УДК 902/903; 631.417.1 https://doi.org/10.24852/2587-6112.2025.4.31.45

СОДЕРЖАНИЕ ФОСФОРА В ПОЧВАХ ПАМЯТНИКА АРХЕОЛОГИИ ЭНЬТЫ IA[1]

© 2025 г. Л.А. Вахрушев, В.Н. Карманов, Е.В. Попов, А. А. Дымов

Проанализированы почвы, в которые заключены культуровмещающие отложения археологического памятника – места обитания раннего неолита, второй половины VI тыс. до н.э. – Эньты IA (долина р. Вычегды, городского округа Сыктывкар Республика Коми). Оценено содержание фосфора в отдельных почвенных горизонтах с учетом археологических находок. Выявлено, что в исследуемых почвах археологического памятника содержание фосфора изменяется от 0,14 мг/г до 2,52 мг/г, что существенно превышает концентрации элемента в почвах условно-фоновых ландшафтов Печоро-Илычского заповедника. Определена значимая корреляция содержания фосфора с илистыми и пылеватыми фракциями. На месте расположения следов и остатков древней наземной постройки коэффициент Пирсона r = 0,96–0,99, в районе геохимически подчиненного ландшафта коэффициент Пирсона r = 0,89–0,99. Горизонты, в которых не выявлено археологических предметов и признаков культурного слоя, характеризуются близкими к условно-фоновым значениям содержания фосфора в почвенных горизонтах. Выявлено, что содержание фосфора и илистых фракций отражают особенности культуровмещающих слоев почв в местах обитания древнего человека.

Ключевые слова: археология, почвоведение, подзолы, фосфор, антропогенное воздействие, Республика Коми, неолит, культурный слой, артефакты, бореальные леса.

PHOSPHORUS CONTENT IN SOILS OF THE ARCHAEOLOGICAL SITE OF ENTY IA[2]

L.A. Vakhrushev, V.N. Karmanov, E.V. Popov, A.A. Dymov

The soils containing the cultural layer of the archaeological site of Enty IA – an Early Neolithic settlement dating to the second half of the 6th millennium BC (located in the Vychegda River valley, Syktyvkar urban district, Komi Republic) – were analyzed. The phosphorus content in individual soil horizons was estimated taking into account the archaeological finds. It was revealed that the phosphorus content in the studied soils of the archaeological site ranges from 0,14 mg/g to 2,52 mg/g, significantly exceeding concentrations of this element in soils from the reference (background) landscapes of the Pechora-Ilych Nature Reserve. A significant correlation was determined between the phosphorus content and the silt and dust fractions. At the location of traces and remnants of an ancient above-ground structure, the Pearson coefficient r = 0,96–0,99, in the area of geochemically subordinate landscape, the Pearson coefficient r = 0,89–0,99. Horizons where no archaeological objects or signs of a cultural layer have been identified are characterized by phosphorus content in soil horizons close to conventional background values. It has been revealed that the content of phosphorus and silt fractions reflect the characteristics of the cultural-bearing soil layers in places where ancient humans lived.

Keywords: archaeology, soil science, podzolic soil, phosphorus, anthropogenic impact, Komi Republic, Neolithic, cultural layer, artifacts, boreal forests.

Введение

Почва как часть экосистемы способна накапливать и сохранять информацию не только о природных, но и исторических событиях (Nikiforoff, 1953; Таргульян, Горячкин 2011). Оценка содержания и накопления отдельных химических элементов, ряда физических свойств почв, сохранение антропогенных

[1] Работа выполнена в рамках госбюджетных тем «Почвы и почвенные ресурсы Европейского Северо-Востока России в условиях современных климатических изменений, антропогенного пресса и социально-экономических вызовов» № 125021902454-1 и «Археологические источники: описание, систематизация и критический анализ (по материалам Европейского Северо-Востока России)» № 122040800169-1

[2] The work was carried out as a part of the state-funded research topics "Soils and soil resources of the European North-East of Russia under modern climate change, anthropogenic pressure, and socio-economic challenges" No. 125021902454-1 and "Archaeological sources: description, systematization and critical analysis (based on materials from the European Northeast of Russia)" No 122040800169-1

продуктов жизнедеятельности, формирование морфологических признаков в профилях почв позволило сформировать особое научное направление – археологическое почвоведение (Дергачева и др., 1997).

Благодаря более активному заселению южных территорий современной России, исследования по данному направлению в основном представлены публикациями, посвященным поселениям и могильникам в степи (Сулейманов, Овсянников 2011; Suleymanov et al., 2021), широколиственных лесах (Бобровский, 2010) в Крыму (Савельев и др., 2024) и на Кавказе (Ковалева, Ковалев, 2015). В зоне бореальных лесов России такие работы крайне редки (Морозова и др., 2008). Однако и в таких почвах археологи умеют распознавать различные функциональные зоны поселений (очаги, котлованы жилищ, хозяйственные ямы), погребения, фортификационные сооружения и особенности их возведения, основываясь только на визуальных характеристиках отложений и стратиграфии (Косинская, 1990; Карманов, 2021). Для повышения достоверности археологических наблюдений требуется их инструментальное подтверждение, что обуславливает поиск методов и показателей для диагностики свойств почв в границах памятников археологии. Различие почвенного покрова смешенных лесов и степей с почвами бореальных лесов, дают нам понятия о разности методов изучения почв и получаемых данных.

Значительная часть известных памятников археологии на Севере европейской части России приурочено к хорошо дренируемым ландшафтам (Археологическая карта … , 2014). В современности, как, вероятно, и в древности на таких участках, произрастают сосняки лишайниковые и зеленомошные. Почвы под такими лесами преимущественно представлены подзолами иллювиально-железистыми, формирующимися на песках и супесях. Для данных почв характерно типичное строение профиля: в верхней части располагается лесная подстилка (О), ниже залегает минеральный подзолистый горизонт (Е) наиболее светлый по сравнению нижележащими горизонтами. Под ним формируется иллювиально-железистый горизонт (BF), в который мигрируют соединения железа, из-за чего он приобретает ярко-бурую, желтую окраску. Ниже идёт переход к почвообразующей породе, слабоизменённой современными процессами почвообразования (Дымов, 2020). Так как подзолы иллювиально-железистые в основном формируются на легких почвообразующих породах, то они характеризуются промывным водным режимом. Благодаря этому они и являлись наиболее сухими и удобными местами для заселения древними людьми. В местах обитания древних людей откладываются культурные остатки, изменяется химический состав и структура подстилающих грунтов. Так формируются культуровмещающие отложения, которые затем встраиваются в верхние горизонты почвы.

В археологическом почвоведении широко используются методы как химического, физического, так и микробиологического анализа. Например, одним из наиболее консервативных физических параметров является гранулометрический состав. Одним из показателей антропогенного воздействия является содержание фосфора в почвах, количество которого в образце может дать информацию об интенсивности антропогенной нагрузки в различных местах, и на разной глубине почвенного профиля (Майгиер и др., 2014). В культурных слоях поселений повышается содержание минеральных форм фосфора (Петросян и др., 2022). На различных памятниках содержание фосфора в культурном слое сильно превышает фоновые, что является явным свидетельством жизнедеятельности человека. В качестве примера можно привести почвы памятника поселения Ямгорт 1, расположенного на территории ЯНАО. В почвах на территории памятника содержание фосфора в культурном слое повышается до 920 мг/кг (Тупахина и др., 2022). на Содержание фосфора в иллювиально-гумусово-железистом горизонте почвы поселения Лабытнанги 1 превышает 2 800 мг/кг. На данном памятнике были обнаружены современные включения антропогенной природы и остатки древней керамики. Эти значения также намного превышают фоновые значения (Низамутдинов и др., 2023).

Например, на городище Чайка (Московская обл.) был обнаружен темно-гумусовый слой, не характерный для почв этого региона. При оценке содержания фосфора его значения оказались выше фоновых, на основании чего был сделан вывод об антропогенном воздействии на этот участок (Гольева, Сыроватко, 2022).

Источниками поступления фосфора в почву являются прежде всего, органогенные отходы производства, погребения, кремация, продукты животноводческой деятельности, сельского хозяйства. Все эти действия приводят к накоплению фосфора в культурном слое и с помощью знаний о его содержании в почве можно понять была ли в данной местности некая нагрузка человека на почву (Каширская, Борисов, 2018). Самое высокое содержание фосфора наблюдается на местах захоронений (Сверчкова, 2022). Его содержание может дать нам ранее изученные знания об особенностях древних погребений, которые в свою очередь дадут понятие о культуре народа, населявшего какую-либо определённую местность (Дружинина и др., 2024).

Таким образом, можно констатировать, что фосфор является наиболее распространенным индикатором антропогенной нагрузки, его содержание активно используется в археологической практике. Содержание фосфора может служить надёжным индикатором наличия антропогенной деятельности (Ковалева и др. 2021). Но при этом, работы описывающие содержание фосфора в почвах археологических памятников Севера носят единичный характер.

Цель предлагаемого исследования – определение антропогенного воздействия на почву на основе изучения содержания фосфора и его взаимосвязей с другими физико-химическими параметрами почв, на примере памятника археологии Эньты IA. Работа нацелена на повышение информативности археологического источника и на доказательную интерпретацию археологических наблюдений.

Объекты и методы исследования

Объект исследования – остатки места обитания раннего неолита или второй половины VI тыс. до н.э. Эньты IA. Он представляет археологический микрорайон, в который входят поселения с углубленными жилищами мезолита, среднего неолита и энеолита: Эньты I, –II, –III, –IV, –VI, –VII (Логинова, 1985; 1986; 2018; 2022; Карманов, 2008). Эти памятники занимают юго-западный берег старичного оз. Эньты, расположенного в правобережной части долины р. Вычегды, в 2 км к востоко-северо-востоку от пгт. Седкыркещ городского округа «Сыктывкар» Республики Коми. Они приурочены к поверхности 1-й надпойменной террасы, погребенной на большей площади покровными эоловыми песками, снивелировавшими неровности аллювиального рельефа, в меньшей мере, разно ориентированными дюнами высотой до 0,5–1,0 м. Высота современной поверхности такого рельефа достигает 7,5 м от уреза воды в озере (рис. 1).

Участок террасы, к которому приурочен памятник, примыкает в настоящее время к старичному озеру Эньты, имеющему характерную форму меандра. Старичные отложения, согласно радиоуглеродному датированию, начали формироваться в период 334–53 кал. л. до н.э.* (2120±50 ^{14}C л.н. (ГИН-14905)) или в ранний период эпохи железа[1]. Таким образом, все памятники этого микрорайона, были приурочены к действовавшему руслу р. Вычегды.

Согласно почвенно-географическому районированию объекты исследования расположены в Вымь-Вычегодском округе типичных подзолистых, иллювиально-железистых подзолов, торфянисто-подзолисто-глееватых иллювиально-гумусовых почв (Атлас почв…, 2010). Количество осадков в этой местности примерно 500–600 мм. Среднегодовая температура составляет – 0,5°С. Тип леса – сосняк лишайниково-зеленомошный. Преобладающие почвы – подзолы иллювиально-железистые.

Поселение Эньты I выявлено археологом Э.С. Логиновой в 1974 г. (рис. 2). Активные исследования памятника проводились в 1975–1984 гг. и общая площадь раскопов за эти годы составила 1476 м^2. В результате исследований определено три этапа заселения раскопанного участка местности в древности: вторая половина VI тыс. до н.э., ранний неолит – комплекс следов и остатков наземных сооружений и разнородных объектов – очагов и ям, обозначенный как Эньты IA; углубленное жилище первой половины V тыс. до н.э., льяловская культура, средний неолит – Эньты IБ; компактное скопление предметов III тыс. до н.э., чойновтинская/гаринская культура, энеолит – Эньты IВ (Логинова, 2018; Карманов, 2008).

В 2021 г. Е.В. Попов провел раскопки северной части памятника, комплекса Эньты IA, с целью верификации материалов прежних лет, получения новых данных о хронометрии и для повышения информативности археологического источника за счет привлечения данных почвоведения. В раскопках участво-

Рис. 1. Стоянка Эньты I. Местоположение: А – на карте севера европейской части России; Б – на спутниковом снимке (схема подготовлена с использованием карты https://bestmaps.ru/map/yandex/hybrid/6/67.727/66.025); В – вид на оз. Эньты и террасу с квадрокоптера, с юга.

Fig. 1. Enty I campsite. Location: A – on the map of the north of the European part of Russia; Б – on the satellite image (the diagram was prepared using the public map https://bestmaps.ru/map/yandex/hybrid/6/67.727/66.025); B – view of Lake Enty and the terrace from a quadcopter, from the south.

вал весь авторский коллектив. Именно участок комплекса Эньты IA явился полигоном для наших комплексных исследований, первичные данные о которых были ранее опубликованы (Вахрушев и др., 2022).

Раскоп 2021 г. площадью 3×12 м примыкал к северному борту раскопа 1980 г. (рис. 2). На его территории были выделены следующие структуры: современные деревья, остатки современного пня, противопожарная траншея, следы упавшего дерева; следы и остатки двух древних наземных построек – объекты № 1 и № 2; углубление, заполненное обломками обугленной древесины (рис. 3).

Коллекция 2021 г. содержит 410 предметов из кремня, 266 обломков керамических сосудов, 334 мелких обломка кальцинированных костей, 660 обломков галек и валунов некремнистых пород.

Планиграфия находок показывает, что основная часть артефактов располагалась в пределах объекта № 1, в меньшей мере, № 2. Наибольшая плотность предметов зафиксирована на участке кв. Ж-3, 4 (кроме 3/2, 4/2, 4/3) и чуть менее в кв. И-3 (кроме 3/1, 3/2). Разброс находок по вертикали составил в среднем 10 см (87,40-87,50 м), достигая своего максимума – 100 см по заполнениям корневодов и участка с деформированной поверхностью в результате упавшего дерева – выворота корневой системы (кв. З 4/3, 4/4).

Фаунистические остатки, сохранившиеся в виде обломков кальцинированных костей, были определены П.А. Косинцевым (Инсти-

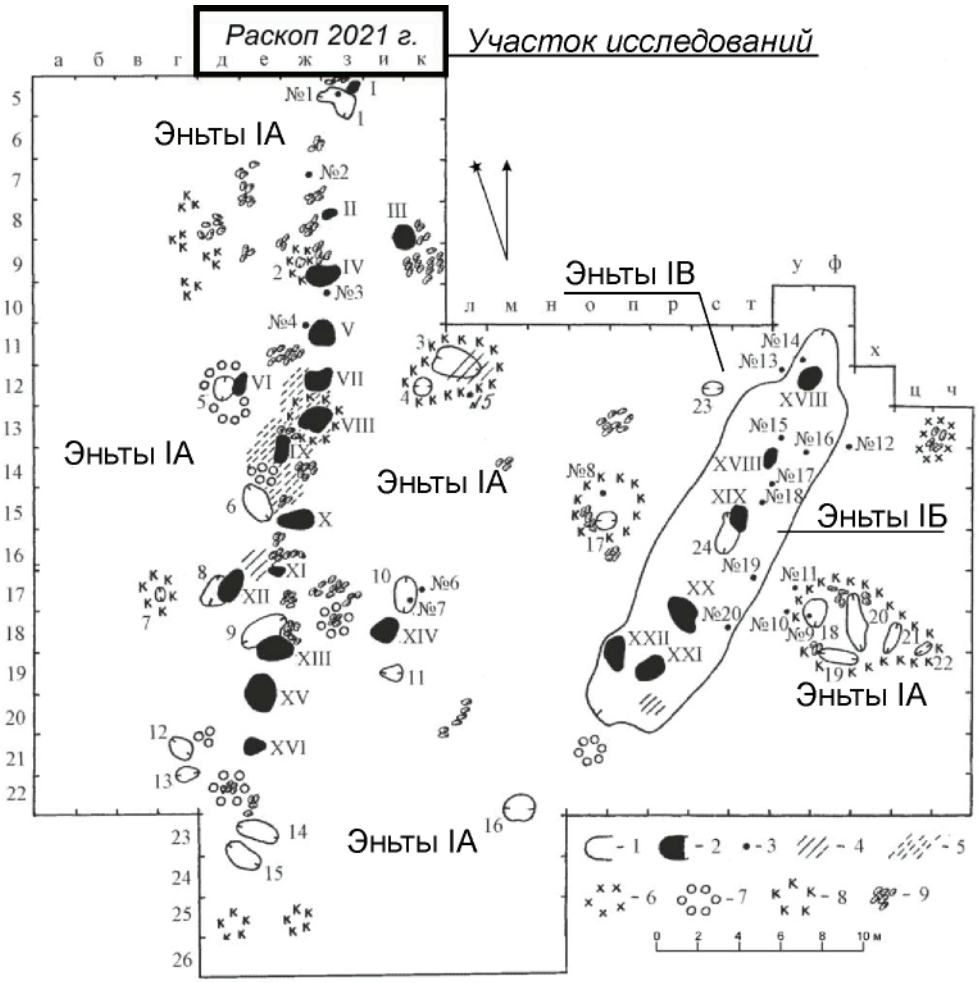

Рис. 2. Эньты I. Планиграфия комплексов. Основа: план раскопов 1970-80-х гг. Э.С. Логиновой (2018). Условные обозначения: 1 – контуры ям и жилищного котлована; 2 – очаг; 3 – столбовая ямка; 4 – грунт с охрой; 5 – прокаленный грунт; 6 – скопление кремневых артефактов; 7 – развал керамического сосуда; 8 – скопление кальцинированных костей; 9 – обломки камней.

Fig. 2. Enty I. Complex plan. Basis: excavation plan of the 1970-80s by E.S. Loginova (2018). Legend: 1 – contours of pits and a housing pit; 2 – hearth; 3 – post hole; 4 – soil with ocher; 5 – calcined soil; 6 – cluster of flint artifacts; 7 – ceramic vessel; 8 – cluster of calcified bones; 9 – stone fragments

тут экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург). Установлено, что они принадлежали бобру, лосю, северному оленю, птице и млекопитающим, ближе не определенным. Датирование костей свидетельствует о существовании места обитания раннего неолита в период втор. пол. VI – самого начала V тыс. до н.э., что согласовано с данными других памятников этого типа на северо-востоке Восточно-Европейской равнины (Косинская, 1990; Карманов и др., 2019) и Фенноскандии (Manninen, Knutsson, 2014).

Время образования углубления, заполненного обломками древесных углей, согласно радиоуглеродному анализу – 815–551 кал. л. до н.э. (2580±70 ^{14}C л.н. (IGAN-10041)). В археологическом измерении это ранний железный век. На территории микрорайона нет ни одного свидетельства пребывания населения этого времени и к углублению не были приурочены скопления археологических предметов. Поэтому можно предположить, что оно образовалось по естественным причинам, гораздо позднее момента покидания людьми неолита этого участка террасы.

Для исследования непосредственно с площади раскопа было взято 60 образцов из почвенных горизонтов на основе археологических наблюдений, а именно визуальных признаках видоизмененных отложений, включая подвергшиеся высокотемпературным воздействиям. Дополнительно отбирали

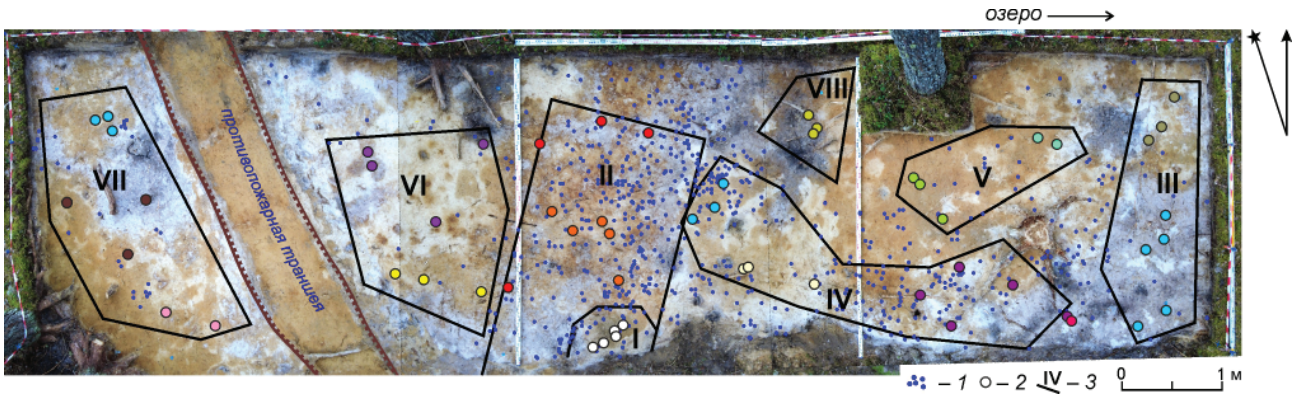

Рис. 3. Ортофотоплан поверхности раскопа 2021 г. и мест обора образцов. 1 – археологические предметы; 2 – места отбора образцов, разными цветами обозначены точки разных подзон; 3 – границы и номера зон
Fig. 3. Orthophotoplan of the 2021 excavation surface and sampling sites. 1 – archaeological objects; 2 – sampling sites, points of different subzones are marked with different colours; 3 – boundaries and zone numbers

образцы с характерными для данного типа почв горизонтов, без выраженных изменений. Принадлежность к отдельным почвенным горизонтам определяли по цветовой шкале Манселла. Согласно цвету, все образцы близки к верхней части горизонта BF, в котором уже начали появляться следы антропогенного воздействия.

В лаборатории образцы почв высушивали при комнатной температуре, далее растирали и просеивали через сито 0,25 мм. Определение фосфора осуществляли согласно ПНД Ф 16.1:2.3.11-98 в аккредитованной Экоаналитической лаборатории (РОСС RU.0001.511257). Методика включает обработку почвы 5М HNO_3 (2 г почвы / 10 $см^3$ кислоты) с последующим нагреванием на водяной бане в течение трех часов и определением фосфора на ICP Spectro Ciros.

Гранулометрический состав был определён с помощью метода лазерной дифракции на приборе Bettersize 2600 (Китай). Пробоподготовка почв к гранулометрическому анализу проведена на ультразвуковом диспергаторе частиц зондового типа УЗДН-1 (Россия) при энергии ультразвука равной 450 $Дж/см^3$ (Юдина и др., 2020). Кислотность определялась с помощью Edge HI20002-02 pH-метра (Hanna Instruments, Румыния) с цифровым электродом (±0.01 pH) при соотношении почва:раствор 1:2,5 (Теория и практика…, 2006).

Полученные результаты были статистически проанализированы с использованием Microsoft Excel 2010 и STATISTICA 10.0. Проведен анализ взаимосвязей значений физических и химических свойств почв. Составлены корреляционные таблицы коэффициентов корреляции Пирсона r при уровне значимости $p<0,05$.

Сравнение содержания фосфора проведено с условно-фоновыми подзолами иллювиально-железистыми, расположенными на территории Печоро-Илычского заповедника. Более подробно условно-фоновые объекты описаны ранее (Dymov et al., 2022).

Результаты и обсуждение

Антропогенное воздействие оказывает прямое влияние на почвы. Вмешательство человека оставляет след, который, в свою очередь, проявляется в морфологии почв. Для нашего исследования характерными признаками обладало углубление с грунтом тёмно-серого цвета с включениями угля, следы наземных построек, конкретнее их стенок, с более буроватым тёмным цветом по сравнению с горизонтом BF.

Для типичных подзолов характерно малое содержание фосфора и его количество в профиле увеличивается при движении с севера на юг России. При оценке фосфора в профиле фоновой зоны мы видим, что в подзолистом горизонте его содержание не превышает 0,1 мг/г. В иллювиально-железистом горизонте BF происходит накопление этого элемента до 0,6–1,2мг/г (рис. 4).

Такое содержание фосфора – следствие вымывания различных частиц из горизонта E в горизонт BF, в котором происходит накопление различных элементов, включая и фосфор. Это происходит из-за малой структурности горизонтов, в основном данные почвы формируются на песчаных отложениях. Легкий состав может способствовать вымыванию соединений в нижние горизонты и геохимиче-

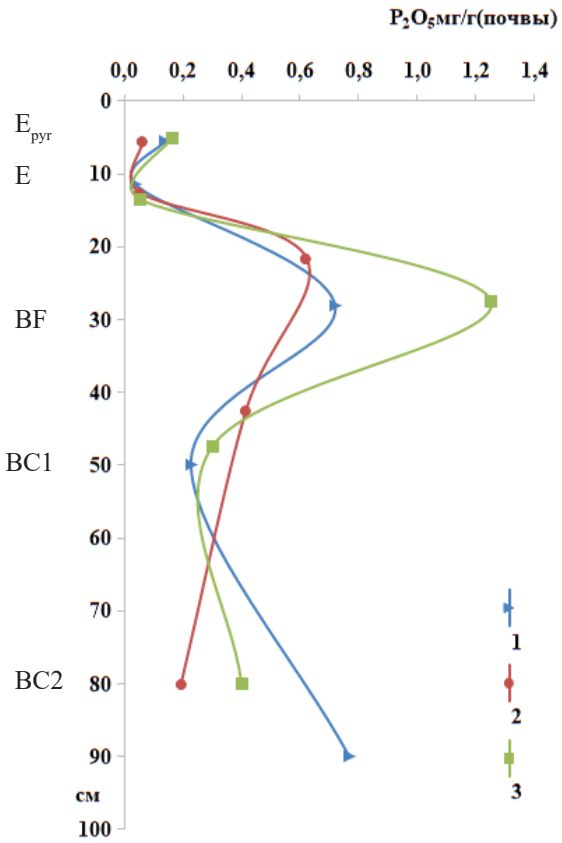

Рис. 4. Профильное распределение содержания фосфора в подзолах Печоро-Илычского заповедника. Обозначения: 1, 2, 3 – номера разрезов.
Fig. 4. Profile distribution of phosphorus content in podzolic soils of the Pechora-Ilych Reserve. Designations: 1, 2, 3 – section numbers.

ски подчиненные позиции рельефа (Жарский, 2020).

В исследуемых отложениях Эньты IA были найдены следы и остатки пребывания древнего человека. Содержание фосфора было сгруппировано по структурам, выявленным в раскопе (табл. 1).

Оценка содержания фосфора в различных зонах позволила выявить его статистически значимое возрастание в местах наземной постройки № 1. Сравнительно высокие значения элемента были диагностированы и на участках без каких-либо следов антропогенной деятельности, но расположенных в понижениях рельефа (рис. 5). Во всех других зонах было выявлено существенное варьирование измеряемых параметров.

Наибольшее количество фосфора выявлено в точке № 6, где его значение превышает фоновое в 3,5 раза. Содержание фосфора в точках № 7 и № 8 выше фонового примерно в два раза. Эти точки находятся в зоне распространения археологических предметов, к востоку от постройки № 1, где зафиксировано наибольшее количество археологических предметов. Эта часть раскопа может являться некой областью аккумуляции отходов производства и скопления органических отходов (рис. 5).

Зона V с точками № 9 и № 10 находится вблизи наземной постройки № 2 и характеризуется сравнительно малым числом археологических предметов. Почвенные горизонты обладают незначительным количеством фосфора, а его самое большое в этой зоне содержание 0,59 мг/г, что почти в 1,5 раза ниже фоновых

Таблица 1. Распределение точек отбора образцов по зонам воздействия
Table 1. Distribution of sampling points by impact zones

Зоны	№	Описание
I	1	Очаг в пределах наземной постройки номер 1 (n=5)
II	2	Площадь внутри наземной постройки номер 1 (n=5)
	3	Периметр наземной постройки номер 1 (n=4)
III	4	Зона без каких-либо значимых антропогенных вмешательств. Восточная часть раскопа (n=3)
	5	Зона без каких-либо значимых антропогенных вмешательств. Юго-восточная часть раскопа(n=5)
IV	6	Зона распределение археологических предметов номер 1 наибольшее скопление артефактов ближайшая к наземной постройке номер 1 (n=2)
	7	Зона распределение археологических предметов номер 1. большое скопление археологических предметов (n=5)
	8	Зона распределение археологических предметов номер 1. центр (n=3)
V	9	Участок распространения археологических предметов, зона 2. Следы наземной постройки номер 2 (n=3)
	10	Участок распространения археологических предметов, зона 2. к северу от постройки номер 2 (n=2)

VI	11	Участок распространения археологических предметов, зона 2. К востоку от наземной постройки номер 1 до современной траншеи (n=4)
	12	Участок распространения археологических предметов, зона 2. К востоку от наземной постройки номер 1 до современной траншеи (n=3)
VII	13	Участок распространения археологических предметов, зона 2. К востоку от наземной постройки номер 1 за современной траншеей. Северная часть (n=3)
	14	Участок распространения археологических предметов, зона 2. К востоку от наземной постройки номер 1 за современной траншеей. Центр (n=3)
	15	Участок распространения археологических предметов, зона 2. К востоку от наземной постройки номер 1 за современной траншеей. Южная часть (n=2)
VIII	16	Зона деформации, стерильна (n=3)
	17	Выворот корня (n=1)
IX	18	Участок распространения археологических предметов, зона 1. Граница с раскопом 1970-1980гг. (n=1)
Фон	E	E (n=3)
	BF	BF (n=3)

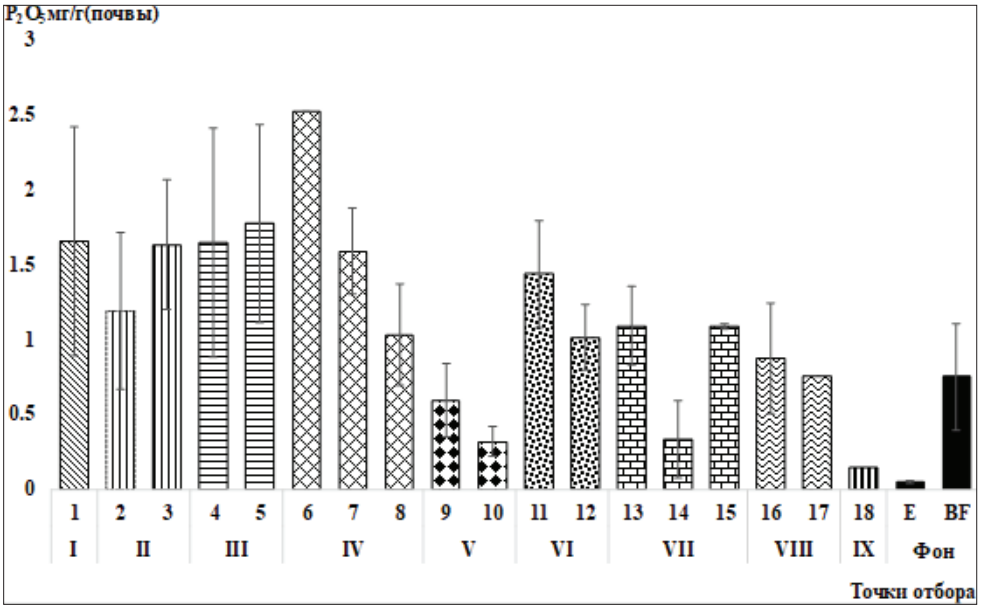

Рис. 5. Содержание фосфора в точках опробования и в фоновых объектах Печоро-Илычского заповедника. Обозначения точек приведены в таблице 1. Погрешность – среднее квадратичное отклонение
Fig. 5. Phosphorus content in sampling points and in background objects of the Pechora-Ilych Reserve. The designations of the points are given in Table 1. Error – standard deviation

значений. Одновременно зоне III количество артефактов хоть и незначительное, но содержание фосфора превышает в 2,5 раза фоновые значения. Отмеченные различия можно объяснить латеральным выносом фосфора с почвенными растворами согласно падению рельефа, а также разной степенью сохранности древних остатков. Повышенные значения фосфора при малом числе найденных артефактов могут документировать, например, зоны выброса несохранившихся органических отходов.

Зона VIII также расположена на возвышении рельефа. Это часть раскопа, где был вывал дерева, и не было обнаружено значительного количества артефактов. В точке № 16 количество фосфора совпадает с фоновыми значениями и составляет 0,87 мг/г. Глубина отбора образцов варьировала от 25 до 30 см от дневной поверхности. Также изучен образец, взятый с глубины 80 см (точка № 17) в заполнении корневода, анализ которого показал содержание фосфора, не превышающего фоновые значения.

Подавляющее число артефактов расположено в пределах наземной постройки № 1 и вокруг неё. Зона II характеризует содержание фосфора внутри постройки и по периметру стенок постройки, выявленные показатели превышают фоновые примерно в два раза. Выявленные превышения доказывают явное воздействие жизнедеятельности человека, что подтверждается большим количеством артефактов на данном участке. Можно предположить, что содержание фосфора связано с его поступлением с органическими остатками, не сохранившимися в песчаных грунтах и, возможно, из найденных кальцинированных костей.

На участок с постройкой № 1 частично наложено углубление с обломками древесных углей более позднего времени. Количество фосфора в нем составляет 1,65 мг/г, что в два раза выше фоновых значений. Такое значение фосфора объясняется возможным сжиганием органики в очаге. Последнее можно объяснить тем, что эта структура образовалась естественно на участке постройки № 1, содержавшим большое количество фосфора.

К западу от наземной постройки № 1 были выделены две зоны, одна из которых находится к востоку от траншеи противопожарного разрыва. На этих участках артефакты немногочисленны. В зоне VI содержание фосфора превышает фоновые показатели в два раза, что также можно объяснить стоком воды и переносом элементов в понижения рельефа.

В зоне VII содержание фосфора превышает фоновое, но его значения здесь ниже, чем в зоне VI примерно на 0,4 мг/г. Вероятно, это можно объяснить большим расстоянием этих зон от скопления артефактов в наземной постройке. Соответственно, в точках, которые находятся ближе к постройке № 1, содержание фосфора будет выше.

Можно констатировать, что почти во всех зонах раскопа, выделенных нами, содержание фосфора выше, чем в фоновых почвах. Исключением является точка № 18 на границе раскопа 2021 и 1980 гг., в которой содержание фосфора всего 0,14 мг/г. Данный факт можно объяснить теми же причинами что и содержание фосфора в горизонте Е. Фосфор устойчив в почве, но при сильном промывном режиме его количество все-таки уменьшается (Гурбанов, Мамедов, 2009).

Определение гранулометрического состава дало нам представления о составе и коли-

Таблица 2. Корреляция (коэффициент Пирсона) содержания фосфора с гранулометрическим составом, pH водной и солевой вытяжек
Table 2. Correlation (Pearson coefficient) of phosphorus content with particle size distribution, pH of aqueous and salt extracts

Номер участка	Размер фракций (мм)						<0,01	pH вод	pH сол
	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001			
1	-0,52	-0,64	0,37	0,40	0,39	0,50	0,42	-0,65	-0,24
2	0,50	-0,52	-0,51	0,19	0,27	0,17	0,24	-0,41	0,45
3	-0,86	0,03	**0,97**	**0,99**	**0,96**	**0,99**	**0,99**	0,18	0,01
4	-0,76	0,72	0,70	0,87	0,89	0,98	0,92	0,85	**-1,00**
5	-0,02	-0,10	**0,91**	**0,89**	**0,90**	**0,99**	**0,98**	-0,81	-0,59
7	0,26	-0,55	0,65	0,58	0,57	0,30	0,52	-0,79	-0,32
8	-0,61	0,69	0,21	-0,42	-0,43	0,18	-0,37	-0,78	0,95
9	-0,71	0,71	-0,55	0,74	0,91	0,62	0,85	0,99	0,77
11	**0,98**	-0,94	**-0,96**	-0,84	0,15	0,67	-0,43	0,92	**0,96**
12	-0,77	0,76	0,72	0,74	0,79	0,99	0,84	0,79	**1,00**
13	0,74	-0,79	-0,82	-0,52	-0,39	-0,23	-0,40	0.84	-0,21
14	0,81	-0,77	**-1,00**	0,99	0,98		0,99	0,97	0,94
16	0,96	-0,80	0,94	**-1,00**	-0,99	-0,97	-0,99	-0,78	-0,62

Красным шрифтом выделены значимые корреляции. Номер приведен в таблице 1.

честве илистых фракций, которые в свою очередь связаны с содержанием фосфора. Для типичных подзолов характерен лёгкий гранулометрический состав. В основном преобладает фракция мелкого и среднего песка. Горизонт Е в основном имеет песчаный или супесчаный состав. Подзол иллювиально-железистый характеризуется определенной неоднородностью и супесчаный горизонт содержит прослойки суглинка и различных включений накопленных минералов. Горизонт ВС обычно состоит из крупных фракций (Дымов и др., 2014). После определения гранулометрического состава была проведена корреляция содержания частиц различных размеров с содержанием фосфора. В результате можно предположить, что в точках № 3 и № 5 фосфор коррелирует со всеми частицами меньше 0,05 мм (табл. 2). По полученным данным можно предположить, что фосфор связан с фракциями физической глины: чем больше её процентное содержание в профиле, тем более высокие концентрации фосфора.

Судя по рельефу местности, фракции физической глины вместе с фосфором, связанным с ними, могли мигрировать с точки № 3 в точку № 5 латеральными потоками, что подтверждается отсутствием в этой точке предметов археологии, но содержание фосфора в нем значительно превышают фоновые значения.

Заключение

В исследуемых почвах, содержащих культуровмещающие отложения, содержание фосфора изменяется от 0,14 мг/г до 2,52 мг/г. Наибольшие показатели выявлены в местах со следами антропогенной нагрузки, выявленной археологами визуально по разнице в цвете и структуре горизонтов, а также повышенной концентрации археологических предметов. Однако в результате проведенных инструментальных исследований выявлены зоны, «пустые» для археологов, но отличающиеся повышенным содержанием фосфора. Для таких ситуаций нами предлагается два варианта интерпретации: латеральный вынос фосфора с почвенными растворами согласно падению рельефа и наличие зон накопления несохранившихся органических остатков. Также показана корреляция содержания фосфора с фракциями, размер которых составляет меньше 0,05 мм в районе наземной постройки № 1 (коэффициент Пирсона r = 0.96-0.99) и геохимически подчиненных участках точка № 5 (коэффициент Пирсона r = 0.89-0.99).

В результате проведенного исследования было установлено, что в результате антропогенного воздействия на почву содержание фосфора превышает условно-фоновые показатели. Несмотря на прошедшие 7-7.5 тыс. лет с момента пребывания на изученном участке людей, содержание фосфора здесь всё ровно превышает показатели, характерные для песчаных почв бореальных лесов. Фосфор остаётся явным индикатором, который указывает на антропогенное воздействие на заданный участок местности, что в свою очередь отражается на особенности почвы в границах территории памятника.

Примечание:

[1] Здесь и далее калибровка радиоуглеродных дат произведена в программе OxCal, версия 4.4, калибровочная кривая IntCal 20, 68,3%

ЛИТЕРАТУРА

Археологическая карта Республики Коми / Отв. ред. В.Н. Карманов. Сыктывкар: Коми республиканская типография, 2014. 416 с.

Атлас почв Республики Коми / Отв. ред. Г.В. Добровольский, А.И. Таскаев, И.В. Забоева. Сыктывкар: Коми республиканская типография, 2010. 356 с.

Бобровский М.В. Лесные почвы Европейской России: биотические и антропогенные факторы формирования. М.: КМК, 2010. 359 с.

Вахрушев Л.А., Карманов В.Н., Попов Е.В., Дымов А.А. Следы деятельности первобытного человека в подзолах иллювиально-железистых (стоянка Энты IA, окрестности г. Сыктывкар) // IV Всероссийская (XIX) молодежная научная школа-конференция «Молодежь и наука на Севере – 2022». Т. II: Актуальные проблемы биологии и экологии: материалы докладов XXIX Всероссийской молодежной научной конференции, посвященной 60-летию Института биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН / Отв. ред. С.В. Дёгтева. Сыктывкар: ФИЦ Коми НЦ УрО РАН; Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН 2022. С. 70–71.

Гольева А.А., Сыроватко А.С. Палеоэкология поселений раннего железного века - эпохи переселения народов в Среднем Поочье (результаты недавних исследований) // Археология Подмосковья: материалы научного семинара. Вып. 18 / Отв. ред. А.В. Энговатова. М.: ИА РАН, 2022. С. 35–41. DOI 10.25681/IARAS.2022.978-5-94375-367-1.35-41.

Гурбанов Э.А. Мамедов Г.М. Потери азота, фосфора и гумуса из почв при ирригационной эрозии и ее предотвращение // Агрохимия. 2009. № 10. С. 48–52.

Дергачева М.И. Археологическое почвоведение. Новосибирск: СО РАН, 1997. 228 с.

Дружинина И.А., Дружинина О.А., Гольева А.А., Чхаидзе В.Н. Комплексное изучение погребений из Среднего Зеленчукского храма на городище нижний Архыз: результаты анализа микробиоморфных спектров и валового фосфора // Нижневолжский археологический вестник. 2024. Т. 23. № 1. С. 157–173. DOI 10.15688/10.15688/nav.jvolsu.2024.1.8.

Дымов А.А. Сукцессии почв в бореальных лесах Республики Коми. М: ГЕОС, 2020. 336 с. DOI 10.34756/GEOS.2020.10.37828

Дымов А.А. Дубровский Ю.А. Габов Д.Н. Пирогенные изменения подзолов иллювиально-железистых (средняя тайга, Республика Коми) // Почвоведение. 2014. № 2. С. 144. DOI 10.7868/S0032180X14020051.

Жарский Г.О. Эколого-геохимические особенности подзолообразования на эоловых форматах рельефа северной тайги Западной Сибири. Выпускная квалификационная работа магистра 2 курса очной формы обучения по направлению подготовки 05.04.06 Экология и природопользование, магистерская программа «Геоэкология нефтегазодобывающих регионов». Тюмень: Тюменский государственный университет, 2020. 63 с.

Карманов В.Н. Неолит европейского Северо-Востока. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2008. 226 с.

Карманов В.Н. Виды следов в отложениях памятников V–II тыс. до н.э., крайний северо-восток Европы // Самарский научный вестник. 2021. Т. 10. № 1. С. 192–204. DOI 10.17816/snv2021101203.

Карманов В.Н., Недомолкина Н.Г., Мельничук А.Ф. Современные представления о культурах неолита на северо-востоке Европы // Самарский научный вестник. 2019. Т. 8. № 2(27). С. 159–170. DOI: 10.24411/2309-4370-2019-12211

Каширская Н.Н., Борисов А.В. Фосфотазная активность как инструмент для реконструкции источников поступления фосфора в культурный слой // Археология Подмосковья: материалы научного семинара. Вып. 14 / Отв. ред. А.В. Энговатова. М.: ИА РАН, 2018. С. 512–516.

Ковалева Н.О., Ковалев И.В. Лигниновые фенолы в почвах как биомаркеры палеорастительности // Почвоведение. 2015. №. 9. С. 1073–1073. DOI: 10.7868/S0032180X15090063

Ковалева Н.О., Решетникова Р.А., Ковалев И.В. Фосфор в культурных слоях и почвах урбоэкосистем // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2021. № 4. С. 56–66.

Косинская Л.Л. Особенности исследования поселений с полуземляночными жилищами в таежной зоне Европейского Северо-Востока // Полевая археология мезолита – неолита / Отв. ред. Н.Н. Гурина, В.И. Тимофеев. Л.: ЛОИА АН СССР, 1990. С. 101–107.

Логинова Э.С. Поселения на средней Вычегде в эпоху неолита. Сыктывкар: КФ АН СССР, 1985. 24 с.

Логинова Э.С. Поселение Эньты II // Памятники материальной культуры на Европейском Северо-Востоке / МАЕСВ. Вып. 10 / Отв. ред. Э.А. Савельева. Сыктывкар: КФ АН СССР, 1986. С. 45–53.

Логинова Э.С. Опыт выделения ранненеолитического жилища на поселении Эньты I (Средняя Вычегда, Республика Коми) // Проблемы археологического изучения северо-востока Европы / МАЕСВ. Вып. 20 / Отв. ред. И.О. Васкул. Сыктывкар: ИЯЛИ Коми НЦ УрО РАН, 2018. С. 26–38.

Логинова Э.С. Эньты VII // Поселения финального неолита и энеолита в бассейнах Северной Двины, Печоры и Мезени / МАЕСВ. Вып. 21 / Отв. ред. В.Н. Карманов. Сыктывкар: ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2022. С. 43–57. DOI 10.19110/89606-040.

Майгиер Л., Рахмонов О., Беднарек Р. Особенности почв заброшенных кладбищ северной Польши на песчаных субстратах // Почвоведение. 2014. № 6. С. 759–768. DOI 10.7868/S0032180X14060082.

Морозова О.В., Заугольнова, Л.Б., Исаева, Л.Г., Костина В А. Классификация бореальных лесов севера Европейской России. I. Олиготрофные хвойные леса // Растительность России. 2008. № 13. С. 61–81.

Низамутдинов Т. И., Сулейманов А. Р., Моргун Е. Н., Гусев Ан. В., Тупахина О. С., Гусев Ал. В., Плеханов А. В., Тупахин Д. С., Абакумов Е. В. Почвы заполярного археологического памятника “Поселение Лабытнанги 1 (Комяцкая деревня)”: морфологический анализ и химическая характеристика //

Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2023. №. 114. С. 66–108. DOI 10.19047/0136-1694-2023-114-66-108.

ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98 Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений содержания металлов в твердых объектах методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. М., 2005. 31 с.

Савельев Д.О., Смекалова Т.Н., Борисов А.В. Первые результаты междисциплинарного исследования поселения эпохи бронзы Тюмень-5 в Северо-Западном Крыму. Анализ кремневого материала // Археологические вести. 2024. № 42. С. 110–121. DOI 10.31600/1817-6976-2023-42-110-121.

Сверчкова А.Э. Палеопочвенные исследования II курганного могильника у с. Второе Имангулово и палеоклиматические реконструкции // Археологические памятники Оренбуржья. Вып. 16 / Отв. ред. Н.Л. Моргунова. Оренбург: ОГПУ, 2022. С. 163–168.

Петросян А.А., Хомутова Т.Э., Каширская Н.Н., Коробов Д.С., Борисов А.В. Следы древней антропогенной деятельности в почвах (на примере поселения эпохи бронзы Арбакол-1 в Кисловодской котловине) // Успехи современной биологии. 2022. Т. 142, № 6. С. 603–614. DOI 10.31857/S0042132422040081

Сулейманов Р.Р. Овсянников В.В. Почвенно-экологическая характеристика археологического памятника «Биктимировское городище» // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. №. 12 (131). С. 151–153.

Таргульян В.О., Горячкин С.В. Память почв и реконструкции окружающей среды // Почвоведение. 2011. № 4. С. 507–508.

Теория и практика химического анализа почв / Под ред. Л.А. Воробъевой. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.

Тупахина О.С., Тупахин Р.А., Колесников Р.А., Плеханова Л.Н. Комплексные интердисциплинарные исследования многослойного поселения Ямгорт I в Западносибирском Приполярье // РА. 2022. № 2. С. 47–59. DOI 10.31857/S0869606322020192.

Юдина А.В., Фомин Д.С., Валдес-Коровкин, И.А., Чурилин Н.А., Александров М.С., Головлева Ю.А., Филиппов Н.В., Ковда И.В., Дымов А.А. Милановский Е.Ю. Пути создания классификации почв по гранулометрическому составу на основе метода лазерной дифракции // Почвоведение. 2020. №. 11. С. 1353–1371. DOI: 10.31857/S0032180X20110143

Dymov A. A., Grodnitskaya I. D., Yakovleva E. V., Dubrovskiy Y. A., Kutyavin I. N., Startsev V. V., Milanovsky E. Yu., Prokushkin A. S. Albic podzols of boreal pine forests of Russia: soil organic matter, physicochemical and microbiological properties across pyrogenic history // Forests. 2022. Vol. 13. №. 1831. https://doi.org/10.3390/f13111831.

Kurbanova F.G., Makeev A., Aseyeva E., Kust P., Khokhlova O., Puzanova T., Sverchkova A., Kozmirchuk I. Pedogenic response to Holocene landscape evolution in the forest-steppe zone of Russian Plain // Catena. 2023. Vol. 220, No. Part A. P. 106675. DOI 10.1016/j.catena.2022.106675.

Manninen M.A., Knutsson K. Lithic raw material diversification as an adaptive strategy—Technology, mobility, and site structure in Late Mesolithic northernmost Europe // Journal of Anthropological Archaeology. 2014. 33. P. 84–98.

Nikiforoff C. C. Pedogenic criteria of climatic changes //Climatic Change: Evidence, Causes, and Effects. – Harvard University Press, 1953. С. 189-200.

Suleymanov R., Obydennova G., Kungurtsev A., Atnabaev N., Komissarov M., Gusarov A., Adelmurzina I., Suleymanov A., Abakumov E. Human-altered soils at an archeological site of the bronze age: The tyateraraslanovo-ii settlement, southern cis-ural region, Russia // Quaternary. 2021. Vol. 4, No. 4. DOI 10.3390/quat4040032.

Информация об авторах:

Вахрушев Леонид Андреевич, старший лаборант Института биологии Коми НЦ УрО РАН, магистр Института Естественных наук СГУ имени Питирима Сорокина (г. Сыктывкар, Россия); l_vakhrushev@inbox.ru

Карманов Виктор Николаевич, кандидат исторических наук, зав. сектором, ведущий научный сотрудник, Институт языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар, Россия); vkarman@bk.ru

Попов Евгений Валентинович, младший научный сотрудник, Институт языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар, Россия); evpopovich@bk.ru

Дымов Алексей Александрович, доктор биологических наук, доцент, заведующий отделом почвоведения, ведущий научный сотрудник Института биологии Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар, Россия); aadymov@gmail.com

REFERENCES

Karmanov, V. N. (ed.). 2014. *Arkheologicheskaya karta Respubliki Komi (Archaeological Map of the Komi El Republic).* Syktyvkar: "Komi respublikanskaya tipografiya" Publ. (in Russian).

Dobrovolsky, G. V., Taskaev, A. I., Zaboaeva, I. V. (eds.). *Atlas pochv Respubliki Komi (Atlas of soils of the Komi Republic).* Syktyvkar: "Komi respublikanskaya tipografiya" Publ. (in Russian).

Bobrovsky. M. V. 2010. *Lesnye pochvy Evropeyskoy Rossii: bioticheskie i antropogennye faktory formirovaniya (Forest soils of European Russia: biotic and anthropogenic factors of formation).* Moscow: "KMK" Publ. (in Russian).

Vahrushev, L. A., Karmanov, V. N., Popov, E. V., Dymov, A. A. 2022. In Degteva, S. V. (ed.). *IV Vserossiyskaya (XIX) molodezhnaya nauchnaya shkola-konferentsiya «Molodezh' i nauka na Severe – 2022» (Proceedings Of The 4rd All-Russian 19th Youth Scientific School-Conference "Youth And Science In The North – 2022").* Vol. 2. Syktyvkar: Komi Research Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 70–71 (in Russian).

Gol'eva, A. A., Syrovatko, A. S. 2022. In Engovatova, A. V. (ed.). *Arkheologiya Podmoskov'ya: Materialy nauchnogo seminara (Archaeology of the Moscow Region: Proceedings of Scientific Seminar)* 18. Moscow: Institute of Archaeology, Russian Academy of Sciences, 35–41 (in Russian).

Gurbanov, E. A. Mamedov, G. M. 2009. In *Agrokhimiya (Agrochemistry)* 10, 48–52 (in Russian).

Dergacheva M. I. 1997. *Arkheologicheskoe pochvovedenie (Archaeological Soil Studies).* Novosibirsk: Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences Publ. (in Russian).

Druzhinina, I. A., Druzhinina, O. A., Gol'eva, A. A., Chkhaidze, V. N. 2024. In *Nizhnevolzhskiy Arkheologicheskiy Vestnik (Lower Volga Archaeological Bulletin)* 1 (23), 157–173 (in Russian).

Dymov, A. A. 2020. *Suktsessii pochv v boreal'nykh lesakh Respubliki Komi (Soil successions in the boreal forests of the Komi Republic).* Moscow: "GEOS" Publ. (in Russian).

Dymov, A. A. Dubrovsky, Yu. A. Gabov, D. N. 2014. In *Pochvovedenie (Soil Studies)* 2, 144 (in Russian).

Zharsky, G. O. 2020. *Ekologo-geokhimicheskie osobennosti podzoloobrazovaniya na eolovykh formatakh rel'efa severnoy taygi Zapadnoy Sibiri (Ecological and geochemical features of podzolic formation in the Aeolian relief formats of the Northern Taiga of Western Siberia).* Tyumen: Tyumen State University (in Russian).

Karmanov, V. N. 2008. *Neolit evropeiskogo Severo-Vostoka (Neolithic of European Notheast)*. Syktyvkar: Komi Research Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (in Russian).

Karmanov, V. N. 2021. In *Samarskiy naychnyi vestnık (Samara Journal of Science)* 1 (10), 192–204 (in Russian).

Karmanov, V. N., Nedomolkina, N. G., Mel'nichuk, A. F. 2019. In *Samarskiy naychnyi vestnık (Samara Journal of Science)* 2 (27), 159–170 (in Russian).

Kashirskaya, N. N. Borisov, A. V. 2018. In Engovatova, A. V. (ed.). *Arkheologiya Podmoskov'ya: Materialy nauchnogo seminara (Archaeology of the Moscow Region: Proceedings of Scientific Seminar)* 14. Moscow: Institute of Archaeology, Russian Academy of Sciences, 512–516 (in Russian).

Kovaleva, N. O., Kovalev, I. V. 2015. In *Pochvovedenie (Soil Studies)* 9, 1073–1073 (in Russian).

Kovaleva, N. O., Reshetnikova, R. A., Kovalev, I. V. 2021. In *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17. Pochvovedenie (Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seria 17. Soil Studies*) (4), 56–66 (in Russian).

Kosinskaya, L. L. 1990. In *Polevaya arkheologiya mezolita – neolita (Mesolithic–Neolithic field archaeology).* Leningrad: Institute of Archaeology, Leningrad Branch, Academy of Sciences of the USSR, 101–107 (in Russian).

Loginova, E. S. 1985. *Poseleniya na sredney Vychegde v epokhu neolita (Settlements on the Middle Vychegda River during the Neolithic)*. Syktyvkar: Komi Branch of the USSR Academy of Sciences (in Russian).

Loginova, E. S. 1986. In Savel'eva, E. A. (ed.). *Pamiatniki material'noi kul'tury na Evropeiskom Severo-Vostoke (Monuments of Material Culture in the European North-East).* Series: Materialy po arkheologii Evropeyskogo Severo-Vostoka (Materials on the Archaeology of Northeast) 10. Syktyvkar: Komi Branch of the USSR Academy of Sciences, 45–53 (in Russian).

Loginova, E. S. 2018. In Vaskul, I. O. (ed.). *Problemy arkheologicheskogo izucheniya severo-vostoka Evropy (Issues of archaeological Studying of North-Eastern Europe)*. Series: Materialy po arkheologii Evropeyskogo Severo-Vostoka (Materials on the Archaeology of Northeast) 20. Syktyvkar: Institute of Language, Literature and History, Komi Research Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 26–38 (in Russian).

Loginova, E. S. 2022. In Karmanov, V. N. (ed.). *Poseleniya final'nogo neolita i eneolita v basseynakh Severnoy Dviny, Pechory i Mezeni (Settlements of the Final Neolithic and Eneolithic in the Northern Dvina, Pechora and Mezen basins).* Series: Materialy po arkheologii Evropeyskogo Severo-Vostoka (Materials on the Archaeology of Northeast) 21. Syktyvkar: Institute of Language, Literature and History, Komi Research Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 43–57 (in Russian).

Maigier, L., Rakhmonov, O., Bednarek, R. 2014. In *Pochvovedenie (Soil Studies)* 6, 759–768 (in Russian).

Morozova, O. V., Zaugol'nova, L. B., Isaeva, L. G., Kostina, V. A. 2008. In *Rastitel'nost' Rossii (Vegetation of Russia)* 13, 61–81 (in Russian).

Nizamutdinov, T. I., Suleimanov, A. R., Morgun, E. N., Gusev, An. V., Tupakhina, O. S., Gusev, Al. V., Plekhanov, A. V., Tupakhin, D. S., Abakumov, E. V. 2023. In *Dokuchaev Soil Bulletin (Byulleten' Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchaeva)* 114, 66–108 (in Russian).

2005. *PND F 16.1:2.3:3.11-98 Kolichestvennyy khimicheskiy analiz pochv. Metodika vypolneniya izmereniy soderzhaniya metallov v tverdykh ob"ektakh metodom spektrometrii s induktivno-svyazannoy plazmoy (ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98 Quantitative chemical analysis of soils. A technique for measuring the metal content in solid objects by inductively coupled plasma spectrometry).* Moscow (in Russian).

Savel'ev, D. O., Smekalova, T. N., Borisov, A.V. 2024. In *Arkheologicheskie vesti (Archaeological News)* 42, 110–121 (in Russian).

Sverchkova, A. E. 2022. In Morgunova, N. L. (ed.). *Arkheologicheskie pamiatniki Orenburzh'ia (Archaeological Sites of Orenburg Region)* 16. Orenburg: Orenburg State Pedagogical University, 163–168 (in Russian).

Petrosyan, A. A., Khomutova, T. E., Kashirskaya, N. N., Korobov, D. S., Borisov, A. V. 2022. In *Uspekhi sovremennoy biologii (The successes of modern biology)* 6 (142), 603–614 (in Russian).

Suleimanov, R. R. Ovsyannikov, V. V. 2011. In *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta (Bulletin of the Orenburg State University)* 12 (131), 151–153 (in Russian).

Targul'yan, V. O., Goryachkin, S. V. 2011. In *Pochvovedenie (Soil Studies)* 4, 507–508 (in Russian).

Vorob'ev, L. A. (ed.). 2006. *Teoriya i praktika khimicheskogo analiza pochv (Theory and Practice of the Chemical Analysis of Soils)*. Moscow: Moscow State University (in Russian).

Tupakhina, O. S., Tupakhin, R. A., Kolesnikov, R. A., Plekhanova, L. N. 2022. In *Rossiiskaya arheologiya (Russian Archaeology)* (2), 47–59 (in Russian).

Yudina, A. V., Fomin, D. S., Valdes-Korovkin, I. A., Churilin, N. A., Aleksandrov, M. S., Golovleva, Yu. A., Filippov, N.V., Kovda, I.V., Dymov, A. A. Milanovsky, E. Yu. 2020. In *Pochvovedenie (Soil Studies)* 11, 1353–1371 (in Russian).

Dymov, A. A., Grodnitskaya, I. D., Yakovleva, E. V., Dubrovskiy, Y. A., Kutyavin, I. N., Startsev, V. V., Milanovsky, E. Yu., Prokushkin, A. S. 2022. *Forests*. Vol. 13. №. 1831. https://doi.org/10.3390/f13111831 (in English).

Kurbanova, F. G., Makeev, A., Aseyeva, E., Kust, P., Khokhlova, O., Puzanova, T., Sverchkova, A., Kozmirchuk, I. 2023. In *Catena*. Vol. 220, Part A, 106675. DOI 10.1016/j.catena.2022.106675 (in English).

Manninen, M. A., Knutsson, K. 2014. In *Journal of Anthropological Archaeology* (33), 84–98 (in English).

Nikiforoff, C. C. 1953. In *Climatic Change: Evidence, Causes, and Effects*. Harvard University Press, 189–200 (in English).

Suleymanov, R., Obydennova, G., Kungurtsev, A., Atnabaev, N., Komissarov, M., Gusarov, A., Adelmurzina, I., Suleymanov, A., Abakumov, E. 2021. In *Quaternary*. Vol. 4, No. 4. DOI 10.3390/quat4040032.

About the Authors:

Vakhrushev Leonid A., Institute of Biology, Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Master's student, Institute of Natural Sciences, Syktyvkar State University named after Pitirim Sorokin Kommynisticheskay str., 28. Syktyvkar, 167982, Russian Federation; l_vakhrushev@inbox.ru

Karmanov Viktor N., Candidate of Historical Sciences, Institute of Language Literature and History of the Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Kommynisticheskay str., 26. Syktyvkar, 167982, Russian Federation; vkarman@bk.ru

Popov Evgeniy V., Institute of Language Literature and History of the Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Kommynisticheskay str., 26. Syktyvkar, 167982, Russian Federation; evpopovich@bk.ru

Dymov Alexey A., Doctor of Biological Sciences, Institute of Biology, Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Kommynisticheskay str., 28. Syktyvkar, 167982, Russian Federation; aadymov@gmail.com.

Статья поступила в журнал 20.12.2024 г.
Статья принята к публикации 17.04.2025 г.
Авторы внесли равноценный вклад в работу