

УДК 911.53

ИСТОРИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ЭТАПЫ ТРАНСФОРМАЦИИ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКИХ СТЕПЕЙ

Лисецкий Ф.Н.

*Национальный исследовательский университет «Белгородский государственный университет»,
Белгород, e-mail: liset@bsu.edu.ru*

Рассматриваются особенности изменения растительности и почв на протяжении пяти историко-экологических этапов трансформации восточноевропейских степей во второй половине голоцена. Получены оценки поступающей в почву фитомассы, величина изымаемой продукции (в массовом выражении и через энергетические эквиваленты), а также величины энергии, формируемой в процессе гумусообразования. Установлено, что за 5000 лет отношение энергии расхода-прихода растительного вещества изменилось от 1:28 до 1:0,4, а ежегодное поступление гумуса в почвы снизилось с 5,4 до 1,6 МДж/кв. м.

Ключевые слова: антропогенез, степи, историческая география, экологические этапы, голоцен

HISTORICAL AND ENVIRONMENTAL STAGES OF TRANSFORMATION OF EASTERN EUROPEAN STEPPES

Lisetskii F.N.

National Research University «Belgorod State University», Belgorod, e-mail: liset@bsu.edu.ru

Features of changes in vegetation and soils over a five selected historical and ecological stages in the transformation of Eastern European steppes in the second half of the Holocene are considered in this paper. Estimates of phytomass that enters the soil, the quantity of withdrawn products (in mass terms and in terms of energy equivalent), as well as quantities of energy, which is formed in the process of humus formation were obtained. Established that for 5000 years, the ratio of energy consumption, the arrival of the vegetable matter has changed from 1:28 to 1:0,4, and the annual inflow of humus in the soil decreased from 5,4 to 1,6 MJ / sq. m

Keywords: anthropogenesis, steppes, historical geography, environmental stages, Holocene

В голоценовой истории степей Восточной Европы последовательные стадии изменения растительности были детерминированы как природной ритмикой, так и сменами форм хозяйственного уклада. Поэтому важно оценить изменения в фитоценоотическом блоке почвообразования по историко-экологическим периодам. Для этого были выбраны участки с близкими условиями экотопа и наиболее характерно отражающие сопряженный ряд фитоценозов, под которыми то или иное время осуществлялся процесс почвообразования. Это позволило построить пространственно-временные ряды антропогенно обусловленной трансформации восточноевропейских степей.

Величину надземной фитомассы природного травостоя (с разделением на зеленую фитомассу, ветошь, подстилку и доведением до сухой массы) оценивали на учетных площадках (25×25 см) в 4-6-кратной повторности. Ограничения в возможности увеличения размера площадок и числа повторностей обусловлены трудоемкостью отбора ветоши злаков. Фитомассу подземных органов определяли в два срока (при переходе от фазы плодоношения к посыханию и в конце вегетации). Монолиты почвы объемом 1 дм³ отбирали в 3-кратной повторности и после замачивания почвы в растворе NaCl отмывали корни на сите 0,25 мм. Затем проводили разделение на корневища, деятельные и недейтель-

ные корни. Скорость разложения корней определяли по убыли массы образцов на разных глубинах почвенного профиля в полевом опыте. В период максимального накопления подземной массы были отобраны корни живых растений. После кратковременной отмывки целые сухие корни взвешивали и помещали (по 400 мг) в мешочки из стеклоткани.

Результаты многолетних исследований продуктивности зональных фитоценозов последовательно обобщались в ряде работ [4, 8, 5], что позволяет оперировать объемом выборки из 600 определений.

Внутри- и меж- годовые оценки фитомассы позволили рассчитать величины опада и отпада в основных фитоценозах, характеризующих особенности отдельных историко-экологических этапов эволюции восточноевропейских степей.

Определение массы пожнивно-корневых остатков в современных агроценозах (табл. 1) проводили по общепринятым методикам. Учет поверхностных остатков зерновых и трав проводили в 4-10-кратной повторности. Учет корней осуществляли не во время уборки, как поверхностных остатков, а в период цветения, когда их количество наибольшее. Почвенные монолиты для отмывки отбирали послойно с горизонтальными размерами 20×35 см под кукурузой и 20×20 см под другими культурами в 3-4-кратной повторности.

Таблица 1

Поступление поверхностных и корневых (в слое 0-20 см) остатков сельскохозяйственных культур в агроландшафтах степной зоны (по результатам 400 определений)

Культура	Масса растительных остатков (F), г/м ²		Энергосодержание, кДж/м ²
	поверхностных	корневых	
Озимая пшеница	244	122	6355
Яровой ячмень	171	96	4541
Овес + горох	159	175	5778
Подсолнечник	131	214	5527
Кукуруза	73	243	5163
Однолетние травы	37	372	6699
Многолетние травы	236	255	8606

Используя биоэнергетический подход, показано [6], что чистая первичная продукция фитоценозов, характеризующих 11 зональных биомов, детерминирована «климатическими» затратами энергии. Во второй половине голоцена, после термического максимума, климат Русской равнины становился более гумидным и прохладным (суббореальный период (5700-2800 л. н.)), а позже (субатлантический период) влажным и прохладным. В целом, по-

следние 3,5 тыс. лет были более благоприятными для степных экосистем, чем обобщенно вся история их развития в голоцене [2].

В позднем голоцене помимо природно обусловленного изменения продуктивности степных экосистем постоянно нарастает антропогенное влияние. Это позволяет выделить пять этапов антропогенных трансформаций восточноевропейских степей (табл. 2).

Таблица 2

Особенности этапов антропогенных трансформаций восточноевропейских степей в голоцене

Характеристики этапов	Этапы антропогенных трансформаций				
	1	2	3	4	5
Длительность этапов, лет	2950-1950	2300	70	90-110	60
Основной тип растительности (основная культура)	Типчаково-ковыльняная	Ковыльно-типчаковая	Разнотравно-ковыльно-типчаковая. выпас	Посевы зерновых (яровая пшеница)	Культуры севооборота (озимая пшеница)
Поступающая в почву фитомасса (F), г/м ²	1210	600	600	148 ^a	324
Величина изымаемой продукции (P), г/м ²	40 ^b	60 ^a	76-101	138-146 (53-56 ^c – 87 ^d)	745-773 (270-280 ^c – 485 ^d)
Отношение P/F, кДж/м ²	760/21030 1 : 28	1129/10355 1 : 9	1665/9810 1 : 6	2560/2486 1 : 0,97	13646/5466 1 : 0,40
Поступление гумуса, МДж/м ² в год	5,4	4,5	4,2	0,54	1,55

^aЭкспертная оценка. ^bВозможное отчуждение в результате природных пожаров. ^cОсновная продукция (зерно). ^dНетоварная часть продукции.

Этап 1. Типчаково-ковыльняные ассоциации коренного облика, ретроспективно соотносимые с серединой голоцена, могли обеспечить за счет надземной и подземной (в слое 0-20 см) массы ежегодное поступление 12 т/га растительного вещества. Как установлено ранее [9], максимум надземной массы ковыльных сообществ отмечен при насыщенности 17-19 видов/м². Проникновение новых видов растений в такое

сообщество маловероятно. Процессы многолетней трансформации органического вещества могли изменяться только за счет стихийных (природных) пирогенных смен растительного покрова.

При деструкции первичного органического вещества часть продуктов биологического разложения превращается в особую группу высокомолекулярных соединений – специфические гумусовые вещества. Ор-

ганическое вещество почвы гетерогенно, т.к. оно является определенным конгломератом продуктов разложения растительных остатков, находящихся на различных стадиях гумификации. Образование специфических гумусовых веществ в почве идет параллельно процессу минерализации первичного органического вещества и закрепления его в форме микробной плазмы. Специфические гумусовые вещества относительно устойчивы к микробиологическому расщеплению, что способствует их накоплению в почве [7].

В типчаково-ковыльных ассоциациях ежегодный приход фитомассы обеспечивал поступление гумуса в 2,4-2,5 т/га. С опадом и отпадом корней ковыля волосатика поступает 58 и 131 кг/га суммы элементов-органогенов (Са, К, Р) соответственно, а типчак обеспечивает приход 38 и 66 кг/га этих элементов. Почва под ковылем получает в 1,8 раза больше элементов-органогенов, чем под типчаком, поэтому ценность ковыля по влиянию на процесс гумусообразования выше.

Этап 2. В северной степи первые палеонтологические следы производящей (земледельческо-скотоводческой) экономики (пыльца культурных злаков и сорняков) обнаруживаются 5500 лет назад. Пастбищная нагрузка и палы становятся значимыми факторами эволюции степной растительности и, соответственно, почв. Широкое распространение вегетативного размножения, превращение кустарниковых форм в травянистые, развитие корневищных и луковичных растений с почками возобновления под поверхностью почвы – все это результат воздействия на растения травоядных животных [1].

При пастбищной нагрузке вначале исчезают перистые ковыли, затем – ковыль-волосатик, а облик сообщества определяет более антропогенная дигрессивная формация типчака. Под влиянием выпаса у ковыльно-типчаковых и типчаковых ассоциаций отмечено снижение следующих показателей: продуктивности фитомассы до 1,4-1,5 т/га, резерва органики в виде надземной мортмассы до 1,3-4,6 т/га, скорости ежегодного гумусообразования до 1,4-1,9 т/га.

Этап 3. Усилившаяся на этом этапе пастбищная нагрузка могла привести к формированию почв с меньшими на 25-28% запасами гумуса в слое 0-20 см, чем под коренными ассоциациями. Помимо этого за счет биогенной аккумуляции усилилась засоленность почвы, увеличилась плотность ее сложения, возросли непродуктивные потери влаги и произошла большая зарегулированность геохимического круговорота в биомассе и верхнем горизонте почвы.

Территория степной зоны на протяжении V-XVIII вв. имела сходный ландшафтно-экологический облик из-за доминирования одного культурно-хозяйственного типа – кочевого скотоводства. Под влиянием сменявших друг друга племен ведущим фактором эволюции растительного покрова степей оставался выпас. Существенное влияние оказывало также выжигание степного войлока для улучшения пастбищ и, особенно, во время войн. Значительную роль в формировании степных экосистем играли дикие копытные (тарпаны, сайгаки).

С конца XVIII в. происходит стремительное исчезновение природной растительности из-за распашки. В XIX – начале XX в. наиболее значительное уменьшение площадей сенокосов и пастбищ произошло в период 1887-1914 гг.: с 47,0 до 12,5%. Соответственно, величина пастбищной нагрузки на природные кормовые угодья изменилась от 0,19 условной головы на гектар в середине XIX в. до 1,00-1,26 гол./га в первое десятилетие XX в.

Со временем изменялся баланс между ежегодной продукцией и отчуждением травостоя в результате выпаса. Индикатором пастбищной дигрессии является трансформация растительного покрова в сторону его ухудшения (упрощение структуры, обеднение видового состава, снижение продуктивности и т.п.), и ксерофитизации как от чрезмерной пастбищной нагрузки, так и недостаточной, вызывающей застойные явления и мезофитизацию сообществ [1].

Ежегодная биологическая продуктивность надземного яруса, рассчитанная с поправками на влажность воздушно-сухого сена (16%) и остающуюся часть фитомассы ниже линии среза, оценивается средней величиной 17 ц/га. Таким образом, на рубеже XIX-XX вв. природная травянистая растительность преимущественно под влиянием сенокоса обеспечивала лишь 36% потенциальной продуктивности надземного яруса коренных зональных сообществ. В результате изъятия хозяйственной части растительной продукции (65-75%) скорость гумусообразования уменьшилась до 1,7 т/га в год.

На 2-м и особенно 3-м этапе усиление пастбищной нагрузки привело к росту изъятия фитомассы надземного яруса в 1,5-2,2 раза, что уменьшило (по сравнению с коренными сообществами) величину среднегодового поступления гумуса на 17-22% (см. табл. 2).

Этап 4. Экстенсивное развитие земледелия в XIX – начале XX в. – это своеобразный историко-экологический период со следующими характерными чертами: низкая

урожайность с чуткими откликами на агрометеорологические изменения, доминирование зерновых (4 культуры занимали 88% посевов), отсутствие практики ведения севооборота, редкое использование навоза.

К началу широкомасштабного земледельческого освоения степной зоны верхний горизонт почв уже был подвержен частичной дегумификации. И те земли, которые расценивали как целинные, могли сохранить свидетельства антропогенных трансформаций, связанных с землепользованием в доагрикультурный период. Примечательно, что материалы по оценке земли 1882 г. содержат следующую ремарку: «земли, годной для обработки, но еще нераспаханной, т.е. целины, осталось уже не более 1%», т.к. разновременные залежи вошли в состав других угодий. Опираясь на данные о динамике распаханности, установлено [3], что полная аграрная освоенность территории (доля пашни 70%) была достигнута в начале XX в. Таким образом, длительность земледелия может быть оценена в 100 лет, а с учетом предыстории (античного этапа) может быть увеличена для некоторых районов до 350 лет.

Этап 5. Темпы эрозионного разрушения земель степной зоны усилились по сравнению с доагрикультурным периодом в 14 раз. Изменилось и качество почвенного ресурса: к настоящему времени за счет физико-химической деградации почвами утрачено 20-40% запасов гумуса пахотного горизонта.

Хотя в оценках для основных биомов Земли используют среднее значение энергии, содержащейся в сухом растительном веществе, – 22,2 кДж/г [10], надо отметить, что у разных видов основной и побочной продукции сельскохозяйственных культур, эта величина варьирует от 12 до 24 кДж/г. В

условиях агроценозов наибольшее восполнение энергии в почве обеспечивают многолетние, однолетние травы и посеы озимой пшеницы, меньшее – пропашные культуры и яровые зерновые (см. табл. 1). Однако при современном уровне урожайности в агроландшафтах степной зоны поступление гумуса за счет растительных остатков сельскохозяйственных культур составляет лишь 29% величины, характеризовавшей интенсивность гумусообразования 5,5-4,5 тыс. лет назад.

Список литературы

1. Кандалова Г.Т. Степные пастбища Хакасии: трансформация, восстановление, перспективы использования. – Новосибирск. 2009. – 163 с.
2. Лисецкий Ф.Н. Автогенная сукцессия степной растительности в постантичных ландшафтах // Экология. – 1998. – №4. – С. 252-255.
3. Лисецкий Ф.Н. Агрогенная эволюция почв сухостепной зоны под влиянием античного и современного этапов землепользования // Почвоведение. – 2008. – №8. – С. 913-927.
4. Лисецкий Ф.Н. Оценка изменений условий гумусообразования в голоцене для степных экосистем Причерноморья // Экология. – 1987. – №3. – С. 15-22.
5. Лисецкий Ф.Н. Погодичное варьирование продуктивности степных пастбищ в связи с климатическими изменениями // Экология. – 2007. – №5. – С. 337-342.
6. Лисецкий Ф.Н. Пространственно временная оценка растительной продукции как фактора почвообразования // Почвоведение. – 1997. – №9. – С. 1055-1057.
7. Лыков А.М., Боинчан Б.П., Выюгин С.М. Органическое вещество и плодородие почвы в интенсивном земледелии. – М., 1984. – 60 с.
8. Lisetskii F.N. Periodization of antropogenically determined evolution of steppe ecosystems // Soviet Journal of Ecology. – 1992. – Vol. 23, № 5. – P. 281-287.
9. Lisetskii F.N., Chernyavskikh V.I., Degtyar' O.V. Pastures in the zone of temperate climate: trends for development, dynamics, ecological fundamentals of rational use // Pastures: Dynamics, Economics and Management. Ed. by N.T. Procházka. USA, Nova Science Publishers, Inc. – 2010. Chapter 2. – 34 p.
10. Rasmussen C., Southard R.J., Horwath W.R. Modeling energy inputs to predict pedogenic environments using regional environmental databases // Soil Science Society of America journal. – 2005. – Vol. 69, № 4. – P. 1266-1274.