

### Литература

1. Молчанов А.А. 1973. Влияние леса на окружающую среду. М. Наука. 359 с.
2. Шейнгауз А.С. 1994. Нарушенность лесного покрова: классификация и картографирование по показателям лесообразовательного процесса. – Лесоведение, № 1, с. 7–12.
3. Шейнгауз А.С., Шейвейко С.В. 2001. Динамика нарушенности лесного покрова юга Дальнего Востока. – Лесоведение, № 2, с. 3–8.

### FIGURES CONDITION FOREST ECOSYSTEMS OF THE VOLGA UPLAND FOREST-STEPPE

**Kudryavtsev A. Yu.**<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*State Natural Reserve «Privolzhskaya Lesostep'»*

<sup>2</sup>*Saratov Branch of A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, Saratov, Russia*

*E-mail: akdytaks@mail.ru*

Forest ecosystems transformation reflected to the reduction of the forest areas, fragmentation forests massifs, composition and structure alteration. Complex criteria to estimate of the forest ecosystems condition Volga Upland forest-steppe elaborated.

*Keywords: forest-steppe zone, forest cover, transformation index.*

УДК 631.48+631.487

DOI: 10.29003/m1715.978-5-317-06490-7/230-234

### РЕЛИКТОВЫЕ ПРИЗНАКИ ДЕГРАДАЦИИ В ПОСТАГРОГЕННЫХ ПОЧВАХ ДРЕВНЕЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКИХ РАЙОНОВ ВОСТОЧНОГО КРЫМА

**Лисецкий Ф.Н., Зеленская Е.Я., Полетаев А.О.**

*ФГАОУ ВО Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия, E-mail: liset@bsu.edu.ru*

Представлены результаты изучения физико-химических показателей залежных почв в округе античного Боспора (Керченский п-ов). Установлено, что наиболее длительно сохраняющиеся индикаторы агропедогенеза связаны с водопрочностью агрегатов и составом органического вещества.

*Ключевые слова: агропедогенез, залежи, индикаторы деградации*

Разнообразные проявления агропедогенеза во многом обусловлены тем, что он затрагивает широкий спектр почвообразовательных процессов с различными характерными временами. Так как направление агропедогенеза в значительной степени противоположно природному развитию почвы, этому тренду обычно сопутствует деградация почв [8]. Понятие деградация почв преимущественно раскрывается через совокупность процессов почвообразования, приводящих к изменениям в почвах и почвенном покрове по сравнению с эталонными процессами, который диагностируются в целинных аналогах [4]. Применительно к обрабатываемым почвам черноземного типа предложено выделять 40 видов почвенных деградаций, объединённых в пять типов [2]. Деградация почвы начинается сразу после преобразования природной почвы и включает в себя ухудшение всех физических, химических и биологических свойств, результатом чего является снижение экосистемных функций почвы [8]. Однако при этом не учитываются и некоторые возможные проявления проградации почв в результате агропедогенеза. Это определит необходимость всестороннего изучения как агрогенной трансформации почв, так и их постагрогенной ренатурации на различных масштабах длительности реализуемых процессов (лет, десятилетий и даже столетий).

В аграрной истории древнеземледельческих районов с периодами расцвета и спада активности связаны, отмеченные ранее [3], эффекты переменных и разных по силе

агрогенных воздействий, создающих эволюционный градиент на фоне квазиклиматских почв или изменяющих направления аутоэволюции, что обуславливало трансформации почвенных свойств в результате циклоидных или активных контрастных циклических процессов.

На протяжении десяти веков античной истории процессы расширения и сжатия жизненного пространства приводили к миграции внешних границ квазигосударственных образований и античных полисов. Одним из наиболее ярких примеров пульсации и наложения границ является территория, входившая в состав Европейского Боспора, государственная граница которого маркировалась эволюционировавшей во времени системой фортификационных сооружений, которая частично сохранилась и до наших дней [5]. Соответственно, сельскохозяйственная округа этого полиса включает почвенный покров, гетерохронный с точки зрения агрогенных трансформаций.

Современный климат Керченского п-ова очень засушливый, умеренно жаркий с мягкой зимой (среднегодовая температура составляет 10,6–11 °С, годовая сумма осадков колеблется от 330–350 до 412 мм) поддерживает режим степного почвообразования для фоновых черноземов южных мицелярно-карбонатных. Но на отдельных этапах античной истории земледелия почвы Керченского п-ова формировались в более благоприятных биоклиматических условиях, как, например, в период 400–320 гг. до н.э. [5]. Гумидная обстановка, описываемая Страбоном в I в. до н. э., способствовала исключительному плодородию земель восточного Крыма, приносящему урожай сам-тридцать. А Боспорское царство длительный период выступало крупным экспортёром зерна.

**Объекты исследования.** Сложившиеся представления о том, что длительность эндодинамических смен на залежах составляет от 20-30 до 150-200 лет, могут быть более определенными по результатам изучения многовековых постагрогенных почв. С этой целью были определены объекты исследований на Керченском полуострове. Объекты почвенно-генетических исследований в округе Боспора Киммерийского – самого крупного в Северном Причерноморье античного государства, которое просуществовало более тысячи лет, включали условные эталоны и постантичные залежи. Две целинные почвы (по морфологическому строению профиля они отвечают модалному статусу черноземов южных мицелярно-карбонатных на лессовидных суглинках) расположены на приморском плато, привлекательном для земледелия в Крымском Приазовье (№ 1), а также на черноморском побережье (№ 2), вблизи античного некрополя (к северу, югу и западу от разреза находится курганный могильник из пяти курганов, ближайший из них (в 55 м) высотой 5 м). Косвенные признаки не документируемых антропогенных воздействий получили определенное подтверждение при дальнейшем анализе данных. Почвы на элювии карбонатных пород изучены на вершине межевого вала у городища III-I вв. до н.э. (№ 3), на залежах при усадьбе IV-III вв. до н.э., которые сформировались в наделах под полевые культуры (№ 5) и виноградник (№ 6). Постантичные залежи на материнских породах суглинистого состава изучены в границах надела у поселения I-III вв. н.э. (№ 4) и в системе античного размежевания городища Китей (V в. до н.э. – V в. н.э.) (№ 7).

**Методы.** Для характеристики агрофизического состояния почв проводили их рассев на структурные отдельности в колонке из восьми сит с квадратными ячейками (*Fritsch GmbH*). Водопрочность агрегатов ( $d_w$ ) определяли для трех размерностей: 1-2, 2-3,15 и 3,15-5 мм. Критерий водопрочности (A) рассчитывали по отношению содержания водопрочных агрегатов к доле структурных отдельностей диаметром 3,15-5 мм. Рассчитывали средневзвешенный диаметр макроагрегатов (D, мм), коэффициент структурности (Kстр.) по отношению массы структурных отдельностей 1–7 мм к массе суммы агрегатов <1 и >7 мм, коэффициент дефляционной опасности (по содержанию макроагрегатов >1 мм) (DEFL). Оценку степени деградации почв ( $C_d$ ) проводили по шкале [7], основанной на содержании воздушно-сухих агрегатов 10-0,25 мм: недеградированная почва (N), слабая (L) и средняя (M) степени деградации.

Содержание оксида Са определяли методом рентгеноспектрального флуоресцентного анализа, CO<sub>2</sub> карбонатов – ацидиметрическим методом. Анализ группового и фракционного состава гумуса выполнен по Тюрину в модификации Пономаревой и Плотниковой. Показатель степени подвижности системы гумусовых веществ (Пп) рассчитывали по формуле, предложенной Кононовой [1], по содержанию фракций гуминовых и фульвокислот в % от Corg:

$$Пп = (ГК1 + ФК1 + ФК1а)/(ГК2+ГК3+ФК2+ФК3).$$

**Результаты и их обсуждение.** Согласно региональной зависимости мощности формирования гумусового горизонта почв во времени [6], для формирования горизонта А от 16 до 20 см потребовалось 6-8 веков, которые можно рассматривать как относительно однородный палеоклиматический этап субатлантического периода. Но горизонт А указанной мощности у старозалежных почв может содержать реликтовые признаки прежних агрогенных нагрузок.

Наиболее существенно залежные почвы региона различаются по содержанию валового оксида Са и CO<sub>2</sub> карбонатов (табл. 1). Но и черноземы южные мицелярно-карбонатные при длительном формировании под степной растительностью имеют высокую долю кальция в составе ППК и обладают качественным составом гумуса. Это способствовало формированию значительной доли макроагрегатов (>10 мм) со средним диаметром 16-22 мм, сбалансированного состава мезоагрегатов, что отражается в величинах коэффициента структурности от 1,4 до 2,3, и высоких значений водопрочности агрегатов (более 80%) (табл. 2).

Таблица 1. Основные физико-химические показатели почв.

Разрезы	Слой, см	Показатели					
		СаО, %	СаСО <sub>3</sub> , %	Corg	Сгк : Сфк	С : N	Пп
1/1	0-15,5	4,32	9,73	1,83	1,70	11,52	0,93
2/1	0-18,5	6,76	21,25	1,09	1,91	9,95	1,00
3/1	2,5-8	9,74	16,93	3,82	1,84	11,48	1,00
4/1	0-14	3,04	7,20	2,03	1,72	9,95	0,91
5/1	6-17,5	26,31	47,73	1,93	2,03	11,64	1,31
5/2	17,5-26,5	28,95	52,23	1,64	1,79	10,72	0,78
6/1	5,5-18	24,18	45,93	2,95	2,14	10,16	1,04
6/2	18-37	28,96	49,53	2,05	1,88	9,19	1,03
7/1	3-10	9,34	21,01	1,85	1,99	9,35	0,93
7/2	10-19,5	10,52	22,51	1,36	1,22	12,60	1,01

Таблица 2. Показатели структурного состояния почв.

Разрезы	Показатели						
	D, мм	Кстр.	Сд	DEFL	d <sub>w</sub> , %	d <sub>w</sub> : Corg	A
1/1	5,5	1,36	N	72	90,55	49	7,0
2/1	8,57	0,52	M	59	96,35	88	19,3
3/1	1,56	0,48	L	33	90,85	24	30,3
4/1	8,52	1,80	L	81	44,70	22	5,6
5/1	2,37	1,83	N	67	92,55	48	8,4
5/2	2,34	1,20	N	56	72,05	44	8,0
6/1	1,78	1,25	N	55	83,35	28	13,9
6/2	2,12	1,68	N	63	76,30	37	5,9
7/1	4,51	2,07	N	78	84,05	45	6,0
7/2	6,43	2,33	N	85	94,65	70	5,9

Классификационные отличия объектов исследования, которые можно интерпретировать по результатам кластерного анализа (рис.), основаны на принципиально различном влиянии на педогенез элювия известняков и лессовидных суглинков, которые стали материнскими породами карболитоземов (№ 3, 5, 6) и чернозёмов (№ 1, 2, 4, 7) соответственно.

Среди трех изученных размерностей структурных отдельностей в диапазоне 1-5 мм наиболее чувствительным показателем определена водопрочность агрегатов 3,15-5 мм и, соответственно, эффективность участия органического вещества в формировании водоустойчивости агрегатов этого диаметра (по соотношению  $d_w : C_{org}$ ). Более сглажены различия среди изученных объектов у показателя водопрочность агрегатов от 2 до 3,15 мм. Почва из гор. А, сформированная на лессовидном суглинке в причерноморской степи (№ 2/1), по сравнению с аналогичной почвой в Крымском Приазовье (№ 1/1), оценивается по составу структурных отдельностей как среднедеградированная, однако она имеет в 1,1 раза более высокие значения показателя  $d_w$  (по трем фракциям от 1 до 5 мм), но особенно отличается по более высокому значению соотношению  $d_w : C_{org}$  – в 1,8 раза. Наличие среди каменистых гряд Крымского Приазовья поселений VI-VII в. н.э. позволяет допустить возможность вовлечение земель привлекательных для обработки, как, например, на объекте № 1, в эпоху раннего средневековья.

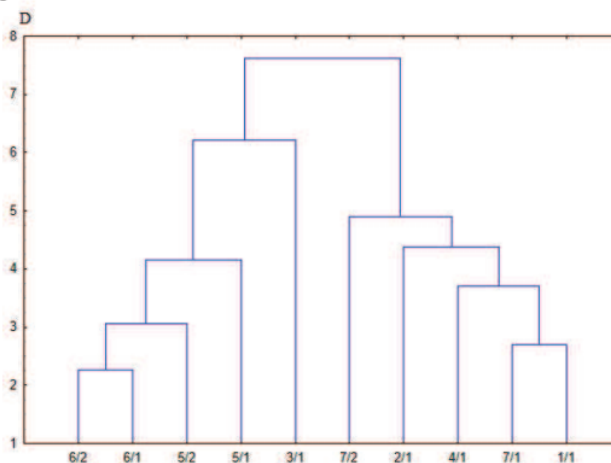


Рисунок. Дендрограмма кластерного анализа объектов исследования (метод Уорда, Евклидова дистанция, значения показателей из табл. 1 и 2 нормированы по среднеквадратическому отклонению).

Почва на вершине межевого вала (№3/1), сформированная за 20 веков на элювии карбонатных пород, при высокой гумусированности и относительно зрелой водопрочности агрегатов уступает по эффективности участия органического вещества в формировании водоустойчивости агрегатов условно целинным почвам на породах суглинистого состава в 2,2-3,9 раза. Горизонт А залежной (с III в. до н.э.) почвы на элювии карбонатных пород (№ 6/1) имеет большое сходство по указанным выше показателям с почвой на вершине межевого вала. Нижележащий горизонт почвы, трансформированной в античную время в результате плантажной обработки под виноградник (№ 6/1), отличается от гор. А менее водопрочной структурой, в особенности агрегатов диаметром 1-2 мм при более эффективном участии органического вещества в формировании водоустойчивости агрегатов. Близкие особенности профильного распределения показателей имеет постантичная залежь (с III в. до н.э.) под полевые культуры (№ 5/1 и 5/2) в этом же районе.

Хотя данные по содержанию воздушно-сухих агрегатов 10-0,25 мм у каждой из постантичных залежей (№ 5-7) показывают, что оба слоя горизонта А оцениваются по уровню деградации почв [7] как недеградированные, и лишь верхняя часть гор. А у почвы,

вероятно вовлеченной после III в. н.э. в новый этап освоения (№ 4/1), отнесена к слабодegradированной, сохранившиеся признаки агрогенных трансформаций детектируются по характеристикам водопрочности и составу органического вещества. У постантичных залежей (№ 5-7) нижняя часть горизонта А, которая лучше сохранила свидетельства агрогенных трансформаций, по сравнению с вышележащим, частично ренатурированным слоем, отмечено ниже содержание C<sub>org</sub> (1,68 % против 2,24 %), ниже величины соотношений C<sub>гк</sub>:C<sub>фк</sub> (тип гумуса – гуматный, а не чисто гуматный) и C:N (высокая обогащенность гумуса азотом, а не средняя), ниже (на 9%) содержание «свободных» ГК, ниже величина критерия водопрочности (отношение процентного содержания водопрочных агрегатов к доле структурных отдельностей диаметром 3,15-5 мм, ставшей наиболее сенсорной фракцией изменения структурного состояния).

**Выводы.** Постантичные залежные почвы и их природные аналоги по совокупности физико-химических и агрофизических свойств принципиально различаются по влиянию на педогенез элювия известняков и лессовидных суглинков, которые стали материнскими породами карболитоземов и чернозёмов. Показатели агропедогенеза, которые определяют водопрочность агрегатов и состав органического вещества, относятся к наиболее устойчивым индикаторам многовековых агрогенных нагрузок.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-67-46017.*

#### Литература

1. Кононова М.М. 1963. Органическое вещество почвы, его природа, свойства и методы изучения. – Москва: АН СССР, 314 с.
2. Крупеников И.А. 2008. Черноземы. Возникновение, совершенство, трагедия деградации, пути охраны и возрождения. – Chişinău: Pontos, 288 с.
3. Куст Г.С. 1999. Опустынивание: принципы эколого-генетической оценки и картографирования. – Москва, 362 с.
4. Куст Г.С., Андреева О.В., Зонн И.С. 2018. Деградация земель и устойчивое землепользование. Словарь-справочник. – Москва: Издательство Перо, 107 с.
5. Лисецкий Ф.Н., Маринина О.А., Буряк Ж.А. 2017. Геоархеологические исследования исторических ландшафтов Крыма. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 432 с.
6. Лисецкий Ф.Н., Столба В.Ф., Голеусов П.В. 2016. Моделирование развития черноземов в зоне степи и разработка метода почвенно-генетической хронологии. – Почвоведение, № 8, с. 918-931.
7. Медведев В.В. 2008. Структура почвы. – Харьков: Изд-во «13 типография», 406 с.
8. Kuzyakov Y., Zamanian K. 2019. Reviews and syntheses: Agropedogenesis – humankind as the sixth soil-forming factor and attractors of agricultural soil degradation. – Biogeosciences, vol. 16, is. 24, pp. 4783-4803. <https://doi.org/10.5194/bg-16-4783-2019>.

#### RELECTIVE SIGNS OF DEGRADATION IN POSTAGROGENIC SOILS OF ANTI-AGRICULTURAL AREAS OF EAST CRIMEA

Lisetskii F.N., Zelenskaya E.Ya., Poletaev A.O.

Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

E-mail: [liset@bsu.edu.ru](mailto:liset@bsu.edu.ru)

The results of a study of the physicochemical parameters of fallow soils in the ancient Bosphorus chora (Kerch Peninsula) are presented in the article. The most long-lasting indicators of agropedogenesis are associated with the water resistance of aggregates and the composition of organic matter, as was found.

*Keywords: agropedogenesis, fallow land, indicators of degradation.*