Y. (2019). Influence of Moisture and Temperature Regimes on the Phytolith Assemblage Composition of Mountain Ecosystems of the Mid Latitudes: A Case Study From the Altay Mountains. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7. <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00002>
- Solomonova M.Yu., Speranskaya N.Yu., Yelesova N.V. et al. *Phytolith spectra of phytocenoses in the south of Western Siberia: Database. RU 2019621443*. Copyright holder Altai State University. No. 2019621349; publ. 08.09.2019, Bull. No. 8. URL: <http://phytolith.asu.ru/>.

Stefanov, V.I. (1996). Settlements of the Alakul culture of the Southern Urals. In: N.O. Ivanova (Ed.). *Materialy po arkheologii i etnografii Yuzhnogo Urala*. Chelyabinsk: Kamennyy poyas, 43–63. (Rus.).

Stefanov, V.I., Trufanov, A.Ya. (1988). To the question of the originality of the Irmen culture in the Middle Irtysh region (based on the materials of the settlement of Sibirskaya Sargatka I). In: V.T. Kovaleva (Ed.). *Material'naya kul'tura drevnego naseleniya Urala i Zapadnoy Sibiri*. Sverdlovsk: Ural. universitet, 65–75. (Rus.).

Tataurova, L.V., Polevodov, A.V., Trufanov, A.Ya. (1997). Alekseevka XXI — a monument of the Late Bronze Age of the subtaiga Irtysh region. In: S.S. Tikhonov (Ed.) *Arkheologicheskiye mikrorayony Zapadnoy Sibiri*. Omsk: Omskiy universitet, 162–197. (Rus.).

Vadyunina, A.F., Korchagina, Z.A. (1986). *Methods for studying the physical properties of soils*. Moscow: Agropromizdat. (Rus.).

Valdaiskikh, V.V., Zdanovich, D.G., Hanks, B. (2010). Practical experience of using the phosphate method to search for soils with ancient anthropogenic disturbances. In: *Otrazheniye bio-, geo-, antroposfernykh vzaimod-eystviy v pochvakh i pochvennom pokrove. T. 1*. Tomsk: Tomskii universitet, 34–36. (Rus.).

Zakh, V.A. (1995). *The village of ancient pastoralists on the Tobol*. Novosibirsk: Nauka. (Rus.).

Zakh, V.A. (2011). On the formation of the Fedorovskaya culture (based on the Materials of the Lower Tobol Region). In: *Trudy III (XIX) Vserossiyskogo arkheologicheskogo s"yezda. T. 1*. St. Petersburg: Velikiy Novgorod, 220–222.

Zdanovich, G.B., Batanina, I.M. (2007). *Arkaim — Country of cities: Space and images*. Chelyabinsk: Krokus: Yuzhno-Ural'skoye knizhnoye izdatel'stvo. (Rus.).

Куприянова Е.В., <https://orcid.org/0000-0001-8842-9976>

Соломонова М.Ю., <https://orcid.org/0000-0002-4154-6048>

Трубицына Э.Д., <https://orcid.org/0000-0002-7077-2618>

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

Филимонова М.О., <https://orcid.org/0000-0001-9478-8449>

Афонин А.С., <https://orcid.org/0000-0001-8815-7659>

Шарапов Д.В., <https://orcid.org/0000-0003-4749-7336>

Иванов С.Н., <https://orcid.org/0000-0001-8566-0080>

Рябогина Н.Е., <https://orcid.org/0000-0003-1098-0121>

Сведения об авторах:

Куприянова Елена Владиславовна, кандидат исторических наук, директор учебно-научного центра изучения проблем природы и человека Челябинского государственного университета, Челябинск.

Соломонова Марина Юрьевна, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры ботаники, Алтайский государственный университет, Институт биологии и биотехнологии, Барнаул.

Трубицына Элеонора Дмитриевна, младший научный сотрудник, Тюменский научный центр СО РАН, Тюмень.

Каширская Наталья Николаевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пушкино.

Филимонова Мария Олеговна, младший научный сотрудник, Тюменский научный центр СО РАН, Тюмень.

Афонин Алексей Сергеевич, научный сотрудник, Тюменский научный центр СО РАН, Тюмень.

Шарапов Денис Вячеславович, PhD, научный сотрудник, Тюменский государственный университет, Институт экологической и сельскохозяйственной биологии (Х-БИО), Тюмень.

Иванов Сергей Николаевич, научный сотрудник, Тюменский научный центр СО РАН, Тюмень.

Рябогина Наталья Евгеньевна, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, Тюменский научный центр СО РАН, Тюмень.

About the authors:

Kupriyanova Elena V., Candidate of Historical Sciences, Director of Scientific and Educational Center for Research on the Problems of Nature and Man, Chelyabinsk State University, Scientific and Educational Center for Research on the Problems of Nature and Man, Chelyabinsk State University, Chelyabinsk.

Solomonova Marina Yu., Candidate of Biological Sciences, Senior Lecturer, Department of Botany, Altai State University, Institute of Biology and Biotechnology, Barnaul.

Trubitsyna Eleonora D., Junior Researcher, Tyumen Scientific Centre of Siberian Branch RAS, Tyumen.

Kashirskaya Natalya N., Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Institute of Physical, Chemical and Biological Problems of Soil Science, Russian Academy of Sciences, Pushchino.

Filimonova Maria O., Junior Researcher, Tyumen Scientific Centre of Siberian Branch RAS, Tyumen.

Afonin Aleksey S., Researcher, Tyumen Scientific Centre of Siberian Branch RAS, Tyumen.

Sharapov Denis V., PhD Researcher, Tyumen State University, Institute of Ecological and Agricultural Biology (X-BIO), International Integrated Research Laboratory for the Study of Climate Change, Land Use and Biodiversity (MKNIL), Tyumen.

Ivanov Sergey N., Researcher, Tyumen Scientific Centre of Siberian Branch RAS, Tyumen.

Ryabogina Natalya E., Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher, Tyumen Scientific Centre of Siberian Branch RAS, Tyumen.



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

Accepted: 28.09.2023

Article published: 15.12.2023