

РАЗВИТИЕ ПОЧВ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ

© 2010 г. Ф. Н. Лисецкий¹, Е. И. Ергина²

¹ Белгородский государственный университет, 308015, Белгород, ул. Победы, 85

² Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, 95007, Симферополь, пр. Вернадского, 4

Поступила в редакцию 26.03.2009 г.

На основе изучения разновозрастных почв в различных физико-географических районах Крымского полуострова выявлены основные закономерности почвообразования на протяжении позднего голоцена (в последние 2800 лет). Основные типы почв на территории Крымского полуострова по средней скорости формирования гумусового горизонта можно расположить в следующий убывающий ряд: черноземы южные и темно-каштановые почвы – бурые горно-лесные почвы – коричневые щебнистые почвы. На протяжении позднего голоцена в новообразованных почвах процесс гумусообразования опережал процесс увеличения мощности гумусового горизонта. Период резкого уменьшения скоростей процессов формирования почвенного профиля и гумусообразования наблюдается при возрасте почв 1100–1200 лет. Установлены возможности оценки влияния климата на почвообразовательный процесс по метеорологическим данным инструментального периода. Вероятный размах межвековых колебаний региональной климатической системы на протяжении голоцена определял возможность пульсирующей миграции почвенно-географических подзон в пределах степной части Крыма и значительного колебания скоростей формирования гумусового горизонта почв по сравнению с условиями позднего голоцена.

ВВЕДЕНИЕ

Зависимость географического распределения на равнинных частях континентов зональных типов почв от климата, сформулированная В.В. Докучаевым в 1899 г. как научная закономерность, к настоящему времени всесторонне изучена. Однако становление почв на протяжении последнего этапа голоценовой истории (без влияния предистории) и его внутренней хроноорганизации представляет научный интерес в свете современных изменений климата.

Обобщение почвенно-географических материалов по разным климатическим зонам позволило предложить модели педоразнообразия в каждом индивидуальном типе климата, которые могут рассматриваться как модели разнообразия записи одних и тех же климатических условий в памяти почв [25]. К факторам и причинам, приводящим к возникновению многообразных почв и почвенных признаков в условиях одинакового климата, можно отнести вариант хроноразнообразия (хроностадиальности) почв, обусловленный созданием разновременных поверхностей антропогенного происхождения в нуль-момент почвообразования.

Для правильной интерпретации почвенно-климатических отношений следует решить две методические проблемы. Во-первых, следует выяснить, насколько биоклиматический потенциал современных почвенно-географических зон (подзон)

можно ретроспективно распространить на длительность почвообразования, объясняющую специфику сформированных почвенных горизонтов и признаков, определяемых как диагностические. Второй момент связан с существенными различиями характерного времени формирования гумусового профиля черноземов и длительностью всего периода почвообразования (голоцен), что отражается в полигенетичном характере почвенных профилей. Частично эти трудности преодолеваются при рассмотрении эволюции почв по отдельным хроносрезам.

В рамках научной проблемы “почвы и время”, разработка которой также начиналась с работ В.В. Докучаева, в последние десятилетия оформилось новое направление – “археологическое почвоведение”. Его суть заключается в сопряженном изучении современных почв и палеопочв разновозрастных археологических памятников, время сооружения которых определяется методами археологии [7]. Значительными информационными возможностями обладают и дневные почвы, сформированные на разновозрастных поверхностях археологических памятников. Пространственные серии разновозрастных почв, которые отождествляются с последовательными стадиями их развития во времени, могут рассматриваться как модели [5], отражающие основные свойства изучаемого объекта.

Анализ изменения во времени почвенно-климатических отношений [30] показал, что с возрас-

том почв величина “индекса почвенного профиля” значительно увеличивается, однако скорость роста не зависит от климатических условий формирования почвы. Примечательно, что при соблюдении субстантивно-генетического принципа, реализованного в новой классификации почв России, фациальные подтипы почв не выделяются, “поскольку особенности климата и режимов далеко не всегда проявляются в почвенном профиле” [14, с. 53]. Например, формируемые в результате барьерного эффекта Кавказских гор черноземы каштановые (южные) южно-европейской фации Предкавказской равнины [2] в новой профильно-генетической классификации почв [14] аналогов не имеют.

Обособленный морями Крымский полуостров с оригинальным спектром широтных зон и вертикальных поясов представляет собой исследовательский полигон, который по своему информационному потенциалу весьма благоприятен для изучения географии почв и ее климатической обусловленности. В неоген-четвертичное время и, особенно в голоцене, произошло современное единение Горно-лесного (генетически более древнего) и Равнинно-степного (более молодого) макроландшафтных регионов Крымского полуострова [8]. Вследствие барьерного влияния Крымских гор в пределах равнинной части Крымского полуострова наблюдается своеобразная “зеркальная перевернутость широтных зон” [18] — от Перекопского перешейка на юг последовательно сменяют друг друга ландшафты пустынных степей, затем сухих полынно-злаковых степей и умеренно засушливых настоящих разнотравно-злаковых степей. Соответственно с севера на юг, вплоть до северного макросклона Крымских гор (на протяжении 140 км), представлены дугообразными полосами следующие почвы: темно-каштановые, черноземы южные, черноземы предгорные (карбонатные и выщелоченные), а у верхней кромки предгорья (400–450 м) — серые горно-лесостепные. Однако разработка проблемы развития почв Крыма во времени, требующая привлечения оригинальных эмпирических данных, находится пока в начальной стадии.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

На сравнительно небольшой по площади территории Крымского полуострова (25.88 тыс. км²) представлено большое разнообразие почв. В систематическом списке почв Крыма [22] почвенных видов насчитывается 51, они объединены в 18 генетических групп. Почвы, измененные антропогенными воздействиями или новообразованные на культурных слоях, представлены в Крыму повсеместно и в широком хронологическом диапазоне. Это создает редкие по своей полноте возможности для изучения пространствен-

но-временных моделей почвообразования [5], связанных с датированными наземными археологическими памятниками (древними оборонительными, жилыми, хозяйственными, культовыми и погребальными сооружениями и многими другими остатками былой человеческой жизни). В почвенно-эволюционных исследованиях последнего времени уже получил апробацию метод изучения разновозрастных почв, объединенных по шкалам внутреннего времени процесса в хронологические ряды почв (совокупности анализируемых почв, сформированных на одинаковом субстрате в близких условиях, но отличающихся по относительному возрасту). Следующий этап, способствующий пониманию закономерностей развития почв, связан с получением хронофункций почв. Для выполнения этой задачи изменение почвенных свойств координируется с возрастом, установленным количественными методами датирования (археологическим, радиоизотопными и др.). Опыт параллельных археолого-радиоуглеродных исследований горизонтов почв, погребенных под древними валами Крыма [17], показал, что пока по ¹⁴C датам можно судить об археологической культуре в целом. Определение же более узких периодов, по-видимому, требует привлечения иных, а также комплексных методов изучения как погребенных, так и дневных разновозрастных почв.

В настоящее время в Крыму на государственном учете состоит 4420 археологических памятников, а с учетом внутрикомплексных объектов общее число известных памятников достигает 9137. В Крыму со второй половины IV—начала III тысячелетия до н.э., когда наступает эпоха ранних металлов — энеолита, затем — меди и бронзы, появляются антропогенно-преобразованные территории с культурным слоем (например, стоянки так называемых “раковинных куч” энеолитического времени). После эпохи раннего железа, когда в VIII в. до н.э.—IV в. н.э. существовали киммерийская, кизил-кобинская, таврская, скифская и античная культуры, приходит средневековье (V—XVII вв.). На каждом из этих этапов возникали новые условия для формирования разновозрастных почв.

Проведенные нами почвенно-хронологические исследования включали, прежде всего, выбор памятников (поселений, оборонительных валов, курганов), надежно датированных археологическими методами в диапазоне дат от XIV в. до н.э. до IX в. н.э., а также задернованных поверхностей, относящихся по историческим датам к XV—XX вв. (жилые и хозяйственные постройки, окопы военного времени, техногенные отвалы горных пород и др.). Для сравнения привлекали данные по морфологии разновозрастных (полноголоценовых) почв. Местоположение основных объектов исследования представлено на рис. 1 в границах физико-географического районирова-

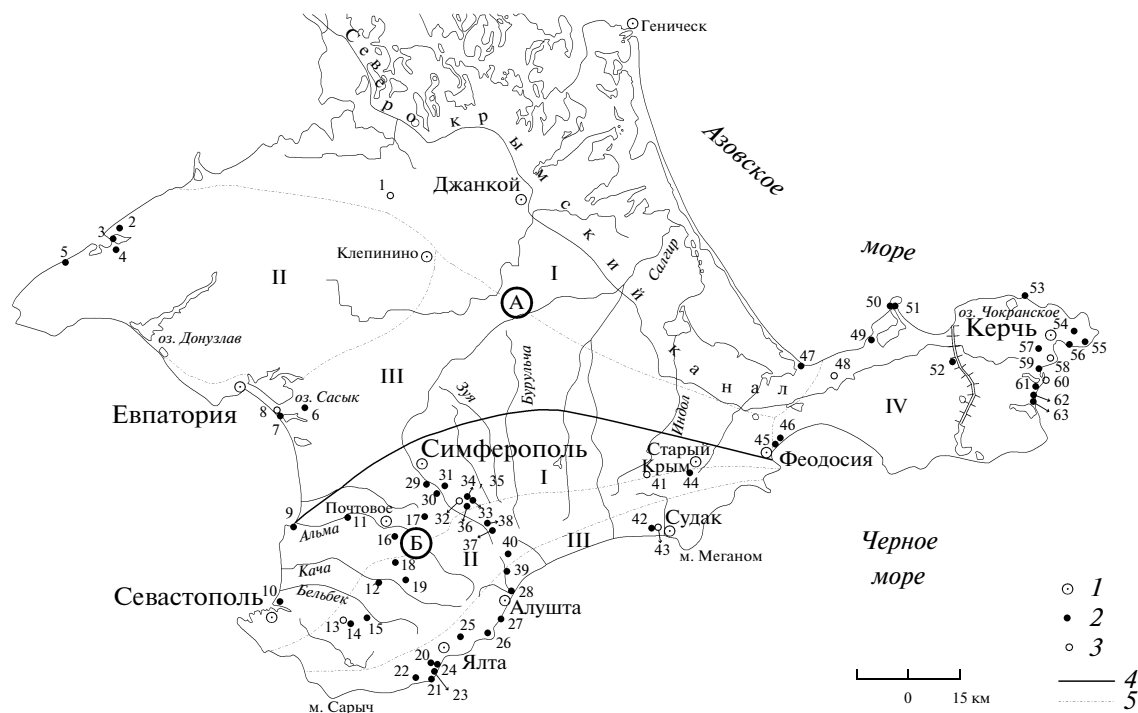


Рис. 1. Объекты почвенно-хронологических исследований: 1 – современные населенные пункты; 2 – почвы на археологических памятниках; 3 – почвы на поверхностях антропогенных нарушений; 4 – ландшафтная граница между Крымским равнинным степным краем (А) и горным Крымом (Б); 5 – границы климатических районов (см. табл. 4). Объекты с датированными почвами: 1 – Гришино с., отвалы карьера; 2 – Межводное, поселение; 3 – Панское, усадьба; 4 – Ярлыгачское поселение; 5 – Калос-Лимен, городище; 6 – Гаршино, поселение; 7 – Кара-Тобэ, городище; 8 – окрестности Евпатории, дот; 9 – Усть-Альминское поселение; 10 – Херсонес, стена дома; 11 – Алма-Кермен, поселение; 12 – Сүйренская крепость; 13 – Холмовка с., окопы; 14 – Эски-Кермен, пещерный город; 15 – Мангуп, пещерный город; 16 – Бакла, пещерный город; 17 – Таш-Джарган, поселение; 18 – Чуфут-Кале, пещерный город; 19 – Кыз-Кермен, пещерный город; 20 – Гора Крестовая, поселение; 21 – Ай-Толор, монастырь; 22 – Иссар-Кая, крепость; 23 – Харакс, римская стена; 24 – Харакс, “таврская” стена; 25 – Гелин-Кая, крепость; 26 – Артек, поселение; 27 – Мыс Плака, остатки церкви; 28 – Алустан, крепость; 29 – Красное, поселение; 30 – Неаполь скифский, городище; 31 – Симферополь г., отвалы; 32 – окрестности г. Симферополь, отвалы; 33 – Джалман, поселение; 34 – Долгоруковская яйла, поселение; 35 – Дружное с., Долгоруковская яйла, поселение; 36 – Пионерское, поселение; 37 – Кизилкобинское урочище, поселение; 38 – Мамут-Султан, поселение; 39 – Фуна, крепость; 40 – Демерджи, окопы; 41 – Топловский монастырь, руины; 42 – Судак, крепость XIV в.; 43 – Судакская крепость, развалины казармы XVIII в.; 44 – Сурб-Хач, монастырь; 45 – Феодосия: Каффа, крепостная стена; 46 – Айвазовское с., остатки системы водоснабжения; 47 – Арабатская крепость, развалины; 48 – Семисотка с., противотанковый ров; 49 – Семеновка, поселение; 50 – Мысовка (Мысовое II), поселение; 51 – Гераклий, городище; 52 – Узунларский оборонительный вал; 53 – М. Зюк, Зенонов Херсонес (городище); 54 – Каменка, поселение; 55 – Еникале, крепость; 56 – Мирмекий, город; 57 – окрестности Керчи, курган к северу от Второго Змеиного кургана; 58 – Керчь, крепость XIX в.; 59 – Тиритака, город; 60 – Керчь, микрорайон Аршинцево, дамба; 61 – Нимфей, город; 62 – Героевка II, поселение; 63 – Героевка I, поселение. А – Крымская степная провинция: I – Северо-Крымская низменная степь; II – Тарханкутская возвышенная равнина; III – Центрально-Крымская равнинная степь; IV – Керченская холмисто-грядовая степь. Б – Горный Крым: I – Предгорная лесостепь; II – Главная горно-лугово-лесная гряда; III – Крымское южнобережное субсредиземноморье.

ния Крымского полуострова (по [23]). Всего было изучено более 60 объектов, преимущественно археологических памятников. Основной массив почвенно-хронологических данных охватывает поздний голоцен, соответствующий субатлантическому периоду (по Блитту-Сернандеру последние 2500 лет, по новой хронологии [1] – 2800 лет).

Исследования морфологического строения почвенных профилей на археологических памятниках проводили в почвенном разрезе, вскрывающем совокупность новообразованных горизонтов почвы после окончания бытования для сели-

тебных зон или последней досыпки для земляных насыпей. Информационная поддержка по локализации и датировкам разновременных памятников в районе Керчи, включая античные памятники городов и хор европейской части Боспора, была оказана доктором исторических наук В.Н. Зинько [9]. Погрешности археологических датировок времени окончания жизнедеятельности (поселения) или строительства (валы, курганы) для культур железного века составляют 25–50 лет.

При моделировании процесса формирования гумусового горизонта почв во времени для гуму-

сового горизонта (сумма гор. А и АВ) введена поправка к мощности, приводящая плотность сложения горизонтов к равновесной плотности — 1.15 г/см^3 . Окраску почв по горизонтам определяли по атласу цветов Манселла.

Аналитические работы проводили по стандартным методикам: гумус по методу И.В. Тюрина, азот валовой (N) по методу Кьельдаля, определение углекислоты карбонатов ацидиметрическим методом, легкогидролизуемого азота методом И.В. Тюрина и М.М. Кононовой, подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО.

В истории развития метеорологической сети Крыма известно 65 пунктов наблюдений, в том числе около 20 метеорологических станций, отражающих современную климатическую обстановку. Из справочников по климату [15, 24] были получены многолетние данные по годовым суммам осадков, а также значения годовой величины радиационного баланса (R) подстилающей поверхности (поверхности почвы, покрытой травой, а зимой — снегом) по актинометрическим станциям на территории Крыма и ее периферии. При изучении географических закономерностей распределения энергетических затрат на почвообразование применительно к территориальному уровню региона возникает несоответствие в степени информационного обеспечения, так как количество точек наблюдений за радиационным балансом значительно уступает числу метеостанций и постов, регистрирующих атмосферные осадки. Поэтому для метеопунктов, по которым отсутствовали прямые наблюдения за составляющими R , использована статистическая зависимость, рассчитанная по всему массиву сопряженных данных R и суммы активных температур воздуха выше 10° для Восточно-Европейской равнины. Погрешность данных, полученных расчетным путем, составляет не более 10%. При некоторой условности таких значений радиационного баланса они правдоподобно отражают уровни теплообеспеченности. Для обеспечения непрерывности длинных рядов метеоданных некоторые пропуски в наблюдениях были восстановлены по метеостанциям-аналогам.

Картограмма распределения годовой величины затрат радиационной энергии на почвообразование (Q) построена в геоинформационной системе ArcINFO при помощи модуля Spatial Analyst. При создании GRID со значениями Q применялся регуляризованный сплайн с весом точки 0.1 и количеством обрабатываемых точек, равным 12. В расчете были задействованы пункты наблюдений, расположенные за пределами Крымского полуострова, что обеспечило возможность более точного нанесения изолиний на его периферии. ГИС ArcINFO использована также

для определения площадей ареалов распределения величин Q по территории Крыма.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Формирование почв в позднем голоцене. Для установления зависимости процесса формирования гумусового горизонта, а также связанного с ним процесса гумусонакопления от возраста изучено морфологическое строение и физико-химические свойства почв на антропогенно-нарушенных поверхностях, датированных историческо-археологическими методами в хронологическом диапазоне от 20 до 3300 лет. Объекты почвенно-хронологических исследований характеризуют наиболее распространенные зональные почвы Крыма: черноземы (более 45% площади полуострова), каштановые, а также бурые горные лесные щебнистые и коричневые горные почвы. Кроме того, научный интерес представляют новообразованные почвы антропогенного происхождения — золистые [22]. Выборочные данные о содержании и запасах гумуса в основных генетических группах разновозрастных почв Крыма представлены в табл. 1, а химические свойства почв хронологии в табл. 2.

Онтогенетическое развитие почвы представляет собой нелинейный процесс, который характеризуется сложной последовательностью неравновесных динамических переходов к равновесному (квазиклимаксному) состоянию. В развитии главного морфологического атрибута черноземных почв — гумусового горизонта — наблюдается смена механизмов: переход от “инситного” формирования, доминирующего в фазе “быстрого роста”, к более продолжительному элювиально-иллювиальному процессу развития [29].

Для превращения хронологии дневных почв в хронофункцию необходимо неформальное обоснование аналитической функции. Как показано ранее [29], процесс саморазвития почвы как биокосной системы вполне адекватно отражают модели роста, успешно апробированные при изучении биологических и экологических систем.

Зависимость изменения мощности гумусового горизонта (H_t) во времени (t) можно представить экспоненциальной функцией вида

$$H_t = H_{\text{lim}}(1 - k \cdot e^{-\lambda t}), \quad (1)$$

где H_{lim} — предельная мощность гумусового горизонта; k — характеризует уровни первичного плодородия материнских пород в нуль-момент почвообразования; λ — эмпирический коэффициент, который отражает биоклиматические условия и имеет размерность, обратную времени (1/год).

Заметим, что почвенно-хронологические данные, охватывающие первые века почвообразования, из-за возможных биоклиматических разли-

Таблица 1. Содержание и запасы гумуса в гумусовом горизонте разновозрастных почв Крыма

Объект	Возраст почвы, годы	Мощность гумусового горизонта, мм	Гумус, %	Объемная масса, г/см ³	Запасы гумуса, т/га
Черноземы южные, темно-каштановые почвы					
Каффа, крепостная стена	532	140	4.94	0.90	60.3
Мыс Зюк, Зенонов Херсонес	1300	230	4.86	0.86	96.1
Гераклий, городище	1700	310	6.08*	1.20	223.8
Керчь, курган	1700	315	2.99	1.20	111.2
Узунларский вал	2000	310	3.04	1.16	109.4
Черноземы карбонатные, черноземы предгорные, дерново-карбонатные почвы					
Симферополь, отвалы	10	30	8.40	1.28	32.2
Там же	50	60	6.60	0.90	35.6
Чуфут-Кале, развалины пещерного города	300	50	5.33	0.95	25.3
Там же	600	80	8.45	0.95	64.2
Там же	650	50**	5.45	0.95	25.8
Пионерское, развалины мечети	500	65	5.27	0.95	32.5
Семеновка-I, городище	1720	310	4.72	0.95	139.9
Там же	1720	160**	3.78	0.96	58.1
Калос-Лимен, городище	1800	336	4.77	0.93	149.0
Неаполь Скифский	1800	280	7.70	0.90	194.0
Мамут-Султан, поселение	1800	305	5.74	1.07	187.3
Там же	1800	330	4.91	1.23	199.2
Панское, усадьба	2270	230**	2.60	1.20	71.8
Золистые почвы					
Мысовка (Мысовое II), поселение	1100	220	6.08*	0.88	117.7
Гераклий, городище	1700	440	4.80*	0.92	189.0
Бурые горно-лесные почвы					
Мекензиевы горы, окопы	57	60	8.20	1.01	49.7
Эски-Кермен, развалины пещерного города	700	60**	8.10	1.00	48.6
Там же	700	80	6.27	1.00	50.2
Коричневые почвы					
Гора Крестовая, поселение	500	135	8.40	1.20	136.8
Фуна, крепость	500	145	5.94	1.20	103.4
Там же	500	180	6.35	1.20	137.2
Мыс Ай-Тодор, развалины монастыря Св. Федора	1000	155	2.20	1.20	40.9
Харакс, римская стена	1600	310	6.33	0.63	123.6
Там же	1600	190**	10.08	0.74	141.7
Кут-Лак, поселение	2000	300	7.70	1.00	231.0

* Включая углерод негумусовой природы.

** Почва формировалась на плите известняка.

Таблица 2. Свойства разновозрастных почв на датированных поверхностях

Объект	Гранулометрический состав*	Возраст почвы, годы	Горизонт, слой, см	Гумус, %	Водорастворимый гумус, %	N, %	C : N	Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г	мг/100 г		
									N	K ₂ O	P ₂ O ₅
Керчь, отвалы месторождения строительного известняка	Г	15	А, 0–2	2.53	Не опр.	0.168	8.7	Не опр.	99.4	640	30.1
				1.96	0.064	0.195	5.8	»	63.0	560	21.0
Героевское, с., отвал траншеи	С-Щ	61	А, 0–7	4.17	Не опр.	0.383	6.3	0.86	233.8	1440	116.1
				3.47	0.061	0.360	5.6	Не опр.	145.6	940	32.2
Там же, бруствер огневой точки	Сср	61	А, 0–6	3.47	0.097	0.300	6.7	»	11.2	900	28.7
				5.41	0.081	0.383	8.2	»	131.6	840	12.2
Там же, насыпь от бывшей железной дороги	С-Щ, П	105	А, 0–6	3.28	0.067	0.388	4.9	0.52	145.6	640	70.5
				3.77	Не опр.	0.218	10.0	0.45	78.4	500	65.5
Еникале, крепость: верхний замок	С-Щ	300	А, 0–6	3.37	0.069	0.296	6.6	0.24	233.8	940	121.5
				3.39	0.094	0.375	5.2	0.32	77.0	940	48.7
Еникале, крепость	Сср с дресвой известняка	300	А, 0–7	6.70	0.036	0.283	13.7	Не опр.	190.4	640	23.5
				5.03	0.083	0.383	7.6	0.39	151.2	560	12.0
Героевка-1, поселение	Сср	1100	В1, 13–24	3.28	0.103	0.325	5.8	0.35	86.8	342	4.3
				4.30	0.075	0.373	6.7	Не опр.	130.2	800	65.9
Мирмекий, город	С-Щ	1300	А, 0–14	2.29	0.056	0.242	5.5	0.30	65.8	840	42.9
				2.18	0.061	0.320	3.9	0.27	60.2	900	57.2
Нимфей, город	Сср	2300	ВС, 24–51	6.79	0.058	0.313	12.6	Не опр.	256.2	640	92.2
				5.30	0.103	0.298	10.3	»	137.2	700	82.7
Каменка, поселение поздней бронзы	Ст	3300	А, 0–18	5.72	0.086	0.368	9.0	0.78	224.0	1780	133.1
				4.44	0.083	0.145	17.7	0.43	116.2	1640	91.6
Целинная почва	Ст	10000	ВС, 50–74	2.69	Не опр.	0.465	3.3	Не опр.	50.4	1680	114.4
				4.68	0.075	0.335	8.1	»	152.6	1340	76.1
				3.39	0.078	0.375	5.2	»	106.4	1000	18.7
				3.33	0.050	0.275	7.0	»	105.0	800	34.3
				2.77	0.050	0.300	5.3	0.31	98.0	340	6.6
				2.07	Не опр.	0.373	3.2	Не опр.	71.4	224	7.1
				1.29	»	0.260	2.9	0.29	60.2	168	4.8
				1.00	0.033	0.343	1.7	0.27	32.2	154	2.3

* Гранулометрический состав почвы: Сср – среднесуглинистый, Ст – тяжелосуглинистый, Г – глинистый, С-Щ – суглинисто-песчаный, П – песок.

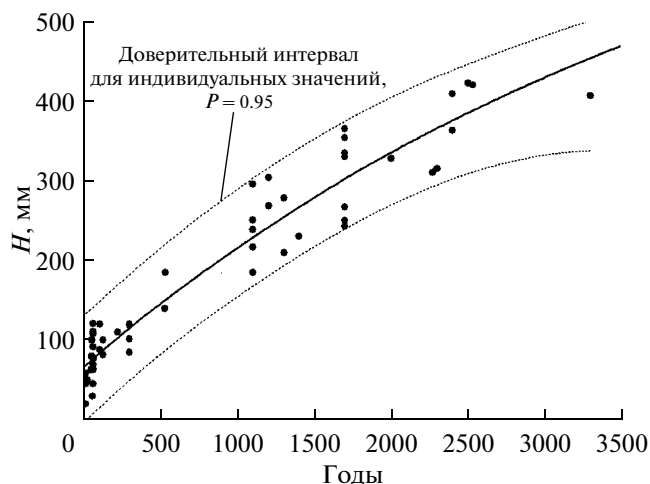


Рис. 2. Зависимость мощности гумусового горизонта черноземов южных и темно-каштановых почв от их относительного возраста.

чий могут быть соотнесены с началом его позднего голоценового этапа лишь условно, как оценки относительного возраста почв.

График зависимости мощности гумусового горизонта почв степной зоны от их относительного возраста, построенный на основе 56 эмпирических данных по почвам на датированных поверхностях Керченского полуострова [6] с дополнением массива данными по территории Равнинно-степного Крыма, представлен на рис. 2. Нам не удалось выявить достоверных различий по мощности гумусовых горизонтов между почвами, формирующимися 2600 последних лет в зонах распространения черноземов южных и темно-каштановых почв.

В результате аппроксимации почвенно-хронологических данных, отражающих условия почвообразования на рыхлых материнских породах в степной части Крыма (рис. 2), зависимостью типа (1) получена модель изменения мощности гумусового горизонта (H_t , мм) во времени (t – относительный возраст почвы, годы)

$$H_t = 800(1 - 0.917e^{-0.00023t}). \quad (2)$$

Это позволяет уточнить оценки, полученные при изучении погребенных почв. В субатлантическом периоде мощность гумусового горизонта степных почв увеличивалась со скоростью 10 мм в 100 лет или оставалась постоянной [11]. По модели (2) средняя скорость формирования гумусового горизонта почв степной части Крыма, отражающая условия всего позднего голоцена (последние 2.8 тыс. лет), оценивается в 12.3 мм в 100 лет. При существенно нелинейном характере процесса $H_t = f(t)$ целесообразно определить критическую зону смены скоростей, в качестве которой

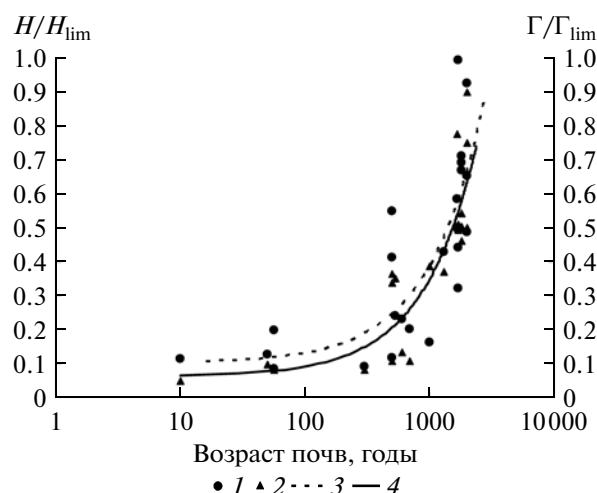


Рис. 3. Изменение запасов гумуса и мощности гумусового горизонта в почвах Крыма: 1 – фактические значения мощности гумусового горизонта, нормированные по его предельному значению (H/H_{lim}); 2 – фактические значения запасов гумуса, нормированные по его предельному значению (Γ/Γ_{lim}); 3 и 4 – соответствующие кривые аппроксимации.

может быть принят хроноинтервал 1100–1200 лет. В этой связи средняя скорость формирования гумусового горизонта степных почв до 1200 лет может быть оценена в 14.7 мм в 100 лет, а позже (1200–2500 лет) – в 11 мм в 100 лет.

Закономерному увеличению мощности гумусовых горизонтов новообразованных почв на протяжении 2800 лет почвообразования соответствовали сопряженные изменения количественных и качественных характеристик гумусового состояния.

Следует отметить, что культурные слои чаще всего содержали определенное количество привнесенного органического углерода, что несколько завышало результаты оценки проявления почвообразовательного процесса, правда, определенный разрыв между датирующими артефактами в культурном слое и временем начала почвообразования приводит к некоторому удревнению дат и занижению расчетных скоростей гумусонакопления. С другой стороны, известно, что исходное содержание органического вещества в материнских породах, не затронутых почвообразованием, также отлично от нуля: в мело-мергелях до 0.2%, в краснобурых глинах – 0.32%, в лёссовидных суглинках – 0.3–0.5%, в лёссах – до 0.65–0.75%.

Взаимосвязь процессов гумусонакопления и увеличения мощности гумусового горизонта в разновозрастных почвах отражает совмещенный график относительных величин мощности гумусового горизонта и запасов гумуса в нем (рис. 3). Величины предельных значений мощности гумусового горизонта и запасов гумуса, характеризую-

ших те или иные типы и подтипы почв, определены по ранее выполненным обобщениям морфологии и свойств почв Крыма [16, 19, 20].

Запасы гумуса в первые 2000 лет формирования гумусового горизонта почв увеличиваются от 50 до 300 т/га. Процесс гумусонакопления опережает процесс увеличения мощности гумусового горизонта, что особенно показательно для коричневых почв, нередко образующихся на плотных материнских породах. В целом развитие гумусового профиля исследованных почв характеризуется довольно быстрым достижением квазиравновесного состояния (по мощности гумусовых горизонтов, содержанию гумуса). Объяснением этому может служить высокая подвижность новообразованного органического вещества по профилю почвы в условиях интенсивного ее промачивания в периоды с низким испарением. Для условий Крыма характерен продолжительный безморозный период (170–270 дней) и значительное усвоение почвами атмосферных осадков (от 73 до 88% годовой суммы).

Период резкого уменьшения скоростей, как процесса формирования гумусового профиля, так и гумусонакопления, наблюдается после достижения почвами возраста 1100–1200 лет.

Высокая обогащенность гумуса азотом, характерная для начального этапа почвообразования, меняется при возрасте почв 10–30 веков на среднюю ($C : N$ составляет 8–10), а в полновозрастных почвах опять становится высокой (5.3). Доля водорастворимого гумуса от его общего содержания со временем снижается от 3 (в молодых почвах) до 1.8 (в полновозрастных почвах), причем, как правило, она больше в гор. АВ по сравнению с гор. А.

В полновозрастных черноземах степи коэффициент аккумуляции фосфора в верхнем гумусовом горизонте (отношение содержания валового P_2O_5 в слое 0–25 см к содержанию в слое 100–180 см) составляет 1.22. В первые 2000 лет почвообразования содержание подвижных фосфатов в аккумулятивном горизонте увеличивается в 4.5 раза, но затем снижается. Для почв, сформированных на таких материнских породах, где возможно профильное перераспределение фосфора за счет корневой системы растений, коэффициент аккумуляции подвижного фосфора в гор. А по отношению к нижним горизонтам со временем увеличивается, составляя в начальный период почвообразования 1.1–1.4, а в полноголоценовых почвах – 3.

Значительно окарбонатенные культурные слои археологических памятников в условиях мягкого крымского климата начинали подвергаться выщелачиванию уже в первые десятилетия после начала почвообразования. За период 1000–1500 лет в гумусовом профиле почв может быть

достигнута предельная степень выщелачивания от карбонатов. Исследованные почвы характеризуются щелочной реакцией почвенного раствора, причем возрастные различия этого показателя слабо выражены. Это объясняется геохимической спецификой ландшафтов, испытывающих постоянное воздействие щелочных ионов морских аэрозолей при исходной высокой щелочности почвообразующих пород.

Бурые горно-лесные почвы, которые развиваются на элювии коренных пород, имеют более низкие, чем у черноземов, скорости почвообразования: средняя скорость формирования гумусового горизонта в первые 700 лет оценивается в 11 мм за 100 лет.

Хотя площадь коричневых почв невелика, они занимают около 2% территории Крымского полуострова, область их формирования представляют собой интересный в научном отношении ареал средиземноморских ландшафтов на северной границе их распространения. Сформированные под влиянием климатического барьера, каким выступает Главная гряда (Яйла) с высотами до 1200–1500 м, эти почвы представлены на южном берегу Крыма. Процесс почвообразования в условиях субсредиземноморского климата напрямую связан со спецификой гидротермического режима, который формируется зимой, – влажного и относительно теплого. Летом замедление процесса минерализации способствует полимеризации и гумификации – консервации гумусовых веществ в почве. В результате коричневые горные щебнистые почвы на элювии и делювии коренных пород, формируемые под вечнозелеными ксерофитными лесами и кустарниками, характеризуются мощностью гумусированной толщи 70–80 см, значительным содержанием гумуса (7–10%, а в отдельных случаях 13%), большой карбонатностью по всему профилю. Но процесс формирования во времени этих уникальных свойств коричневых почв изучен слабо.

Особенно ценным для почвенно-хронологических исследований представляется памятник Харакс – укрепленное поселение на мысе Ай-Тодор, которое связано с римским гарнизоном I–IV в. н.э. По внешнему периметру городище огорожено двухпанцирной стеной из грубо отесанных известняковых глыб с забутовкой, принадлежавшей таврскому укреплению и вошедших в систему оборонительных сооружений римлян. На территории Харакса помимо внешней (“таврской”) оборонительной стены шириной 2.2–2.4 м сохранилась внутренняя стена, построенная римлянами из известняковых блоков. Так как в Крыму коричневые почвы формируются как на карбонатных, так и бескарбонатных породах, удачным оказалось, что обе эти ситуации отмечены на одном объекте исследования. Свойства коричневых

Таблица 3. Некоторые показатели коричневых почв 1600-летнего возраста на оборонительных стенах римской крепости Харакс

Показатель	Внутренняя стена			Внешняя (“таврская”) стена	
	горизонт и мощность, см				
	A', 0–5	A'', 5–16	AB, 16–31	A', 0–5	A'', 5–16
Цвет почвы (по шкале Манселла)					
сухой	10YR3/2	10YR3/2.5	10YR4/2	5YR3/2	5YR3/3
влажной	7.5YR3/1	7.5YR3/2	7.5YR3/2	7.5YR3/2	5YR3/2
Объемная масса, г/см ³	0.51	0.56	0.73	0.52	0.65
Гумус, %	8.5		8.4	8.7	8.3
Азот валовой, %	0.250		0.246	0.908	0.908
C : N	19.7		19.8	5.6	5.3
CaCO ₃ , %	27.07		21.14	0	0
Ca ²⁺ , мг/100 г	18.0		14.0	16.0	16.0

почв на элювии юрских известняков (внутренняя стена) и на насыпной глине (внешняя стена) представлены в табл. 3.

Как показано ранее [31] модель, описывающая процесс формирования мощности верхнего горизонта (AU) коричневых почв в результате увеличения относительного возраста почв, может быть представлена в виде:

$$H_t = 400(1 - 0.674e^{-0.00022t}), \quad (3)$$

$$R = 0.683.$$

В первые 2000 лет почвообразования формируется перегнойно аккумулятивный горизонт мощностью 21–25 см, который имеет коричневую или коричнево-серую окраску в верхнем слое и темно(красновато)-коричневую – ниже, зернистую порошистую структуру. Содержание органического вещества достигает 8.3–8.7%, а большим содержанием азота отличаются почвы, сформированные на бескарбонатной породе (глине).

На основе хронофункции, выраженной уравнением (3), установлено, что средняя скорость формирования гумусового горизонта коричневых щебнистых почв в первые 2000 лет почвообразования может быть оценена в 4.7 мм за 100 лет или около 0.6 т/га в год.

Золистые почвы и зольники, выделяемые в региональной классификации почв Крыма [22], образовались на месте старых поселений и занимают площадь 14.2 тыс. га. (Позже в национальной классификации почв [19] золистые почвы не отмечены, а зольники отнесены к выходам пород). Почвы, сформированные непосредственно на зольниках, имеют по прошествии 11–17 веков темно-серый аккумулятивный горизонт мощностью 21–28 см и светло-серый переходный. Реакция почвенного раствора в аккумулятивном гори-

зонте щелочная (pH = 8.2–8.8), а в исходном субстрате – сильнощелочная. Содержание гумуса в аккумулятивном горизонте достигает 6–7%, но не весь углерод имеет гумусовую природу. Содержание валового азота значительное – 0.40–0.49%, однако обогатенность гумуса азотом (в силу указанной причины) средняя: C : N составляет 8.2–8.8.

Климатическая обусловленность почвообразовательного процесса. При установлении связей в системе почва–климат важно учитывать нелинейный характер влияния показателей тепла и влаги на эффективность почвообразовательного процесса. Именно этой причиной часто можно объяснить невысокую результативность почвенно-климатических корреляций при использовании некоторых комплексных показателей, не говоря уже о более простых характеристиках тепло- и влагообеспеченности почвенно-географических зон. На наш взгляд, хорошими перспективами обладает дальнейшее развитие биоэнергетического подхода, предложенного В.Р. Волобуевым. Им [4] разработан способ оценки эффективности почвообразовательного процесса с помощью функции Q – годовой величины затрат радиационной энергии на почвообразование. После модернизации авторской записи [4], дополненной множителем перевода в систему СИ, формула вычисления величин Q в МДж/м² в год имеет следующий вид:

$$Q = 41.868 \left[R \cdot e^{-18.8 \frac{R^{0.73}}{P}} \right], \quad (4)$$

где R – радиационный баланс, ккал/см² в год, P – годовая сумма осадков, мм.

Известно, что глубина проявления почвообразовательного процесса во многом предопределе-

Таблица 4. Характеристика климатических районов Крыма (по многолетним наблюдениям)

Метеорологическая станция	Среднегодовая температура, градусы	Годовая сумма осадков, мм	Коэффициент увлажнения	Эффективные осадки, мм	Величина затрат радиационной энергии на почвообразование, МДж/м ² в год
Северо-западный: очень засушливый, умеренно жаркий с умеренно мягкой зимой					
Армянск	10.0	341	0.38	263	976
Западный степной причерноморский: очень засушливый, умеренно жаркий с мягкой зимой					
Черноморское	10.5	316	0.42	247	952
Евпатория	11.0	358	0.46	283	1062
Равнинно-степной: засушливый, умеренно жаркий с умеренно мягкой зимой					
Клепинино	10.0	466	0.55	338	1213
Джанкой	10.6	491	—	—	1127
Керченский: очень засушливый, умеренно жаркий с мягкой зимой					
Мысовое	11.0	329	0.44	247	791
Керчь	10.6	412	0.55	301	943
Западный предгорный: очень засушливый, умеренно жаркий с очень мягкой зимой					
Севастополь	12.0	395	0.42	292	953
Юго-западный предгорный: полусухой, теплый с очень мягкой зимой					
Почтовое	10.3	554	0.51	209	1151
Восточный предгорный: полусухой, теплый с мягкой зимой					
Симферополь	10.1	576	0.60	420	1195
Яйлинский: влажный, умеренно прохладный с умеренно холодной зимой					
Ай-Петри	5.7	1052	1.91	1052	961
Южный склон Главной гряды Крымских гор: влажный, умеренно теплый с мягкой зимой					
Данные оценочные [18]	15.4° (VII); –3.6° (I)	960	1.80	—	—
Южнобережный: субтропический средиземноморский: засушливый, жаркий с умеренно теплой зимой					
Ялта	13.0	635	0.62	558	1380
Алушта	12.3	427	0.46	349	1112
Юго-восточный: очень засушливый, жаркий с очень мягкой зимой					
Судак	11.9	318	0.33	238	865
Феодосия	11.7	376	0.40	287	1054

на особенностями внутригодовой смены гидро-термических условий — холодного периода зимне-весеннего, а в некоторых районах, в частности в горной части Крыма, и осеннего промачивания периодом летнего иссушения почвы. Так, предложенная недавно [21] дифференциация почв Украины по мощности профиля, то есть на уровне вида, установлена по количеству усвоенных почвами атмосферных осадков. В наших расчетах (табл. 4) эффективные осадки соответствуют годовой сумме осадков за исключением той суммы, которая выпадает в среднемноголетнем режиме в жаркий период (со среднесуточной температурой 20°C и больше). По данным табл. 4, к районам, где наиболее эффективно атмосферные осадки могут стимулировать процесс почвообразования, относятся предгорная лесостепь и западная часть юж-

нобережного субсредиземноморья (до 82–88% от годовой суммы осадков).

Более детально пространственные закономерности дифференциации условий почвообразования можно выявить по распределению величин энергетических затрат на почвообразование на территории Крымского полуострова (рис. 4).

Автоматизированный подсчет площадей между смежными изолиниями в пределах установленных восьми градаций позволил рассчитать средневзвешенное значение величины энергетических затрат на почвообразование для Крымского полуострова. Оно составило 1056 МДж/м² в год при размахе величин от 800 до 1500. На карте четко выделяется субмеридиональный градиент изменения потенциала энергетических затрат на почвообразование: от Перекопского перешейка

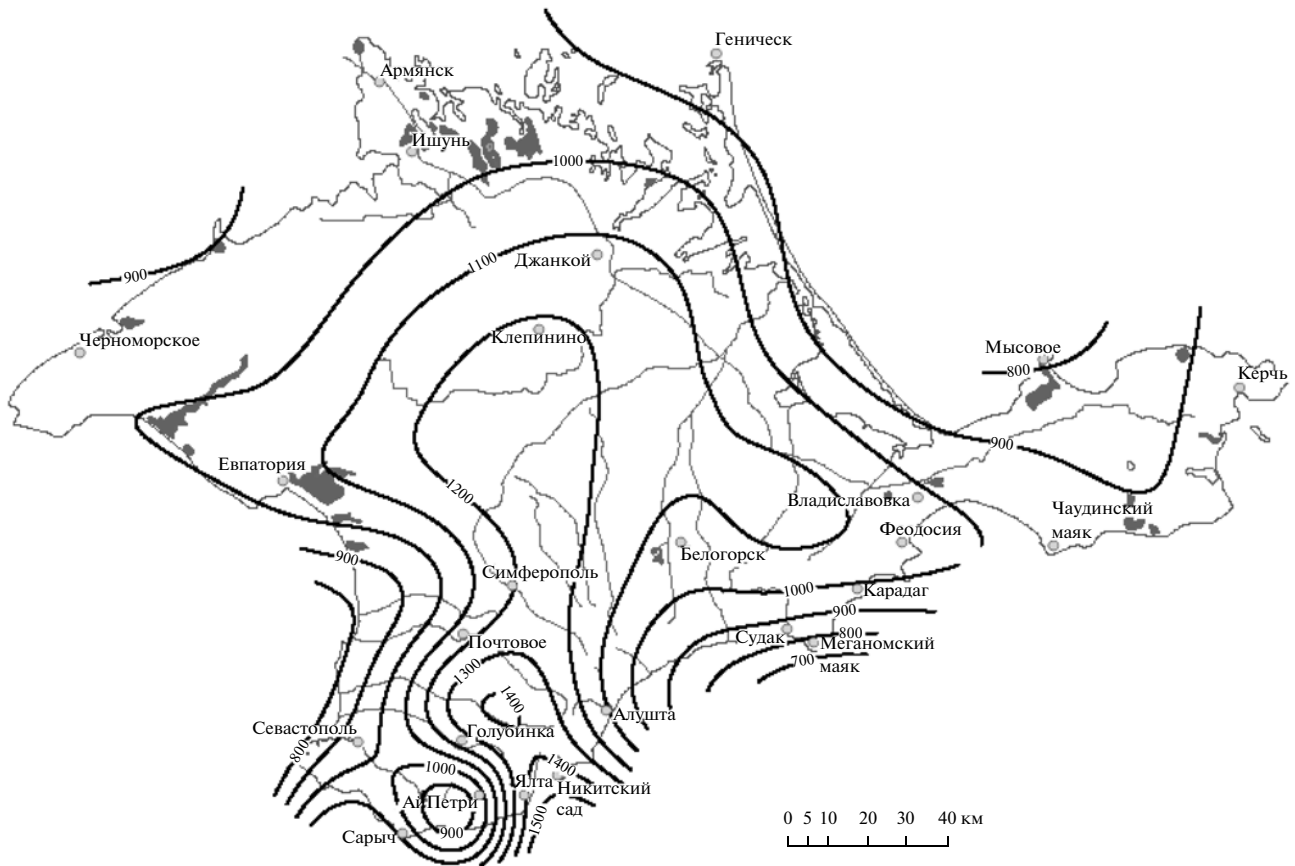


Рис. 4. Территориальное распределение энергитических затрат на почвообразование. Наибольшую долю площади (30, 29%) занимают почвы, где величина Q составляет 900–1000 МДж/м² в год, со значениями Q 1000–1100 – 26.59; 1100–1200 – 21.04; 1200–1300 – 11.32, 800–900 – 7.74; 1300–1400 – 2.41; 1400–1500 – 0.44.

до предгорий Крымских гор величина Q увеличивается от 970 до 1300 МДж/м² в год. Наибольшим энергитическим потенциалом для формирования почв обладает югобережный субтропический район, а также юго-западный и восточный предгорные районы, наименьшим – Керченский, северо-западный степной и западный предгорный.

В дискуссии с украинскими почвоведом [26] было замечено, что черноземы степного Крыма по своим свойствам близки к черноземам умеренно континентальной фации, за исключением узкой полосы с повышенной гумидностью в предгорьях Крымских гор, где формируются черноземы, соответствующие параметрам теплой южноевропейской фации. По результатам крупномасштабного картографирования почв [22] к югу от Симферополя выделяется ареал черноземов предгорных, к которым отнесены черноземы карбонатные и выщелоченные, они на карте ФАО-ЮНЕСКО генерализованы в Luvic Chernozems [28]. Этой предгорной полосе соответствуют величины энергитических затрат на почвообразование от 1100 до 1300 МДж/м² в год.

В позднеголоценовой истории развития климата, почв и ландшафтов Крыма трудно выделить качественно различные этапы эволюционной размерности. Результаты споро-пыльцевого анализа [27] показали, что в Крыму более благоприятные климатические условия (по сравнению с более сухим этапом между 4.2 и 3.5 тыс. лет назад) стали складываться после 3200 лет. В позднем голоцене установлено четыре этапа короткопериодических (вековых) изменений климата и биоты [1]. Применительно к условиям Украины [3] в пределах последних 2800 лет выделяют пять палеоэтапов (помимо последнего столетия), причем для трех из них характерно снижение среднегодовой температуры до 1.5–2.0°C.

Как показано ранее [12], с длительностью максимумов солнечной активности (150–250 лет), а их в позднем голоцене выделяется три (750, 1700 и 1970 лет назад), синхронизируются палеоклиматические этапы, которые находят свое отражение в ритмах почвообразовательного процесса. Анализ изменений климата Европы за последние 1000–1500 лет [13] показал, что в спектрах различных индикаторов (исторических, гидрологи-

ческих, дендрохронологических, инструментальных), хотя и выявляется преимущественная периодичность (с порядком периодов 50–100 лет), но со статистической значимостью какой-то преобладающий период колебаний климата установить не удается.

Нет оснований полагать, что климат в позднем голоцене был менее изменчивый в межгодовом режиме по сравнению с инструментальным периодом. Об амплитуде отмеченных пяти палеоэтапов позднего голоцена, по-видимому, можно судить по особенностям хроноорганизации климатической системы за период вековой длительности, которую обеспечивают ряды метеопараметров инструментального периода наблюдений.

Следует учитывать, что опубликованные метеорологические данные, использованные нами для построения карты на рис. 4, охватывают период усреднения со второй половины XIX в. по 80-е гг. XX в. Таким образом, фоновые характеристики условий тепло- и влагообеспеченности и, следовательно, рассчитанные по ним значения Q , строго говоря, отражают условия периода инструментальных наблюдений. Однако по ним можно объяснить не только координацию почвенно-географических зон в определенных границах, но и динамические характеристики их функционирования во времени.

По результатам наблюдений на метеостанции Генчешек (данные сайта NASA: <http://data.giss.nasa.gov>) диапазон варьирования величин среднегодовых температур на протяжении 101 года (с 1884 г.) находится в пределах от 8.36 до 12.52°C. Во временном ряду степень варьирования среднегодовых температур незначительная: коэффициент вариации составил 8.2%. Иные особенности характерны для межгодовой изменчивости атмосферных осадков. Так, использованные для примера данные по метеостанции Одесса (длина ряда с 1856 г. составляет 96 лет) показали, что по коэффициенту вариации, равному 26.6%, степень варьирования годовых сумм осадков значительная при диапазоне их значений от 192 до 662 мм. Существенное воздействие на почвообразование, а особенно на формирование гумусового горизонта степных почв, способны оказать отдельные годы с экстремальными условиями промачивания почвенно-грунтовой толщи. Как показало обобщение многолетних данных метеорологических станций, расположенных в степной и горной части Крымского полуострова [16], максимальное количество осадков холодного периода года превышает среднее значение в 3 раза, а минимальное — в 7 раз.

Часто временные ряды распределения тепла и влаги трудно синхронизировать по их влиянию на почвы и ландшафты: не всегда более увлажненные периоды холоднее, а теплые периоды суше.

Применяя энергетический подход, можно указанные изменения преобразовать в расчетные значения величин Q и, получить оценку временной изменчивости энергетических затрат на почвообразование (МДж/м² в год) для одного пункта наблюдения: при норме осадков и внутривековом колебании температур диапазон величин Q составляет 802–860 МДж/м² в год, при норме годовой температуры и внутривековой изменчивости осадков диапазон величин Q расширяется от 378 до 1300 МДж/м² в год. В области средних и максимальных значений они сопоставимы с размахом величин при их пространственном распределении на равнинной территории Крымского полуострова: от 790 до 1434 МДж/м² в год.

Однако надо полагать, что экстремальные климатические события отдельных лет не могут оставить свидетельств, способных отразиться в памяти почв по прошествии сотен лет. Устойчивые периоды внутривековых циклов изменения условий тепло- и влагообеспеченности, выраженные с помощью интегральных кривых отклонений от среднегодовых значений, показаны на рис. 5. Закономерности, выявленные таким способом, могут определить ритмику продолжительно реализуемых режимов функционирования почвенной системы.

Среднегодовая температура воздуха при высокочастотных колебаниях довольно определенно снижалась с 80-х гг. XIX в. до середины 60-х гг. XX в., причем на протяжении периода с 1898 по 1965 гг. формировался относительный внутривековой минимум. В распределении годовых сумм осадков можно выделить внутривековой минимум в период с 1927 по 1965 гг., когда среднегодовое количество осадков было меньше, чем в предшествующее и последующее время, на 4 мм. В последующем климат стал меняться в сторону потепления и большего увлажнения.

Таким образом, по результатам анализа векового распределения метеорологических параметров можно сделать предположение, что на протяжении позднего голоцена внутривековые колебания энергетического потенциала почвообразования находились в пределах ± 2 МДж/м² в год или не более 1% от нормы, характеризующей весь этот период голоценовой истории развития степных почв. Поэтому показатели динамики с такими амплитудами, как представлены на рис. 5, не могут привести к эволюционным изменениям.

Возникает вопрос, каковы должны быть величины климатических параметров, способные придать почвам изменения эволюционной размерности? Ответ можно получить, используя расчетный метод оценки потенциальных возможностей региональной климатической системы. По данным рис. 6 амплитуда внутривековых колебаний среднегодовых температур достигает 2°C, а

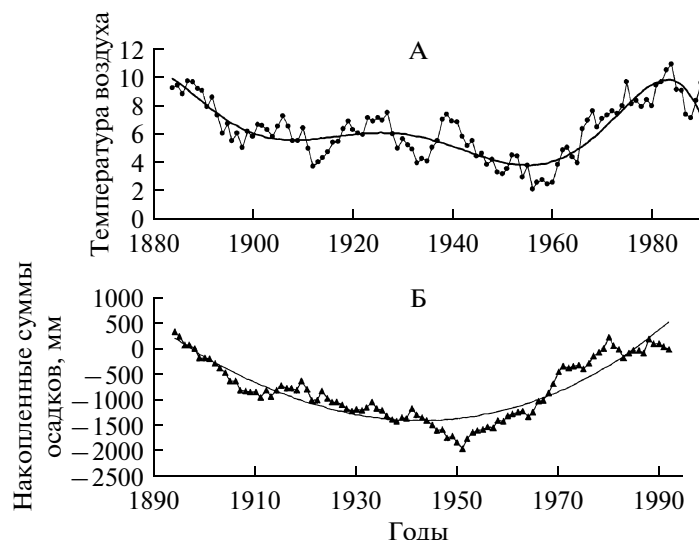


Рис. 5. Интегральные суммы отклонений от нормы среднегодовых температур воздуха (по данным метеостанции Генническ) (А) и интегральные суммы отклонений от нормы годовых сумм атмосферных осадков (по данным метеостанции Одесса) (Б).

сумм осадков — до 18%. Это эквивалентно отклонению потенциала энергетических затрат на почвообразование от нормы до 180 МДж/м² в год. При устойчивых изменениях климата такого порядка, то есть в размерности межвековых колебаний, на равнинной территории Крымского полуострова была потенциальная возможность пульсирующей миграции почвенно-географических подзон на 43–52 км. Правомочность этой оценки усиливает подход, основанный на эргодичности, как пространственно-временного компенсационного явления, допускающего возможность проводить замены оценок во времени оценками в пространстве и наоборот. Поэтому для условий Крымского полуострова, где ширина распространения ареалов черноземов южных находится в пределах 20 км, черноземов предгорий — 30–35 км, темно-каштановых почв — 40 км, возможность трансформирующей эволюции почв на протяжении всего голоцена может быть признана достаточно обоснованно.

Графическое представление процесса саморазвития почвенного профиля показывает, что этот процесс детерминирован, прежде всего, возрастом почв. Однако разброс эмпирических данных определяется также различиями в гранулометрии и минералогии почвообразующих пород, а также внутризональными климатическими особенностями. Если использовать объединенный для Крыма массив почвенно-хронологических данных, то климатически обусловленные различия будут более существенными.

Для оценки изменения потенциальной скорости формирования гумусового горизонта почв (H) под влиянием установленных межвековых

колебаний климата использована зависимость предельной мощности H от энергетических затрат на почвообразование, полученная по максимально возможному диапазону варьирования обеих переменных на территории Восточно-Европейской равнины ($N = 215$). Зависимость предельной мощности гумусового горизонта почв (H_{lim} , мм) от годовой величины затрат радиационной энергии на почвообразование можно выразить через уравнение вида:

$$H_{lim} = 10.85 \cdot g \cdot e^{0.0044Q}, \quad (5)$$

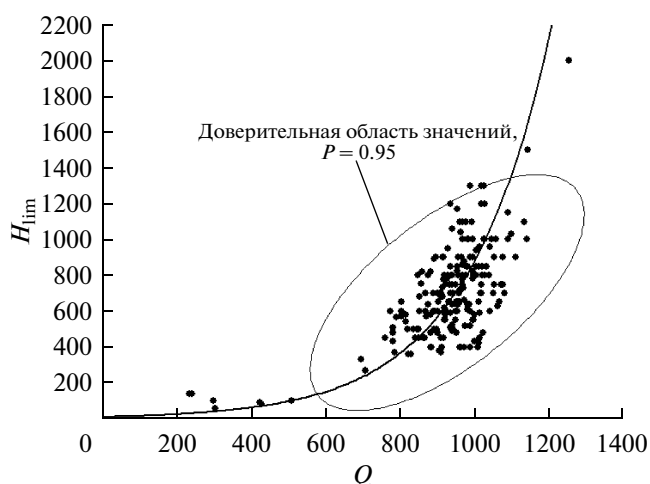


Рис. 6. Зависимость предельной мощности гумусового горизонта почв (H_{lim} , мм) от годовой величины затрат радиационной энергии на почвообразование (Q , МДж/м² в год).

где Q – энергетические затраты на почвообразование (МДж/м² в год); g – функция, отражающая влияние гранулометрического состава почвообразующих пород через содержание физической глины (для среднесуглинистых почв g равно 1).

Тогда общая зависимость, отражающая влияние климата и возраста почвы определенного гранулометрического состава, может быть выражена, используя (уравнения (1) и (5)), следующим образом

$$H_t = 10.85 \cdot g \cdot e^{0.0044Q} (1 - k \cdot e^{-\lambda t}). \quad (6)$$

Для почв степной части Крыма потенциальные скорости формирования гумусового горизонта на средне- и тяжелосуглинистых почвообразующих породах под влиянием установленных межвековых ритмов региональной климатической системы (± 180 МДж/м² в год) в голоцене могли колебаться от 5.1 до 24.6 мм/100 лет, то есть снижаться в неблагоприятные климатические эпохи до 2.35 раз и увеличиваться в периоды более благоприятного климата до 2 раз по сравнению с условиями позднего голоцена.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные типы почв на территории Крымского полуострова по средней скорости формирования гумусового горизонта можно расположить в следующий убывающий ряд: черноземы южные и темно-каштановые почвы – бурые горно-лесные почвы – коричневые щебнистые почвы. На протяжении позднего голоцена в новообразованных почвах процесс гумусонакопления опережал процесс увеличения мощности гумусового горизонта. Период резкого уменьшения скоростей процессов формирования почвенного профиля и гумусообразования наблюдается при возрасте почв 1100–1200 лет.

Территориальное распределение величин энергетических затрат на почвообразование позволило определить обусловленность закономерностей географии почв на Крымском полуострове климатическими условиями инструментального периода. Смену почв с севера на юг в пределах равнинной части полуострова обуславливает увеличение энергетических затрат на почвообразование от 970 до 1300 МДж/м² в год. Наибольший энергетический потенциал для формирования почв имеет южнобережный субтропический район, а также юго-западный и восточный предгорные районы, наименьший – Керченский, северо-западный степной и западный предгорный.

Вероятный размах межвековых колебаний региональной климатической системы (± 180 МДж/м² в год) определял возможность пульсирующей миграции почвенно-географических подзон в пределах голоцена на 43–52 км. Потенциальные скорости формирования гумусового горизонта почв

степной части Крыма под влиянием межвековых ритмов могли уменьшаться в неблагоприятные климатические эпохи голоцена в 2.35 раз и увеличиваться в периоды более благоприятного климата до 2 раз по сравнению с условиями позднего голоцена.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александровский А.Л., Александровская Е.И. Эволюция почв и географическая среда. М.: Наука, 2005. 223 с.
2. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Почвы Юга России. Ростов-на-Дону: Эверест, 2008. 276 с.
3. Веклич М.Ф. Проблемы палеоклиматологии. Киев: Наукова думка, 1982. 190 с.
4. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. М.: Наука, 1974. 126 с.
5. Геннадиев А.Н. Почвы и время: модели развития. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990. 229 с.
6. Голусов П.В., Лисецкий Ф.Н., Чепелев О.А. Развитие почв степной зоны (по результатам исследований разновозрастных поверхностей на территории Боспора) // Боспорские чтения. Вып. VII. Боспор Киммерийский и варварский мир в период античности и средневековья. Сб. мат-лов конф. Керчь, 2006. С. 79–84.
7. Демкин В.А. Палеопочвоведение и археология: интеграция в изучении истории природы и общества. Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1997. 213 с.
8. Ена В.Г., Ена Ал.В., Ена Ан.В. Заповедные ландшафты Тавриды. Симферополь: Бизнес-Информ, 2004. 424 с.
9. Зинько В.Н. Хора боспорского города Нимфея. Боспорские исследования. Вып. IV. Симферополь–Керчь, 2003. 320 с.
10. Иванов В.Н. Почвы Крыма и повышение их плодородия. Симферополь: Крым, 1966. 148 с.
11. Иванов И.В. Эволюция почв степной зоны в голоцене. М.: Наука, 1992. 144 с.
12. Иванов И.В., Лисецкий Ф.Н. Связь ритмов почвообразования с периодичностью солнечной активности за последние 5 тысяч лет // Докл. АН. 1994. Т. 334. № 2. С. 230–233.
13. Кислов А.В. Климат в прошлом, настоящем и будущем. М.: МАИК “Наука/Интерпериодика”, 2001. 351 с.
14. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
15. Климат и опасные метеорологические явления Крыма / Под ред. К.Т. Логвинова. Л.: Гидрометеоиздат, 1982. С. 28.
16. Кочкин М.А. Почвы, леса и климат Горного Крыма и пути их рационального использования // Никит. бот. сад. Научн. тр. Т. 38. М.: Колос, 1967. 260 с.
17. Масленников А.А. Древние земляные погранично-оборонительные сооружения Восточного Крыма. Тула: Гриф и К, 2003. 280 с.
18. Подгородецкий П.Д. Крым: Природа: Справ. изд. Симферополь: Таврия. 1988. 192 с.

19. Полевой определитель почв. Киев: Урожай, 1981. 320 с.
20. *Половицкий И.Я., Гусев П.Г.* Почвы Крыма и повышение их плодородия. Симферополь: Таврия, 1987. 152 с.
21. *Полупан М.И., Соловей В.Б., Кисіль В.І., Величко В.А.* Визначник еколого-генетичного статусу та родючості ґрунтів України. Київ: Колообіг, 2005. 304 с.
22. Почвы Крымской области. Симферополь: Крым, 1969. 88 с.
23. *Природа Украинской ССР.* Ландшафты и физико-географическое районирование. Киев: Наукова думка, 1985. 224 с.
24. Справочник по климату СССР. Л.: Гидрометеоздат, 1967. Вып. 10. Ч. 1–4. 700 с.
25. *Таргульян В.О.* Память почв: формирование, носители, пространственно-временное разнообразие // Память почв: Почва как память биосферно-геосферно-антропосферных взаимодействий. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. С. 24–57.
26. *Фридланд В.М., Лебедева И.И.* О классификации и районировании черноземов Украины в соотношении с общесоюзными схемами // Черноземы СССР (Украина). М.: Колос, 1981. С. 240–249.
27. *Cordova C.E., Lehman P.H.* Holocene environmental change in southwestern Crimea (Ukraine) in pollen and soil records // *The Holocene*. 2005. Vol. 15. № 2. P. 263–277.
28. FAO-UNESCO Soil Map of the World. 1 : 5000000. 1974–1978, 2003 // *Digital Soil Map of the World and Derived Soil Properties* (<http://www.fao.org/AG/AGL/agll/dsmw.stm>).
29. *Goleusov P.V., Lisetskii F.N.* Soil development in anthropogenically disturbed forest-steppe landscapes // *Eurasian Soil Science*. 2008. V. 41. № 13. P. 1480–1486.
30. *Harden J.W., Taylor E.M.* A quantitative comparison of soil development in four climatic regimes // *Quaternary Research*. 1983. V. 20. № 3. P. 342–359.
31. *Lisetskii F.N., Ergina E.I.* Soil formation in the Mediterranean type of climate, South Cost of the Crimea // *Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва. Сер. Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство*. 2008. №. 2. С. 58–62.