

Лисецкий Ф.Н., Буряк Ж.А., Зеленская Е.Я.
Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, г. Белгород, Российская Федерация

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ПОЧВЕННО-ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ХРОНОЛОГИИ

Метод почвенно-генетической хронологии (или педохронологический метод) – это метод датирования антропогенных земляных или каменных сооружений, основанный на математической зависимости необратимых генетических почвенных свойств (мощности почвенных горизонтов, запасов гумуса и др.) от времени. Эта зависимость должна быть адаптирована для почвенно-климатических регионов со своими специфическими условиями почвообразования. С этой целью необходимо проведение геоархеологических исследований на памятниках в широком хронологическом диапазоне, что позволит разработать надежные хронофункции изменения необратимых генетических почвенных свойств от времени. В результате удастся решить обратную задачу – датировать почвы, сформированные на антропогенных сооружениях.

По результатам геоархеологических исследований в 2011–2017 гг. на территории Крымского п-ова [1] проведена региональная адаптация почвенно-хронологического метода датирования. Используя весь массив педохронологических данных, получена хронофункция формирования гумусового горизонта почв в условиях Крыма:

$$H = 800 \cdot (1 - 0,913 \cdot e^{-0,000234 t}), r = 0,98, \quad (1)$$

где H – фактическая мощность гумусового горизонта (A+AB), мм; t – длительность почвообразования, лет; e – основание натурального логарифма.

Модель (1) позволяет получить расчетный способ датирования поверхностей археологических памятников региона (поселений, курганов, валов и др.). В общем виде, хронофункцию экспоненциального типа (1) можно преобразовать в выражение для почвенно-хронологического датирования поверхностей археологических памятников, расположенных в автоморфных условиях (при отсутствии выноса или привноса материала):

$$t = -\frac{\ln(1 - H / H_{\text{lim}}) - \ln(a)}{\lambda} = -\frac{\ln\left(1,09529 - \frac{H}{730,4}\right)}{0,000234}, \quad (2)$$

где H – фактическая (замеряемая в полевых условиях) мощность гумусового горизонта, мм; H_{lim} – предельная ее мощность; a и λ – эмпирические коэффициенты, которые для условий Крыма учтены в правой части уравнения (2).

Так как время почвообразования (возраст почвы) является важным, но

не единственным фактором почвообразования, то в зависимости мощности гумусового горизонта от времени могут быть внесены поправки, связанные с конкретными условиями, особенно в случае их отклонения от обычных условий (когда наблюдаются своеобразные условия рельефа, материнской породы, типа растительности и др.). Так, для датировки почв на памятниках в условиях лесостепи были определены три основных сценария развития почв и соответствующие им три варианта моделей [2]. С целью определения оптимального вида модели, предназначенной для датировки почв, предложено проводить диагностику условий почвообразования в два этапа: 1) в полевых условиях; 2) после проведения лабораторных анализов по установлению типа субстрата, свойств почв и т.д. На полевом этапе следует определить экспертно (на качественном уровне) один из трех реализуемых сценариев развития почв [2]:

1) благоприятные условия почвообразования (профиль почвы хорошо развит, материнская порода легкого гранулометрического состава (лессовидный суглинок, супесь, элювий карбонатных пород), у нижней границы гумусового горизонта переход резкий (с колебаниями по ширине до 25–30 мм), на почве произрастают фоновые растительные сообщества);

2) средние условия (профиль почвы хорошо выражен, нижняя граница переходного горизонта АВ варьирует незначительно, переход к породе ясный (с колебаниями по ширине до 50 мм), почвообразование происходит в ксеромезофитных условиях обитания растений (доминирование злаков);

3) неблагоприятные условия (материнская порода – плотные суглинки, глины, глинистый элювий), почва сильно уплотнена или, наоборот, очень рыхлая, нижняя граница гумусового горизонта неровная (языковатая, затечная), имеются признаки более поздних нарушений, растительность угнетена, например, в результате сильной пастбищной нагрузки или регулярных палов.

Следует отметить, что после региональной калибровки модели уравнения (1, 2) описывают период почвообразования $n \cdot 100$ и $n \cdot 1000$ лет, поэтому получить оценки возраста почв, находящихся на начальном этапе почвообразования, по этим уравнениям нельзя. Ориентировочно можно принять минимальную «датируемую» мощность гумусового горизонта для благоприятных условий почвообразования в 23 см, для средних – 15 см и для неблагоприятных – 9 см. Указанная особенность почвенно-хронологического метода датирования ограничивает возможности его использования для исторических памятников с датами позже XVIII в. При использовании метода для объектов с возрастом 3600–3700 лет и старше точность датирования резко снижается.

Хотя точность датировки почв на поверхности археологических объектов в значительной степени определяют особенности условий почвообразования, однако в целом точность данного метода сопоставима с археологическим методом датировки. Так как природное варьирование

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В
ИЗУЧЕНИИ ИСТОРИИ, КУЛЬТУРЫ И ЭКОНОМИКИ КРЫМА**

мощности гумусового горизонта (общую мощность горизонтов А и АВ, обозначим буквой «Н») отмечается даже в условиях ровных поверхностей (в руководствах по описанию почв допускается погрешность измерения границ почвенных горизонтов в 3–5 см), то это оказывает существенное влияние на точность результатов при использовании почвенно-хронологического метода датировки. Статистически обоснованную выборку значений Н можно обеспечить при описании новообразованной почвы в стратиграфической траншее, обычно шириной не менее 2–3 м, проведя большое количество замеров Н (более 30). В итоге получается некоторый размах датировок, соответствующий диапазону ошибки определения среднего значения Н, определяемому доверительным интервалом ($N \pm t_{05} S_x$). В среднем погрешность метода можно оценить в ± 100 лет [3]. При прочих равных условиях более точная датировка возможна для условий почвообразования на рыхлом субстрате (лессовидный суглинок, супесь, элювий карбонатных пород с хрящом и гравием (от 2(3) до 20 мм)) по сравнению с ситуацией, когда представлены породы с высокой плотностью сложения (тяжелые суглинки и глины, глинистый элювий). Поэтому из-за того, что почвы на археологических памятниках часто имеют различную (как высокую, так и низкую) степень уплотнения гумусового горизонта, иногда необходимо для средних значений Н вводить поправку на равновесную плотность сложения (для гумусовых горизонтов суглинистых почв черноземного ряда – 1,15 – 1,20 г/см³).

Для экспресс-определения возраста почв (к примеру, в полевых условиях) можно воспользоваться номограммой (рис. 1).

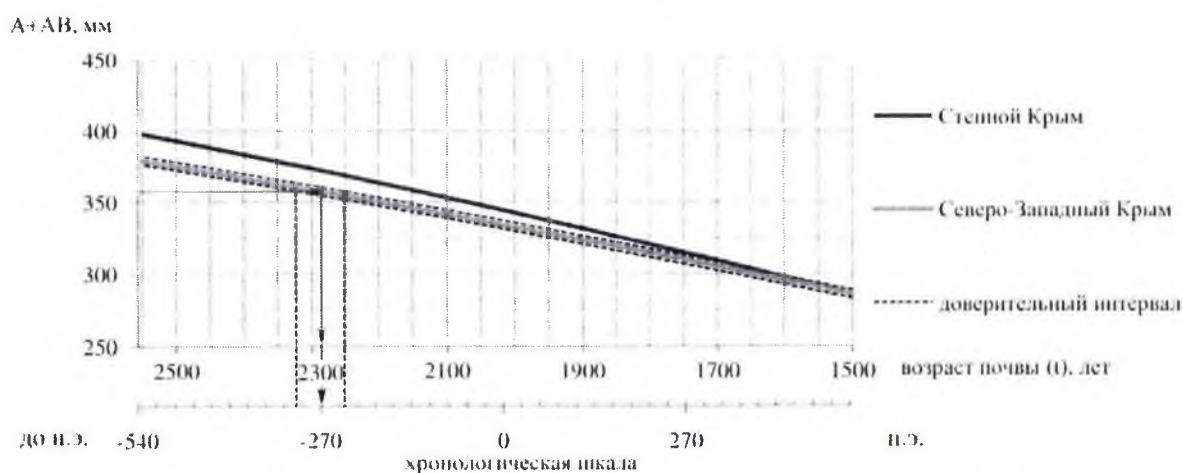


Рис. 1. Пример использования номограммы для определения возраста почв Крыма по мощности гумусированной части их профиля (А+АВ)

На рис. показан контрольный пример датировки новообразованной почвы на археологическом памятнике Северо-Западного Крыма по мощности гумусового горизонта (А+АВ, мм) ко времени определения в

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В
ИЗУЧЕНИИ ИСТОРИИ, КУЛЬТУРЫ И ЭКОНОМИКИ КРЫМА**

полевых условиях – 2017 год [4]. Если была установлена средняя мощность гумусового горизонта 356 мм, то расчетный возраст почвы, фиксирующий окончание жизнедеятельности на памятнике, можно связать с событиями, приходящимися на время около 270 г. до н. э. Доверительный интервал определен по отклонениям мощности почвенных горизонтов на 26 археологических памятниках (при вероятности $P=0,95$) и составляет ± 3 мм, что соответствует погрешности в датировке ± 35 лет.

Объективно существующее варьирование мощности гумусового горизонта на археологических памятниках не может обеспечить достоверность датировок лучше, чем ± 52 лет при $\alpha=0,05$, чем ± 68 лет при $\alpha=0,01$, чем ± 87 лет при $\alpha=0,001$ (то есть при 95, 99 и 99,9%-ных уровнях вероятности). Использование расчетного почвенно-археологического метода датирования, основанного на формуле (2), позволяет получить наиболее достоверные результаты для датировки археологических объектов, возраст которых укладывается в диапазон от 300 до 2500 лет [3]. Этот метод при корректном использовании по точности может даже превосходить более сложные методы, например, радиоуглеродного датирования. Это связано с тем, что морфологическое строение почв – это всегда вновь приобретенный признак, а функциональные признаки (в том числе, содержание и возраст органического вещества) могут быть унаследованы от почвообразующей породы (особенно, если мы имеем дело с гетерогенными культурными слоями).

Верификацию педохронологического метода проводили на двух опорных античных поселениях – Панское I и Кельшейх I. По археологическим данным [5], окончание жизнедеятельности на этих поселениях датируется около 270 г. до н. э. По двум выборкам данных измерения мощности гумусового горизонта на археологических памятниках ($n=26$) установлено, что различия почв незначительны: $\bar{H} \pm t_{0,5} S_x = 358(355 \div 360)$ и $356(352 \div 360)$ мм соответственно. Используя формулу (2), по калиброванной кривой для Тарханкутского п-ова получаем датировку 2269–2293 лет, т. е. 260–280 лет до н. э.

Надежность датировки археологического объекта по мощности новообразованной на нем почвы может быть повышена за счет привлечения данных по другим почвенным свойствам. В качестве наиболее информативных можно назвать: запас органического вещества (гумуса) в гумусовом горизонте, степень выщелачивания от карбонатов (положение линии «вскипания» от 10%-ного раствора соляной кислоты) и (или) их распределение по профилю почвы, степень «зрелости» органического вещества (соотношение гуминовых и фульвокислот, отношение содержания углерода к содержанию азота C:N), степень развития почвенной структуры, перераспределение глинистых частиц по профилю и др.

Таким образом, разработанный метод почвенно-генетической

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ИЗУЧЕНИИ ИСТОРИИ, КУЛЬТУРЫ И ЭКОНОМИКИ КРЫМА

хронологии – это новый метод датирования антропогенных сооружений, основанный на математической зависимости необратимых генетических почвенных свойств от времени, определяет востребованность почвоведения для атрибуции объектов культурного наследия. Метод имеет свои области применения и при корректном использовании он может повысить эффективность междисциплинарных (естественнонаучных и археологических) исследований антропогенных ландшафтов прошлого. Особенный интерес для археологии представляет педохронологический метод в тех случаях, когда земляные насыпи в комплексах (оборонительные, межевые и гидротехнические валы, валы-ограды) не содержат артефактов, а подкурганые погребения безинвентарны. Условием для успешного и более широкого применения метода почвенно-генетической хронологии является необходимость развертывания геоархеологических исследований в регионах со сравнительно однородными почвенно-климатическими условиями, как это нами выполнено в Крыму, получение методически согласованных педохронологических данных в объеме, который позволяет их обрабатывать методами статистики, калибровки по этим данным хронофункций изменения почвенных свойств во времени и верификации расчетной формулы датирования почв. Апробация разработанного метода датирования проведена для отдельных почвенно-климатических районов Крыма (степного, предгорного и Южного берега), что подтвердило универсальность подхода, использующего результаты изучения археологических памятников различных эпох и закономерности развития почв во времени, которые представлены в виде хронофункций.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект «Геоархеология памятников и древнеземледельческих ландшафтов Крыма» № 15-31-10136.

Литература

1. Геоархеологические исследования исторических ландшафтов Крыма: [моногр.] / Лисецкий Ф.Н., Маринина О.А., Буряк Ж.А. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2017.
2. Голушов П.В., Лисецкий Ф.Н. Воспроизводство почв в антропогенно нарушенных ландшафтах лесостепи. – М.: ГЕОС, 2009. 210 с.
3. Лисецкий Ф.Н., Столба В.Ф., Голушов П.В. Моделирование развития черноземов в зоне степи и разработка метода почвенно-генетической хронологии // Почвоведение. – 2016. – № 8. – С. 918-931.
4. Смекалова Т.Н., Кутайсов В.А. Археологический атлас Северо-Западного Крыма. Эпоха поздней бронзы. Ранний железный век. Античность. (Серия «Археологические атласы Северного Причерноморья». Том II). – СПб.: Издательство «Алтейя», 2017. 448 с.
5. Stolba V.F. La vie rural en Crimée antique: Panskoe et ses environs // Études de Lettres 2012. Vol. 1-2. P. 311-364.