

ЭВОЛЮЦИЯ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ

УДК 631.4

КЛИМАТ И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ АНТИЧНОГО ТАНАИСА (III В. ДО Н.Э.–V В. Н.Э.) ПО ДАННЫМ ПАЛЕОПОЧВЕННОГО И ПАЛЕОБОТАНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

© 2018 г. О. С. Хохлова^{1,*}, К. В. Дюжова², А. А. Гольева³, Т. А. Трифонова⁴,
Д. С. Бунин⁵, С. М. Ильяшенко⁶, А. А. Хохлов⁶

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

² Институт аридных зон Южного научного центра РАН, Ростов-на-Дону, Россия

³ Институт географии РАН, Москва, Россия

⁴ Владимирский государственный университет, Владимир, Россия

⁵ Государственное учреждение культуры Ростовской области «Археологический музей-заповедник «Танаис»,
Ростов-на-Дону, Россия

⁶ Институт биофизики клетки, Пушкино, Россия

*e-mail: olga_004@rambler.ru

Поступила в редакцию 19.10.2017 г.

Принята в печать 29.05.2018 г.

Изучен хроноряд погребенных под каменными постройками античного Танаиса палеопочв, проведены микробиоморфный и палинологический анализы почв и культурных слоев, относящихся к разным хроноинтервалам внутри времени существования города (со второй половины III в. до н.э. до середины или конца V в. н.э.), и предложена реконструкция климата и растительности. Климат начального периода жизни города был сходен или немного влажнее современных условий. Морфогенетические свойства палеопочв рубежа III–II и второй половины II в. до н.э. близки с таковыми современных черноземов обыкновенных. Палинологические спектры свидетельствуют о развитии лугово-степной растительности, а микробиоморфный анализ — о богатстве флоры окружающих город пространств. Культурные злаки в спектрах показывают заметную долю, а также многочисленны рудеральные виды, для хозяйственных нужд широко использовались тростник и хвойные породы деревьев. Этап существенной аридизации наступает на рубеже эр (I в. до н.э.—I в. н.э.). В палеопочве I в. н.э. обнаруживаются максимальные величины содержания карбонатов и гипса, pH, наибольшая доля обменных магния и натрия в составе обменных оснований. Спорово-пыльцевые спектры носят ксерофитный характер, в них отсутствует пыльца широколиственных пород деревьев, обедняется видовой состав разнотравья, преобладают маревые и злаки. Заметно уменьшается процент пыльцы культурных злаков. Город пережил опустошительное разорение, серию пожаров и разрушений и восстанавливался очень медленно. Спорово-пыльцевые спектры IV в. н.э. характерны для степных условий, а также увеличивается доля пыльцы сосны, что может служить показателем расширения ее ареала в пойменных лесах в среднем течении р. Дон. Процент видов, связанных с антропогенным влиянием на растительный покров, ниже уровня, обнаруженного для раннего периода функционирования и расцвета Танаиса, что может свидетельствовать о неполном восстановлении былой хозяйственной деятельности.

Ключевые слова: хроноряд палеопочв, морфологические и физико-химические свойства почв, спорово-пыльцевые спектры, микробиоморфный анализ, античный Танаис, палеоклиматические реконструкции

DOI: 10.1134/S2587556618050072

Введение. Город Танаис был основан в конце первой четверти III в. до н.э. «греками, владевшими Боспором» [22, с. 468], на правом берегу р. Танаис (Дон) вблизи ее впадения в Меотийское озеро (Азовское море) для торгово-экономических связей с варварским (кочевническим) населением степей Подонья—Приазовья. Сейчас вдоль южной границы развалин античного города про-

ходит один из рукавов Дона — р. Мертвый Донец. Город в том или ином виде просуществовал до второй половины-конца V в. н.э. За свою 800-летнюю историю он пережил времена процветания и экономического благополучия и упадка. Несмотря на более 150-летний период археологических изысканий на территории города, его история еще далека от полного понимания и осмысления.

Одним из актуальных аспектов является реконструкция палеоэкологических условий Танаиса.

Обзор существующих на настоящий момент представлений о колебаниях климата в Приазовье в период функционирования Танаиса на основе изучения подкурганых палеопочв и других архивов (спорово-пыльцевые спектры, изучение озерных осадков, колебания уровня моря и т.п.) в степной зоне в целом, и в Приазовье, в частности, показывает следующее. В Ростовской области изучены почвы хроносреза около 2400 л.н., которые по комплексу свойств были близки либо были чуть более “гумидные” по сравнению с современными почвами [19]. По некоторым данным отрезок времени IV–II вв. до н.э. характеризуется как переходный от влажного 2700–2300 л.н. к более засушливому 2000–1700 л.н. [1]; по обобщенным палинологическим спектрам в Северной Евразии хроносрез 2300 л.н. фиксировался в ряду других экстремумов потеплений [10]. Во второй половине II в. до н.э. в почвах появляются признаки начинающейся аридизации [16, 20], которая продолжалась до рубежа эр и немного – в начале нашей эры. Изучение палеопочв среднесарматских курганов в компактном могильнике вблизи Танаиса в Мясниковском р-не Ростовской обл. позволило реконструировать увеличение степени атмосферной увлажненности в I в. н.э. [18]. С палеопочвенными данными согласуются данные палинологов и палеоклиматологов: в I в. н.э. в долине Дона и Доно-Арчединских песках отмечается увеличение площади березовых и широколиственных лесов [13], зафиксирован резкий подъем уровня Каспийского моря [5] и увеличение мощности донных отложений Сакского озера в Крыму [12], что говорит о существенном увеличении степени увлажненности климата.

Для последующего временного интервала со второй половины II до середины или конца IV в. н.э., по нашим данным для Предкавказья, климатические условия характеризуются как благоприятные, а с рубежа IV–V вв. н.э. в первой половине V в. н.э. последовала волна аридизации [26].

Погребенные почвы Танаиса изучались в [2, 9]. Они рассматривались как урбопедоседименты, т.е. природно-антропогенные образования, формирующиеся за счет почвенных и антропогенно-седиментационных процессов. Морфогенетический анализ и вещественный состав этих образований позволил выявить различные аспекты воздействия человека на городскую и окружающую среду. В [4] в Танаисе рассматривались почвы, погребенные под культурным слоем и античной дорогой, а также почвы во рвах. Было показано, что почвы, погребенные в III и на рубеже II–I в. до н.э. под культурным слоем относятся к лугово-черноземному типу и сформированы на выходах миоценовых известняков, тогда как фо-

новыми являются черноземы обыкновенные (миграционно-сегрегационные). На основании этих различий авторы пришли к выводу, что за две с половиной тысячи лет тому назад произошло врезание русла реки и понижение базиса эрозии, что привело к обсыханию ранее более обводненной какой-то части территории города, что позволило на месте лугово-черноземных почв древности формироваться черноземам обыкновенным в современности. А также по их мнению за указанное время постоянное выпадение эоловых осадков привело к накоплению примерно 70-сантиметрового слоя, в котором сформирован чернозем обыкновенный карбонатный, отличающийся от фоновых почв пониженной мощностью гор А + В. Можно заключить, что в рассмотренных работах о палеопочвах Танаиса не содержится сведений об изменении климата за время функционирования античного города (с III в. до н.э. до середины-конца V в. н.э.).

Попытки реконструировать ритмику природных процессов в интересующий нас интервал времени были предприняты палинологами на основе расшифровки спорово-пыльцевых спектров [14], а также при изучении состава диатомовых водорослей [11] донных отложений Азовского моря. В спорово-пыльцевых спектрах морских отложений выявлены как минимум три периода с более гумидными условиями, каждый из которых длился в течение нескольких столетий: в позднем суббореале (3000–2300 л.н.), в среднем субатлантике (2000–1700 л.н.) и на протяжении Малого ледникового периода (600–150 л.н.). По данным диатомового анализа на фоне фанаторийской регрессии (период от 3110 ± 170 до 1900 ± 120 лет согласно калиброванным датам для раковин моллюсков), выделяется зона кратковременной трансгрессии, приблизительно соответствующей началу функционирования Танаиса (2300–2100 л.н.), а после 1900 ± 120 лет – 1700 ± 120 лет (калиброванный возраст) четко фиксируется трансгрессивная стадия колебаний уровня Азовского моря (нимфейская).

По данным литературы, схема палеоклиматических колебаний в Приазовье для интересующего нас отрезка времени функционирования античного Танаиса далека от завершения. Данные разных авторов, изучавших различные природные архивы, содержат часто противоречивую информацию, расходятся мнения и по поводу конкретных временных интервалов тех или иных изменений климата.

Поэтому целью данной работы была реконструкция природно-климатической обстановки в Приазовье с III в. до н.э. до первой половины V в. н.э. на основе изучения как палеопочв, погребенных под разновозрастными каменными постройками, так и палеоботанических (спорово-

пыльцевых и микробиоморфных (преимущественно фитоолитных)) спектров палеопочв и культурных слоев в городе Танаис.

Объекты и методы. Городище Танаис располагается на краю цокольной второй террасы р. Мертвый Донец — северного протока р. Дон. Основанием для выделения указанной террасы служат скальные выходы миоценовых известняков, имеющих горизонтальное, слегка наклоненное к югу основание. Постройки Танаиса располагаются либо в толще плаща четвертичных отложений, либо непосредственно на скале. Почвообразующими породами для почв служат буровато-палевые лессовидные суглинки и глины. Грунтовые воды залегают на глубине более 18 м, и на современное почвообразование не влияют [4].

Современные климатические условия Приазовья характеризуются как умеренно континентальные с чертами засушливости. Зима мягкая, со средними январскими температурами $-2...-5^{\circ}\text{C}$; устойчивого снежного покрова не образуется. Весна прохладная, лето и осень очень теплые, сухие, с обилием ясных дней. С первых чисел мая более 150 дней длится благоприятный сезон, среднесуточная T воздуха превышает $+15^{\circ}\text{C}$. В это время днем воздух может нагреваться до $+28...+40^{\circ}\text{C}$. Средняя T июля, $+23...+25^{\circ}\text{C}$. Осадков выпадает немного, 350–450 мм, они равномерно распределены в течение года. Гидротермический коэффициент равен 0.7–0.8. В последние годы отмечается обмеление Дона, которое связано, помимо других причин, с потеплением и увеличением испаряемости [21].

Современная растительность северного и восточного Приазовья — разнотравно-типчаково-ковыльные степи. В настоящее время естественная растительность почти полностью уничтожена в результате хозяйственной деятельности человека. В почвенном покрове преобладают черноземы обыкновенные карбонатные (миграционно-сегрегационные и сегрегационные) (Calcic Chernozems), отличающиеся повышенной мощностью гумусовых горизонтов ($A + B = 80-150$ см) и повышенной карбонатностью, связанной с исходно высоким содержанием карбонатов в материнской породе и особенностями климата [4].

Во время археологических раскопок летом 2015 г. нам удалось обнаружить и изучить хронологический ряд погребенных под каменными постройками Танаиса палеопочв, относящихся к разным хронологическим интервалам внутри времени существования города. Были изучены палеопочвы, датированные рубежом III–II вв. до н.э. (разр. 33п-15, раскоп 33, под каменной кладкой дороги, N47.270593, E39.333951), второй половиной II в. до н.э. (разр. 15п-15, под стеной 15, раскоп 6 восточный, южный край стены, N47.268824, E39.334801) и I в. н.э. (разр. 2п-15, под стеной жилища танаита, поме-

щение 2, стена 8, N47.269626, E39.334471), а также современная фоновая почва — чернозем сегрегационный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках (разр. 1ф-15, N47.166460, E39.196080).

В лаборатории были выполнены следующие анализы: содержание органического углерода — метод Тюрина в модификации Антоновой и др., [17], при этом содержание выделившегося при окислении CO_2 определяли на хроматографе; CO_2 карбонатов — манометрически по разнице давлений в контроле и образце в герметичных сосудах с резиновыми пробками, в которых образцы реагировали с 10% соляной кислотой, результаты затем пересчитаны на C; pH водной вытяжки; гигроскопическая влага; потеря при прокаливании; SO_4 гипса — весовым методом; сумма обменных оснований — методом вытеснения раствором ацетата аммония, с последующим определением K и Na пламенно-фотометрическим методом, а Ca и Mg — комплексонометрически [3]; гранулометрический состав — методом пипетки с использованием пирофосфата натрия для диспергирования. Из карбонатных горизонтов отобраны образцы с ненарушенным строением, из которых изготовлены шлифы. Микроморфологический анализ шлифов проведен на микроскопе AxioScore A1 Carl Zeiss в Центре коллективного пользования ИФХиБПП РАН.

Микробиоморфный анализ, включающий изучение фитоолитов, кутикулярных слепков, спикул губок, панцирей диатомовых водорослей, детрита и прочих, был проведен по стандартной методике [6]. Образцы для анализа отобраны в слоях забутовки (т.е. культурных слоях) около южной оборонительной стены, отнесенных ко II–I вв. до н.э. — к самому раннему периоду жизни города (образец 10-2, слой с I по VIII), из культурного слоя, сформированного до 40-х годов II в. н.э. (образец 8х), а также в поверхностных (0–2 см) слоях погребенных почв в двух повторностях.

Образцы на спорово-пыльцевой анализ отбирались не только в сезон 2015 г., но и ранее, поэтому охватывают практически весь интервал функционирования древнего города. Материал, отобранный в 2015 г. представлен несколькими разрезами: 15п-15 (вторая половина II в. до н.э.), 10-2 (II–I вв. до н.э.), 7х-15 (серединой IV в. н.э.). Данные были дополнены образцами, отобранными в 2009 г. из культурных слоев, датируемыми II, II–I вв. до н.э. (раскоп 6), I–II вв. н.э. (раскоп 6 и 19), IV в. н.э. (раскоп 19).

Лабораторная обработка и построение спорово-пыльцевых диаграмм проводились по стандартным методикам [7, 25]. При подсчете процентного соотношения компонентов спорово-пыльцевых спектров за 100% была принята сумма пыльцы деревьев и кустарников (AP) и пыльцы трав (NAP). В случае малого содержания таксона

Таблица 1. Морфологические особенности почв изучаемого хроноряда в античном Танаисе

Разрез	Срезано в гор. А1, см	Корнеходы в гор. Вк: ширина, см / обилие	Норы крупных землероев в средней части профиля, обилие	Белоглазка в гор. Вк: диаметр / характер границы с почвенной массой
33п-15	35	<1 / ++	+++	1–2 / диффузная
15п-15	20	1–1.5 / ++	+++	1–2 / диффузная
2п-15	25	>1.5 / +++	+++	2–2.5 / четкая
1ф-15	нет	1–1.5 / +++	+, старые	0.5–1 / нечеткая, диффузная

Примечание. Полуколичественная оценка + – мало, ++ – средне, +++ – много.

в спектре, на спорово-пыльцевой диаграмме применялось его изображение с дополнительным контуром, которое показывает увеличение в 10 раз. Знаком “•” на диаграмме обозначены таксоны, встреченные единично.

Результаты. *Морфологический анализ* всех погребенных под строениями в городе почв показал, что почвы имеют систему горизонтов, свойственную черноземам обыкновенным (Calcic Chernozems): А1-АВ-Вк-ВСк. За исследуемое время не произошло перехода погребенных и современных черноземов из подтипа в подтип. Вместе с тем, это не помешало выявить четкие морфологические отличия почв, погребенных в разное время в изучаемом хроноряду как между собой, так и в сравнении с современным черноземом.

Все изученные под строениями в античном городе палеопочвы были лишены поверхности, срезано от 20 до 35 см, что было видно по мощности гумусового горизонта. Мощность горизонтов А1 + АВ в разр. 33п-15 составляет около 30 см, 15п-15 – 40(45) см, 2п-15 – 35(40) см, тогда как в фоновой почве, разр. 1ф-15 – 63(65) см. Мы считали, что мощности гумусовых горизонтов во всех изученных почвах должны были быть примерно равны, поэтому в перечисленных разрезах было срезано около 35, 20 и 25 см, соответственно (табл. 1). Понимая, что наше допущение о близкой мощности гумусовых горизонтов погребенных и фоновой почвы является условным, тем не менее, мы считали возможным остановиться на этом допущении, чтобы можно было сравнивать глубину расположения в изученных профилях карбонатных и гипсовых аккумуляций.

Наиболее выразительным отличительным признаком палеопочв при морфологическом анализе явилась проработанность профилей прогумусированными корнеходами и норами крупных землероев до глубины более 1 м от поверхности. В разрезах 33п-15 и 15п-15 корнеходы были заметно покрашены гумусом, просматривались четко до начала гор. ВСк, причем в разр. 15п-15 ширина этих корнеходов могла достигать 1–1.5 см в гор. Вк, а в 33п-15 – не превышала 1 см. Также очень

заметна была деятельность мезофауны по обилию нор с материалом гумусового горизонта в средней части профиля. Все разрезы погребенных почв вскипали от НС1 с поверхности. В гор. Вк в разр. 33п-15 и 15п-15 была видна белоглазка, достигавшая 1–2 см в диаметре и имеющая диффузные границы, выше и ниже фиксировалась пропитка. В разр. 2п-15 в гор АВк и Вк корнеходы вместе с норами достигали 30–40% от площади вертикального среза, были хорошо прогумусированы. Но вместе с тем, белоглазка мелкая начинала встречаться уже в гор. АВк, она достигала диаметра 2–2.5 см в гор. Вк и имела сравнительно более четкие границы, уменьшалась в диаметре до 1–1.2 см в гор. ВСк. Видимых аккумуляций гипса в погребенных почвах отмечено не было.

В современной почве вскипание отмечено ниже линии сплошных корней – 7–9 см от поверхности, в гор. АВк встречаются карбонатные выпоты, в гор. Вк – белоглазка мелкая ($d \sim 0.5$ –1 см) с нечетким контуром, в гор. ВСк белоглазка еще мельче ($d \sim 0.3$ –0.4 см). Корнеходы в гор. Вк и ВСк хорошо покрашены гумусом и видны четко, но их немного, норы крупных землероев старые, видны слабо. При морфологическом анализе гипсовых аккумуляций не выявлено.

Микроморфологический анализ карбонатных аккумуляций в гор. Вк изучаемых почв показал, что в разр. 33п-15 тонкодисперсный материал слабо пропитан карбонатами, хорошо видны карбонатные стяжения вокруг пор, поры в центре часто ожелезнены (рис. 1а), отмечаются микроучастки с признаками высокой активности землероев, в этих микроразонах карбонатные аккумуляции дезинтегрированы, пятна ожелезнения разбросаны в тонкодисперсном материале (рис. 1б). В разр. 15п-15 в слабоокарбончатом железисто-глинистом материале встречаются недифференцированные нодулы с довольно четкой границей (рис. 1в), также имеются микроучастки с признаками активной деятельности мезофауны, которая приводит к дезинтеграции карбонатных аккумуляций, имеющих признаки ожелезнения (рис. 1г). В разр. 2п-15 в рассматриваемом гор. Вк тонкодисперсное вещество имеет глинисто-карбонатный состав (так называемые groundmass carbonate

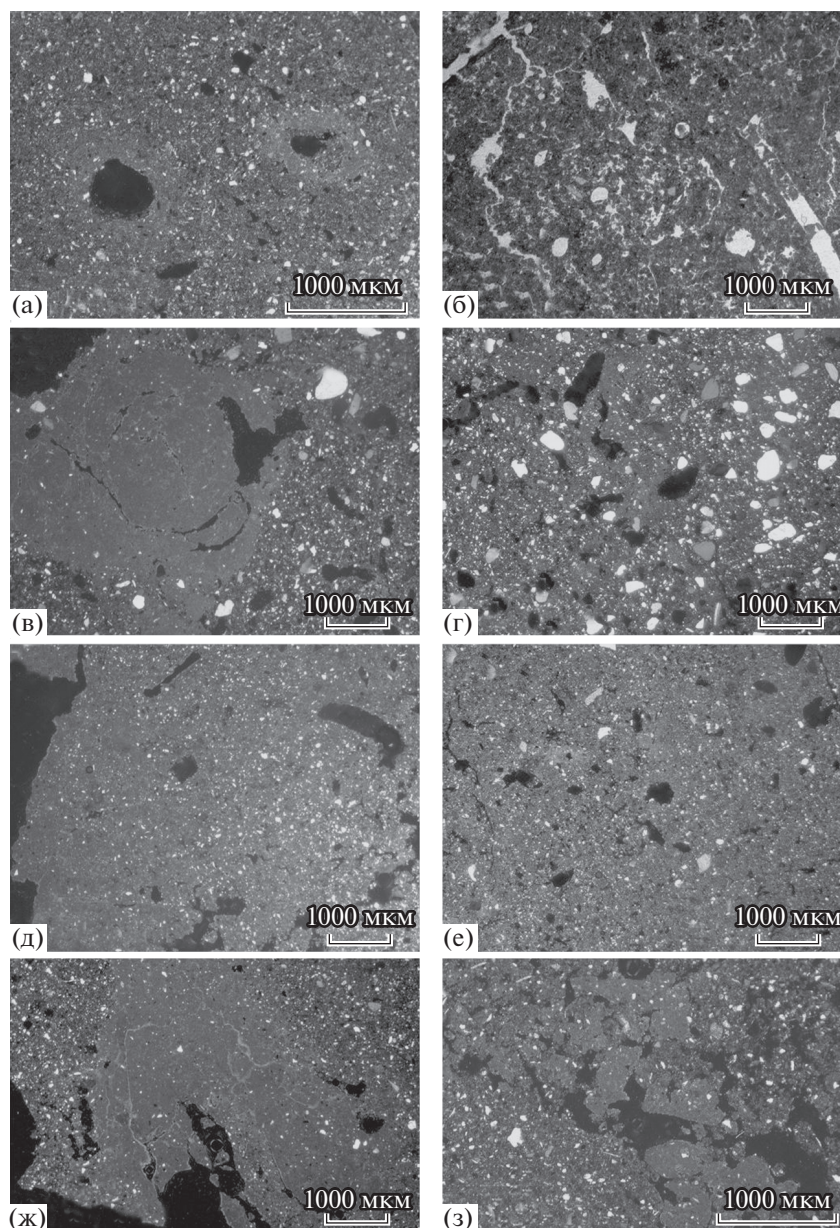


Рис. 1. Микроморфологическое строение гор. Вк в почвах хроноряда. Пояснения к фото – см. текст.

pedofeatures) (рис. 1д). Отмечаются не только вокругпоровые стяжения, но и инфилинги в тонкодисперсной массе (рис. 1е). Признаков подвижности соединений железа в этой почве не выявлено. Стяжения карбонатов в гор. Вк современного чернозема обыкновенного очень похожи на таковые в разр. 15п-15: недифференцированные карбонатные нодулы в железисто-глинистой плазме (рис. 1ж) и микроучастки с признаками активной деятельности мезофауны, приводящей к дезинтеграции карбонатного стяжения в поре (рис. 1з). В тонкодисперсном материале всех изученных почв отмечаются зерна литогенных карбонатов, что объясняется исходной высокой карбонатно-

стью почвообразующих пород и формирующихся на них почв.

Гранулометрический анализ показал, что все почвы тяжелосуглинистые иловато-крупнопылевые, разрезы очень близки по грансоставу между собой, следовательно, можно сравнивать показатели вещественного состава напрямую (рис. 2).

По распределению *органического углерода* ($C_{\text{орг}}$, %) по профилям, погребенные почвы отличаются закономерно меньшим содержанием $C_{\text{орг}}$ от фоновой почвы (рис. 3а) из-за его диагенетической биоминерализации в процессе погребения, которая может составлять от 50 до 70% в зависимости от длительности погребения [8]. Но поскольку

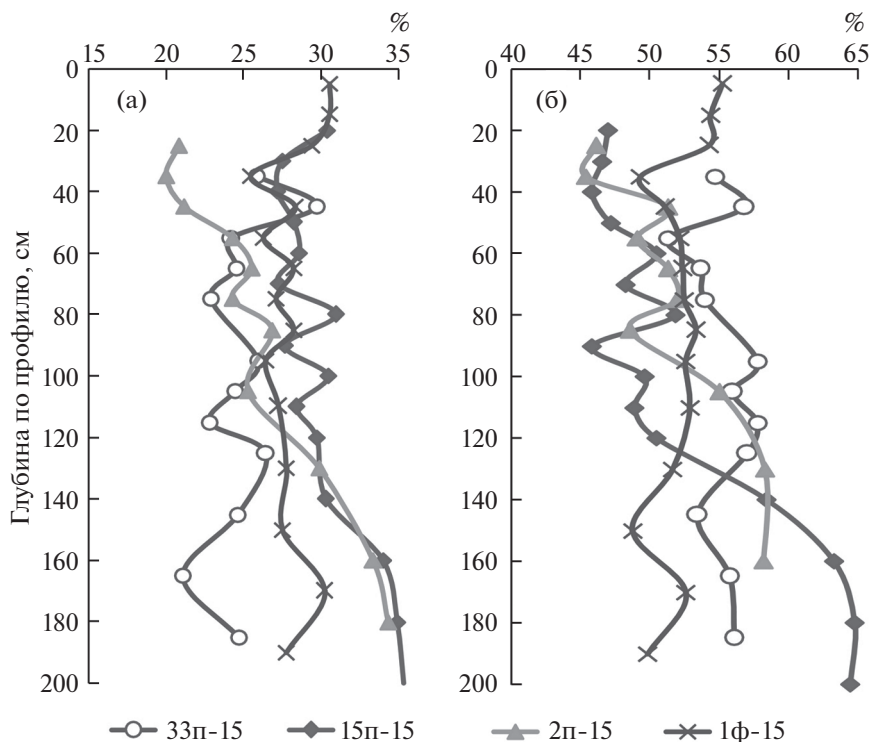


Рис. 2. Гранулометрический состав почв изучаемого хроноряда: а – фракция <0.001 мм, б – фракция <0.01 мм.

длительность погребения у палеопочв в рассматриваемом хроноряде отличается не сильно, мы можем сравнивать их между собой по распределению $C_{орг}$. В разр. 33п-15 отмечаются самые большие величины $C_{орг}$ в гор. АВ среди остальных погребенных почв. Ниже по профилю все погребенные почвы показывают практически одинаковые цифры процентного содержания $C_{орг}$.

По содержанию *углерода карбонатов* ($C_{карб}$) разр. 33п-15 выделяется самыми меньшими величинами, особенно в средней и нижней частях профиля (рис. 3б). Небольшое увеличение $C_{карб}$ в самом верху разр. 33п-15 может быть связано с проникновением диагенетических карбонатов. В то же время, с самого верха до глубины почти 100 см разр. 2п-15 выделяется самым большим в хроноряде содержанием $C_{карб}$. Аккумулятивный характер распределения $C_{карб}$ выявлен в разр. 15п-15 и 1ф-15: нулевые значения $C_{карб}$ в самом верху, затем резкое нарастание и достижение максимума на глубине 50–60 см, и затем небольшое снижение до 1.2–1.4%, и эти величины без изменений – до конца профиля.

Полученные значения для *pH водной вытяжки* колеблются от 7.7 до 8.7 единиц, т.е. в пределах слабощелочных ($pH_{вод} = 7-8$) и щелочных ($pH_{вод} = 8-9$) значений (рис. 4а). Величины $pH_{вод}$ коррелируют с данными по содержанию углерода карбонатов, практически повторяя рисунок рас-

пределения $C_{карб}$ по профилям почв изученного хроноряда. Наименьшей щелочностью ($pH_{вод}$ в пределах 7.7–8.3) обладают верхние горизонты в разр. 15п-15 и 1ф-15. Ниже 40–60 см разр. 33п-17 и 2п-17 демонстрируют наименьшие и наибольшие, соответственно, значения $pH_{вод}$: 8.2–8.3 (разр. 33п-17) и 8.5–8.6 (разр. 2п-17).

В *потерю при прокаливании (ППП)*, т.е. в разницу веса почвы до и после нагревания при $900^{\circ}C$ при свободном доступе воздуха, входят химически связанная вода, гумус, CO_2 карбонатов, адсорбированные газы и хлориды [3]. Различия по химически связанной воде в основном связаны с илистой фракцией, содержание которой в изученных почвах очень близко. Следовательно, различия в ППП можно связать с оставшимися тремя компонентами. Максимальными величинами ППП до глубины 80 см отличается разр. 2п-15 (рис. 4б), что четко коррелирует с распределением $C_{карб}$ в этом профиле (см. рис. 3б). Характер изменения кривой ППП по глубинам для почв 15п-15 и 1ф-15 сходный, но при этом величины ППП в разр. 15п-15 меньше, чем в разр. 1ф-15 до глубины 60 см, за счет того что в современной почве содержание $C_{орг}$ выше, чем в погребенной.

В почвах хроноряда аналитически выявлено присутствие *гипса* в профилях всех почв в небольших количествах, от 0.01 до 0.04% SO_4 гипса в среднем (рис. 4в). Лишь в разр. 2п-15 величины

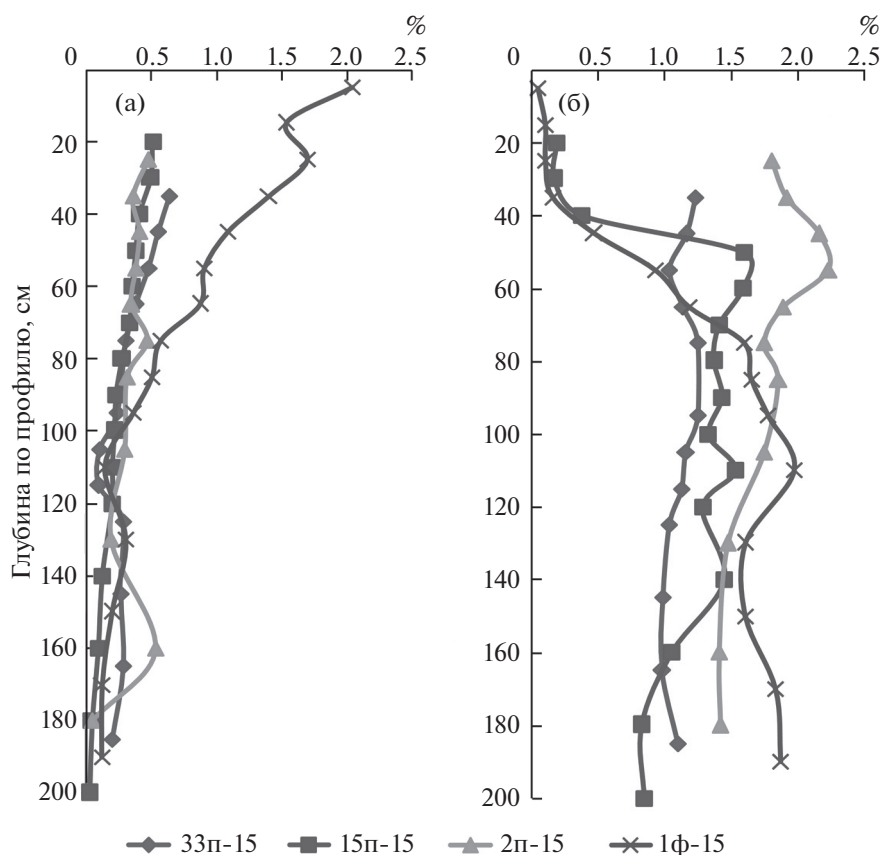


Рис. 3. Содержание $C_{орг}$ (а) и $C_{карб}$ (б) в почвах изучаемого хроноряда.

процентного содержания SO_4 гипса чуть выше среднего и достигают 0.09%.

По составу и содержанию обменных оснований изучаемые почвы в хроноряду довольно заметно отличаются. Наименьший вклад обменных Na и Mg в сумму обменных оснований выявлен в разрезах 15п-15 и 1ф-15 (рис. 5), промежуточные величины отмечены в разр. 33п-15, тогда как разр. 2п-15 демонстрирует максимальное процентное содержание Na и Mg в сумме обменных катионов. А также, что было неожиданно, в разр. 2п-15 очень заметно вырастает доля обменного K в составе обменных оснований. Поскольку морфологический анализ показывает полное отсутствие признаков солонцеватости в почвах изучаемого хроноряда, различия в относительных долях Na и K в поглощающем комплексе могут быть связаны с засолением этих почв, которая является максимальной для разр. 2п-15.

Микробиоморфный (фитолитный) анализ показал, что общим для всех изученных слоев забутовки (табл. 2 и 3, образец 10-2, слои с I по VIII) является большое количество кутикулярных слепков, что указывает на значительные объемы трав, формировавших эти слои. Во всех образцах в разных долях присутствуют фитолиты тростника.

Т.е., тростник был одной из основных трав, использованных людьми за весь период формирования слоев. В отдельных слоях, где количество фитолитов наибольшее, встречаются фитолиты соломы культурных злаков. Интересно, что в 5 слоях из 8 (образец 10/2) присутствуют фитолиты игл хвойных. Учитывая большое количество древесного детрита во всех образцах, можно предположить, что хвойные породы деревьев широко использовались в хозяйстве. Это говорит как о хорошей облесенности территории вокруг в начальный период существования города, так и о значительных масштабах вырубок. В хозяйственной яме, приуроченной к культурному слою первой половины II в. н.э. (образец 8х, см. табл. 2 и 3), обнаружены обугленная солома культурных злаков и различных луговых трав, множество остатков горелой древесины. В верхних горизонтах погребенных почв фитолиты практически отсутствуют либо единичны. При этом в верхнем горизонте палеопочвы, погребенной под стеной во второй половине II в. до н.э. (разр. 15п-15), состав фитолитов практически идентичен тому, что был обнаружен в слоях забутовки, тогда как в палеопочве I в. н.э. (разр. 2п-15) обнаруживаются фитолиты

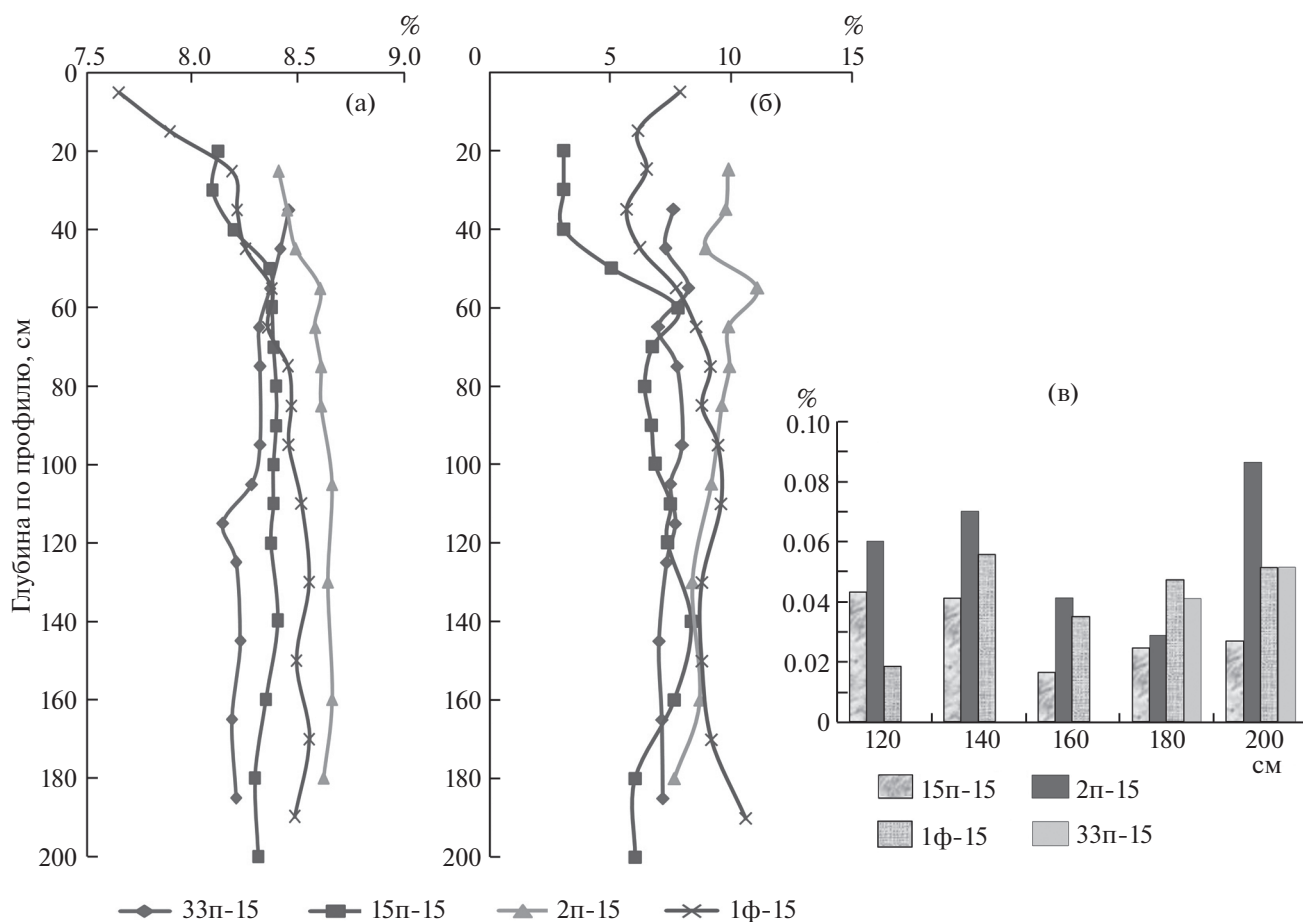


Рис. 4. pH_{вод} (а), ППП (б) и содержание SO₄ гипса (в) в почвах изучаемого хроноряда.

ты лишь травянистого сообщества: луговые и лесные злаки при значительной доле тростника.

Спорово-пыльцевой анализ образцов показал степной характер всех изученных спектров, где количество пыльцы древесных и кустарниковых растений не превышало 20%. Полученные данные представлены на сводной спорово-пыльцевой диаграмме (рис. 6) в хронологической последовательности.

В отложениях второй половины II в. до н.э. (разр. 15п-15) содержание пыльцы деревьев и кустарников составляет не более 3% от общей суммы всех пыльцевых зерен, основная часть представлена сосной (*Pinus*). В пыльцевом спектре преобладает пыльца полыни (*Artemisia*), количество которой достигает 30%. Заметную роль играет пыльца семейств маревых (*Chenopodiaceae*) и злаков (*Poaceae*) — по 11%. Отличительной особенностью отложений этого разреза является большое процентное содержание пыльцы разнотравья, которое составляет порядка 30% спектра, где доминируют виды семейства бобовых (*Fabaceae*) и розоцветных (*Rosaceae*).

Спорово-пыльцевые спектры разр. 10-2 — слою забутки, которые обобщенно датируются II—I вв. до н.э., но сюда мог попасть материал и немного более раннего хроноинтервала, характеризуются незначительным содержанием пыльцы древесных пород. Помимо пыльцы *Pinus*, количество которой не превышает 5%, присутствует пыльца широколиственных пород, таких как дуб (*Quercus*) и орешник (*Corylus*), встречаются единичные пыльцевые зерна липы (*Tilia*). На формирование древесной части спектра оказывает влияние также пыльца березы (*Betula*) и ольхи (*Alnus*).

В травянистой части спектра преобладает пыльца представителей семейства *Chenopodiaceae* (до 65%) и *Poaceae* (до 40%), заметна роль *Asteraceae* (до 18%), в частности рода *Artemisia* (до 15%). Состав пыльцы разнотравья становится разнообразнее, чем в предшествующий период и составляет заметную долю спорово-пыльцевых спектров. Наиболее широко представлена пыльца таких семейств как зонтичные (*Apiaceae*), бобовые (*Fabaceae*), капустные (*Brassicaceae*), гречишные (*Polygonaceae*), розоцветные (*Rosaceae*). В небольшом количестве, но стабильно встречается пыль-

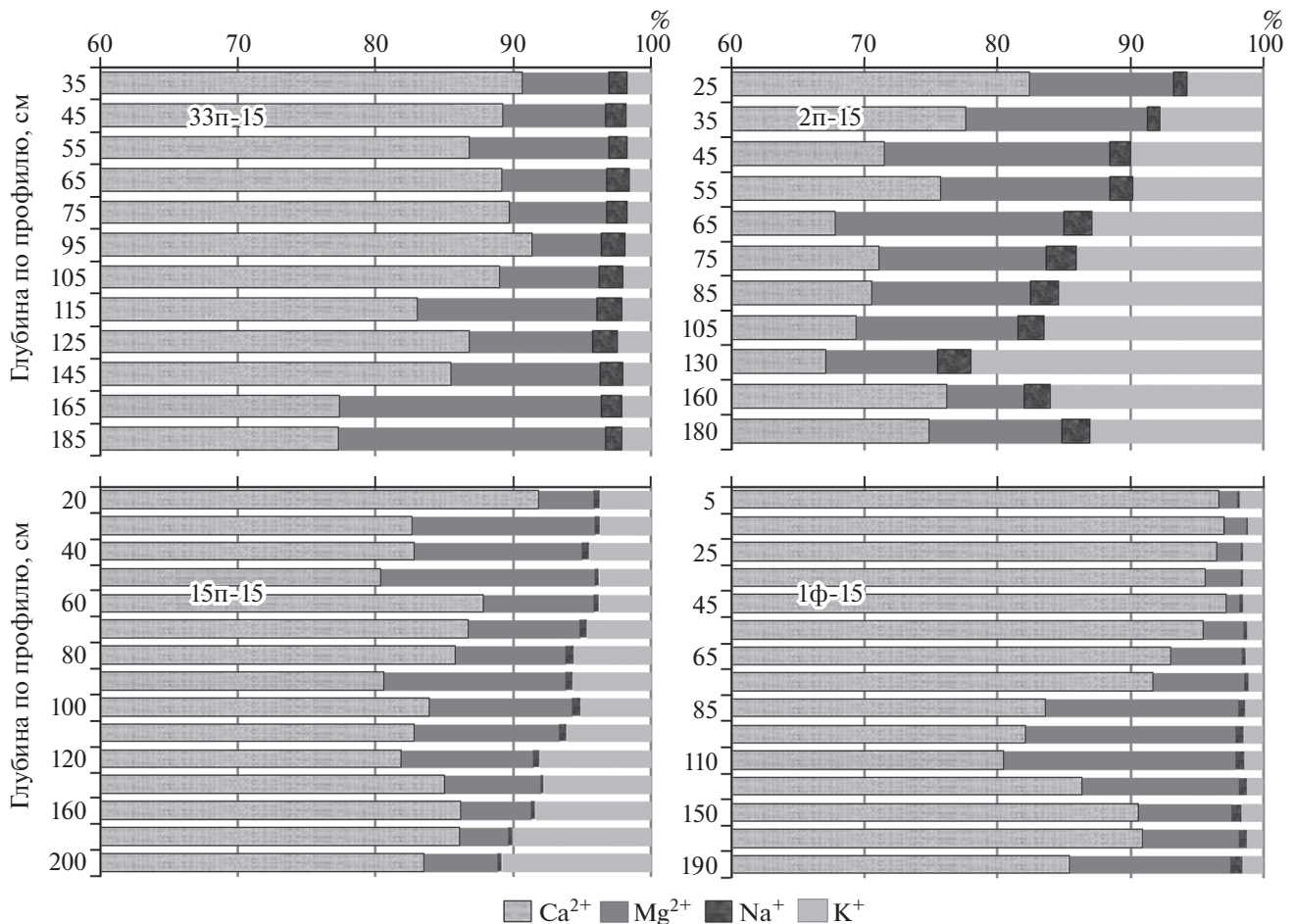


Рис. 5. Состав обменных оснований в почвах изучаемого хроноряд.

ца семейств *Lamiaceae*, *Caryophyllaceae*, *Geraniaceae* и *Scrophulariaceae*. Такой состав спектров указывает на распространение богаторазнотравно-злаковых степных сообществ и смягчение локальных климатических условий. В нескольких образцах встречена пыльца представителей семейства *Plumbaginaceae* и рода *Ephedra* — ксерофитных видов, показателей распространения степей и засоленных почв.

В спектрах разр. 10-2 встречается пыльца водных и прибрежных растений: представителей семейства осоковые (*Cyperaceae*), ежеголовника (*Sparganium*), рдеста (*Potamogeton*) и рогоза широколистного (*Typha latifolia*), содержание которой в некоторых образцах увеличивается до 5–7%. Заметное количество пыльцы водных и околководных видов в этом же возрастном интервале говорит о заметном влиянии водоема. Споры высших споровых растений, главным образом *Polypodiaceae*, могли быть принесены водным путем из северных районов.

В образцах, отобранных из раскопа 6 и датированных II—I вв. до н.э., но попадание пыльцы более

ранних интервалов здесь исключается, состав спорово-пыльцевых спектров несколько отличается. Несмотря на то, что, как и в разр. 10-2, пыльца группы древесных не превышает 5% от общей суммы пыльцевых зерен и спор, широколиственные породы здесь практически полностью отсутствуют. В группе пыльцы травянистых растений доминируют представители семейств *Chenopodiaceae* и *Poaceae*. Спорово-пыльцевые спектры отличаются более ксерофитным характером и обедненным видовым составом разнотравья.

В спорово-пыльцевых спектрах отложений I–II вв. н.э. (раскопы 19 и 6) незначительное количество пыльцы древесных пород (около 5–6%), доминирование пыльцы представителей семейства *Chenopodiaceae* и небольшой процент пыльцы разнотравья указывает на то, что бедноразнотравно-злаковые сообщества по-прежнему были распространены на прилегающих территориях.

Все изученные спорово-пыльцевые спектры, относящиеся к IV в. н.э., (разр. 7х-15, раскоп 19) характерны для степных условий. Состав спектров выделяется довольно низким таксономиче-

Таблица 2. Сравнительное полуколичественное содержание микробиоморф

Время	Образец	Слой (повторность)	Детрит	Аморфная органика	Спикулы губок	Диатомовые водоросли	Фитолиты	Другие частицы, примечания
II–I вв. до н.э. До 40-х годов II в. н.э. Втор. половина III–II вв. до н.э. II в. до н.э. I в. н.э.	10/2–15	I	++	+	—	—	+++	Кутикулярные слепки
		II	+++	+	—	—	+++	-П-
		III	+++	+	—	—	+	-П-
		IV	+++	+	—	—	++	-П-
		V	+++	+	—	—	+	-П-
		VI	+++	+	—	Ед.	+++	-П-
		VII	+++	+	—	—	++	-П-
		VIII	+	+	—	—	+	—
	8х-15	Весь образец — горелые солома и древесина, выделить что-либо другое невозможно						
	Разр. 33п-15	[0–2 см] (1)	+	+	—	—	Ед.	—
	Разр. 33п-15	[0–2 см] (2)	+	+	—	—	Ед.	—
	Разр. 15п-15	[0–2 см] (1)	++	++	Ед.	—	+	Пыльцевые зерна
	Разр. 15п-15	[0–2 см] (2)	+	+	—	—	Ед.	-П-
	Разр. 2п-15	[0–2см] (1)	+++	+	—	—	+	Кутикулярные слепки

Примечание. Крестиками показано сравнительное содержание микробиоморф: +++ — много (более 100 единиц в рассматриваемом объеме); ++ — среднее (50–100 единиц); + — мало (5–50 единиц); Ед. — единично (1–4 единицы); — — отсутствуют; -П- — то же.

ским разнообразием, что особенно заметно в группе пыльцы древесных растений. Здесь преобладает пыльца сосны (*Pinus*), в некоторых образцах ее содержание достигает 20% от общего количества пыльцы, что в два раза превышает показатели для спектров более раннего возраста. Доля пыльцы прочих древесных пород мала во всех изученных образцах разреза и представлена *Quercus*, *Betula* и *Alnus*.

В группе пыльцы травянистых растений доминирует семейство маревые (*Chenopodiaceae*) — содержание в спектрах до 80%. В образцах разреза присутствует заметное количество пыльцы злаков (*Poaceae*), до 20%. Состав пыльцы разнотравья достаточно обеднен, и занимает небольшую долю спектра. Встречается пыльца растений из семейства бобовых (*Fabaceae*) и разных видов васильков (*Centaurea*).

Помимо естественных компонентов, в спектрах повсеместно была выделена пыльца растений — индикаторов антропогенной деятельности.

Основным показателем аграрного освоения является пыльца культурных злаков (*Cerealia*), которая была встречена практически во всех образцах. На нарушение растительного покрова, связанное со скотоводством и наличием человеческих поселений, указывает пыльца сорных и рудеральных растений, таких как горец птичий (*Polygonum aviculare-type*), подорожник (*Plantago*) и щавель (*Rumex*). В спектрах первых веков нашей эры отличительной особенностью является уменьшение содержания пыльцы культурных злаков, что вероятно связано с разрушением города в I в. до н.э.

Обсуждение результатов и заключение. Проведенный морфогенетический анализ палеопочв, а также микробиоморфный и спорово-пыльцевой анализы почв и культурных слоев, позволяют нам реконструировать условия среды для периода функционирования древнего Танаиса, начиная с рубежа III–II вв. до н.э. и заканчивая IV в. н.э.

Таблица 3. Распределение кремниевых микробиоморф (шт./%) и отдельных групп фитоцитов (%)

Время	Образец	Слой	Всего (шт./%)	Спикулы (шт./%)	Диатомовые (шт./%)	Фитоциты (шт./%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
II—I вв. до н.э.	10/2-15	I	192/100	—	—	192/100	49	19	2	14	10	5	1	1	—
		II	Состав фитоцитов аналогичен образцу из слоя I, все частицы в зольной пыли												
		III	9/100	—	—	9/100	89	—	—	—	—	—	—	11	—
		IV	68/100	—	—	68/100	60	7	—	4	—	—	—	22	7
		V	12/100	—	—	12/100	59	8	8	—	—	—	—	25	—
		VI	225/100	—	1/*	224/100	41	16	2	12	9	4	1	1	14
		VII	61/100	—	—	61/100	65	—	—	5	2	—	2	26	—
		VIII	9/100	—	—	9/100	45	—	—	11	11	—	11	22	—
До 40-х годов II в. н.э.	8х-15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
III—II вв. до н.э.	Разр. 33п-15	[0–2] (1)	3/100	—	—	3/100	66	—	—	34	—	—	—	—	—
	Разр. 33п-15	[0–2] (2)	3/100	—	—	3/100	66	—	—	34	—	—	—	—	—
Вторая половина II в. до н.э.	Разр. 15п-15	[0–2] (1)	21/100	1/5	—	20/95	50	—	15	5	5	—	—	25	—
	Разр. 15п-15	[0–2] (2)	2/100	—	—	2/100	100	—	—	—	—	—	—	—	—
I в. н.э.	Разр. 2п-15	—	19/100	—	—	19/100	47	—	21	16	—	—	—	11	5

Примечание. Цифрами показаны следующие растительные ценозы: 1 — двудольные травы, 2 — хвойные, 3 — лесные злаки, 4 — луговые злаки, 5 — степные злаки, 6 — культурные злаки, 7 — аридная флора, 8 — тростник/камыш, 9 — мхи; значком * показаны частицы, доля которых в образце менее 1%.

Свойства палеопочв раннего периода (рубеж III—II и вторая половина II в. до н.э.) очень близки к таковым современной почвы — чернозема обыкновенного. В палеопочве второй половины II в. до н.э. (разр. 15п-15) закономерности распределения карбонатов, рН вод, ППП (с учетом диагенетической биоминерализации органического углерода), гипса и обменного натрия по профилю практически идентичны с современной почвой. По микроморфологическим наблюдениям в гор. Вк фиксируются вокругпоровые карбонатные стяжения или недифференцированные нодулы, четко отделенные от тонкодисперсного железисто-глинистого материала. Можно реконструировать климатические условия II в. до н.э. как сходные с современными или чуть влажнее. Это заключение во многом опирается и на палеоботанические данные. Высокий процент пыльцы разнотравья в спектрах второй половины II в. до н.э. может служить признаком распространения луговой и лугово-степной растительности. Такая ситуация нетипична для спектров Танаиса, где разнотравье как правило в среднем составляет 10–20% спектра, и может являться признаком незначительного локального повышения увлажнения. Микробиоморфный анализ показал в почвах и культурных слоях этого времени большое разнообразие кутикулярных слепков, древесного детрита и фитоцитов как хвойных, так и тростника, что свидетельствует о богатстве флоры окружаю-

щих город пространств. По данным как микробиоморфного, так и спорово-пыльцевого анализов четко диагностируются следы хозяйственной деятельности горожан: культурные злаки показывают заметную долю (4–6% в спорово-пыльцевых спектрах), а также многочисленны рудеральные виды, связанные с ведением скотоводства и существованием в городе. В хозяйственной деятельности этого периода широко используются тростник и дерево.

В палеопочве I в. н.э. (разр. 2п-15) обнаруживаются максимальные величины содержания и наименьшая глубина залегания в профиле карбонатов, максимальные величины рН_{вод} по всему профилю и ППП — в верхней части профиля, максимумы содержания гипса в нижних горизонтах, доля обменных Mg и Na в составе обменных оснований также самая большая по сравнению, как с современной почвой, так и с остальными палеопочвами изученного хроноряда. Микроморфологические наблюдения в гор. Вк показывают наличие сплошной пропитки карбонатами тонкодисперсной массы. В спорово-пыльцевых спектрах, отнесенных ко II—I вв. до н.э. и I—II вв. н.э., отсутствует пыльца широколиственных деревьев, а в целом спектры отличаются более ксерофитным характером и обедненным видовым составом разнотравья, преобладают маревые и злаки. Хроноинтервал на рубеже эр, а именно I в. до н.э. — I в. н.э. — это период существенной ари-

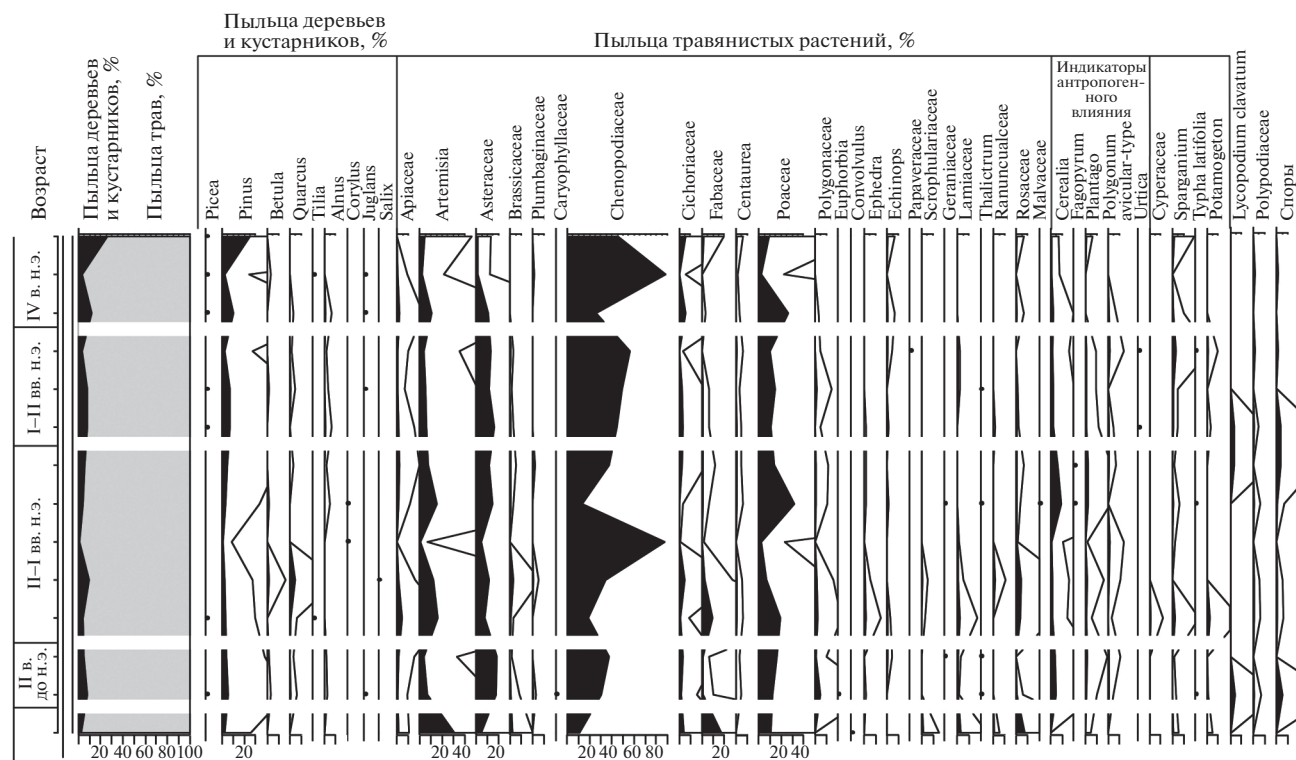


Рис. 6. Сводная спорово-пыльцевая диаграмма погребенных почв и культурных слоев античного города Танаис.

дизации. И хотя в работе [18] по свойствам палеопочв I в. н.э. в Ростовской области реконструировалось усиление увлажненности, наши выводы подтверждаются комплексным анализом, когда с палеопочвенными согласуются палеоботанические методы, и мы представляем уточненную схему изменений климата для среднесарматского периода. К этому периоду относится наиболее опустошительное завоевание и уничтожение города боспорским царем Полемоном в конце I в. до н.э. [22]. Археологические раскопки подтверждают факты значительных пожаров и разрушений в жилых кварталах, а также почти полное уничтожение фортификационной системы города [24]. Вероятно, это событие произошло в самый пик аридизации климата, когда Танаис мог пережить экономический кризис [23]. В спорово-пыльцевых спектрах этого времени отмечается заметное уменьшение содержания пыльцы культурных злаков, что также указывает на снижение хозяйственной деятельности населения.

Хроноинтервал II–III вв. н.э. остался неизученным из-за отсутствия объектов для анализа. Спорово-пыльцевые спектры IV в. н.э. характерны для степных условий. Стабильное увеличение доли пыльцы сосны в разрезах IV в. н.э. может служить показателем расширения ареала сосны на песчаных террасах в среднем течении р. Дон. В этот период в Приазовье происходили некоторые

региональные ландшафтно-климатические изменения. По данным анализа отложений Азовского моря [14] около 1700–1600 л.н. происходит ослабление аридизации и повышение увлажнения, что вероятно не вызвало серьезную смену локальной растительности, но повлияло на расширение интразональных древесных сообществ, расположенных на более влажных участках, балках и поймах рек. В этот же период происходит смена уровня Азовского моря, регрессивная стадия постепенно сменяется трансгрессивной [11, 15]. Таким образом, в IV в. н.э. в Приазовье и на Нижнем Дону фиксируются заметные природные изменения, которые не могли не затрагивать население, проживающее на данной территории. Но при этом в палинологических спектрах процент видов, связанных с антропогенным влиянием на растительный покров, ниже уровня, обнаруженного для раннего периода функционирования и расцвета Танаиса, что свидетельствует о неполном восстановлении хозяйственной деятельности на последнем отрезке жизни города, который в середине или конце V в. н.э. прекращает существование.

Таким образом, за время своего существования город пережил две волны гумидного климата — с рубежа III–II до конца II в. до н.э. (начальный период, становление и расцвет) и со II по IV вв. н.э., и две волны аридизации, с I в. до н.э. до конца I в. н.э.

и с рубежа IV–V или середины V в. н.э. В аридные эпохи произошли наиболее разрушительные для города или необратимые (гибель и прекращение функционирования) события в его истории.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 15-29-01151-офи_м (полевые исследования и химический анализ почв); РНФ, проект № 16-17-10280 (микроморфологический анализ), а также проекта ИАЗ ЮНЦ РАН № 01201363186 (спорово-пыльцевой анализ). Микробиоморфный анализ выполнен в рамках госзадания ГП 0148-2016-003.

Acknowledgments. This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research, project no. 15-29-01151-ofi_m (field studies and soil chemical analysis); Russian Science Foundation, project no. 16-17-10280 (micromorphological analysis); IAZ, SSC RAS project no. 01201363186 (spore and pollen analysis); and Scientific Research Plan no. GP 0148-2016-003 (microbiomorphological analysis).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александровский А.Л. История почв и климата на Юге России в голоцене // II Городцовские чтения: Материалы науч. конф., посвященной 100-летию деятельности В.А. Городцова в Гос. историч. музее (апрель, 2003). Тр. ГИМ. Вып. 145. М., 2005. С. 79–87.
2. Александровский А.Л., Александровская Е.И., Долгих А.В. Эволюция почв и палеосреды античных городов юга Европейской России // Изв. РАН. Сер. геогр. 2010. № 5. С. 73–86.
3. Ариунушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
4. Безуглова О.С., Морозов И.В., Кутровский М.А. Погребенные почвы Недвиговского городища (Приазовье) и роль древнего антропогенного фактора в формировании черноземов // Почвоведение. 2008. № 1. С. 13–21.
5. Варущенко С.И., Варущенко А.И., Клиге Р.К. Изменение режима Каспийского моря и бессточных бассейнов в палеовремени. М.: Наука, 1987. 238 с.
6. Гольева А.А. Микробиоморфные комплексы природных и антропогенных ландшафтов. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 238 с.
7. Гричук В.П. Методика обработки осадочных пород, бедных органическими остатками, для целей пыльцевого анализа // Проблемы физической географии. 1940. Вып. 8. С. 53–58.
8. Демкин В.А. Палеопочвоведение и археология: интеграция в изучении истории природы и общества. Пушино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1997. 213 с.
9. Долгих А.В. Формирование педолитоседиментов и почвенно-геохимической среды древних городов Европейской России: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 2010. 24 с.
10. Климанов В.А. Климат Северной Евразии в позднеледниковье и голоцене (по палинологическим данным): автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. М., 1996. 46 с.
11. Ковалева Г.В., Измайлов Я.А., Золотарева А.Е. Диагномовые водоросли из позднеголоценовых отложений Азовского моря как индикаторы колебания уровня водоема // Вестн. Южного научного центра. 2015. Т. 11. № 1. С. 53–62.
12. Костин С.И. Колебания климата на Русской равнине в историческую эпоху // Тр. ГГО им. Воейкова. Л.: Гидрометеиздат, 1965. Вып. 181. С. 56–74.
13. Кременецкий К.В. Природная обстановка голоцена на Нижнем Дону и в Калмыкии // Степь и Кавказ. Тр. ГИН. М., 1997. С. 30–45.
14. Матишов Г.Г., Новенко Е.Ю., Красноуцкая К.В. Динамика ландшафтов Приазовья в позднем голоцене // Вестн. Южного научного центра. 2011. Т. 7. № 3. С. 35–43.
15. Матишов Г.Г., Дюжова К.В., Ковалева Г.В., Польшин В.В. Новые данные об осадконакоплении и биостратиграфии древне- и новоазовских отложений (Азовское море) // Докл. Акад. наук. 2016. Т. 467. № 2. С. 371–375.
16. Моргунова Н.Л., Гольева А.А., Краева Л.А., Мещеряков Д.В., Турецкий М.А., Халяпин М.В., Хохлова О.С. Шумаевские курганы. Оренбург: Изд-во ОГПУ, 2003. 391 с.
17. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. М.: Изд-во МГУ, 1981. 273 с.
18. Песочина Л.С., Гольева А.А., Зайцев С.В. Изменчивость почв и природных условий северо-восточного Приазовья в среднесарматское время // Почвоведение. 2000. № 6. С. 596–604.
19. Песочина Л.С. Позднеголоценовая динамика биогеохимического цикла углерода в степных ландшафтах юга Русской равнины // Вестн. Тамбовского ун-та. 2013. Т. 18. Вып. 3. С. 683–691.
20. Песочина Л.С., Зайцев С.В. Палеопочвы курганного могильника “Покровка 7” как индикаторы природных условий раннесарматского времени // Курганы левобережного Илека. М.: Изд-во ИА РАН, 1996. Вып. 4. С. 53–60.
21. Полякова Л.С., Кашарин Д.В. Метеорология и климатология. Новочеркасск: НГМА, 2004. 458 с.
22. Страбон. География в 17 книгах / пер. Г.А. Страбонского. М.: Ладомир, 1994. 942 с.
23. Хохлова О.С., Трифонова Т.А., Ильяшенко С.М., Бунин Д.С. Палеоэкологические условия функционирования античного Танаиса в раннем железном веке // Эколого-географические проблемы регионов России. Самара: Самарский гос. социально-пед. ун-т, 2016. Вып. 7. С. 356–361.
24. Шелов Д.Б. Танаис и Нижний Дон в III–I вв. до н.э. М.: Наука, 1970. 252 с.
25. Grimm E.C. TILIA and TILIA GRAPH: PC spreadsheet and graphics software for pollen data // INQUA, Working Group on Data-Handling Methods. Newsletter. 1990. № 4. P. 5–7.
26. Khokhlova O.S., Khokhlov A.A., Oleynik S.A., Gabuev T.A., Malashev V.Yu. Paleosols from the groups of burial mounds provide paleoclimatic records of centennial to intercentennial time scale: a case study from the Early Alan cemeteries in the Northern Caucasus (Russia) // Catena. 2007. V. 71. № 3. P. 477–486.

Climate and vegetation of the antique Tanais (the 3rd century BC – 5th century AD) based on the data of paleopedological and paleobotanic analyses

O. S. Khokhlova^{1,*}, K. V. Dyuzheva², A. A. Gol'eva³, T. A. Trifonova⁴,
D. S. Bunin⁵, S. M. Ilyashenko⁶, and A. A. Khokhlov⁶

¹*Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science, Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia*

²*Institute of Arid Zones, Southern Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russia*

³*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

⁴*Vladimir State University, Vladimir, Russia*

⁵*State agency of culture of Rostov oblast, Tanais Archaeological Reserve Museum, Rostov-on-Don, Russia*

⁶*Institute of Cell Biophysics, Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia*

*e-mail: olga_004@rambler.ru

Received October 19, 2017

Accepted May 29, 2018

The chrono-sequence of paleosols buried under stone buildings of the antique Tanais related to different chrono-intervals within the time of the city's existence (from the second half of the 3rd century BC to the middle or the end of the 5th century AD) was studied using paleopedological, biomorphic and palynological analyzes; and reconstruction of climate and vegetation was proposed. The climate of the initial period of life of the city was similar or slightly more humid than current conditions. Morphological and physicochemical properties of paleosols dated back to the turn of the 3rd–2nd and the second half of the 2nd centuries BC are similar to those of modern ordinary chernozems. Palynological spectra indicate the development of meadow-steppe vegetation, and microbiomorphic analysis shows the richness of the flora of surrounding the city spaces. There is a noticeable share of cultural cereals as well as ruderal species in the pollen spectra. Reed plants and coniferous trees were widely used for economic needs. The significant climatic aridization occurred at the turn of the era, i.e., during the 1st century BC – 1st century AD. In the paleosols dated back to the 1st century AD, the maximum values of carbonates and gypsum content, pH, maximum share of exchangeable magnesium and sodium in the composition of exchange bases were detected. Spore-pollen spectra are xerophytic, they do not contain pollen of broad-leaved trees, the species composition of herbs is poor, the Chenopodiaceae and Gramineae plants predominate. The share of pollen of cultural cereals is noticeably lower than previously. According to archaeological data, the city experienced a devastating ravage, a series of fires and destruction and was restored very slowly. Palynological spectra of the 4th century AD are characteristic for the steppe conditions, and also the share of pollen of pine increases, which can serve as an indicator of its expansion in the floodplain forests in the middle reaches of the Don River. The share of species associated with anthropogenic impact on the vegetation cover is lower than that for the early period of Tanais functioning and prosperity, which may indicate an incomplete recovery of past economic activity.

Keywords: chrono-sequence of paleosols, morphological and physicochemical properties of soils, spore-pollen spectra, microbiomorphic analysis, antique Tanais, paleoclimatic reconstruction.

REFERENCES

1. Aleksandrovskiy A.L. History of soils and climate in the South of Russia in the Holocene. In *II Gorodtsovskiy chteniya: Mater. nauch. konf., posvyashchennoi 100-letiyu deyatel'nosti V.A. Gorodtsova v Gos. istorich. muzee, (aprel' 2003). Trudy GIM* [II Gorodtsov Readings: the Materials of the Conference, Dedicated to the Centenary of V.A. Gorodtsov's Activity in the State Historical Museum (April 2003). Proceedings of the State Historical Museum], vol. 145. Moscow, 2005, pp. 79–87. (In Russ.).
2. Aleksandrovskiy A.L., Aleksandrovskaya E.I., Dolgikh A.V. Evolution of Soils and Pedosediments of Anticities of the South of European Russia. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2010, no. 5, pp. 73–86. (In Russ.).
3. Arinushkina E.V. *Rukovodstvo po khimicheskoy analizu pochvy* [Manual for the Chemical Analysis of Soils]. Moscow: Moscow St. Univ., 1970. 487 p.
4. Bezuglova O.S., Morozov I.V., Kutrovskii M.A. Buried Soils of the Nedvigovskoe Ancient Settlement and the Role of the Ancient Anthropogenic Factor in Chernozem Formation. *Euras. Soil Sci.*, 2008, no. 41 (1), pp. 13–21.
5. Varushchenko S.I., Varushchenko A.I., Klige R.K. *Izmenenie rezhima Kaspiiskogo morya i besstochnykh basseinov v paleovremeni* [Change in the Regime of the Caspian Sea and Drainage Basins in Paleo-time]. Moscow: Nauka Publ., 1987. 238 p.
6. Gol'eva A.A. *Mikrobiomorfnye komplekсы prirodnykh i antropogennykh landshaftov* [Microbiomorphic Complexes of Natural and Anthropogenic Landscapes]. Moscow: LKI Publ., 2008. 238 p.
7. Grichuk V.P. Methods of processing of sedimentary rocks, poor in organic remains, for the purposes of pollen analysis. *Problemy Fizicheskoy Geografii*, 1940, vol. 8, pp. 53–58. (In Russ.).

8. Demkin V.A. *Paleopochvovedenie i arkheologiya: integratsiya v izuchenii istorii prirody i obshchestva* [Paleopedology and Archaeology: Integration in the Study of the History of Nature and Society]. Pushchino: ONTI PNTs RAN Publ., 1997. 213 p.
9. Dolgikh A.V. Formation of pedolitosediments and soil-geochemical environment of the ancient cities of European Russia. *Extended Abstract of Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Moscow, 2010. 24 p.
10. Klimanov V.A. The climate of Northern Eurasia in late Glacial and Holocene (according to pollen data). *Extended Abstract of Doct. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Moscow, 1996. 46 p.
11. Kovaleva G.V., Izmailov Ya.A., Zolotareva A.E. Diatom algae of the Sea of Azov Late Holocene sediments as an indicator of the sea-level fluctuations. *Vestn. Yuzhnogo Nauchnogo Tsentra*, 2015, no. 11(1), pp. 53–62. (In Russ.).
12. Kostin S.I. Climate fluctuations in the Russian Plain in the historical epoch. In *Trudy Glavnoi geofizicheskoi observatorii im. A.I. Voyeikova* [Proceedings of the Voeikov Main Geophysical Observatory]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1965, vol. 181, pp. 56–74.
13. Kremenetskij K.V. The natural situation of the Holocene on the Lower Don and in the Kalmykia. In *Step' i Kavkaz. Tr. GIN*. [The Steppe and the Caucasus. Proceedings of Geolog. Inst. Russ. Akad. Of Sci.]. Moscow: 1997, pp. 30–45. (In Russ.).
14. Matishov G., Novenko E.Yu., Krasnorutskaya K.V. Landscape dynamics of the Sea of Asov region in the late Holocene. *Vestn. Yuzhnogo Nauchnogo Tsentra RAN*, 2011, no. 7 (3), pp. 35–43. (In Russ.).
15. Matishov G.G., Dyuzhova K.V., Kovaleva G.V., Pol'shin V.V. New data on sedimentation and biostratigraphy of ancient and New Azov Deposits (Sea of Azov). *Dokl. Earth Sci.*, 2016, no. 467 (2), pp. 371–375.
16. Morgunova N.L., Golyeva A.A., Kraeva L.A., Meshherjakov D.V., Turetsky M.A., Khalyapin M.V., Khokhlova O.S. *Shumaevskie kurgany* [Shumaevsky Burial Mounds]. Orenburg, 2003. 391 p.
17. Orlov D.S., Grishina L.A. *Praktikum po khimii gumusa* [Practical Work on the Chemistry of Humus]. Moscow: Moscow St. Univ. Publ., 1981. 273 p.
18. Pesochina L.S., Golyeva A.A., Zaitsev S.V. Variability of soils and environmental conditions in the Northeastern Azov Region in the Middle Sarmatian Epoch. *Euras. Soil Sci.*, 2000, no. 33 (6), pp. 596–604.
19. Pesochina L.S. Late Holocene dynamics of the biogeochemical carbon cycle in the steppe landscapes of the South of the Russian plain. *Vestn. Tambovskogo Gos. Univ.*, 2013, no. 18 (3), pp. 683–691. (In Russ.).
20. Pesochina L.S., Zaitsev S.V. Paleosols of burial mound "Pokrovka 7" as indicators of the natural conditions of the Early Sarmatian time. In *Kurgany levoberezhnogo Iлека* [Burial Mounds of the Left Bank Ilek]. Moscow: IA RAS Publ., 1996, vol. 4, pp. 56–60. (In Russ.).
21. Polyakova L.S., Kasharin D.V. *Meteorologiya i klimatologiya* [Meteorology and Climatology]. Novocherkassk: NGMA Publ., 2004. 458 p.
22. *Strabon. Geografiya v 17 knigakh* [Strabo. Geography in 17 Books]. Moscow: Lodomir Publ., 1994. 942 p.
23. Khokhlova O.S., Trifonova T.A., Ilyashenko S.M., Bunin D.S. Paleoecological conditions of functioning of the antique Tanais City in the Early Iron age. In *Ekologo-geograficheskie problemy regionov Rossii* [Ecological and Geographical Problems of Russian Regions]. Samara: Samara St. Social and Pedagogical Univ., 2016, vol. 7, pp. 356–361.
24. Shelov D.B. *Tanais i Nizhnii Don v III-I vv. do n.e.* [Tanais and the Lower Don in the 3rd - 1st centuries BC]. Moscow: Nauka Publ., 1970. 252 p.
25. Grimm E.C. TILIA and TILIA GRAPH: PC spreadsheet and graphics software for pollen data. INQUA, Working Group on Data-Handling Methods. *Newsletter*, 1990, no. 4, pp. 5–7.
26. Khokhlova O.S., Khokhlov A.A., Oleynik S.A., Gabuev T.A., Malashev V.Yu. Paleosols from the groups of burial mounds provide paleoclimatic records of centennial to intercentennial time scale: a case study from the Early Alan cemeteries in the Northern Caucasus (Russia). *Catena*, 2007, no. 71 (3), pp. 477–486.