

Сукцессионные процессы в ландшафтах юго-востока Беларуси: анализ наблюдений на постоянных пробных площадях

А.П. Гусев

Учреждение образования «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины»

Изучение сукцессионных процессов имеет важное значение для оценки устойчивости природных экосистем. В работе приводятся результаты исследования закономерностей сукцессионных процессов в ландшафтах юго-востока Беларуси на основе наблюдений на постоянных пробных площадях. Постоянные пробные площади располагались в различных экотопах – нарушенные земли и лесные экосистемы (сосновые, широколиственные, мелколиственные леса). Установлено, что скорость изменения по градиенту сукцессии видовой состава неравномерна: наиболее быстро видовой состав меняется в первые годы сукцессии; начиная с луговой стадии, имеет место относительная стабилизация видовой состава. Корреляционный анализ показал достоверную связь характеристик растительности и времени от начала сукцессии. Установлена продолжительность существования сообществ в том или ином сукцессионном статусе: для сообщества А-статуса – 1–2 года; для сообщества Б-статуса – в среднем 4 года; для сообщества Л-статуса – до 5–6 лет. В отсутствие антропогенных нарушений через 9–10 лет после начала сукцессии луговая стадия сменяется стадией раннесукцессионного леса.

Ключевые слова: растительность, ландшафт, сукцессия, стадия, видовой состав, сукцессионный статус.

Succession processes in landscapes of the southeast of Belarus: the analysis of supervision on test plots

A.P. Gusev

Educational establishment «Gomel State Francisk Skorina University»

A study of succession processes has great value for the assessment of stability of natural ecosystems. In the present work research findings of laws of succession processes in landscapes of the southeast of Belarus on the basis of supervision on the test plots are presented. The test plots were located in various ecotops: the broken earths and wood ecosystems (pine woods, broad-leaved woods, small-leaved woods). It is established that the speed of change on a succession gradient of specific structure is non-uniform: species structure changes most quickly in the first years of succession; while starting from the meadow stage, relative stabilization of species structure takes place. The correlation analysis has shown authentic link of characteristics of vegetation and time from the beginning of succession. Duration of existence of communities in this or that succession status is established: A-status communities exist 1–2 years; B-status communities exist on the average 4 years; L-status communities exist up to 5–6 years. In absence of anthropogenic disturbances, in 9–10 years after the beginning of succession, the meadow stage is replaced by the stage of early successional woods.

Key words: vegetation, landscape, succession, stage, species structure, succession status.

Важность изучения сукцессий растительности в природно-антропогенных ландшафтах определяется тем, что оно дает информацию, необходимую для оценки устойчивости природных систем к антропогенному воздействию, оценки и прогноза способности нарушенных природных систем к самовосстановлению [1].

подавляющее большинство исследований сукцессий проводятся косвенными методами (например, методом эколого-генетических или ландшафтно-генетических рядов), основанными на трансформации пространственных рядов во временные. Такие методы имеют существенные недостатки [2–3]. Крайне редко используются методы непосредственных наблюдений за ходом сукцессий, что обусловлено, прежде всего,

их высокой трудоемкостью. В то же время только непосредственные наблюдения дают реальную картину сукцессионных процессов. Наблюдения за характеристиками экосистем на постоянных пробных площадях следует считать важным инструментом установления закономерностей изменений на начальных стадиях сукцессий.

Для многих работ в области динамики экосистем и сукцессий растительности как биоэкологического, так и географического уклона, которые проводились в лесных ландшафтах, характерны недооценка и даже игнорирование начальных стадий сукцессий. В то время как начальные стадии могут быть весьма информативны и важны для понимания дальнейшего хода сукцессионных процессов [1, 4–5].

Целью исследований являлось выяснение закономерностей сукцессионных процессов в ландшафтах юго-востока Беларуси на основе наблюдений на постоянных пробных площадях. Решались следующие задачи: изучение смен видового состава растительности в разных интервалах градиента сукцессии (на начальных стадиях, на лесных стадиях), изучение изменения характеристик растительности на начальных стадиях сукцессии (спектра жизненных форм, фитосоциологического состава, синантропизации, адвентизации); выяснение продолжительности стадий сукцессии в ландшафтах юго-востока Беларуси.

Материал и методы. Исследования выполнялись на территории юго-востока Беларуси (восточная часть Полесской провинции аллювиальных террасированных, болотных и вторичных водно-ледниковых ландшафтов). Климатические особенности района исследований: средняя температура самого холодного месяца (январь) – -7°C ; средняя температура самого теплого месяца (июль) – $+18,5^{\circ}\text{C}$; годовая сумма температур выше 10° – 2479; годовое количество осадков – 630 мм; коэффициент увлажнения – 1,33. По гидротермическим показателям территория относится к суббореальным гумидным (широколиственно-лесным) ландшафтам.

Для изучения сукцессионных процессов были заложены 26 постоянных пробных площадок (ППП) размером 100–200 м². ППП располагались в различных экотопах аллювиального террасированного ландшафта, представляющих собой нарушенные земли (пустыри, строительные площадки, трассы трубопроводов, свалки, залежи) и лесные экосистемы (сосновые, широколиственные, мелколиственные леса). Были охвачены типичные местоположения аллювиального террасированного ландшафта: надпойменная терраса, ложбины стока и дюны.

Начальные стадии восстановительной сукцессии наблюдались на 13 ППП. Лесные экосистемы представлены как фоновыми лесами, слабо затронутыми антропогенным воздействием (дубравы – 2 ППП, сосняки – 1 ППП, черноольшанники – 1 ППП, мелколиственные леса – 1 ППП), так и различными антропогенными модификациями (дубравы – 3 ППП, сосняки – 5 ППП). В период 2001–2011 гг. на ППП ежегодно выполнялась геоботаническая съемка (по общепринятой методике).

Для изучения изменения состава растительности во времени использовались коэффициент сходства Сьеренсена и показатель бета-разнообразия. Бета-разнообразие определялось

по формуле: $BD=Sc/S$, где Sc – общее число видов, зарегистрированное по градиенту сукцессии; S – среднее число видов в одном описании [6].

При обработке материалов применялся эколого-флористический метод Браун–Бланке [7–8]. Синтаксономическая диагностика растительных сообществ проведена на основе [8–9].

В качестве критериев оценки сукцессионных процессов использовались следующие показатели: ОПП – общее проективное покрытие растительности (%); ВБ – видовое богатство (число видов на 100 м²); ЕВ – численность естественного возобновления древесных видов (шт./га); ТФ – доля терофитов в спектре жизненных форм (% от всех видов); ФФ – доля фанерофитов в спектре жизненных форм (% от всех видов); ЛЕС – представленность лесных видов (виды всех лесных классов растительности, % от всех видов); СИН – синантропизация (доля видов синантропных классов растительности, % от всех видов); QF – представленность видов класса *Quercus-Fagetum* Br.–Bl. et Vlieger in Vlieger 1937 (мезофитные и мезоксерофитные широколиственные листопадные леса) эколого-флористической классификации Браун–Бланке (% от всех видов); VP – представленность видов класса *Vaccinio-Piceetum* Br.–Bl. in Br.–Bl., Siss. et Vlieger 1939 (бореальные хвойные леса) эколого-флористической классификации Браун–Бланке (% от всех видов); SM – представленность видов класса *Stellarietum media* (Br.–Bl. 1931) Tx., Lohmeyer et Preisling in Tx. 1950 em Huppe et Hofmeister 1990 (рудеральные и сегетальные сообщества однолетников) эколого-флористической классификации Браун–Бланке (% от всех видов); AR – представленность видов класса *Artemisietum vulgaris* Lohm., Prsg. et R. Tx. in R. Tx. 1950 em Kopecky in Hejny et al. 1979 (рудеральные сообщества двулетних и многолетних видов) эколого-флористической классификации Браун–Бланке (% от всех видов); МА – представленность видов класса *Molinio-Arrhenatheretum* R. Tx. 1937 em. R. Tx. 1970 (луга умеренной зоны Евразии на месте широколиственных лесов) эколого-флористической классификации Браун–Бланке (% от всех видов); АД₁ – доля адвентивных видов от общего числа видов флоры (%); АД₂ – доля адвентивных видов в покрытии (%).

Статистическая обработка выполнялась с помощью программного пакета STATISTICA 6.0 (методы непараметрической статистики).

Результаты и их обсуждение. В ходе сукцессии происходят изменения видового состава,

эколого-ценотической структуры растительности, изменяются экотопические условия [4–5].

Сообщества начальной (пионерной) стадии представлены *Chenopodium album* L., *Conyza canadensis* (L.) Cronqist., *Setaria pumila* (Poir.) Schult., *Artemisia vulgaris* L., *Tripleurospermum perforatum* (Merat) M. Lainz., *Persicaria scabra* (Moench) Moldenke и т.д. В сообществах бурьянной стадии наиболее часто встречаются *Artemisia absinthium* L., *Tanacetum vulgare* L., *Achillea millefolium* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Cichorium intybus* L., *Echium vulgare* L., *Oenothera biennis* L., *Urtica dioica* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop. На луговой стадии наибольшее постоянство имеют *Achillea millefolium* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth., *Poa pratensis* L., *Dactylis glomerata* L., *Tanacetum vulgare* L., *Artemisia vulgaris* L., *Taraxacum officinale* F.H. Wigg., *Vicia cracca* L.

Судить о скорости изменений характеристик растительности можно на основе анализа сходства видового состава в течение определенного отрезка времени. Так, были рассчитаны средние значения коэффициента сходства Сьеренсена и показателя бета-разнообразия за временные интервалы 1–5 год и 6–10 годы сукцессии (табл. 1). Видно, что коэффициент сходства между 1 и 5 годами сукцессии в 2,7 раза ниже, чем между 6 и 10 годами (т.е. наибольшие изменения видового состава происходят в первые годы сукцессии). Бета-разнообразие также выше в 1–5 годы сукцессии. На лесных стадиях сукцессии видовой состав относительно стабилен: коэффициент сходства максимален, бета-разнообразие минимально (табл. 1). Кроме того, на лесных стадиях изменения видового состава носят колебательный (ненаправленный) характер.

Выполненные наблюдения позволяют проследить изменения характеристик растительности в первые 10 лет сукцессии (табл. 2). Имеет место постепенное увеличение видового богатства (в 1,3 раза), доли фанерофитов в спектре жизненных форм (в 23 раза), доли лесных видов

(в 10 раз); уменьшается доля терофитов (в 6,5 раза), доля синантропных видов (в 2,5 раза). Существенно уменьшается адвентизация (AD_1 – в 3,3 раза; AD_2 – в 5,3 раза).

Возобновление древесных видов проявляется в первые годы после начала сукцессии. Так, в первый год наличие подроста деревьев зафиксировано только на одной ППП, на второй год – на двух ППП и т.д. На пятый год сукцессии естественное возобновление древесных видов зафиксировано на 70% ППП, на которых наблюдались нелесные стадии. На восьмой год сукцессии подрост деревьев присутствовал на всех ППП, а его численность составляла от 200 до 5000 шт./га.

Изменяется фитосоциологический состав растительности: доминирующие в первые годы виды класса *Stellarietea media* (Br.–Bl. 1931) Tx., Lohmeyer et Preising in Tx. 1950 em Huppe et Hofmeister 1990 сменяются видами класса *Artemisietea vulgaris* Lohm., Prsg. et R. Tx. in R. Tx. 1950 em Kopecky in Hejny et al. 1979 и класса *Molinio–Arrhenatheretea* R. Tx. 1937 em. R. Tx. 1970. Причем, резкое сокращение видов класса *Stellarietea media* происходит уже на 2–3 годы сукцессии. Виды класса *Querco–Fagetea* Br.–Bl. et Vlieger in Vlieger 1937 (характерны для поздних стадий сукцессии) появляются на 4 год сукцессии.

Корреляционный анализ установил достоверную связь показателей растительности с временем от начала сукцессии. На отрезке 1–10 лет сукцессии достоверно увеличиваются общее проективное покрытие (коэффициент корреляции Спирмена составляет 0,494 при $p < 0,00001$), численность естественного возобновления древесных видов (0,597 при $p < 0,00001$), видовое богатство (0,292 при $p < 0,01$), доля фанерофитов в спектре жизненных форм (0,703 при $p < 0,00001$), доля лесных видов (0,584 при $p < 0,00001$). Достоверно снижается доля терофитов в спектре жизненных форм (-0,464 при $p < 0,0001$), синантропизация (-0,604 при $p < 0,0001$), адвентизация (-0,385 при $p < 0,001$).

Таблица 1

Динамика сходства видового состава в ходе сукцессии

Временной интервал	Коэффициент сходства Сьеренсена	Бета-разнообразие
Интервал 1–5 год сукцессии (пионерная и бурьянная стадии)	23,1±5,5	2,39±0,12
Интервал 6–10 год сукцессии (луговая стадия)	62,0±2,9	1,64±0,05
Сильноизмененные (рекреация, пожары) лесные экосистемы (интервал 5 лет)	65,0±4,0	1,93±0,10
Слабоизмененные лесные экосистемы (интервал 5 лет)	76,7±1,7	1,51±0,07

Таблица 2

Изменение показателей растительности на нелесных стадиях сукцессии

Показатель	Год от начала сукцессии				
	1	3	5	7	9
ВБ	12,3±1,6	13,5±1,6	13,7±0,9	15,0±1,1	15,8±1,1
ТФ	68,4±8,2	11,1±2,5	9,9±3,1	12,7±1,5	10,5±2,6
ФФ	1,0±1,0	6,1±2,7	11,8±2,8	13,1±2,5	23,1±4,6
СИН	80,8±8,3	59,8±7,6	43,1±6,2	38,9±7,1	32,1±6,4
ЛЕС	1,0±1,0	1,1±0,7	5,7±1,6	6,1±2,0	10,0±1,6
АД ₁	29,4±4,7	15,1±3,4	12,7±3,3	14,5±3,5	8,9±3,7
АД ₂	27,6±6,3	13,1±6,0	8,8±4,3	6,5±1,8	5,2±2,4
QF	0	0	1,6±0,9	2,9±1,4	4,6±1,7
МА	3,2±1,4	20,4±3,5	18,6±3,7	18,5±3,2	18,5±2,9
SM	65,2±8,1	9,6±2,0	7,0±2,7	7,6±1,5	8,0±1,6
AR	13,7±2,2	42,1±5,6	29,8±5,0	26,1±6,4	21,0±5,4

Таблица 3

Динамика сукцессионных статусов сообществ (1–10 год сукцессии)

№ ППП	Год от начала сукцессии									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	А	А	Б	Б	Л	Л	Л	Л	Л	
3	А	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б
7	А	А	Б	Б	Б	Б	Б	–	–	–
8	А	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	–
10	А	Б	Б	Л	Л	Л	–	–	–	–
11	А	А	Б	Б	Б	Б	Б	–	–	–
12	А	А	Б	Б	Б	Л	Л	Л	–	–
16	А	Б	Б	Л	Л	Л	Л	Л	–	–
17	А	А	Б	Б	Б	Б	Б	–	–	–
18	А	Б	Б	Б	Б	–	–	–	–	–
19	А	А	Б	Б	Л	–	–	–	–	–
20	А	Б	Б	Б	Б	Л	Л	Л	Л	–
25	А	Б	Л	Л	Л	Л	Л	Л	ПЛ	ПЛ

Примечание. А – пионерная стадия сукцессии (пионерные группировки, сообщества с преобладанием терофитов); Б – бурьянная стадия сукцессии (сообщества с преобладанием синантропных видов, как правило, многолетних трав – рудеральных и пасквальных); Л – луговая стадии сукцессии (сообщества с преобладанием злаков, лугового разнотравья – луга, сенокосы, экстенсивно эксплуатируемые пастбища); ПЛ – стадия раннесукцессионного леса.

В лесных экосистемах изменения указанных характеристик растительности, как правило, не имеют направленного характера: наблюдаются флуктуации, имеющие небольшую амплитуду. Так, например, в широколиственном лесу в течение 10 лет наблюдений видовое богатство колебалось от 15,5 до 18,5 видов на 100 м²; доля видов класса *Quercus-Fagetea* – от 67 до 78%; доля видов класса *Vaccinio-Piceetea* – от 9 до 14%. В спектре жизненных форм устойчиво доминировали фанерофиты – 33–37%.

Изучена продолжительность существования сообществ в том или ином сукцессионном статусе в течение первых 10 лет сукцессии (табл. 3). Видно, что сообщества А-статуса существуют

1–2 года (на 7 ППП – 1 год; на 6 ППП – 2 года). Сообщества Б-статуса существуют от 1 года (ППП-25) до 9 лет (ППП-3), в среднем – 4 года. Сообщества Л-статуса существуют до 5–6 лет. В отсутствие антропогенных нарушений через 9–10 лет после начала сукцессии луговая стадия сменяется стадией раннесукцессионного леса (ППП-25). Аномальная продолжительность существования сообществ А-статуса характерна для экстремальных экотопов [1]. В экстремальных условиях пионерные сообщества могут существовать многие годы и даже десятилетия [10]. Продолжительное существование сообществ Б-статуса обусловлено периодическими пожарами, механическими наруше-

ниями и т.д. Такая ситуация характерна для ППП-3 и ППП-8 (табл. 3).

Заключение. Наблюдения, выполненные на постоянных пробных площадях, позволяют уточнить особенности протекания сукцессионных процессов в аллювиальном террасированном ландшафте юго-востока Беларуси. Скорость изменения видовой состава неравномерна: наиболее быстро видовой состав меняется в первые годы сукцессии; начиная с луговой стадии, имеет место относительная стабилизация видовой состава. Корреляционный анализ показал достоверную связь характеристик растительности и времени от начала сукцессии. В первые 10 лет сукцессии достоверно увеличиваются общее проективное покрытие, численность естественного возобновления древесных видов, видовое богатство, доля фанерофитов в спектре жизненных форм, доля лесных видов. Достоверно снижаются доля терофитов в спектре жизненных форм, синантропизация и адвентизация. Установлена продолжительность существования сообществ в том или ином сукцессионном статусе: для сообщества А-статуса – 1–2 года, для сообщества Б-статуса – в среднем 4 года, для сообщества Л-статуса – до 5–6 лет.

В отсутствие антропогенных нарушений через 9–10 лет после начала сукцессии луговая стадия сменяется стадией раннесукцессионного леса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусев, А.П. Потенциал самовосстановления геосистем и его оценка на основе фитоиндикации / А.П. Гусев // Вестн. Белорус. государств. ун-та. Сер. 2. – 2010. – № 1. – С. 77–81.
2. Вальтер, Г. Общая геоботаника / Г. Вальтер. – М.: Мир, 1982. – 264 с.
3. Миркин, Б.М. Теоретические основы современной фитоценологии / Б.М. Миркин. – М.: Наука, 1985. – 136 с.
4. Гусев, А.П. Особенности начальных стадий восстановительной сукцессии в антропогенном ландшафте (на примере юго-востока Белоруссии) / А.П. Гусев // Экология. – 2009. – № 3. – С. 174–179.
5. Гусев, А.П. Сукцессионная система как основа фитоиндикации динамики ландшафтов (на примере Полесской ландшафтной провинции) / А.П. Гусев // Природные ресурсы. – 2008. – № 2. – С. 51–62.
6. Уиттекер, Р. Сообщества и экосистемы / Р. Уиттекер. – М.: Прогресс, 1980. – 325 с.
7. Braun-Blanquet, J. Pflanzensociologie / J. Braun-Blanquet. – Wien–N. Y.: Springer-Verlag, 1964. – 865 s.
8. Миркин, Б.М. Наука о растительности (история и современное состояние основных концепций) / Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова. – Уфа: Гилем, 1998. – 413 с.
9. Matuszkiewicz, W. Przewodnik do oznaczaniaz biorowisk roślinnych Polski / W. Matuszkiewicz. – Warszawa: PWN, 2007. – 537 s.
10. Gusev, A.P. Primary succession on phosphogypsum Dumps (Gomel Chemical Plant, Belarus) / A.P. Gusev // Russian Journal of Ecology. – 2006. – Vol. 37, № 3. – P. 210–212.

Поступила в редакцию 05.03.2012. Принята в печать 16.04.2012.

Адрес для корреспонденции: e-mail: gusev@)gsu.by; andi_gusev@mail.ru – Гусев А.П.