

УДК 631.487:631.459

## СВЯЗЬ РИТМОВ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ С ПЕРИОДИЧНОСТЬЮ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 5 ТЫСЯЧ ЛЕТ

© 1994 г. И. В. Иванов, Ф. Н. Лисецкий

Представлено академиком Г.В. Добровольским 28.05.93 г.

Поступило 24.06.93 г.

Связь различных биосферных явлений с периодичностью солнечной активности выявлена и изучалась А.Л. Чижевским, М.С. Эйгенсоном и другими исследователями. Дж. Эдди [14] реконструировал ход солнечной активности за последние 5000 лет. В настоящее время в связи с накоплением фактических данных об эволюции степных почв появилась возможность рассмотреть связь ритмов почвообразования с периодичностью солнечной активности.

Материалы о погребенных почвах, полученные авторами, и опубликованные данные [4] позволили рассчитать величины скоростей изменения мощности гумусового горизонта ( $A_1+B_1$ ) черноземов южных и темно-каштановых почв (суммарно) преимущественно для интервалов в 100 лет на протяжении последних 5000 лет для территории Северного Причерноморья (юг Украины – Одесская, Херсонская, Николаевская, Днепропетровская области). Исследовано свыше 1000 разрезов на территории 200 памятников античности, железного и бронзового веков, энеолита (поселения, курганы, валы). Использовано 137 преимущественно археологических датировок почв. Погрешности датировок составляли для железного века в среднем  $\pm 25$  лет, для эпохи бронзы  $\pm 50 - 100$  лет [5].

Скорость изменения мощности гумусового горизонта во времени – один из интегральных показателей почвообразования, отражающий его интенсивность в соотношении с денудацией. Назовем его индексом почвообразования и обозначим  $I$ . Тогда

$$I = \frac{m_2 - m_1}{t_2 - t_1},$$

где  $m_1$  и  $m_2$  – мощность гумусового горизонта в хроноточках  $t_1$  и  $t_2$  соответственно. Величина  $I > 0$  означает, что скорость увеличения мощности гумусового горизонта вследствие биологического круговорота органического вещества (поступле-

ние в почвы опада наземных и подземных органов растений и его гумификация), проникновения гумуса на глубину с растворами, в результате биотурбаций, производимых почвенной мезофауной, засыпания гумусового материала по трещинам превышает скорость денудации, т.е. происходит рост почв вниз. Другими факторами увеличения мощности гумусового горизонта являются отложение на поверхности гумусированной эоловой пыли, а также увеличение его объема вследствие оструктурирования, увеличения пористости, которые вызывают рост почв вверх [10].

Величина  $I < 0$  означает, что скорость денудации (эрозия, дефляция) превышает скорость роста гумусового горизонта за счет перечисленных причин.

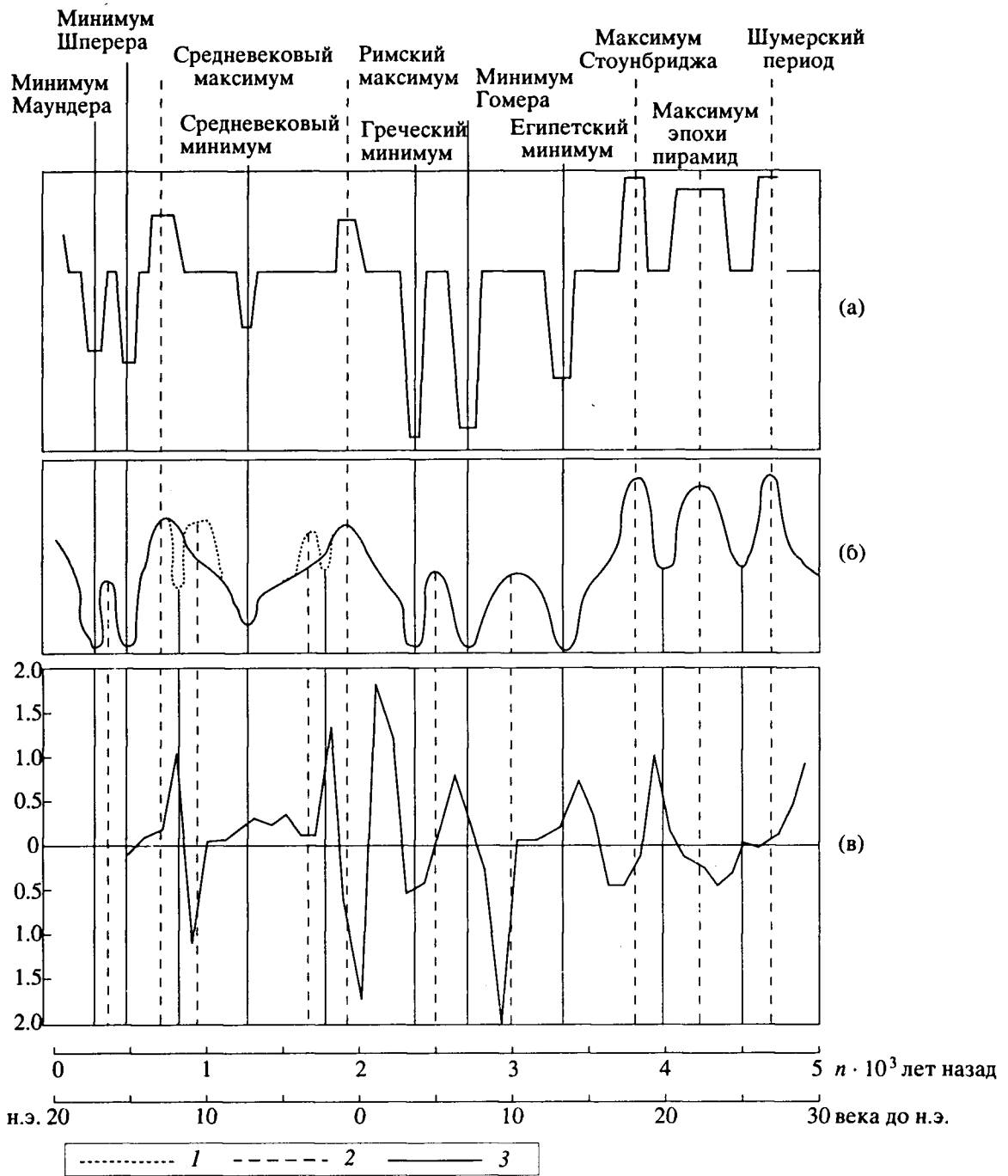
Для водно-эрозионных и дефляционных процессов характерны периоды активизации и затухания. Разрушение почвенного профиля часто определяется процессами редкой повторяемости. При усредненных расчетах величина разрушения равномерно перераспределяется по интервалам времени [15]. Имеются многочисленные сведения о величинах усредненной нормальной эрозии. Так, в США на хорошо закрепленных растительностью склонах (до  $35^\circ$ ) при годовом количестве осадков от 500 до 1200 мм средневзвешенное значение (307 годо-опытов) нормальной эрозии составило 0.5 т/га в год (0.05 мм/год) [15].

В лесостепи Европейской России за последние 40 лет максимальные значения годового модуля стока взвешенных наносов превышали минимальные в 23 - 72 раза [2]. Для юго-запада Восточно-Европейской равнины за последние 150 лет отмечено три ритма морфогенеза [11], для семиаридных областей за последние 5000 лет – четыре периода активизации дефляции: 1000 - 850 гг. до н.э., начало н.э. - 600 гг. н.э., 1000 - 1200 гг. н.э., 1400 г. н.э. по настоящее время [12].

Данные о ходе изменения величины индекса приведены на рис. 1в.

Для выяснения связей индекса почвообразования с астроклиматическими циклами использована схема реконструкции хода солнечной активности за последние 5000 лет Дж. Эдди [14] – рис. 1а, 1б.

*Институт почвоведения и фотосинтеза  
Российской Академии наук, Пушкино Московской обл.  
Одесский государственный университет,  
Республика Украина*



**Рис. 1.** Совмещенный график хода солнечной активности (по Дж. Эдди, 1978 г.) и изменения индекса почвообразования за последние 5000 лет: а – солнечная активность (содержание  $^{14}\text{C}$ ); б – солнечная активность (оглабающая числа солнечных пятен); в – значения индекса почвообразования, мм/год. 1 – гипотетические изменения солнечной активности по почвенно-эволюционным и другим данным; 2 – максимумы солнечной активности; 3 – минимумы солнечной активности.

Она основана на информации об изменении содержания  $^{14}\text{C}$  в годичных кольцах стволов реликтовых сосен и о необычных атмосферных явлениях, содержащейся в летописях и других исторических письменных источниках.

Дж. Эдди отмечает, что “изменение на Солнце – доминирующий фактор климатических изменений, длящихся от 60 до нескольких сотен

лет” [14, с. 329]. Установлено, что в годы максимума солнечных пятен наблюдается примерно в 2.5 раза больше засух, чем в годы пониженной солнечной активности [7]. Судя по схеме Эдди, длительность максимумов солнечной активности (150 - 250 лет) была вполне достаточной для отражения в морфологии почвенного профиля денудационного тренда развития почвенного покрова.

**Таблица 1.** Периодичность солнечной активности и изменения индекса почвообразования (*I*) на юге Восточно-Европейской равнины за последние 5000 лет

Солнечная активность, название, дата (лет назад)	Индекс <i>I</i> , дата (лет назад), значение ( $\pm$ мм/год)		
	максимум	минимум	средний уровень
<b>Максимумы</b>	<i>n</i> = 0	<i>n</i> = 6	<i>n</i> = 3
* (1-й) Средневековый, 750	–	–	750, +0.20
(Позднесарматский), 1700	–	–	1700, +0.20
Римский, 1970	–	2050, –1.75	–
Стоунбриджа, 3770	–	3700, –0.50	–
Эпохи пирамид, 4250	–	4300, –0.50	–
Шумерский, 4720	–	–	4650, –0.05
** (2-й средневековый), 1000	–	950, –1.15	–
(Геродота), 2550	–	2420, –0.50	–
(Позднебронзовый), 2800 - 3200	–	2950, –2.50	–
<b>Минимумы</b>	<i>n</i> = 7	<i>n</i> = 1	<i>n</i> = 2
* Маундера, 300	–	–	–
Шперера, 500	–	–	500, –0.15
(2-й) Средневековый, 1300	1350, +0.25	–	–
Греческий, 2350	–	2150, –0.50	–
Гомера, 2720	2650, +0.80	–	–
Египетский, 3720	3450, +0.70	–	–
** (1-й средневековый), 850	850, +1.00	–	–
(Позднесарматский), 1800	1800, +1.30	–	–
(Среднебронзовый), 3920	3950, +1.00	–	–
(Раннебронзовый), 4500	–	–	4500, +0.00
(Позднеатлантический), 5000	4900, +1.00	–	–
<b>Средний уровень</b>	<i>n</i> = 2	<i>n</i> = 0	<i>n</i> = 1
1100 - 1350	–	–	1100 - 1350, +0.10 - +0.30
2200	2200, +1.55	–	–
3500	3500, +0.50	–	–

Примечание. *N* = 22, *n* – число соотношений.

\* Максимумы и минимумы – значения выше и ниже среднего уровня (для *I*: > и < 0.20; среднее  $\pm 0.20$  мм/год).

\*\* Максимумы и минимумы относительные – значения среднего уровня, заключенные между соседними максимумами или минимумами. Названия без скобок даны Дж. Эдди [14], в скобках – авторами.

Корреляционный анализ дат экстремумов солнечной активности (максимумов и минимумов) с соответствующими датами экстремумов интенсивности почвообразования (минимумов и максимумов) (табл. 1) показал, что между этими событиями существует тесная связь (коэффициент корреляции составил:  $r \pm t_{0.5}S_r = 0.99 \pm \pm 0.10(0.89 - 1.00)$ ). Между минимальными и максимальными значениями индексов почвообразования и солнечной активности существует достоверная связь (коэффициент взаимной сопряженности  $K = 0.53$  при  $\chi^2 = 12.5$ ,  $\chi_{01}^2 = 9.5$ ,  $\chi_{05}^2 = 13.3$ ). Таким образом, впервые установлена обусловленность функционирования природной динамической сис-

темы почвообразование–процессы денудации астроклиматическими сверхвековыми циклами.

Хроноинтервал длительностью 1200 лет между средневековым и римским максимумами характеризовался повышенной напряженностью магнитного поля [1], наибольшими погрешностями радиоуглеродного метода и, следовательно, недостаточностью в схеме Эдди. Детерминированность индекса почвообразования солнечной ритмикой позволяет использовать ее для следующей корректировки схемы Эдди (рис. 1).

Средневековый максимум Эдди (750 лет назад) имел меньшую длительность. Второй средневековый максимум, предсказанный [13] для интервала VII - XI вв., локализован нами IX в.н.э. Этот

период известен климатическими аномалиями в Причерноморье, в частности полным замерзанием Черного моря в 762 г. [9]. Позднесарматский максимум, не отмеченный Эдди, был приурочен к максимуму напряженности магнитного поля [1] и к периоду с невысокой интенсивностью почвообразования в конце III в.н.э. Два максимума, вероятно, были разделены первым средневековым минимумом солнечной активности, датируемым XI в. по максимальной величине индекса почвообразования.

Наконец, относительный максимум солнечной активности Геродота имел место и в V в. до н.э. (невысокая интенсивность почвообразования, замерзание Черного моря от Херсонеса до Пантикапея – свидетельство Геродота) [9].

Анализ рис. 1 и табл. 1 позволяет отметить следующее.

1. Величина индекса почвообразования за последние 5000 лет испытывала периодические колебания с размахом от +1.55 до -2.00 мм/год, с шагом от 100 до 500 лет.

2. Максимумы значений индекса почвообразования (7 из 9) приурочены к минимумам солнечной активности. Минимумы значений индекса почвообразования (6 из 7) приурочены к максимальной солнечной активности. Таким образом, существует обратная корреляционная связь между интенсивностью почвообразования и солнечной активностью. Периоды минимумов солнечной активности – эпохи с благоприятными экологическими условиями в степной зоне.

3. Наиболее существенное отклонение от данной зависимости отмечается для греческого минимума ( $I = 0 \dots -0.5$  мм/год). Совпадений максимальных значений индекса почвообразования с максимумом солнечной активности не наблюдается.

4. Максимальные отличия в мощностях гумусовых горизонтов почв соседних хроноинтервалов не превышают 5 - 10 см.

5. Короткие интервалы времени, на протяжении которых происходили смены знака индекса почвообразования с положительных на отрицательные, могут характеризовать эпохи экологических кризисов. Интервалы времени со сменой знака индекса почвообразования от отрицательного к положительному и с увеличением интен-

сивности почвообразования характеризуют улучшение экологических условий в степной зоне.

6. Как и кривая периодичности солнечной активности, составленная Дж.Эдди, кривая периодичности изменения индекса почвообразования может использоваться для выяснения ритмов развития природы за последние 5000 лет, для прогнозирования природных ритмов и при разработке мероприятий по адаптации к ним хозяйственной деятельности человека. Выявленная закономерность еще раз подтверждает положение о том, что почва – это зеркало ландшафта и его истории [3].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлацкая С.П. // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1989. № 3. С. 96 - 104.
2. Дедков А.П., Мозжерин В.И., Сафина Г.Г. В сб.: Эрозиоведение: теория, эксперимент, практика. М.: Изд-во МГУ, 1991. С. 52 - 53.
3. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв). М.: Наука, 1990. 261 с.
4. Золотун В.П. В сб.: Труды Кишиневского СХИ. 1976. Т. 174. С. 10 - 15.
5. Иванов И.В., Александровский А.Л. Методы изучения эволюции и возраста почв. Препринт. Пушкино, 1984. 54 с.
6. Иванов И.В. Эволюция почв степной зоны в голоцене. М.: Наука, 1992. 144 с.
7. Кальянов К.С. Динамика процессов ветровой эрозии почв. М.: Наука, 1976. 155 с.
8. Лисецкий Ф.Н. В сб.: Агрохимия и почвоведение. Киев, 1990. В. 53. С. 3 - 7.
9. Могиланский Н.К. География Одесской губернии. Одесса, 1921. С. 26.
10. Приходько В.Е., Иванов И.В. // Почвоведение. 1982. № 2. С. 124 - 128.
11. Прока В.Е. Будущее природы агропромышленного района. Кишинев: Штиинца, 1983. 237 с.
12. Чичагов В.П. В сб.: Эрозиоведение: теория, эксперимент, практика. М.: Изд-во МГУ, 1991. С. 164 - 165.
13. Шугрин С.М., Обут А.М. Солнечная активность и биосфера. Новосибирск: Наука, 1986. 128 с.
14. Эдди Дж. // Успехи физ. наук. 1978. Т. 125. В. 2. С. 315 - 329.
15. Smitch R.M., Stamey W.L. // Soil Sci. 1965. V. 100. № 6. P. 414 - 424.