

T. N. Smekalova, F. N. Lisetskiy, N. N. Kashirskaya, A. V. Borisov

Двойные загоны — новые памятники бронзового века в Северо-Западном Крыму: предварительные результаты геофизических, геохимических и микробиологических исследований

Keywords: Northwestern Crimea, Late Bronze Age, double corral, magnetic survey, satellite images, soil geochemistry, soil microbiology, livestock

Cuvinte cheie: Crimeea de Nord-Vest, epoca târzie a bronzului, ocoale duble pentru vite, sondej magnetic, imagini satelit, geochimia solurilor, microbiologia solurilor, vite domestice

Ключевые слова: Северо-Западный Крым, поздний бронзовый век, двойные загоны для скота, магнитная съемка, космические снимки, геохимия почв, микробиология почв, домашний скот

T. I. Smekalova, F. N. Lisetskiy, N. N. Kashirskaya, A. V. Borisov

Double Corrals — New Sites of the Bronze Age in the North-West Crimea and Their Study by Geophysical, Geochemical and Microbiological Methods

In the course of systematic exploration in 2007—2020, using natural-scientific approaches, more than 50 new settlements of the Bronze Age were discovered and investigated in North-West Crimea, for which borders, layouts were determined, and individual building complexes were identified. This became possible only with the use of an interdisciplinary methodology that combines the analysis of satellite images, magnetic survey and selective excavation. One of the most impressive results achieved thanks to the large-scale magnetic survey was the identification of double (in rare cases — single) oval stone structures with a maximum diameter of up to 50 m, interpreted as cattle corrals at 25 settlements. On the surface of the soil and on satellite images of a certain period of the year, these corrals appear only in denser grassy vegetation, since the stone fences of the corrals are completely submerged in the ground. Surface material is not found in corrals; it can only be found in burrows of rodents and foxes. This is the first time that such constructions have been revealed entirely. The most probable chronological position of these sites is the Late Bronze Age. The article presents the results of comprehensive studies of one of the characteristic double corrals, identified at the Bronze Age settlement Natashino 1. Based on the results of magnetic surveys, geochemical and microbiological analyzes of the cultural layer, it was possible to draw conclusions about the purpose of the corrals and the functional difference between their small and large parts.

T. I. Smekalova, F. N. Lisetskiy, N. N. Kashirskaya, A. V. Borisov

Ocoalele duble — noi monumente ale epocii bronzului în Crimeea de Nord-Vest: rezultatele preliminare ale cercetărilor geografice, geochimice și microbiologice

În timpul periegezelor sistematice din anii 2007—2020 în Crimeea de Nord-Vest cu aplicarea metodelor științelor naturale, au fost descoperite și cercetate peste 50 de noi așezări din epoca bronzului, pentru care au fost stabilite hotarele, planificarea, și au fost identificate complexe de construcții aparte. Acest lucru a fost posibil doar datorită aplicării metodei interdisciplinare, care combină analiza imaginilor satelit, sondejul magnetic și săpăturile selective. Unul din cele mai impresionante rezultate, obținute datorită sondejului magnetic la scară largă, a fost identificarea, în 25 de așezări, a construcțiilor de piatră duble (în cazuri aparte — singulare) de formă ovală cu diametrul maxim de până la 50 m, interpretate ca ocoale pentru vite. La suprafața solului și pe imaginile satelit dintr-o anumită perioadă a anului aceste ocoale se evidențiază doar prin vegetația ierboasă mai densă, întrucât îngrăditurile de piatră ale ocoalelor sunt complet îngropate în sol. Material de suprafață nu se întâlnește în ocoale, el poate fi găsit doar în solul scos din viziunile de rozătoare și vulpi. Astfel de construcții integrale au fost descoperite pentru prima dată. Cea mai probabilă poziționare cronologică a acestor monumente este epoca târzie a bronzului. În articol sunt prezentate rezultatele cercetărilor complexe ale unuia din ocoalele duble caracteristice, descoperit în așezarea din epoca bronzului Natashino 1. În baza rezultatelor obținute din sondejul magnetic, analizele geochimice și microbiologice ale stratului cultural am reușit să facem concluzii despre destinația ocoalelor și diferența funcțională dintre părțile lor mare și mică.

The reported geophysical investigations were supported by the RFBR project no. 18-09-40037. Geochemical studies were carried out with the support of the RFBR-r-a project no. 20-49-910002. Microbiological studies were funded by the Russian Science Foundation, project no. 17-18-01406 ■ Cercetările geografice au fost efectuate cu sprijinul proiectului FCRF nr. 18-09-40037. Cercetările geochimice au fost efectuate cu sprijinul proiectului FCFR-r-a nr. 20-49-910002. Cercetările microbiologice au fost efectuate cu sprijinul FȘR, proiectul nr. 17-18-01406 ■ Геофизические исследования выполнены при поддержке проекта РФФИ №18-09-40037. Геохимические исследования проведены при поддержке проекта РФФИ-р-а № 20-49-910002. Микробиологические исследования выполнены при поддержке РФФИ, проект № 17-18-01406.

Двойные загоны — новые памятники бронзового века в Северо-Западном Крыму: предварительные результаты геофизических, геохимических и микробиологических исследований

В ходе систематических разведок 2007—2020 гг. в Северо-Западном Крыму с использованием естественно-научных подходов открыто и исследовано более 50 новых поселений бронзового века, для которых были определены границы, планировка, а также выявлены отдельные строительные комплексы. Это стало возможным только с применением междисциплинарной методики, сочетающей анализ космических снимков, магнитную съемку и выборочные раскопки. Одним из наиболее впечатляющих результатов, достигнутых благодаря проведенной масштабной магнитной съемке, стало выявление на 25 поселениях двойных (в единичных случаях — одинарных) каменных конструкций овальной формы с наибольшим диаметром до 50 м, интерпретированных как загоны для скота. На поверхности почвы и на космических снимках определенного периода года эти загоны проявляются только по более густой травянистой растительности, так как каменные ограды загонов полностью погружены в землю. Подъемный материал в загонах не встречается, он может быть найден только в выбросах нор грызунов и лис. Подобные конструкции целиком были выявлены впервые. Наиболее вероятная хронологическая позиция этих памятников — поздний бронзовый век. В статье представлены результаты комплексных исследований одного из характерных двойных загонов, выявленного на поселении бронзового века Наташино 1. По полученным результатам магнитной съемки, геохимических и микробиологических анализов культурного слоя удалось сделать выводы о назначении загонов и о функциональном различии между их малыми и большими частями.

Введение

В эпоху поздней бронзы (XIII—X вв. до н.э.) Крым населяли племена, практиковавшие оседлый образ жизни и занимавшиеся земледелием и скотоводством. Им соответствуют поселения сабагиновской и белозерской культур. В Северо-Западном Крыму эти памятники исследовались В. А. Колотухиным, составившим карту их распространения (Колотухин 2000; 2003: 68). Поселения позднего бронзового века большими площадями раскапывались только на северном побережье Тарханкута. Эти раскопки, проводившиеся В. А. Колотухиным в 1970—1990-е гг., дают нам чрезвычайно важный материал, позволяющий правильно интерпретировать данные магнитной съемки на других поселениях того же времени.

Главным результатом раскопок В. А. Колотухина было выявление на каждом из поселений по несколько (до 10) помещений, представлявших собой неглубокие прямоугольные котлованы размерами от 4 до 8 м, стенки которых были облицованы плоскими камнями, стоящими на ребре. Входы часто устраивались в виде узких коридоров, одна из стенок которых являлась продолжением стены помещения (Колотухин 2003: 102—114). В жилищах находились очаги, зольные ямы, по несколько хозяйственных ям. В глинобитных или песчаных полах выявлены столбовые ямки, идущие по оси помещения, от опор, поддерживавших двускатную кровлю (Колотухин 2003: 115). Поселение Бурун-Эли В. А. Колотухин относил к развитому этапу сабагиновской культуры и определял его нижнюю дату второй половиной XIV в. до н.э., а белозерское поселение Бай-Кият датировал XII—XI вв. до н.э. (Колотухин 2000: 526—553; 2003: 56).

Г. Н. Тощев в своей обобщающей монографии «Крым в эпоху бронзы» (2007) существенно расширил фонд источников рассматриваемого периода. Он не только собрал, проанализировал и систематизировал ранее неизвестные материалы, особенно по срубной культуре полуострова, но также в ряде случаев предложил новые классификации основных элементов материальной культуры, новую культурную атрибуцию ряда погребальных памятников и детальнее остановился на хронологии (Тощев 2007: 172—206). Двойных загонов ни В. А. Колотухин, ни Г. Н. Тощев никогда не выявляли. В настоящее время вводятся в научный оборот данные о поселениях и могильниках Восточного Крыма, основанные на археологических разведках (Кислый 2012; 2015).

В 2007 г. на Тарханкутском полуострове разведками в рамках международного Джарылгачского проекта с помощью магнитной съемки был обнаружен сначала один, а затем сразу несколько крупных (до 50 м в диаметре) каменных двойных загонов бронзового века (см. рис. 1: 1) (Guldager Bilde et al. 2012, vol. 1: 86—87; vol. 2: fig. 4, 160—163; Смекалова, Кутайсов 2017: 67—68, 93—134). До этого времени подобные конструкции археологам не были известны.

Большинство двойных загонов имеют примерно одинаковое строение и размеры. Малая часть загона имеет почти круглую форму и диаметр, в среднем, 23 м. Большой загон имеет овальную форму, он примыкает к малой части наподобие букв «Со». Общий наибольший размер такой конструкции 45—50 м. Каменные стены загона сложены насухо из обломочных известняковых камней. Стены малой круглой части обычно тоньше по сравнению со стенами большой части загона. В местах



Рис. 1. Поселение Тарханкут Н-8 (см. №4 на рис. 2). Магнитная карта, помещенная на топографический план и космический снимок от 22 апреля 2009 г. Светлым тоном отмечены отрицательные, тёмным — положительные магнитные аномалии. 1 — двойной каменный загон; 2 — жилая и хозяйственная застройка поселения. Небольшими прямоугольниками отмечены шурфы, заложенные на поселении.

Fig. 1. A large settlement Tarkhankut H8 (see no.4 in Fig. 2). A magnetic map placed on a topographic plan and a satellite image dated by April 22, 2009. Negative magnetic anomalies are marked with a light tone, and positive magnetic anomalies — with a dark tone. 1 — double stone corrals, 2 — residential and economic area of the settlement. Small rectangles mark the trial excavations in the settlement.

соединения большой и малой частей загонов, вероятно, были разрывы в стенах и какие-то дополнительные каменные конструкции рядом с «входами», которые просматриваются на магнитных картах.

Впервые сходное сооружение было раскопано только в 2017 г. на поселении бронзового века «Госпитальный 2» в связи со строительством автомобильного подъезда к Крымскому мосту. Авторы объясняют назначение

постройки как «защищенной площадки для зимнего содержания скота» (Бейлин и др. 2018: 12—14). В том же году на поселении «Городище 11 км» была раскрыта часть еще одного подобного сооружения, также в рамках работ по строительству трассы «Таврида». Она описана авторами работ как «крупная дугообразная выкладка в виде двух параллельных рядов крупных обработанных камней с забутовкой мелким камнем». Реконструированный диаметр сооружения составляет 40 м (Свиридов и др. 2019: 192). В обоих случаях авторы соотносят данные сооружения с каменной культурой Восточного Крыма эпохи средней бронзы. На поселении Луговое Северо-Западное изучены слои заключительного периода среднего и позднего бронзового века, но каменные загоны там пока не обнаружены (Бонин и др. 2019; и др.).

Поиск этнографических параллелей приводит нас в Греческую Македонию, где в горах Пинда до сих пор сохранились каменные и деревянные двойные и тройные загоны, служащие для доения или стрижки овец (Chang, Tourtellotte 1993: 260, рис. 6). Другая аналогия может быть проведена с зимними пастбищами казахов Семиречья, которые располагались в защищенных от ветра местах на склонах холмов, где рядом с домами ставили загоны для скота и сараи для молодняка (Жолдасбаев 1989: 290—299). Одной из наиболее близких параллелей представляются каменные загоны для овец, так называемые мргары на южной оконечности острова Крк, на плато Башка, а также на соседнем необитаемом острове Првич в Хорватии¹.

Почти сразу после открытия двойных загонов был выявлен их ключевой ландшафтный признак: загоны всегда занимают мысы между двумя сходящимися балками или их берега. Жилая часть поселения обычно располагается поодаль, в 50—100 м от двойных загонов. Такой выбор местоположения поселений объясняется возможностью использования рельефа местности для укрытия людей и скота от холодных ветров в осенне-зимнее и, особенно, в весеннее время, когда у домашних животных появлялся приплод. Кроме того, у dna глубоких балок, прорезающих многометровую толщу известняков, легче достигнуть водонесущего горизонта путем рытья колодцев или создания заград. В верховьях оврагов со-

оружались дамбы для удержания талой воды в зимне-весенний период.

Пылеватая почва золистого цвета, насыщенная фрагментами керамики и обломками костей, сопутствующая двойным загоном, способствует произрастанию густой травяной растительности с преобладанием чертополоха колючего (*Onopordum acanthium*), дикого лука, полыни, льна дикого (Смекалова 2010: 22—24). Рыхлая почва, в которую погружены ограды каменных двойных загонов, является привлекательной средой для грызунов и лис. Их многочисленные норы — еще один признак двойных загонов.

Пользуясь этими природными приметам, которые лучше всего прослеживаются на весенних космических снимках, с последующей проверкой с помощью магнитометрии, уже в первые два года после первых открытий на Тарханкутском полуострове было обнаружено еще более десятка ранее неизвестных поселений бронзового века с двойными загонами. Далее поиск был расширен на весь Северо-Западный Крым с целью выявления ареала двойных загонов. Всего к настоящему времени выявлено 25 таких «загонов» (рис. 2, карта), и число их, по мере систематического изучения региона, постоянно растет (Смекалова, Кутайсов 2017: 93—134).

Поселения с двойными загонами встречаются преимущественно на Тарханкуте и по обоим берегам озера Донузлав. Наиболее северные двойные загоны были выявлены в разветвленной балочной системе озера Бакал, наиболее южные — на берегах балок, впадающих в озеро Сасык-Сиваш.

Рядом с загонами с помощью магнитной съемки обнаружены жилища в виде заглубленных котлованов, стены которых состоят из плит, поставленных на ребро (см. рис. 1: 2).

Наряду с поселениями с двойными загонами, с помощью вышеупомянутой естественнонаучной методики, удалось выявить и получить точные планы другого типа поселений бронзового века, состоящих из множества близкорасположенных полуземлянок с обложенными камнем стенами (рис. 3). Эти жилые и хозяйственные постройки часто образуют замкнутый контур поселения с незастроенным пространством внутри. Возможно, этот огороженный «двор» являлся общим загоном для скота. Наиболее значительное поселение данного типа Тюмень 3 состоит из не менее чем 25 «многокомнатных» жилых и хозяйственных комплексов. Расположенное на противоположном берегу Тюменьской балки по-

¹ См.: <https://blog.croatiaexcursions.com/2018/04/05/dry-stone-walls-called-mrgari/>



Рис. 2. Карта распространения поселений бронзового века в Северо-Западном Крыму: а — памятники позднего бронзового века с загонами; б — памятники без загонов или памятники, на которых следы загонов неизвестны. Цифрами обозначены поселения, упоминаемые в тексте: 1 — Бакал-2; 2 — Бурун-Эли; 3 — Бай-Кият; 4 — Тарханкут Н-8; 5 — Тарханкут Н-2; 6 — Тарханкут 22а; 7 — Тарханкут 18; 8 — Наташино 1; 9 — Тюмень 3; 10 — Тюмень 15; 11 — Багай 1.

Fig. 2. Map of the distribution of settlements of the Bronze Age in the northwestern Crimea. а — Monuments of the late Bronze Age with enclosures; б — monuments without corrals or monuments on which traces of corrals are unknown. The settlements are marked with numbers: 1 — Bakal-2; 2 — Burun-Eli; 3 — Bai-Kiyat; 4 — Tarkhankut N-8; 5 — Tarkhankut N-2; 6 — Tarkhankut 22a; 7 — Tarkhankut 18; 8 — Natashino 1; 9 — Tyumen 3; 10 — Tyumen 15; 11 — Bagai 1.

селение Тюмень 15 также довольно крупное, а поселение Багай 1 не уступает двум другим поселениям этого типа по размерам.

Новый культурно-хозяйственный пласт в виде двойных загонов и жилищ-полуземлянок удалось обнаружить только благодаря сочетанию анализа космических снимков и последующей магнитной съемки, так как в силу полной «погруженности» в землю на поверхности нет никаких внешних признаков этих объектов, кроме особых свойств растительного покрова как биоиндикатора аномалий. Археологические разведки проводились по мультидисциплинарной методике, сочетавшей дистанционные, геофизические и традиционные археологические методы. На начальном этапе полевых исследований тщательно изучались и анализировались космические снимки исследуемых площадей из общедоступного интернет-ресурса Google Earth Pro. По этим данным выявлялись интересные местонахождения, считывались их GPS координаты и прокладывались маршруты для натурных

разведок. Последующие автомобильно-пешие обследования имели целью проверки местонахождений, выявленных по данным космических снимков, с последующим проведением геофизических съемок.

Окончательный ответ о существовании и планировке поселения эпохи поздней бронзы дают только магнитная съемка, которая проводилась с использованием Оверхаузеровской четырехдатчиковой системы на базе канадского магнитометра GSM-19WG фирмы Gem Systems. На геофизических картах положительные аномалии показаны темным, а отрицательные — светлым тонами. Дома позднего бронзового века на магнитных картах отражаются в виде положительных аномалий приблизительно прямоугольной формы (магнитное заполнение полуземлянок) с отрицательным обрамлением (немагнитные известняковые стены).

В данной статье представлены результаты изучения одного из таких памятников — двойного загона Наташино 1, находящегося

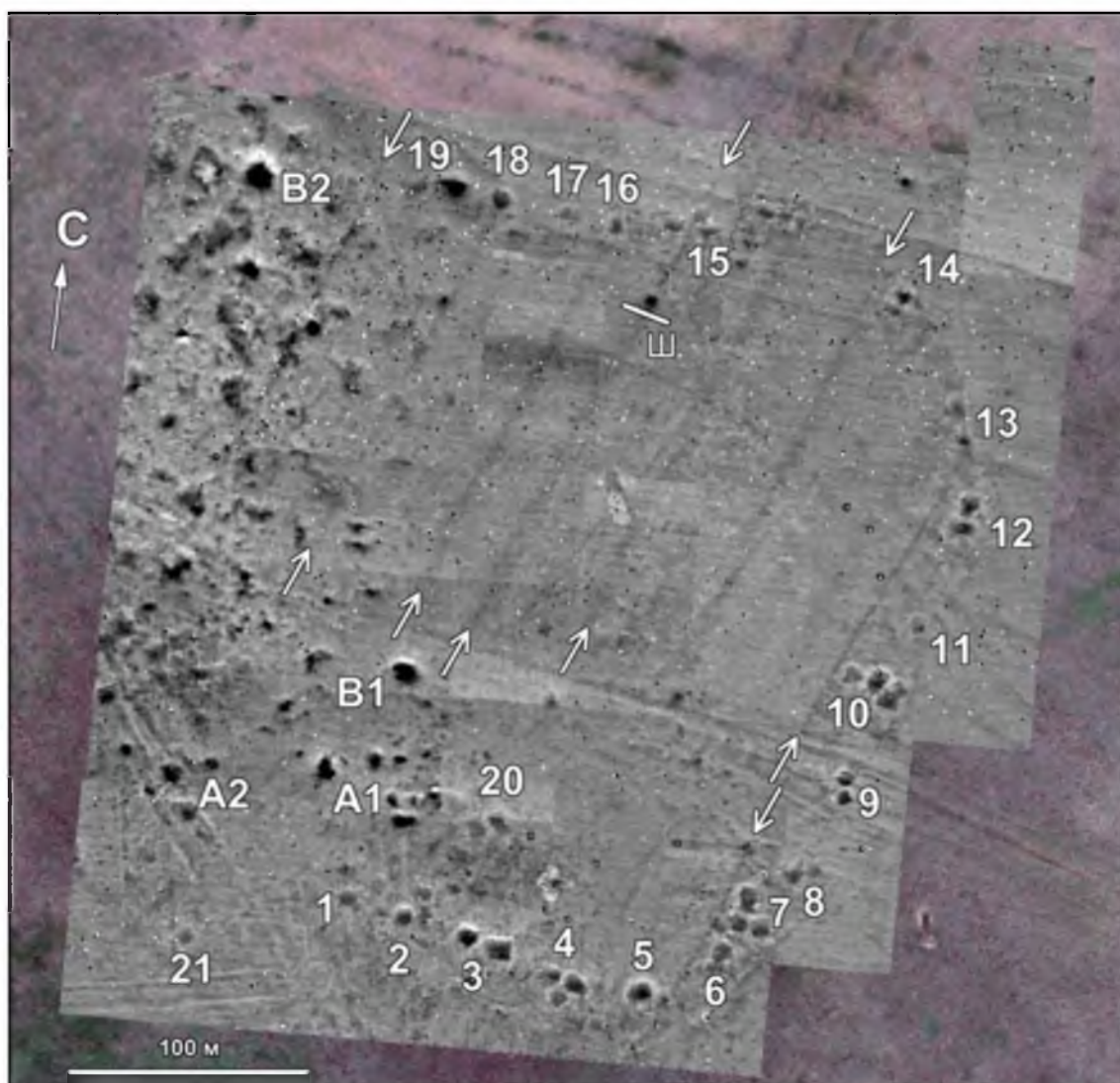


Рис. 3. Магнитная карта поселения Тюмень 3 (см. № 9 на рис. 2). Цифрами отмечены заглубленные в землю помещения, стены котлованов которых обложены камнем. Буквами А1, А2 и В1, В2 отмечены более крупные аномалии, которые могут быть производственными объектами. Следы границ пахотных полей отмечены стрелками. Буквой «Ш» отмечено положение шурфа, пересекающего «границу» пахотных полей.

Fig. 3. Magnetic map of the settlement of Tyumen 3 (see no. 9 in Fig. 2). The numbers mark the pit houses, the walls of which are lined with stone. The letters A1, A2 and B1, B2 indicate larger anomalies that may be created by production facilities. Traces of the borders of plowed fields are marked with arrows. The letter «Ш» marks the position of the trench cutting the «boundary» of plowed fields.

в 1,5 км к западу от села Наташино Сакского района Республики Крым (45°24'30" с.ш., 33°16'15" в.д.). В задачу исследования входило определение различий в назначении и характере использования частей загонов с помощью комплекса геохимических и микробиологических методов.

Объекты исследований

В 2020 г. на мысу, образованном боковым оврагом и длинной извилистой балкой Чернушки, впадающей с восточной стороны

в озеро Донузлав, был обнаружен новый, ранее не известный двойной каменный загон, получивший название Наташино 1. Первоначально этот мыс был отмечен на космическом снимке от 21 мая 2016 г. по пятну интенсивной травянистой растительности. Затем, в ходе пеших разведок, были обнаружены выходы крупных камней на поверхность, более густая травяная растительность, норы грызунов. И, наконец, была проведена магнитная съемка, которая показала наличие двойного каменного загона (рис. 4). На магнитной карте светлым цветом показаны отрицательные

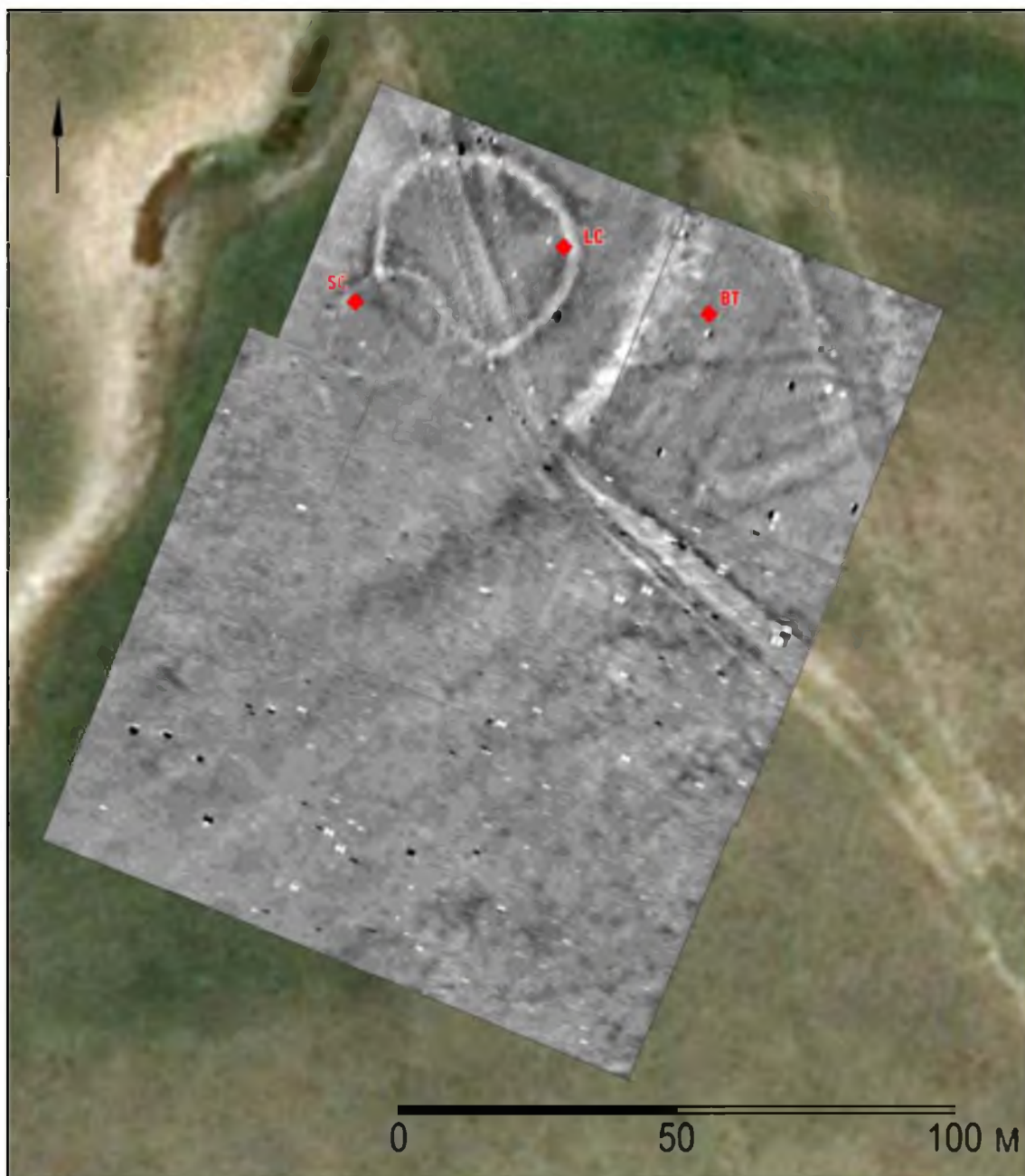


Рис. 4. Магнитная карта территории исследования и точки отбора образцов для аналитических работ в большом загоне (LC), малом загоне (SC) и на фоновом участке (BT).

Fig. 4. Magnetic map of the study area and sampling points for analytical work in Large Corrals (LC), Small Corrals (SC) and Background Territory (BT).

аномалии от стен загона, сложенных из немагнитного камня-известняка.

Ландшафт территории исследования полого-волнистый (абсолютные высоты 50—60 м), почвообразующими породами являются лессовидные суглинки, в почвенном покрове преобладают черноземы южные под разнотравной, типчаково-ковыльной и петрофитной степной растительностью (Атлас... 2003: 39). В климатическом отноше-

нии этот ландшафт в современных условиях поддерживается среднегодовой суммой осадков 358 мм, однако в отдельные годы варьирование увлажнения может составлять от 306 до 773 мм (Климатический атлас Крыма 2000: 112, табл. 17).

Объекты исследования расположены на пологой террасе балочного склона со сравненной растительностью от выпаса овец (общее проективное покрытие составляет 40%).



Рис. 5. Примыкающее к загонам для скота днище суходола, которое могло использоваться для водопоя животных. Фото Ф.Н. Лисецкого.

Fig. 5. The bottom of dry land adjacent to the cattle corrals, which could be used for watering animals. Photo by Fedor Lisetskii.

Поэтому структура верхнего горизонта почвы (дернового) сильно деградирована вследствие перевыпаса.

Почвенные разрезы были заложены (рис. 4) в большом загоне (разрез LC), малом загоне (разрез SC) и за пределами загон на участке, расположенном в однотипных почвенно-ландшафтных и литологических условиях (разрез BT). В разрезах проведено морфолого-генетическое описание почвенных профилей и отбор образцов на химические и микробиологические анализы в отдельных горизонтах.

Примечательно, что к загонам примыкает реликтовый геоморфологический объект — глубоко врезанное в плотные сарматские известняки сухоречье (балка) с хорошо выработанными бортами, не свойственное современной климатической обстановке (рис. 5). Не исключено, что днище балки было перегорожено запрудой для дополнительного накопления воды к засушливому периоду года. Территория Северо-Западного Крыма и Евпаторийская равнина характеризуются наличием реликтовой флювиальной сети, несомненно заложенной в более гумидных условиях древности. Если климат в прошлом был более гу-

мидным, то в облесенных балках, особенно с родниками, могла формироваться гидрографическая сеть, а необходимое для формирования постоянного стока суммарное количество осадков в степных условиях должно превышать современную норму минимум в 2 раза (Буняева и др. 2017: 165—166).

Методы исследований

Для установления возможных различий в использовании малого и большого загон был использован комплексный методический подход, основанный на микробиологических методах выявления следов содержания скота. В выборе конкретных методик мы исходили из предположения о том, что при содержании скота в почву поступают большие объемы неспецифических для нее субстратов, таких как навоз, мочевина и шерсть. Это может приводить к изменению содержания ряда микроэлементов (Lisetskii, Stolba 2021), увеличению активности фермента уреазы (Peters et al. 2014), который участвует в разложении мочевины и может вызывать увеличение численности грибов, разрушающих кератин шерсти (Kashirskaya et al. 2020). При этом обра-

зуются большие объемы органики, при компостировании которой может происходить саморазогрев до температуры 60—70°С, что создает благоприятные условия для развития термофильных бактерий (Chemysheva et al. 2017). Собственно, органика может стать причиной повышения содержания фосфатов в разных формах (органических и минеральных) (Holliday, Gartner 2007) а также потенциально может приводить к изменению активности фермента фосфатазы (Каширская и др. 2020). При этом за счет обилия разных форм органических субстратов может увеличиваться общая микробная биомасса (Полянская и др. 1997). Соответственно, спектр методов, использованных в данной работе, был подобран таким образом, чтобы выявить изменения всех указанных выше геохимических и микробиологических параметров.

Содержание макро- и микроэлементов определяли методом рентгеноспектрального флуоресцентного анализа (X-ray Fluorescence). Отбор наиболее информативных макро- и микроэлементов проводили по оценке варьирования их содержания с помощью коэффициента вариации при его величине, превышающей 10% (среднее и значительное варьирование). Сравнение величин коэффициента аккумуляции микроэлементов и биофильных элементов, расчетная формула которого предложена ранее (Lisetskii et al. 2016: 368), позволяет оценить интегральный результат природно-антропогенной эволюции почв. Классификационное сходство отдельных слоев в трех изученных почвах определяли путем интерпретации результатов кластерного анализа (метод Уорда, Евклидова дистанция, значения нормированы по среднеквадратическому отклонению).

Учет численности термофильных микроорганизмов проводили поверхностным посевом на универсальной глюкозо-пептонно-дрожжевой среде (ГПД) следующего состава (г/л): пептон — 2, глюкоза — 1, дрожжевой экстракт — 1, гидролизат казеина — 1, агар — 20. После предварительного диспергирования почвы (УЗД-1, 1 мин.) делали посеvy из разведения почвенной суспензии 1:1000. Термофильные микроорганизмы подсчитывались после инкубации при 60 °С в течении 9 часов (Chemysheva et al. 2017).

Учет численности сапротрофных микроорганизмов проводили поверхностным посевом на чашки Петри. Количество сапротрофов учитывали на универсальной среде (Методы... 1991) следующего состава (г/л): глюкоза — 1, пептон — 1, дрожжевой экс-

тракт — 1, агар — 20. Подсчет сапротрофных бактерий проводили через 5 дней после инкубации при 24°С.

Уреазную активность определяли по методу Канделер и Гербер (1988). Для этого 1 г воздушно-сухой почвы помещали в колбу емкостью 50 мл, приливали 6,5 мл раствора мочевины (0,8 М) в боратном буфере (рН 10). Колбу закрывали и помещали в термостат при температуре 37°С на 2 ч. После инкубации добавляли 15 мл 2 М NaCl. Затем содержимое колб фильтровали. К 1 мл фильтрата добавляли 10 мл дистиллированной воды и 3 мл 0,2 М NaOH, затем 5 мл салицилата натрия и 2 мл 0,1% дихлоризоцианурата натрия. Оптическую плотность определяли при длине волны 690 нм (Kandeler, Gerber 1988).

Содержание активной микробной биомассы рассчитывали по скорости субстрат-индуцированного дыхания после обогащения почвы глюкозой с использованием коэффициента пересчета 40,04 (Anderson, Domsch 1978).

Содержание фосфатов. В работе использован метод отдельного определения содержания органических и минеральных фосфатов по методу Сандерса и Вильямса (Saunders, Williams 1955). Суть метода заключается в отдельном определении содержания фосфатов органической и минеральной природы. На первом этапе оценивалось содержание минерального фосфора путем его экстракции из почвы 0,2 н раствором H₂SO₄ с последующим колориметрическим определением концентрации. Для оценки содержания органических фосфатов почву прокаливали в течение 3 часов при 900 °С; в результате прокаливания происходило превращение фосфорорганических соединений в растворимые минеральные формы. Затем соединения фосфора экстрагировались 0,2 н раствором H₂SO₄. По превышению значений содержания фосфатов после прокаливания определяли долю органического фосфора, перешедшего в вытяжку.

Результаты и обсуждение

Результаты геохимических исследований

Плотность сложения по профилю почвы в пределах фонового участка выше, чем в почвах загонов, но не превышает 1,1 г/см³. Во всех случаях наиболее хорошо структурирован переходный гумусовый горизонт АВ с 20—22 см. Так как после функционального использования загонов в древности почво-

образовательный процесс постепенно охватывал (рентатурировал) профиль сверху вниз, то именно нижний горизонт почвы в наибольшей степени может сохранять в почвенной памяти свидетельства антропогенной трансформации вещественного состава почв (Lisetskii 2012). Наиболее информативные (индикативные) макро- и микроэлементы, которые в изученных слоях трех почв показали среднее и значительное варьирование, представлены в таблице 1.

Результаты кластерного анализа подтверждают информативность отобранных макро- и микроэлементов, по содержанию которых отчетливо видна самобытность почвы в пределах фонового участка (рис. 6, BT1-BT4). Кроме того, отдельный кластер формируют наиболее древние слои почвы (22—28 см в пределах малого загона и два слоя от 11 до 28 см в большом заgone). Учитывая тот факт, что именно в этих слоях почвенные свойства меньше всего изменены современным почвообразованием и наиболее репрезентативно отражают археологические реалии, можно предполагать, что характер использования этих объектов в древности был однотипным. Среди восьми наиболее значимых макро- и микроэлементов (таблица 2) в среднем превышение концентрации по сравнению с фоновым участком отмечено для марганца и свинца, но особенно значительно (на 46%) в содержании валового фосфора.

Микроэлементный состав почв в пределах большого и малого загона различается в геохимическом отношении. Если взять за точку отсчета показатели фоновой почвы, то почвы в большом и малом заgone будут заметно отличаться по содержанию практически всех микроэлементов. При этом, по степени удаленности геохимических показателей от фоновой почвы, а следовательно, по степени антропогенной трансформации, почва малого загона будет всегда заметно отличаться от почвы большого загона (рис. 7). Так, например, в почве малого загона больше биогенных элементов — фосфора и марганца, тогда как в почве большого загона больше литогенных элементов, унаследованных от существовавшей ранее почвы — кальция, натрия, серы, стронция. Это говорит о том, что почва малого загона в большей степени преобразована в результате антропогенной деятельности, чем почва большого загона. Вклад антропогенного фактора отражается в почвенной «памяти» по аномалии ансамбля тех химических элементов, которые накапливаются вследствие хозяйственной деятельности человека

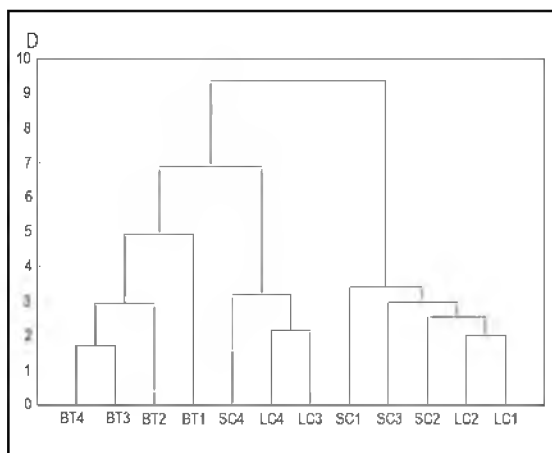


Рис. 6. Дендрограмма кластерного анализа почвенных слоев в большом и малом загонах и на фоновом участке по содержанию восьми индикативных макро- и микроэлементов (Na, Cl, Sr, Ca, P, Mn, S, Pb).

Fig. 6. Dendrogram of cluster analysis of soil layers in large and small pens and in the background plot for the content of eight indicative macro- and microelements (Na, Cl, Sr, Ca, P, Mn, S, Pb).

(микроэлементов и биофильных элементов). Так, по сравнению с почвой фоновой территории в среднем по профилю почв в малой и большой части загона величина коэффициента аккумуляции микроэлементов и биофильных элементов выше на 16,9 и 9,2% соответственно.

Термофильные бактерии. Важным индикатором накопления навоза является наличие в почве термофильных бактерий. Эти организмы развиваются в условиях высоких температур при перегнивании навоза, и только в случае поступления в почву навоза происходит ее загрязнение термофилами (Мишустин 1995). Результаты определения численности термофильных микроорганизмов в почвах загонов представлены на рисунке 8 (1). Как следует из рисунка, максимальная численность термофильных микроорганизмов выявлена в почвах загонов. Причем если высокие значения в верхних слоях можно объяснить современной биологической активностью, то пики этого показателя в нижних слоях, особенно почвах малого загона можно объяснить только компостированием органики и связанным с этим разогревом субстрата.

Сапротрофные бактерии. В санитарной микробиологии почв одним из основных показателей для оценки степени загрязнения окружающей среды является численность сапротрофных бактерий (Мишустин 1995). Существенное возрастание этой группы микро-

Таблица 1.

Содержание наиболее информативных макро- и микроэлементов по слоям почвенных профилей в большом загоне (LC), малом загоне (SC) и на фоновом участке (BT)

№	Слой, см	Макроэлементы, %				Микроэлементы, мг/кг			
		Na ₂ O	CaO	P ₂ O ₅	MnO	S	Cl	Sr	Pb
LC1	0—4	1,05	9,27	0,47	0,14	1091,97	77,83	147,24	19,81
LC2	4—11	1,05	10,92	0,52	0,12	833,30	86,12	157,26	19,66
LC3	11—20	0,92	12,41	0,60	0,11	823,25	106,83	168,32	16,19
LC4	20—28	1,13	13,68	0,64	0,10	812,70	100,84	179,73	11,72
SC1	0—4	0,93	7,04	0,57	0,14	1205,24	89,15	118,22	18,97
SC2	4—11	0,97	7,40	0,54	0,14	745,66	77,81	128,22	19,91
SC3	11—22	1,26	10,29	0,62	0,13	691,15	91,04	138,33	19,00
SC4	22—28	0,82	12,16	0,65	0,11	628,36	79,55	155,35	12,83
BT1	0—5	1,24	9,87	0,34	0,13	1267,16	116,66	136,21	22,25
BT2	5—13	1,30	13,85	0,38	0,11	1039,08	99,02	164,76	10,19
BT3	13—21	1,21	14,21	0,41	0,11	956,31	103,42	175,40	21,62
BT4	21—28	1,15	14,58	0,45	0,10	872,84	101,91	170,75	16,07
Среднее	-	1,085	11,306	0,515	0,121	913,920	94,182	153,316	17,352

Таблица 2.

Коэффициенты превышения содержания наиболее значимых макро- и микроэлементов по сопоставимым слоям почвенного профиля в большом и малом загонах по сравнению с фоновым участком

№	Макроэлементы				Микроэлементы			
	Na ₂ O	CaO	P ₂ O ₅	MnO	S	Cl	Sr	Pb
LC1	0,85	0,94	1,37	1,07	0,86	0,67	1,08	0,89
LC2	0,81	0,79	1,36	1,09	0,80	0,87	0,95	1,93
LC3	0,76	0,87	1,47	1,01	0,86	1,03	0,96	0,75
LC4	0,98	0,94	1,44	0,99	0,93	0,99	1,05	0,73
SC1	0,75	0,71	1,69	1,09	0,95	0,76	0,87	0,85
SC2	0,75	0,53	1,41	1,27	0,72	0,79	0,78	1,95
SC3	1,04	0,72	1,53	1,12	0,72	0,88	0,79	0,88
SC4	0,72	0,83	1,46	1,09	0,72	0,78	0,91	0,80
Среднее	0,83	0,79	1,46	1,09	0,82	0,85	0,92	1,10

организмов происходит при внесении в почву различных органических материалов (Мишустин и др. 1979; Лысак и др. 2000).

Из полученных данных следует, что в отношении численности сапротрофных бактерий в почвах загонов имеется аналогичная закономерность, что была выявлена при изучении термофильной микрофлоры (рис. 8: 2). Наблюдается заметное возрастание численности бактерий в почвах загонов, особенно в нижних слоях, которые, как предполага-

ется, синхронны времени функционирования загонов. И в данном случае также обращает на себя внимание малый загон, где этот показатель достигает 200—300 тыс. клеток на грамм почвы.

Кератинолитические грибы. Обилие кератинолитических грибов в почвах загонов также достоверно выше, чем в почвах фона (рис. 8: 3), хотя в данном случае мы можем судить о поступлении шерсти в почву загонов лишь на уровне тенденции.

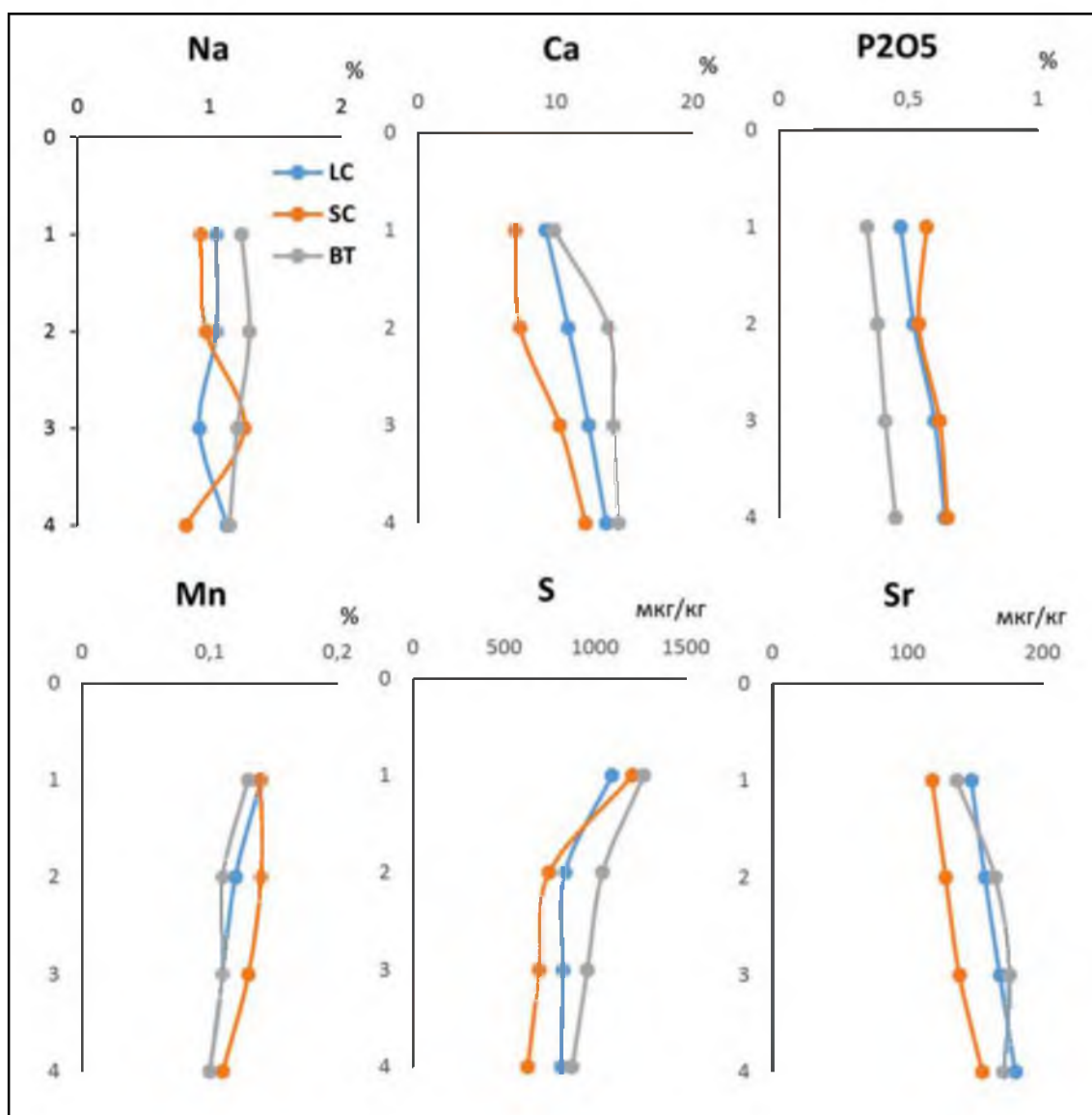


Рис. 7. Профильные изменения содержания ряда макро- и микроэлементов.

Fig. 7. Changes in the content of a number of macro-and microelements in the soil profile of corrals.

Содержание фосфатов. Содержание разных форм фосфатов в почвах загонов существенно варьировалось. Так в почвах загонов отмечено максимальное накопление как минеральных форм фосфатов (рис. 9: 1), так и валового фосфора (рис. 9: 3), что в целом отражает различия, выявленные, при анализе численности термофилов. Наибольшие значения органических фосфатов были выявлены в почвах малого и большого загона, при этом отмечается характерное увеличение этого показателя с глубиной в почвах загонов при стабильно низком содержании в фоновых почвах.

Весьма заметен вклад органических фосфатов в фосфатный пул в почве малого загона и в фоновых почвах. При этом, если в фоно-

вых почвах в нижних горизонтах содержание органических фосфатов минимально, то в почве малого загона оно возрастает в нижних слоях, что может быть связано с накоплением больших объемов органики в период функционирования загона.

Уреазная активность, фосфатазная активность и микробная биомасса. Повышенная уреазная активность связана с поступлением в почву мочевины. Известно, что внесение в почву значительного количества органических материалов обычно стимулирует микробиологическую активность и приводит к увеличению микробной биомассы и ферментативной активности (Klose, Tabatabai 1999). Увеличение уреазной активности при посту-

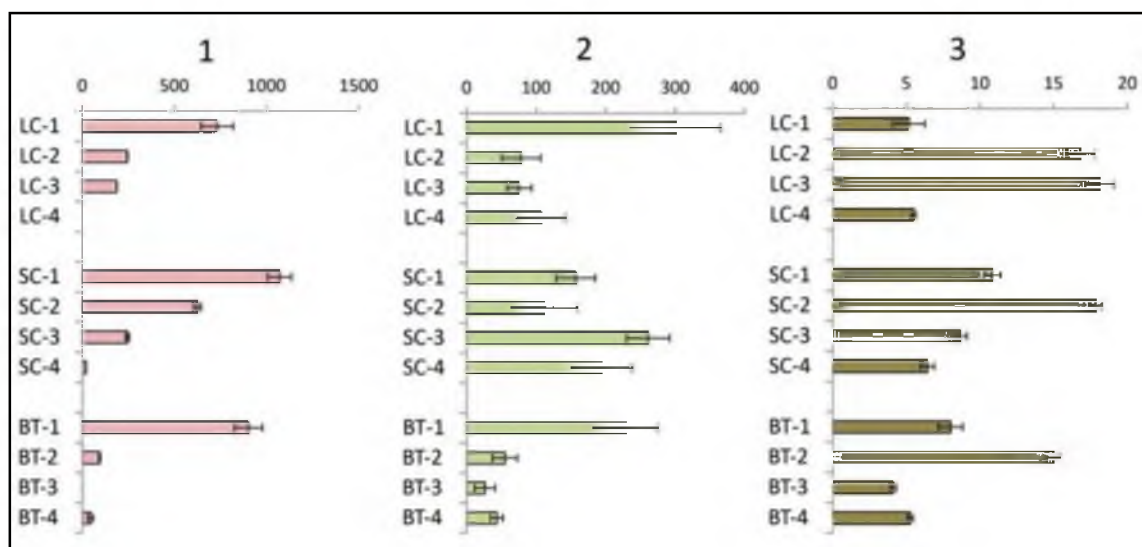


Рис. 8. Численность термофильных бактерий (1), сапротрофных бактерий (2) и кератинолитических грибов (3) в почвах загонов и современных фоновых почвах (тыс. КОЕ/г почвы).

Fig. 8. Number of thermophilic bacteria (1), saprotrophic bacteria (2) and keratinolytic fungi (3) in the soils of paddocks and modern background soils (thousand CFU/g of soil).

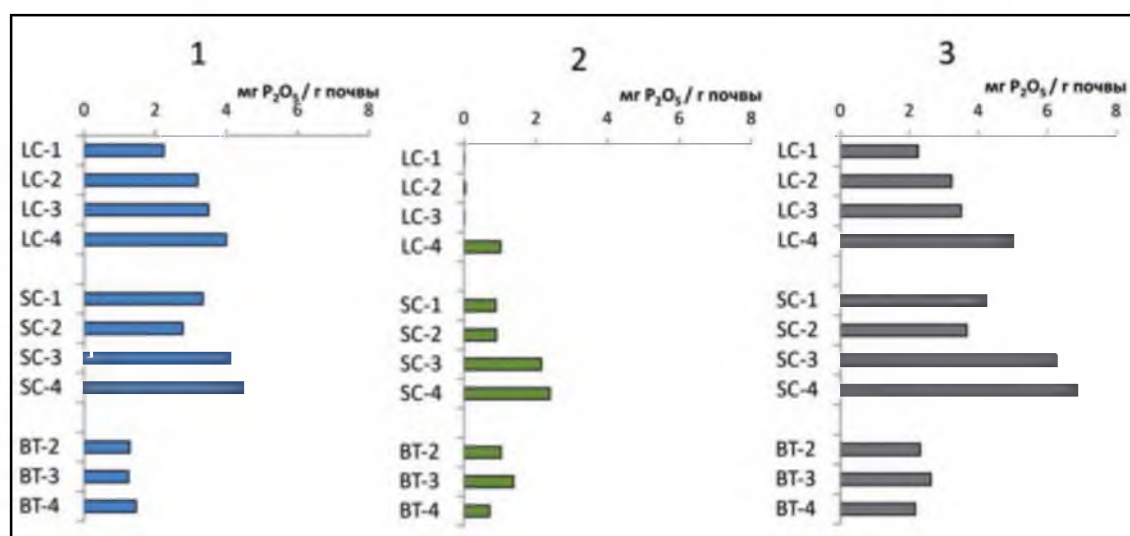


Рис. 9. Содержание минеральных фосфатов (1), органических фосфатов (2) и валового фосфора (3) в почвах загонов и фоновых почвах.

Fig. 9. Content of mineral phosphates (1), organic phosphates (2) and total phosphorus in the soils (3) of paddocks and background soils.

пления в почву навоза также может быть связано с поступлением собственно уреобактерий с навозом (Gianfreda, Ruggiero 2006).

Как и в случае с вышеописанными индикаторами накопления навоза, в данном случае хорошо заметна тенденция возрастания уреазной активности в почвах загонов (рис. 10: 1). Но в данном случае эти различия менее выражены, что, возможно, связано с длительностью пребывания почвы в погребённом состоянии. Что касается таких показателей, как

активность фосфагазы (рис. 10: 2) и микробная биомасса (рис. 10: 3), то они имеют характерную для почвы тенденцию снижения с глубиной и не отличаются достоверно между вариантами. Очевидно, временные рамки данных индикаторов в данном случае превышены и эти показатели могут использоваться только на объектах более молодого возраста, таких как средневековые культурные слои и почвы сельскохозяйственных угодий (Каширская и др. 2020).

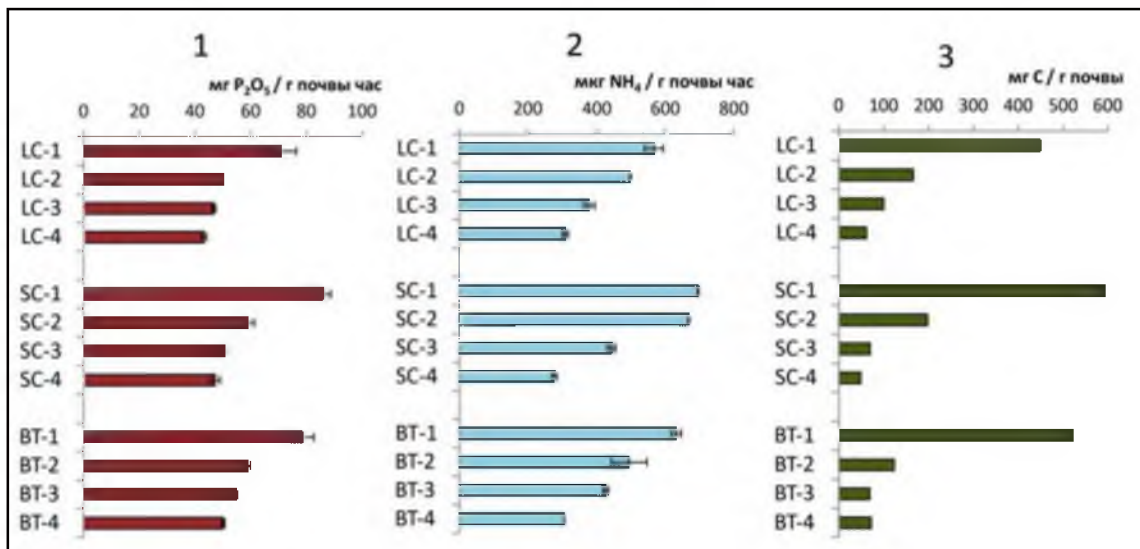


Рис. 10. Активность фермента уреазы (1), фосфатазы (2) и микробная биомасса (3) в почвах загонов и современных фоновых почвах.

Fig. 10. Activity of urease (1), phosphatase (2) and microbial biomass (3) in corral soils and modern background soils.

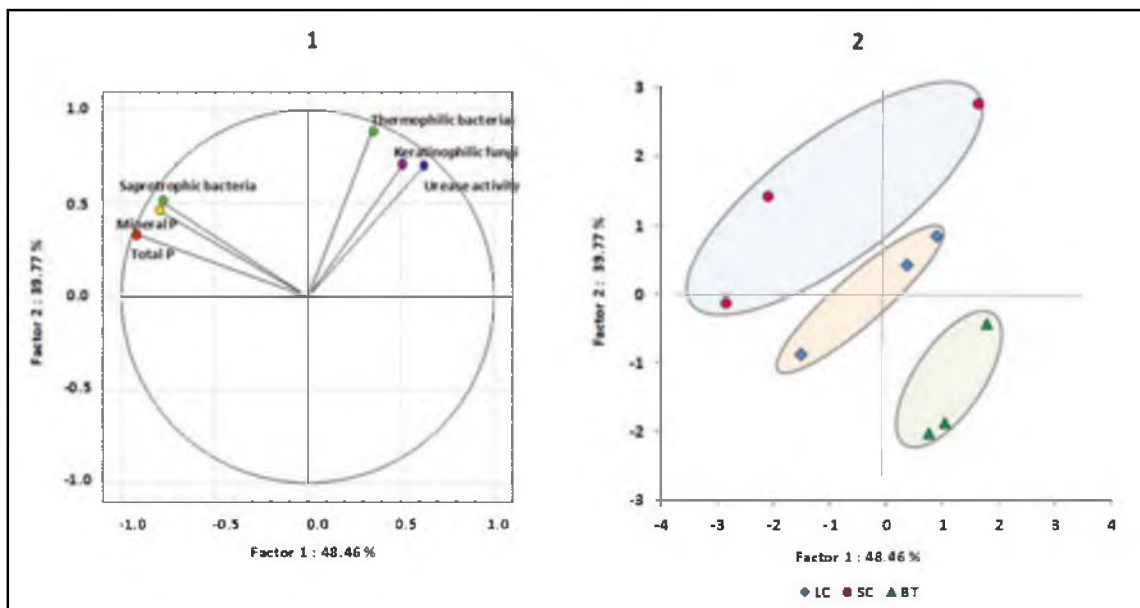


Рис. 11. Результаты статистического анализа данных с помощью метода главных компонент: 1 — проекции химических и микробиологических параметров на факторной плоскости; 2 — проекции объектов (подповерхностных слоев загонов и фоновой почвы) на факторной плоскости.

Fig. 11. Results of statistical data processing by the principal component method: 1 — projection of the variables on the factor-plane; 2 — projection of the cases on the factor-plane.

Статистическая обработка данных

Результаты статистической обработки данных методом главных компонент представлены на рис. 11. Увеличение координат объектов по фактору 2 демонстрирует рост всех почвенных характеристик, связан-

ных с накоплением навоза в почвах загонов по сравнению с фоном. Особенно высокими показателями характеризовался мальй загон. При этом слои, близкие к поверхностным слоям, отличались увеличением численности термофильных бактерий, кератинофильных грибов, а также повышенной уреазной активностью (увеличение координат по

фактору 1), а глубокие слои — повышением численности сапротрофных бактерий и накоплением фосфора, особенно — его минеральных форм.

Заключение

Геохимические и микробиологические анализы почвенных образцов из заполнения двойных каменных загонов подтверждают предположение о том, что данные объекты использовались для раздельного изолированного содержания разных видов скота.

Наиболее выраженный антропогенный прессинг на почвы имел место в малом загоне. Это проявляется в большем накоплении биогенных микроэлементов, таких, как марганец и фосфор. Причем отмечено увеличение разных форм фосфатов как минеральных, так и органических, что указывает на значительные объемы поступления органики в почву с навозом скота.

На факт накопления навоза указывает значительное увеличение численности термофильных и сапротрофных бактерий, а также обилие кератинолитических грибов, причем и эти показатели заметно выше в почве малого загона. В качестве возможного объяснения этих различий можно предположить, что большой загон использовался для нерегуляр-

ного содержания скота (скот загонялся только на ночь или в невыпасные дни), в то время как в малом загоне скот находился более длительное время или постоянно (молодняк, дойное стадо, больные или ослабленные животные) и содержался на принесенных кормах. В таком случае вся принесенная органика поступала в почву малого загона с навозом, что обусловило большее содержание органических фосфатов; навоз не пересыхал вследствие большего поступления мочи, что создало благоприятные условия для его компостирования и саморазгрева); в почву попадало больше шерсти, что стало причиной развития кератинолитических грибов.

Обнаружение новых многочисленных поселений эпохи поздней бронзы, в том числе с двойными каменными загонами для скота, изменило наши представления о периоде позднего бронзового века в Северо-Западном Крыму. Благодаря этим открытиям впервые стало возможным говорить об экономическом и демографическом расцвете этой территории в данную эпоху. Присутствие на поселениях с несколькими жилыми и хозяйственными строениями всегда только одного двойного загона говорит об особенностях социальной структуры общества: дома принадлежали отдельным семьям, а стадо смешанного состава являлось собственностью всей общины.

Литература

- Атлас... 2003: Багров Н.В., Руденко Л.Г. (ред.). 2003. *Атлас. Автономная Республика Крым*. Киев; Симферополь.
- Бейлин и др. 2018: Бейлин Д.В., Кислый А.Е., Михайлов А.М., Рогудеев В.В., Шарапа А.В., Юрочкин В.Ю. 2018. Раскопки поселения эпохи бронзы Госпиталь II в г. Керчи (предварительное сообщение). *Древности Боспора* 23, 9—35.
- Бонин и др. 2019: Бонин А.В., Буравлев С.А., Ермолин С.А. 2019. Раскопки поселения бронзового века Луговое Северо-Западное 2 в Восточном Крыму. В: Макаров Н.А. (отв. ред.). *Крым — Таврида. Археологические исследования в Крыму в 2017—2018 гг.* 1. Москва: ИА РАН, 361—379.
- Буняева и др. 2017: Буняева А.Г., Бурык Ж.А., Лисецкий Ф.Н. 2017. Реконструкция лесных массивов на Тарханкутском полуострове в условиях лесостепи в античное время. *Научные ведомости Белгородского государственного университета*. Серия: Естественные науки 40 (18), 164—175.
- Жолдасбаев С.Ж. 1989. Зимовки-поселения и жилища казахов Семиречья (XVI—XIX вв.). В: Массон В.М. (отв. ред.). *Взаимодействие кочевых культур и древних цивилизаций*. Алма-Ата: Наука, 290—299.
- Каширская и др. 2020: Каширская Н.Н., Плеханова Л.Н., Чернышева Е.В., Ельцов М.В., Удальцов С.Н., Борисов А.В. 2020. Пространственно-временные особенности фосфатной активности естественных и антропогенно-преобразованных почв. *Почвоведение* (1), 89—101. DOI: 10.31857/S0032180X20010098.
- Кислый А.Е. 2016. О стенах (специальные постройки каменной культуры Восточного Крыма). *Древности Боспора* 20, 269—288.
- Климатический атлас Крыма 2000: Ведр И.П. (авт. сост.). 2000. *Климатический атлас Крыма*. Приложение к научно-практическому дискуссионно-аналитическому сборнику «Вопросы развития Крыма». Симферополь: Таврия-Плюс.
- Колотухин В.А. 2000. *Киммерийцы и скифы Степного Крыма (подкурганые погребения Степного Крыма начала железного времени)*. Материалы по археологии Крыма. Симферополь: Сонат.
- Колотухин В.А. 2003. *Поздний бронзовый век Крыма*. Киев: Стило.
- Лысак и др. 2000: Лысак Л.В., Сидоренко Н.Н., Марфенина О.Е., Звягинцев Д.Г. 2000. Микробные комплексы городских почв. *Почвоведение* (1), 80—85.
- Методы... 1991: Звягинцев Д.Г. (ред.). 1991. *Методы почвенной микробиологии и биохимии*. Москва: МГУ.

- Мишустин Е.Н. 1950. *Термофильные микроорганизмы в природе и практике*. Москва; Ленинград: АН СССР.
- Мишустин и др. 1979: Мишустин Е.Н., Перцовская М.И., Горбов В.А. 1979. *Санитарная микробиология почвы*. Москва: Наука.
- Полянская и др. 1997: Полянская Л.М., Лукин С.М., Звягинцев Д.Г. 1997. Изменение состава, микробной биомассы в почве при окультуривании. *Почвоведение* (2), 206—212.
- Свиридов и др. 2019: Свиридов А.Н., Языков С.В., Топоривская М.А., Фролов В.В. 2019. Раскопки поселения Городище 11 км в 2017 году. *Археологические исследования в Крыму в 2017—2018 гг.* 1. Москва, 187—203.
- Смекалова Т.Н. 2010. *Памятники эпохи бронзы и раннего железного века на полуострове Тарханкут: Каталог*. Материалы к археологической карте Крыма II. Симферополь: Доля.
- Смекалова Т.Н. 2018. Изучение поселений эпохи поздней бронзы в Северо-Западном Крыму с помощью дистанционных и геофизических методов. *История и археология Крыма* 7, 45—51, 194—204.
- Смекалова и др. 2017: Смекалова Т.Н., Лисецкий Ф.Н., Буряк Ж.А. 2017. Изучение позднескифского поселенческого и агрохозяйственного комплекса Борут-Хане в предгорном Крыму естественнонаучными методами. *Stratum plus* (4), 57—80.
- Смекалова Т.Н., Кутайсов В.А. 2017. *Археологический атлас Северо-Западного Крыма. Поздний бронзовый век. Ранний железный век. Античность*. Санкт-Петербург: Алетейя.
- Тощев Г.Н. 2007. *Крым в эпоху бронзы*. Запорожье: ЗНУ.
- Anderson J.P.E., Domsch K.H. 1978. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biology and Biochemistry* 10 (3), 215—221.
- Chang C., Tourtellotte P.A. 1993. Ethnoarchaeological survey of pastoral transhumance sites in the Grevena region, Greece. *Journal of Field Archaeology* 20, 249—264. DOI: 10.1179/009346993791549192
- Chernysheva et al. 2015: Chernysheva E., Korobov D., Khomutova T., Borisov A. 2015. Urease activity in cultural layers at archaeological sites. *Journal of Archaeological Science* 57, 24—31. DOI: 10.1016/j.jas.2015.01.022
- Chernysheva et al. 2017: Chernysheva E., Korobov D., Borisov A. 2017. Thermophilic microorganisms in arable land around medieval archaeological sites in Northern Caucasus, Russia: Novel evidence of past manuring practices. *Geoarchaeology* 32 (4), 494—501. DOI: 10.1002/geo.21613
- Gianfreda L., Ruggiero P. 2006. Enzyme activities in soil. In: Nannipieri P., Smalla K. (eds.). *Nucleic acids and proteins in soil*. Soil Biology 8. Berlin; Heidelberg: Springer, 257—295.
- Guldager Bilde et al. 2012: Guldager Bilde P., Attema P., Winther-Jacobsen K. (eds.). 2012. *The Džarylgač Survey Project*. Black Sea Studies 14. Aarhus: Aarhus University Press.
- Holliday V., Gartner W. 2007. Methods of soil P analysis in archeology. *Journal of Archaeological Science* 34, 301—333. DOI: 10.1016/j.jas.2006.05.004
- Kashirskaya et al. 2020: Kashirskaya N., Kleshchenko A., Mimokhod R., Borisov A. 2020. Microbiological approach for identification of wool clothes in ancient burials. *Journal of Archaeological Science: Reports* 31, 102296. DOI: 10.1016/j.jasrep.2020.102296
- Klose S., Tabatabai M. 1999. Urease activity of microbial biomass in soils. *Soil Biology and Biochemistry* 31, 205—211.
- Lisetskii F.N. 2012. Soil reproduction in steppe ecosystems of different ages. *Contemporary Problems of Ecology* 5 (6), 580—588. DOI: 10.1134/S1995425512060108.
- Lisetskii et al. 2016: Lisetskii F.N., Smekalova T.N., Marinina O.A. 2016. Biogeochemical features of fallow lands in the steppe zone. *Contemporary Problems of Ecology* 9 (3), 366—375. DOI: 10.1134/S1995425516030094.
- Lisetskii F.N., Stolba V.F. 2021. Archaeological ash deposits and soils formed on ash in the south of the East European Plain. *Quaternary International*. Doi: 10.1016/j.quaint.2020.11.030.
- Peters et al. 2014: Peters S., Borisov A., Reinhold S., Korobov D., Thiemeyer H. 2014. Microbial characteristics of soils depending on the human impact on archaeological sites in the Northern Caucasus. *Quaternary International* 324 (4), 162—171. DOI: 10.1016/j.quaint.2013.11.020.
- Reinhold et al. 2017: Reinhold S., Korobov D.S., Belinskij A.B. 2017. *Landschaftsarchäologie im Nordkaukasus. Studien zu einer neu entdeckten bronzezeitlichen Kulturlandschaft im Hochgebirge des Nordkaukasus*. Archäologie in Eurasien 38. Bonn: Habelt.
- Saunders W.M., Williams E.G. 1955. Observations on the determination of total organic phosphorus in soils. *Journal of Soil Science* 6 (2), 254—267. DOI: 10.1111/j.1365-2389.1955.tb00849.x
- Smekalova et al. 2016: Smekalova T.N., Bevan B.W., Chudin A.V., Garipov A.S. 2016. The discovery of an ancient Greek vineyard. *Archaeological Prospection* 23, 15—26. DOI: 10.1002/arp.1517.
- Smekalova et al. 2016: Smekalova T.N., Yatsishina E.B., Garipov A.S., Pasumanskii A.E., Ketsko R.S., Chudin A.V. 2016. Natural science methods in field archaeology, with the case study of Crimea. *Crystallography Reports* 61 (4), 533—542. DOI: 10.1134/S1063774516030251.
- Smekalova et al. 2021: Smekalova T.N., Bevan B.W., Kashuba M.T., Lisetskii F.N., Borisov A.V., Kashirskaya N.N. 2021. Magnetic surveys locate Late Bronze Age corrals. *Archaeological Prospection* 28, 3—16. DOI: 10.1002/arp.1789
- Zhurbin I., Borisov A. 2018. Capabilities of consistent application of geophysical and geochemical surveys of medieval settlements destroyed by plowing. *Archaeological Prospection* 25, 219—230. DOI: 10.1002/arp.1704.

References

- Bagrov, N.V., Rudenko, L.G. (eds.). 2003. *Atlas. Avtonomnaia Respublika Krym (Atlas: the Autonomous Republic of the Crimea)*. Kiev; Simferopol (in Russian).
- Beilin, D.V., Kislyi, A.E., Mikhailov, A.M., Rogudeev, V.V., Shara-pa, A.V., Iurochkin, V. Yu. 2018. In *Drevnosti Bospora (Antiquities of the Bosporus)* 23, 9—35 (in Russian).
- Bonin, A.V., Buravlev, S.A., Ermolin, S.A. 2019. In Makarov, N.A. (ed.). *Krym — Tavrida. Arkheologicheskie issledovaniia v Krymu v 2017—2018 gg. (Crimea — Taurida: Archaeological Investigations in Crimea in 2017—2018)* 1. Moscow: Institute of Archaeology, Russian Academy of Sciences, 361—379 (in Russian).
- Buniaeva, A.G., Buriak, Zh.A., Lisetskii, F.N. 2017. In *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta (Scientific Reports of Belgorod State University). Seriya: Estestvennye nauki (Natural Sciences Series)* 40 (18), 164—175 (in Russian).
- Zholdasbaev, S. Zh. 1989. In Masson, V.M. (ed.). *Vzaimodeistvie kochevykh kultur i drevnikh tsivilizatsii (Interactions between Nomadic Cultures and Ancient Civilizations)*. Alma-Ata: "Nauka" Publ., 290—299 (in Russian).
- Kashirskaia, N.N., Plekhanova, L.N., Chernysheva, E.V., El'tsov, M.V., Udal'tsov, S.N., Borisov, A.V. 2020. In *Pochvovedenie (Eurasian Soil Science)* (1), 89—101. DOI: 10.31857/S0032180X20010098 (in Russian).
- Kislyi, A.E. 2016. In *Drevnosti Bospora (Antiquities of the Bosporus)* 20, 269—288 (in Russian).
- Ved', I.P. (auth., comp.). 2000. *Klimaticheskie atlas Kryma (Climatic Atlas of the Crimea)*. Simferopol: "Tavriia-Plus" Publ. (in Russian).
- Kolotukhin, V.A. 2000. *Kimmeritsy i skify Stepnogo Kryma (podkurgannye pogrebeniia Stepnogo Kryma nachala zheleznoogo vremeni) = Cimmerians and Scythians of the Steppe Crimea*. Series: Materials on the Archaeology of the Crimea. Simferopol: "Sonat" Publ. (in Russian).
- Kolotukhin, V.A. 2003. *Pozdnii bronzovyi vek Kryma (Late Bronze Age of the Crimea)*. Kiev: "Stilos" Publ. (in Russian).
- Lysak, L.V., Sidorenko, N.N., Marfenina, O.E., Zviagintsev, D.G. 2000. In *Pochvovedenie (Eurasian Soil Science)* (1), 80—85 (in Russian).
- Zviagintsev, D.G. (ed.). 1991. *Metody pochvennoi mikrobiologii i biokhimii (Methodology of Soil Microbiology and Biochemistry)*. Moscow: Moscow State University (in Russian).
- Mishustin, E.N. 1950. *Termofil'nye mikroorganizmy v prirode i praktike (Thermophilic Microorganisms in Nature and Practice)*. Moscow; Leningrad: Academy of Sciences of the USSR (in Russian).
- Mishustin, E.N., Pertsovskaia, M.I., Gorbov, V.A. 1979. *Sanitarniia mikrobiologiia pochvy (Sanitary Microbiology of Soil)*. Moscow: "Nauka" Publ. (in Russian).
- Polianskaia, L.M., Lukin, S.M., Zviagintsev, D.G. 1997. In *Pochvovedenie (Eurasian Soil Science)* (2), 206—212 (in Russian).
- Sviridov, A.N., Iazikov, S.V., Toporivskaia, M.A., Frolov, V.V. 2019. In Makarov, N.A. (ed.). *Krym — Tavrida. Arkheologicheskie issledovaniia v Krymu v 2017—2018 gg. (Crimea — Taurida: Archaeological Investigations in Crimea in 2017—2018)* 1. Moscow, 187—203 (in Russian).
- Smekalova, T.N. 2010. *Pamiatniki epokhi bronzy i rannego zheleznoogo veka na poluostrove Tarkhankut. Katalog (The Bronze Age and Early Iron Age Sites on the Tarkhankut Peninsula: a Catalogue)*. Series: Materials for the Archaeological Map of Crimea II. Simferopol: "Dolia" Publ. (in Russian).
- Smekalova, T.N. 2018. In *Istoriia i arkheologiia Kryma (History & Archaeology of Crimea)* 7, 45—51, 194—204 (in Russian).
- Smekalova, T.N., Lisetskii, F.N., Buriak, Zh.A. 2017. In *Stratum plus. Archaeology and Cultural Anthropology* (4), 57—80 (in Russian).
- Smekalova, T.N., Kutaisov, V.A. 2017. *Arkheologicheskii atlas Severo-Zapadnogo Kryma. Pozdnii bronzovyi vek. Rannii zheleznyi vek. Antichnost' (Archaeological Atlas of the Northwestern Crimea: Late Bronze Age, Early Iron Age, Classical Age)*. Series: Materials for the Archaeological Map of Crimea XVIII. Saint Petersburg: "Aleteiia" Publ. (in Russian).
- Toshchev, G.N. 2007. *Krym v epokhu bronzy (Crimea in the Bronze Age)*. Zaporizhzhia: Zaporizhzhya National University (in Russian).
- Anderson, J.P.E., Domsch, K.H. 1978. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biology and Biochemistry* 10 (3), 215—221.
- Chang, C., Tourtellotte, P.A. 1993. Ethnoarchaeological survey of pastoral transhumance sites in the Grevena region, Greece. *Journal of Field Archaeology* 20, 249—264. DOI: 10.1179/009346993791549192.
- Chernysheva, E., Korobov, D., Khomutova, T., Borisov, A. 2015. Urease activity in cultural layers at archaeological sites. *Journal of Archaeological Science* 57, 24—31. DOI: 10.1016/j.jas.2015.01.022.
- Chernysheva, E., Korobov, D., Borisov, A. 2017. Thermophilic microorganisms in arable land around medieval archaeological sites in Northern Caucasus, Russia: Novel evidence of past manuring practices. *Geoarchaeology* 32 (4), 494—501. DOI: 10.1002/gea.21613.
- Gianfreda, L., Ruggiero, P. 2006. Enzyme activities in soil. In Nannipieri, P., Smalla, K. (eds.). *Nucleic acids and proteins in soil*. Soil Biology 8. Berlin; Heidelberg: Springer, 257—295.
- Guldager Bilde, P., Attema, P., Winther-Jacobsen, K. (eds.). 2012. *The Džarylgač Survey Project*. Black Sea Studies 14. Aarhus: Aarhus University Press.
- Holliday, V., Gartner, W. 2007. Methods of soil P analysis in archeology. *Journal of Archaeological Science* 34, 301—333. DOI: 10.1016/j.jas.2006.05.004.
- Kashirskaia, N., Kleshchenko, A., Mimokhod, R., Borisov, A. 2020. Microbiological approach for identification of wool clothes in ancient burials. *Journal of Archaeological Science: Reports* 31, 102296. DOI: 10.1016/j.jasrep.2020.102296.
- Klose, S., Tabatabai, M. 1999. Urease activity of microbial biomass in soils. *Soil Biology and Biochemistry* 31, 205—211.
- Lisetskii, F.N. 2012. Soil reproduction in steppe ecosystems of different ages. *Contemporary Problems of Ecology* 5 (6), 580—588. DOI: 10.1134/S1995425512060108.
- Lisetskii, F.N., Smekalova, T.N., Marinina, O.A. 2016. Biogeochemical features of fallow lands in the steppe zone. *Contemporary Problems of Ecology* 9 (3), 366—375. DOI: 10.1134/S1995425516030094.
- Lisetskii, F.N., Stolba, V.F. 2021. Archaeological ash deposits and soils formed on ash in the south of the East European Plain. *Quaternary International*. Doi: 10.1016/j.quaint.2020.11.030.
- Peters, S., Borisov, A., Reinhold, S., Korobov, D., Thiemeyer, H. 2014. Microbial characteristics of soils depending on the human impact on archaeological sites in the Northern Caucasus. *Quaternary International* 324 (4), 162—171. DOI: 10.1016/j.quaint.2013.11.020.
- Reinhold, S., Korobov, D.S., Belinskij, A.B. 2017. *Landschaftsarchäologie im Nordkaukasus. Studien zu einer neu entdeckten bronzezeitlichen Kulturlandschaft im Hochgebirge des Nordkaukasus*. Archäologie in Eurasien 38. Bonn: Habelt.
- Saunders, W.M., Williams, E.G. 1955. Observations on the determination of total organic phosphorus in soils. *Journal of Soil Science* 6 (2), 254—267. DOI: 10.1111/j.1365-2389.1955.tb00849.x.

- Smekalova, T.N., Bevan, B.W., Chudin, A.V., Garipov, A.S. 2016. The discovery of an ancient Greek vineyard. *Archaeological Prospection* 23, 15—26. DOI: 10.1002/arp.1517.
- Smekalova, T.N., Yatsishina, E.B., Garipov, A.S., Pasumanskii, A.E., Ketsko, R.S., Chudin, A.V. 2016. Natural science methods in field archaeology, with the case study of Crimea. *Crystallography Reports* 61 (4), 533—542. DOI: 10.1134/S1063774516030251.
- Smekalova, T.N., Bevan, B.W., Kashuba, M.T., Lisetskii, F.N., Borisov, A.V., Kashirskaya, N.N. 2021. Magnetic surveys locate Late Bronze Age corrals. *Archaeological Prospection* 28, 3—16. DOI: 10.1002/arp.1789.
- Zhurbin, I., Borisov, A. 2018. Capabilities of consistent application of geophysical and geochemical surveys of medieval settlements destroyed by plowing. *Archaeological Prospection* 25, 219—230. DOI: 10.1002/arp.1704.

Статья поступила в номер 14 декабря 2020 г.

Tatiana Smekalova (Saint Petersburg, Russian Federation). Doctor of Historical Sciences. Crimean Federal University¹; National Research Center “Kurchatov Institute”².

Tatiana Smekalova (Sankt Petersburg, Rusia). Doctor în științe istorice. Universitatea Federală din Crimeea; Centrul Național de cercetări „Institutul Kurchatov”.

Смекалова Татьяна Николаевна (Санкт-Петербург, Россия). Доктор исторических наук. Крымский федеральный университет; Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт».

E-mail: tsmek@mail.ru

Fedor Lisetskii (Belgorod, Russian Federation). Doctor of Geographical Sciences. Belgorod State National Research University³.

Fedor Lisetskii (Belgorod, Rusia). Doctor în științe geografice. Universitatea de Stat națională de cercetări din Belgorod.

Лисецкий Федор Николаевич (Белгород, Россия). Доктор географических наук. Белгородский государственный национальный исследовательский университет.

E-mail: liset@bsu.edu.ru

Natalia Kashirskaya (Pushchino, Russian Federation). Candidate of Biological Sciences. Institute of Physical, Chemical and Biological Problems of Soil Science of the Russian Academy of Sciences⁴.

Natalia Kashirskaya (Pushchino, Rusia). Candidat la științe biologice. Institutul de probleme fizice, chimice și biologice ale științei solului al Academiei de Științe a Rusiei.

Каширская Наталья Николаевна (Пушино, Россия). Кандидат биологических наук. Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения Российской Академии наук.

E-mail: nkashirskaya81@gmail.com

Alexander Borisov (Pushchino, Russian Federation). Candidate of Biological Sciences. Institute of Physical, Chemical and Biological Problems of Soil Science of the Russian Academy of Sciences⁵.

Alexander Borisov (Pushchino, Rusia). Candidat la științe biologice. Institutul de probleme fizice, chimice și biologice ale științei solului al Academiei de Științe a Rusiei.

Борисов Александр Владимирович (Пушино, Россия). Кандидат биологических наук. Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения Российской Академии наук.

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

Addresses: ¹ Academician Vernadsky Ave., 4, Simferopol, 295007, Crimea; ² Academician Kurchatov Sq., 1, Moscow, 123098, Russian Federation; ³ Pobedy St., 85, Belgorod, 308015, Russian Federation; ^{4,5} Institutskaya St., 2, Pushchino, 142290, Moscow Oblast, Russian Federation