

**Retrospective estimate of ancient soils of agricultural areas  
(for example the rural district to the north-west from Yevpatoria)  
Lisetskii F.<sup>1</sup>, Marinina O.<sup>2</sup>, Buryak Zh.<sup>3</sup>, Vorobyeva E.<sup>4</sup> (Russian Federation)  
Ретрогнозная оценка почв древнеземледельческих районов  
(на примере сельскохозяйственной зоны к северо-западу от Евпатории)  
Лисецкий Ф. Н.<sup>1</sup>, Маринина О. А.<sup>2</sup>, Буряк Ж. А.<sup>3</sup>, Воробьева Е. Я.<sup>4</sup>  
(Российская Федерация)**

<sup>1</sup>Лисецкий Федор Николаевич / Lisetskii Fedor - доктор географических наук, профессор,  
факультет горного дела и природопользования,

Белгородский государственный национальный исследовательский университет;

<sup>2</sup>Маринина Ольга Андреевна / Marinina Olga - кандидат географических наук;

<sup>3</sup>Буряк Жанна Аркадьевна / Buryak Zhanna - кандидат географических наук,

Федерально-региональный центр аэрокосмического и наземного мониторинга объектов и природных ресурсов;

<sup>4</sup>Воробьева Евгения Яковлевна / Vorobyeva Evgeniya - магистрант,

факультет горного дела и природопользования,

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород

**Аннотация:** в статье установлены особенности целинных, залежных и старопашотных почв, в том числе входивших в сельскую округу античной Керкинитиды, по результатам сравнительного анализа их биогеохимических показателей. Впервые выполнена ретрогнозная оценка состояния почв ко времени их вовлечения в современный этап земледельческого использования и дана характеристика их антропогенной трансформации под влиянием многовекового земледелия.

**Abstract:** features of the virgin, fallow and cultivated soils, including those that were part of the rural district of antique polis of Kerkinitis were established by the results of a comparative analysis of biogeochemical parameters. Retrospective assessment of soil condition at the time of their involvement in the current stage of the agricultural use was first made and the characteristic of their anthropogenic transformation under the influence of centuries of farming has been given.

**Ключевые слова:** античное земледелие, Керкинитиды, сельская округа, почвенное плодородие, агрогенные трансформации.

**Keywords:** ancient agriculture, Kerkinitida, rural districts, soil fertility, agrogenetic transformation.

## Введение.

При оценке сельскохозяйственных ресурсов ключевыми проблемами становятся выявление территориальных различий в природно обусловленном уровне продуктивности и характеристика экологического плодородия земли как продукта воздействий, зависящих от природы и хозяйственной деятельности человека [1]. В современном почвоведении предложен подход для экспериментального решения задачи ретроспективного мониторинга изменений почвенных свойств с помощью сравнительного анализа результатов исследований, проведенных примерно в том же месте, но в разное время [2, р. 793]. Однако при рассмотрении агрогенно обусловленных трансформаций почв, выходящих за пределы десятилетий, необходима разработка иных решений [3, 4].

Важно определить, какие почвенно-генетические характеристики выступают пережитками и становятся признаками-свидетелями предыстории земледельческого использования почв, и какие процессы отражают эти реликты. В итоге, сами признаки или их комбинации могут быть обоснованы в качестве индикаторов, позволяющих объективно идентифицировать разновременные пашни, выявлять на непашотных землях старые залежи, что открывает перспективы для пространственных реконструкций древних систем землепользования, а, возможно, и применявшихся систем землеустройства с такими их структурными компонентами, как закрепленные на местности границы земельных массивов, полей и рабочих участков, конфигурация, длина, ширина и форма полей, их производственное назначение, согласованность полей с ландшафтными (геоморфологическими, почвенными, микроклиматическими) условиями, основные и технологические дороги, размещение подсобных хозяйственных центров, хранилищ и др.

На территории Крыма большой исследовательский интерес вызывает установление пространственной локализации и геометрических параметров длительно функционировавшей сельской округи античной Керкинитиды (начало последней трети VI до н. э. – II в. до н. э.). Особенно важно

решение этого вопроса для понимания экономической жизни в Западном Крыму при новой конфигурации государственных границ Херсонеса Таврического в период с рубежа третьей – четвертой четверти IV в. до н. э. по третью четверть II в. до н. э., когда Керкинитида входила в его состав [5, с. 141]. Представления историков о размерах аграрной округи Керкинитиды противоречивы. На раннем этапе (от второй половины VI в. до середины IV в. до н. э.) хора Керкинитиды была локализована в ближайших окрестностях города, но в IV-II вв. до н. э. предполагается [6, с. 56], что более обширная сельская округа была разделена на надель. Кутайсов В. А. [5], обобщая мнения А. Вонсович (Wąsowicz, 1974) и А. Н. Щеглова (1978), отмечает, что хора Керкинитиды занимала пространство от берега Черного моря до Мойнакского озера, но не только в западном, но и в восточном направлении в радиусе около 3 км от стен Керкинитиды. Судя по «Плану городища близ Евпатории 1880 г.» Бурачкова [7, табл. III], приморская полоса с обнаруженными курганами и некрополем до указанных «следов вала» (в 1,1 км от моря), вероятно, в земледельческую зону не входила. Здесь сформированы два ландшафтных яруса: литоральный низинный с солончаками и дерновыми песчаными почвами и гидроморфный с солонцами лугово-каптановыми, которые малопригодны для эффективного земледелия. Однако следует иметь в виду, что в античное время береговая линия имела иные очертания и современная приморская зона это молодое образование.

Как считал Кутайсов В. А. [5, с. 150], агрохозяйственная зона полиса простиралась в глубину полуострова не более чем на 2,5-3,0 км, и обрабатываемая площадь могла составлять около 1300-1400 га. Однако в последующих работах [8, с. 38, 40, 41] этот автор пересмотрел свои взгляды: он считает, что округа Керкинитиды охватывала около 80-90 км<sup>2</sup>, простираясь на 65 км приморской полосой шириной до 7 км. И только одни лишь пахотные земли под основные культуры (пшеницу и ячмень) занимали 5050-5519 га [9, с. 114].

#### **Объекты исследования.**

Исследовательский полигон к СЗ от Керкинитиды представлял собой трапецию общей площадью 6605 га (рис. 1). Предполагали, что южная часть полигона должна была входить в сельскохозяйственную округу Керкинитиды. Сетка опробования имела шаг 0,36 км. Использование топографических карт разных лет и архивных космических снимков позволило определить массивы виноградников и садов, которых в границах полигона обнаружено около 10. В пределах этих массивов, где возможно применяли глубокую обработку почвы, включая плантажную, опробование не проводили. Избегали также древних некрополей (на картах отмечено свыше 30 курганов), ареалов с антропогенными нарушениями (ямы и скопления камней). Поэтому можно сказать, что выборка в территориальном аспекте имела рандомизированный характер, что должно было обеспечить репрезентативность выборки. В итоге были определены координаты 128 точек для отбора почвенных образцов.

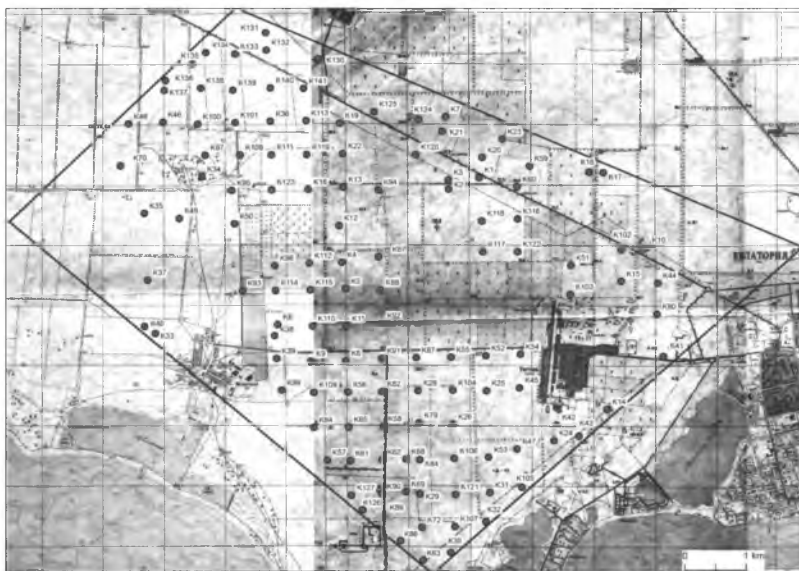


Рис. 1. Исследовательский полигон к СЗ от Керкинитиды (К № – точки отбора почвенных образцов)

Почвенный покров в южной части полигона представлен черноземом, преимущественно карбонатным, щебнистым на элювии карбонатных и окарбоначенных пород (79 эк). К северу от линии Молочное –

Уютное находится небольшой обособленный контур чернозема южного слабогумусированного мицелярно-карбонатного на лессовидных глинах и суглинках с его продолжением на запад с черноземом южным слабо и среднесолонцеватым на лессовидных породах с комплексе со степными солонцами.

При расчете балльной оценки качества в качестве эталона ( $SQ_{st}$ ) выбраны целинные почвы в Северо-Западном Крыму, вне пределов сельской округи Керкинитиды: чернозем южный слабогумусированный на лессовидных глинах (в 2 км к СВ от с. Марьино) и чернозем карбонатный, щебнистый на элловии карбонатных пород (к СВ от пос. Черноморское).

Постангичные залежи расположены к СВ от Керкинитиды на удалении 10 км (античные виноградник у пос. Мамай-Тюп) и 15,5-16 км от межевой системы под зерновые культуры IV-II вв. до н.э.) (у поселений Тюмень 2 и 3), описанной ранее [10].

#### Методика исследований.

С использованием метода *Kriging* рабочего модуля *Geostatistical Analyst of ArcGIS 10.1*, были определены геостатистические параметры в условиях аппроксимации вариограммы и ковариации экспоненциальной моделью. На графике ковариации определяется зона, когда значения пространственно автокоррелированы (однородны), т. е. радиус корреляции. В результате геостатистического анализа по шести диагностическим показателям установлен средний радиус корреляции – 2600 м, а вблизи этой границы было усреднено в ArcGIS положение изолиний диагностических показателей. В итоге была определена граница между двумя агрохозяйственными зонами: современного периода освоения (150-165 лет) – NEW и зона старопахотных почв (с предысторией земледелия, дивившейся от античной эпохи около 600 лет) и до настоящего времени – OLD. Эта граница извилистая, но в целом ориентирована с северо-востока на юго-запад и удалена к северо-западу от Евпаторийского Карантина на 7,5-10,5 км, а от морского побережья – на 4 км. Кроме того, из-за принципиально различных геохимических особенностей две выборки почв (NEW и OLD) были дополнительно дифференцированы на генетические группы почв: 1) чернозем южный слабогумусированный мицелярно-карбонатный и высококарбонатный на лессовидных глинах и суглинках (70-71 L); 2) чернозем, преимущественно карбонатный, щебнистый на элловии плотных и карбонатных и окарбонатенных пород (79 ек).

Анализ валового состава твердой фазы почв выполнен с помощью рентгеновского спектрометра «СПЕКТРОСКАН МАКС-GV» по методике измерений массовой доли химических элементов, включая 10 макроэлементов (в %) и 12 микроэлементов (мг/кг). По этим данным рассчитаны величины 49 геохимических соотношений и коэффициентов (основные представлены в табл. 1).

Таблица 1. Основные геохимические коэффициенты, использованные для диагностики агрогенных трансформаций почв

Геохимические коэффициенты ( $K_i$ )	Расчетная формула коэффициента	Автор, год
Индекс потенциального почвенного плодородия	$FI = (CaO + MgO + 10 \cdot P_2O_5) / SiO_2$	Taylor et al., 2008 [11]
Геохимические показатели педогенеза	Rb/Sr; Ba/Sr; CaO/Ti	Eze, Meadows, 2014 (обзор [12])
Коэффициент аккумуляции микроэлементов и биофильных элементов (Si, P, K)	$K_S = (E_1 \cdot E_2 \cdot \dots \cdot E_9)^{1/9}$ , где $E_i = S_i/P_i$ , i – Ni, Zn, MnO, Pb, Cu, Co, SiO <sub>2</sub> , P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O	Shaw, 1964 [13] (в модификации автора)
Коэффициент элловирования	$K_3 = SiO_2 / (MnO + CaO + K_2O + MgO + Na_2O)$	Liu et al., 2009 [14] (в модификации автора)
Коэффициент подвижности	$Kп = \sum (Na, K, Mg, Zn) / SiO_2$	
Оценка загрязнения почвы тяжелыми металлами	$HM = \left[ \sum_0^6 \frac{B_i}{ПДК_i} \right] / 6$ , где $B_1 \dots B_6$ – содержание Co, Cr, Cu, Pb, As, Zn; ПДК <sub>i</sub> – их предельно допустимая концентрация в почве.	
Оценка качества почв для растений по содержанию необходимых для растений макро- микроэлементов и полезных элементов в почвах	$SQ_i = (B_1 \cdot B_2 \cdot \dots \cdot B_{10})^{1/10}$ ,	
	где $B_1 \dots B_{10} = (K_2O, MgO, CaO); (MnO, Fe_2O_3, Ni, Cu, Zn); (Al_2O_3, SiO_2)$	Битюцкий, 2011 [15]
Бонитет почвы	$B = 100 \cdot SQ_1 / SQ_{st}$	

## Результаты и обсуждение.

Целинная почва, впервые вовлеченная в земледелие и непрерывно эксплуатируемая с начала–середины XIX в., уже в первые годы быстро теряет мортмассу, прежде всего корневую, что определяет интенсивную минерализацию органического вещества. Темпы дегумификации стимулирует регулярная механическая обработка почвы и наличие дисбаланса между биологическим выносом (с урожаем) и его возможной компенсацией путем внесения органических и минеральных удобрений. Трансформация гидротермического режима обрабатываемых почв (из-за большей их водопроницаемости, увеличения глубины весеннего промачивания, укорачивания периода десуктивного расхода влаги, появления возможности осенней влагозарядки) создает предпосылки для глубокого промачивания почвенно-грунтовой толщ, что определяет уже не только сезонные, флуктуационные, но и направленные устойчивые изменения вещественного состава, особенно у старопахотных почв.

При условии схождения динамического коридора варьирования климатических параметров в античную эпоху и в XIX–XX вв. старопахотные почвы прошли те же трансформации, что и новоосвоенные почвы, но они могут хранить в своей памяти свидетельства предшествующих этапов длительного земледелия, прежде всего, отражающих необратимые (или малообратимые) результаты медленно действующих процессов агропедогенеза. Кроме того, старопахотные почвы на дальней хоре Херсонеса (на удалении 10–16 км от Керкинитиды) прошли уникальный период ренатурации (воспроизводства ресурсов почвенного плодородия в режиме залежи такой длительности, что его уже можно назвать «зацелинением») со II в. до н. э. по XIX в., а в отдельных случаях и по настоящее время (например, античный виноградник Мамай-Гюп). За это время быстро воспроизводимые почвенные свойства пришли в состояние относительного равновесия с факторами среды, но при этом можно предполагать сохранение реликтов прежних агрогенных трансформаций, достигших уровня эволюционных сдвигов. Такие индикаторы (признаки-свидетели) агрогенеза могли сохраниться в постантичных залежах, для чего целесообразно провести их сравнение как с целинными, так и со старопахотными почвами.

До начала современного этапа аграрного освоения края нет оснований исключить еще один земледельческий этап в средние века и в эпоху Крымского ханства. При анализе космических снимков обнаруживаются на отдельных полях следы размежевания земель, по структуре имеющие иррегулярную форму [16, с. 121]: к ЮВ от с. Молочное и к ЮЗ от с. Уютное (№№ точек в центре земельных массивов К65, К90 и К121 соответственно – см. рис.). Соотносить их с границами античных наделов преждевременно. Датировка встретившегося нами при полевом обследовании подъемного керамического материала укладывается в пределы IX–XIV вв. Здесь также встречаются сильнозолистые почвы и зольники. В. А. Кутайсов [5, с. 150], комментируя роль сельских усадеб у Мойнакского озера, обнаруженных на рубеже XIX–XX вв., в формировании античной хоры Керкинитиды, отмечал, что находки черной поливной керамики свидетельствовали о синхронности строительных остатков средневековому Гезлеву. Во времена средневековья и эпохи Крымского ханства сам факт функционирования значительного города и крепости Гезлёв (около XIII в. н. э. – 1783 г.) уже априорно предполагает наличие агрохозяйственной зоны и производственных центров (с постоянным или сезонным проживанием жителей), по меньшей мере, в ближайшей к городу округе. Об этом в определенной мере свидетельствуют указанные находки керамики.

Используя известные классификации химических элементов, составляющих основу жизни и которые в наибольшей степени аккумулируются в почве [17, 18, 15 и др.], с учетом возможностей применявшегося спектрометра, приоритетным для анализа может быть определено содержание в почве следующих элементов: Ca, K, Mn, Cu, а также P, Mg, Al, Fe, Si. Кроме того, из-за различий материнских пород у почв Северо-Западного Крыма имеются существенные различия по содержанию микроэлементов (табл. 2).

Таблица 2. Формулы и коэффициенты накопления/обеднения при сопоставлении почв, различающихся длительностью земледелия (NEW и OLD) и типом материнских пород (по отношению к целинным аналогам)

Формулы накопления (аккумуляции)		
70-71 L	NEW	$\frac{\text{Ti, Al, Mn, Si, P, K}}{1,15(\text{Cu, V, Ni, Pb})}$
	OLD	$\frac{\text{Ca, P, Mg, K, Na}}{1,08(\text{Cu, Sr, As, V})}$
79 ek	NEW	$\frac{\text{Ti, Al, Mn, Fe, Si, K}}{2,57(\text{Co, Cu, V, Pb, Ni, Cr, Zn})}$
	OLD	$\frac{\text{Ti, Al, Mn, Fe, Si, K}}{2,33(\text{Co, Cu, V, Pb, Ni, Cr, Zn})}$
Формулы обеднения (рассеяния)		
70-71 L	NEW	Na, Sr, Ca, Mg, Zn, Cr, Co, Fe, As
	OLD	Co, Ti, Pb, Fe, Cr, Zn, Si, Ni, Al, Mn
79 ek	NEW	Na, Sr, Mg, P, As
	OLD	Ca, Na, Mg, Sr, P, As

Формулы накопления в числителе содержат характерные макроэлементы, а в знаменателе – средний коэффициент накопления ( $K$ ) для тех микроэлементов, у которых величина  $K > 1$  (указаны в скобках). Формулы обеднения характеризуют потери элементов в агроэлементах при сравнении с целинными почвами (в ранжированном ряду от наиболее уязвимых элементов к более стабильным, но при  $K < 1$ ). Это позволяет наглядно увидеть парагенетические ассоциации микроэлементов и особенности воздействия длительности сельскохозяйственных нагрузок на почвы, различающиеся материнскими породами.

Старопахотная почва, по сравнению с новоосвоенной, с более качественным пищевым режимом, что выражается в более высоком содержании всех подвижных форм:  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ,  $Cu$ ,  $Zn$ ,  $Mn$ , однако положительная корреляция с валовыми формами отмечена только по  $K_2O$  и  $Cu$ .

Традиционное изучение почвенных свойств в образцах по их мелкоземистой части ( $< 1$  мм) не позволяет выявить различную степень чувствительности отдельных свойств на антропогенные воздействия на разных уровнях иерархии структурной организации почвенной массы. Поэтому перспективно сопоставление одних и тех же почвенных свойств из образца, специально фракционированного на размерности  $< 1$ ,  $< 0,25$ ,  $< 0,05$ ,  $< 0,001$  мм. Старопахотная почва в сравнении с новоосвоенной отличается тем, что в более мелких её фракциях (при сравнении частиц  $< 0,05$  с  $< 0,25$  мм) меньше  $P_2O_5$  (в 2,56 раз), меньше  $CO_2$  карбонатов, но больше органического вещества.

Если сравнивать старопахотные и новоосвоенные почвы по содержанию 22 химических элементов, используя коэффициент  $K_{C(0,25/1)}$ , то в целом старопахотные почвы больше обогащены химическими элементами (на 8 %), чем новоосвоенные. Такая особенность определяется, прежде всего, высокими значениями коэффициента селективности ( $> 2$ ) по таким элементам, как  $Ca$ ,  $Sr$ ,  $Na$  и  $Mg$  (1,4), а, кроме того, значения  $K_{C(0,25/1)} > 1$  отмечены у элементов:  $Cr$ ,  $Co$ ,  $Zn$ ,  $Pb$ ,  $Si$ ,  $P$ . При анализе частиц меньшей размерности, используя коэффициент  $K_{C(0,05/1)}$ , как и в случае с  $K_{C(0,25/1)}$ , результатом длительной обработки становится интенсивная аккумуляция  $Ca$ ,  $Sr$ ,  $Na$ ,  $Mg$ , но и более значительное обогащение по  $Mn$  и  $Co$ . У старопахотной почвы илистая фракция почвы ( $< 0,001$  мм) по сравнению с мелкоземистой частью ( $< 1$  мм) в среднем в 1,82 раза более обогащена химическими элементами, и особенно это значимо по  $Ca$  и  $Sr$  (5,43-5,35) и  $Na$  (4,65), а также (от 1,5 до 2,9) по  $Mg$ ,  $P$ ,  $Zn$ ,  $Co$ ,  $Pb$ ,  $As$ .

Таким образом, у старопахотной почвы, при более мелком размере гранулометрической фракции, установлена более активная аккумуляция  $Ca$  и  $Sr$ , а также  $Na$ ,  $Mg$ ,  $P$ ,  $Co$ ,  $Zn$ . Это позволяет из указанных элементов сформировать геохимическую ассоциацию, выступающую индикатором характерных для старопахотных почв процессов: окисления, засоления и специфической части биологического круговорота.

Если рассмотреть химический состав фракции  $< 0,25$  мм, то старопахотную почву от новоосвоенной отличает: 1) более высокое содержание подвижных форм фосфора (в 2,27 раза), как и в почве в целом (в 1,64 раза), но меньшее содержание его валовых форм; 2) значительное (в 1,77 раза) увеличение содержания  $CO_2$  карбонатов, что согласуется с большей щелочностью этой почвы; 3) незначительное уменьшение содержания органического вещества (на 0,03 %), что аналогично различиям и по общему содержанию гумуса в почве.

У новоосвоенной почвы был более длительный период биологического выноса степными травами, чем у старопахотной. А так как коэффициент биологического поглощения у трав  $> 2$  у  $Mn$ ,  $Ni$ ,  $Pb$  [19, с. 53], то можно предположить при потерях фитомассы из-за воздействия диких копытных и других травоядных, выпаса, пожаров, относительное обеднение новоосвоенной почвы этими элементами. По нашим данным, эту гипотезу может поддерживать более пониженное, чем у старопахотной почвы, содержание свинца и подвижных форм марганца у почв, впервые вовлеченных в обработку с XIX в.

Путем сопоставления двух выборок по агрохозяйственным зонам из 49 соотношений и геохимических коэффициентов были отобраны 14 наиболее информативных (табл. 3). Результаты были обработаны дисперсионным анализом в разрезе агрохозяйственных зон и генетических групп почв.

Таблица 3. Результаты расчета геохимических индикаторов агрогенеза по агрохозяйственным зонам и генетическим группам почв

Геохимические показатели	Шифры почв и агрохозяйственных зон				RP <sub>1600</sub>
	70-71 L	79 ек	70-71 L	79 ек	
	NEW	OLD	NEW	OLD	
Выборка	31	21	35	41	–
Rb/Sr	0,90	0,49	1,00	0,54	0,66
Ba/Sr	5,96*	3,68	6,44*	3,83	4,52
K <sub>э</sub>	4,03*	2,18	4,30	2,77	3,17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /(CaO+Na <sub>2</sub> O+MgO)	1,96	0,90	2,18	1,22	1,47
HM	0,84	0,78	0,84	0,79	0,80
Zr/( Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +CaO+Na <sub>2</sub> O+ K <sub>2</sub> O)	16,93*	11,53	16,84*	13,26	14,20
(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +MgO+Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )/(Na <sub>2</sub> O +CaO+K <sub>2</sub> O)	2,34	1,24	2,49	1,56	1,80
K <sub>s</sub>	1,35	1,29	1,35	1,29	1,31
CaO/TiO <sub>2</sub>	5,23*	13,40	5,33*	11,70	10,02
FI	0,15	0,31	0,15	0,26	0,23
Ca+Mg+K	5,44*	9,30	5,44*	8,41	7,63
(Ca+Mg+Na)/Al	0,59	1,22	0,59	1,07	0,94
Kп	1,68	1,93	1,69	1,79	1,76
SQ	7,36	7,72	7,32	7,56	7,50
Б	133	139	146	151	–

\*Различия показателя в отдельных агрохозяйственных зонах (1 и 2) доказаны на 95 %-ном уровне значимости (по НСР<sub>05</sub>).

Улучшение качества старопахотных почв отражается в более высоких значениях их бонитета по сравнению с землями нового периода освоения, причем у почв на карбонатном элювии процесс агрогенной проградации проходил более эффективно, чем у почв на лессовидных суглинках. Бонитет старопахотных и новоосвоенных почв (по SQ) различается на 5-6 баллов в пользу старопахотных почв. В подавляющем числе исследований пахотных почв, если их сравнивают с целинными, отмечаются проявления целого ансамбля почвенно-деградационных процессов (физических, физико-химических, биологических, профильных и др.). Однако при сопоставлении агрозёмов, различающихся длительностью земледельческой нагрузки с предполагаемым чередованием практик землепользования (включая те из них, которые в той или иной степени содержали агротехнические компоненты почвосберегающей направленности, причем не всегда сознательно применявшиеся), могут быть установлены унаследованные признаки проградации. Она возможна, если почвенная система за время реализации характерных времен элементарных почвообразовательных процессов (т. е. за время релаксации) вошла в состояние структурно-функционального равновесия с факторами среды, изменившимися в результате прямого и косвенного воздействия земледелия, и приобрела определенную степень динамической устойчивости (гомеореза). Можно предположить и существенную роль процессов воспроизводства почвенных свойств в режиме залежи (ренатурации). Ренатурация постагрогенных почв при большой длительности, как в данных условиях, протекает сходно с природным процессом частичного или полного воспроизводства морфологического строения и почвенных свойств, включая приобретенные в результате агрогенеза в новых биоклиматических условиях под влиянием восстановительных сукцесий растительности [20]. Сравнение постантичных (со II в. до н. э.) залежей с целинными аналогами показало, что реликтовыми признаками является меньшая степень окарбоначенности и уровня потенциального плодородия, но большее содержание аккумулярованных микроэлементов и тяжелых металлов, более высокое качество почв, меньшая степень выщелоченности.

Установленные ранее благоприятные этапы в субатлантическом периоде голоцена: цикл формирования степных почв (с максимумом 850 л.н.) [21] и фаза прироста растительного вещества (600-1700 л.н.) [22] характеризуют биоклиматический потенциал периода с более активной регенерацией постагрогенных экосистем, чем это может происходить в современных условиях.

В аграрной округе Керкитиды на размежеванной подконтрольной полису территории применявшийся севооборот относят [9, с. 41] к полевому типу и зернопаровому виду с бессменными посевами. Но по величине индекса потенциального почвенного плодородия старопахотные почвы в

результате длительного агрогенеза приобрели более высокий потенциал, чем новоосвоенные почвы. Это определяется более значительным содержанием кальция, фосфора и магния (по рангу значимости) у старопашотных почв на лессовидных породах и кальция, магния и фосфора у старопашотных почв на карбонатном элювии. С этой особенностью коррелируется и большая степень аккумуляции в почве необходимых для растений макро-, микроэлементов и полезных элементов, что отражается в больших (на 3,2-4,7 %) величинах показателя качества почвы – SQ. Это объясняется, прежде всего, повышенным содержанием у старопашотных почв Ca, Mg, Zn, если они сформированы на лессовидных породах, и Fe, Ni, Cu, Zr при развитии почв на карбонатном элювии. Однако старопашотные почвы, как сформированные на лессовидных суглинках, так и на элювии известняков, уступают (на 4,4 %) новоосвоенным почвам по содержанию ряда микроэлементов (Ni, Pb, Cu, Co), а также по таким биофильным элементам как Si и K.

Оценка загрязнения пашотных почв тяжелыми металлами (НМ) показала, что старопашотные почвы не отличаются большей степенью загрязнения, чем новоосвоенных почв: а это можно было бы ожидать, если бы в древности использовали золу как удобрение или даже значительное количество навоза.

Коэффициент элювирования ( $K_3$ ) значительно (в 1,55-1,85 раза) выше у новоосвоенных почв, что объясняется более значительной потерей оксидов Mn, Ca, K, Mg, Na по сравнению со старопашотными почвами. Коэффициент подвижности химических элементов ( $K_{II}$ ) больше у старопашотных почв, что характеризует меньшую степень их выщелоченности, чем новоосвоенных почв.

Принимая общую длительность земледелия за периоды античной и средневековой аграрной истории как фактор (без учета продолжительных периодов залежи и разнородности биоклиматических условий), можно рассчитать гипотетическую величину почвенного показателя ( $P_{it}$ ) на момент времени окончания обработки ( $t$ ) применительно к землям в сельской округе Керкинитиды:

$$RP_{it} = t(P_{NEW} - P_{OLD})/600 + 1,2633 P_{NEW} - 0,2633 P_{OLD},$$

для начала постантичного периода (II в. до н. э.) уравнение преобразуется к виду:

$$RP_{1600} = 0,7367 P_{OLD} + 0,2633 P_{NEW}.$$

Выполненная с помощью диагностических показателей агрогенеза ретрогнозная оценка состояния старопашотных почв к финальной фазе их предистории (античного и средневекового земледелия) – по величинам  $RP_{1600}$ , показала, что первые 8 показателей в табл. 3 отражают рост их величин по сравнению со старопашотными почвами текущего этапа освоения. Это характеризует такие процессы, как: более высокую степень выветривания (по Rb/Sr) и выщелачивания (по Ba/Sr) [23, с. 307]; большее элювирование из-за активного выноса в почвенные растворы щелочноземельных (Ca, Mg) и щелочных (K, Na) элементов, но и аккумуляцию микроэлементов и тяжелых металлов.

У второй группы диагностических показателей (показатели № 9-14 в табл. 3) их значения были ниже по сравнению с современным состоянием, т. е. старопашотные почвы к моменту нового вовлечения в обработку (150-165 лет назад) характеризовались: более низким потенциальным плодородием, т. к. в будущем у них продолжалось увеличение содержания Ca, Mg,  $P_2O_5$ , а также необходимых для растений питательных элементов (макро-, микроэлементов и полезных), а также сохраняющимся потенциалом роста подвижности таких элементов, как Na, K, Mg, Zn.

### **Выводы.**

Старопашотные почвы прошли те же агрогенные трансформации, что и новоосвоенные почвы, они сохраняют в своей памяти свидетельства предшествующих этапов длительного земледелия, прежде всего, отражающих необратимые и малообратимые результаты медленно действующих процессов природно-антропогенной эволюции почв. Причем часть индикаторов агрогенеза отражает увеличение, а часть уменьшение их значений в зависимости от особенностей элементарных почвообразовательных процессов.

Качество (бонитет) старопашотных почв выше у почв нового периода у более бедных почв, сформированных на элювии карбонатных пород, процесс агрогенной проградации, дополнявшийся несколькими этапами залежного режима в меняющихся биоклиматических обстановках, проходил более эффективно, чем у более высокобонитетных почв на лессовидных суглинках.

За длительные периоды ренатурации воспроизводимые почвенные свойства приходят в состояние относительного равновесия с факторами среды, но сохраняющиеся при этом индикаторы (признаки-свидетели) агрогенеза позволяют и в настоящее время проводить диагностику постагрогенных земель, включая постантичные. Это создает перспективы для пространственных реконструкций древних систем землепользования и землеустройства и обоснования в охранных целях новых территорий, относимых к землям историко-культурного назначения – историко-культурных ландшафтов.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РГНФ. Проект «Геоархеология памятников и древнеземледельческих ландшафтов Крыма» № 15-31-10136 а (ц).*

## Литература

1. *Ковшов В. П., Ковшов С. В.* Проблемы экономической оценки сельскохозяйственных ресурсов // European research. 2015. № 1 (2). С. 32–33.
2. *Khitrov N. B.* An approach for a retrospective assessment of soil changes // Eurasian Soil Science. 2008. V. 41. № 8. P. 793–804.
3. *Lisetskii F. N., Stolba V. F., Marinina O. A.* Indicators of agricultural soil genesis under varying conditions of land use // Geoderma. 2015. V. 239–240. P. 304–316.
4. *Korobov D. S., Borisov A. V.* The origins of terraced field agriculture in the Caucasus: New discoveries in the Kislovodsk basin // Antiquity. 2013. V. 87 (338). P. 1086–1103.
5. *Кутайсов В. А.* Античный город Керкинитида. Киев: Наукова думка, 1990. С. 176.
6. *Щеглов А. Н.* Керкинитида // Античные государства Северного Причерноморья. М.: Наука, 1984. С. 55–56.
7. *Бурачков П.* Опыт соглашения, открытой в Херсонесе надписи с природою местности и сохранившимися у древних писателей сведениями, относящимися к времени войн Диофанта, полководца Митридата со скифами // Записки Одесского общества истории и древностей. 1881. Т. 12. С. 222–248.
8. *Кутайсов В. А.* Керкинитида в античную эпоху. Киев: КОРВИН ПРЕСС, 2004. 326 с.
9. *Кутайсов В. А.* Античный полис Керкинитида. Симферополь: Предприятие Феникс, 2013. 400 с.
10. *Смекалова Т. Н., Лисецкий Ф. Н., Маринина О. А., Чудин А. В., Гарипов А. С.* Изучение пространственной организации древнего землепользования в Северо-Западном Крыму геоархеологическими методами // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2015. № 1 (28). С. 150–160.
11. *Taylor G., Pain C. F., Ryan P. J.* Geology, geomorphology and regolith // Guidelines for surveying soil and land resources (Eds N. J. McKenzie, M. J. Grundy, R. Webster, A. J. Ringrose-Voase) 2<sup>nd</sup> ed. CSIRO PUBLISHING, Melbourne. 2008. P. 45–60.
12. *Eze P. N., Meadows M. E.* Multi-proxy palaeosol evidence for late Quaternary (MIS 4) environmental and climate shifts on the coasts of South Africa // Quaternary International. 2014. V. 343. P. 159–168.
13. *Shaw D. M.* Interprétation géochimique des éléments en traces dans les roches cristallines. Paris: Masson, 1964.
14. *Liu G., Li L., Wu L. et al.* Determination of soil loss tolerance of an entisol in Southwest China // Soil Sci. Soc. Am. J. 2009. V. 73. № 2. P. 412–417.
15. *Битюцкий Н. П.* Микроэлементы высших растений. СПб: Изд-во С.– Петерб. гос. ун-та, 2011. С. 368.
16. *Прокopenko С. Н.* Межевая система античного Боспора (VI–III вв. до н. э.) // Юг России в прошлом и настоящем: история, экономика, культура: сб. науч. тр.: в 2 т. / отв. ред. И. Т. Шагохин. Белгород, 2006. Т. 1. С. 120–125.
17. *Перельман А. И.* Биокосные системы Земли. М.: Наука, 1977. С. 160.
18. *Безуглова О. С., Орлов Д. С.* Биогеохимия. Ростов н/Д: Феникс. 2000. С. 320.
19. *Кирилюк В. П.* Микроэлементы в компонентах биосферы Молдовы. Chişinău: Pontos, 2006. С. 156.
20. *Лисецкий Ф. Н.* Ренатурация почв в античных виноградниках Северо-Западного Крыма // Садоводство и виноградарство. 2016. № 1. С. 39–45.
21. *Иванов И. В., Лисецкий Ф. Н.* Сверхвековая периодичность солнечной активности и почвообразование // Биофизика. 1995. Т. 40. № 4. С. 905–910.
22. *Лисецкий Ф. Н.* Пространственно-временная оценка растительной продукции как фактора почвообразования // Почвоведение. 1997. № 9. С. 1055–1057.
23. *Калинин П. И., Алексеев А. О., Алексеева Т. В., Кудреватых И. Ю., Ваганов И. М.* Геохимия подкурганных почв как отражение климатической обстановки в степной зоне в голоцене // Роль почв в биосфере и жизни человека: Межд. научная конф.: К 100-летию со дня рождения академика Г. В. Добровольского, к Международному году почв. Материалы докладов. М.: МАКС Пресс, 2015. С. 307–308.