

Особенности сукцессий растительности в ландшафтах, нарушенных деятельностью человека (на примере юго-востока Белоруссии)

А. П. ГУСЕВ

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины
246019, Республика Беларусь, Гомель, ул. Советская, 104
E-mail: gusev@gsu.by

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются особенности восстановительных сукцессий в ландшафтах, имеющих различный уровень антропогенной нарушенности (юго-восток Белоруссии). Выполнен сравнительный анализ характеристик сукцессий в мало и сильно нарушенных ландшафтах. Установлено, что восстановительная сукцессия в сильно нарушенном ландшафте отличается меньшей скоростью смен растительности, существенной задержкой на нелесных стадиях (в том числе на пионерной), высокой степенью синантропизации, значительным уровнем адвентизации растительности на всех стадиях.

Ключевые слова: растительность, сукцессия, стадия, ландшафт, синантропизация, антропогенная нарушенность, Белоруссия.

Изучению сукцессий растительности посвящено значительное количество исследований, однако влиянию на сукцессионные процессы ландшафтного окружения уделяется сравнительно мало внимания. В подавляющем числе работ сукцессия рассматривается как локальный процесс, вне ландшафтного контекста. Можно предполагать, что природное и антропогенное ландшафтное окружение является важным фактором, обуславливающим как общее направление сукцессии, так и отдельные ее характеристики. Цель наших исследований – изучение сукцессионных процессов в ландшафтах, характеризующихся различным уровнем антропогенных нарушений. Решались следующие задачи: изучение закономерностей восстановительных сукцессий растительности природных и природно-антропогенных ландшафтов юго-востока Белоруссии; исследование ландшафтно-экологических факторов, влияющих на

ход восстановительной сукцессии; выявление отличий восстановительных сукцессий в мало и сильно нарушенных ландшафтах.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Сукцессионные процессы изучали в 1998–2009 гг. на территории юго-востока Белоруссии (восточная часть Полесской провинции аллювиальных террасированных, болотных и вторичных водно-ледниковых ландшафтов и Предполесской провинции вторичных водно-ледниковых и моренно-зандровых ландшафтов [1]). Климатические особенности района исследований: средняя температура самого холодного месяца (января) – $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$; средняя температура самого теплого месяца (июля) – $+18,5\text{ }^{\circ}\text{C}$; годовая сумма температур выше $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 2479; годовое количество осадков – 630 мм; коэффициент увлажнения – 1,33. По гидротермическим показателям территория

относится к суббореальным гумидным (широколиственно-лесным) ландшафтам.

Полевые работы по изучению растительности проводились по общепринятой методике геоботанической съемки (метод пробных площадок) [2]. Размер пробных площадок от 25 (начальные стадии) до 400 м² (лесные стадии). Получены характеристики растительности на 327 ключевых участках (каждый ключевой участок характеризуется описаниями на 2–5 пробных площадках; общее число пробных площадок 1145), имеющих различный сукцессионный статус (пионерная стадия – 23,8 %; бурьянная – 18,3; луговая – 15,9; раннесукцессионного леса – 30,6; стадия поздне-сукцессионного леса – 11,4 %). На каждом ключевом участке выполнено определение показателей антропогенного воздействия; выяснены природно-ландшафтные условия (тип почв, состав почвообразующих пород, глубина залегания грунтовых вод, проявления современных геологических процессов).

Ключевые участки располагались в природных и природно-антропогенных ландшафтах юго-востока Белоруссии (широколиственные, широколиственно-сосновые, сосновые, мелколиственные леса, вырубки, строительные площадки, пустыри, залежи, отвалы карьерные комплексы месторождений полезных ископаемых, полигоны твердых промышленных и бытовых отходов).

При обработке материалов использован эколого-флористический метод Браун-Бланке [2, 3]. Синтаксономическая диагностика растительных сообществ выполнена на основе работ [4, 5]. Для изучения начальных стадий сукцессии использованы повторные геоботанические описания на постоянных пробных площадках, а луговых и лесных стадий – метод эколого-генетических рядов. Диагностика возрастных периодов деревьев выполнена по данным работы [6], оценка сукцессионного статуса лесных сообществ – по критериям, предложенным О. В. Смирновой [7, 8].

Для характеристики антропогенной нарушенности ландшафта, в котором протекает сукцессия, использован коэффициент экологической стабильности (K_c), определяемый в скользящем квадрате размером 1 × 1 км (центр квадрата – ключевой участок). Дан-

ный коэффициент рассчитывался по формуле $K_c = \sum s_i \cdot k_i \cdot g$, где s_i – удельная площадь вида землепользования; k_i – экологическая значимость этого вида землепользования (частный коэффициент стабильности); g – коэффициент геолого-геоморфологической устойчивости рельефа. Значения коэффициентов экологической значимости для разных типов экосистем: широколиственные леса – 1; смешанные, хвойные, мелколиственные леса, болота – 0,8; сенокосы, пастбища, луга – 0,6; сады, лесополосы – 0,4; пашня – 0,1 [9, 10]. Показатель K_c может использоваться в различных природных условиях, при любой степени антропогенной трансформации ландшафта, при различных масштабах оценки, учитывает соотношения площадей и значимость типов землепользования, геолого-геоморфологические факторы, хорошо апробирован при решении широкого круга задач [10].

В качестве критериев оценки сукцессионных процессов использовались следующие показатели: $T_{аб}$ – длительность абиогенного этапа (время от момента формирования субстрата до появления пионерных группировок); $T_{пс}$ – длительность пионерной стадии; $T_{нс}$ – общая длительность нелесных стадий; $T_{дер}$ – время появления деревьев (год с начала сукцессии); ОПП – общее проективное покрытие растительности, %; ВВ – 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; 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 общего числа 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 общего числа видов; ЛЕС – представленность лесных видов (виды всех лесных классов растительности, % от общего числа видов); СИН – синантропизация (доля видов синантропных классов *Stellarietum* media (Br.-Bl. 1931) Tx., Lohmeyer et Preising

in Tx. 1950 em Huppe et Hofmeister 1990, Artemisietea vulgaris Lohm., Prsg. et R.Tx. in R. Tx. 1950 em Kopecky in Hejny et al. 1979, Agropyreteae repentis Oberd., Th. Muller et Gors in Oberd. et al. 1967, Plantaginetea majoris R. Tx. et Prsg. 1950 эколого-флористической классификации Браун-Бланке, % от общего числа видов); АД₁ – доля адвентивных видов от общего числа видов флоры, %; АД₂ – доля адвентивных видов в покрытии, %; АД₃ – доля адвентивных видов деревьев от общего числа древесных видов, %; АД₄ – доля адвентивных видов деревьев от общей численности естественного возобновления, %.

Все описания стадий сукцессий на ключевых участках сгруппированы в зависимости от нарушенности окружающего ландшафта, которая оценивалась по K_c : мало – $K_c > 0,66$; средне – $K_c = 0,33-0,66$; сильно нарушенный – $K_c < 0,33$ (градации, рекомендованные рядом авторов [9, 10]).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В малонарушенном ландшафте по градиенту восстановительной сукцессии наблюдается закономерное изменение рассматриваемых показателей: рост видового богатства, численности естественного возобновления, доли фанерофитов, представленности видов класса Quercus-Fagetea, лесных видов, снижение доли терофитов, степени синантропизации, значений всех показателей адвентизации.

Ландшафты, имеющие различную степень антропогенной нарушенности, отличаются особенностями в протекании сукцессионных процессов (табл. 1). Так, в сильно нарушенном ландшафте длительность пионерной стадии в 2,6 раза больше, чем в малонарушенном; общая длительность нелесных стадий больше в 1,8 раза; время появления деревьев на градиенте сукцессии больше в 2,3 раза.

Для нелесных стадий восстановительной сукцессии в сильно нарушенном ландшафте

Т а б л и ц а 1

Характеристики нелесных и лесных стадий сукцессии в ландшафтах, имеющих различный уровень нарушенности

Показатель	Нарушенный ландшафт					
	мало		средне		сильно	
	Стадии					
	нелесные (n = 35)	лесные (n = 73)	нелесные (n = 70)	лесные (n = 35)	нелесные (n = 85)	лесные (n = 29)
T _{ис} , лет	1,16 ± 0,00		2,16 ± 0,38		2,97 ± 0,41*	
T _{аб} , лет	0,00 ± 0,00		0,22 ± 0,15		0,87 ± 0,23*	
T _{ис} , лет	9,36 ± 0,84		12,88 ± 1,49		17,13 ± 0,97*	
T _{дер} , лет	2,83 ± 0,26		3,93 ± 0,27*		6,59 ± 0,21*	
QF, %	2,1 ± 0,6	37,9 ± 2,9	0,9 ± 0,3*	17,2 ± 2,4*	0,04 ± 0,04*	10,6 ± 2,6*
VP, %	1,2 ± 0,6	19,4 ± 1,7	0,8 ± 0,3	14,4 ± 2,3	0,08 ± 0,08*	5,04 ± 1,4*
ЛЕС, %	5,3 ± 1,1	66,2 ± 2,2	2,9 ± 0,5*	36,8 ± 3,4*	0,2 ± 0,1*	19,5 ± 3,3*
СИН, %	44,7 ± 4,2	3,3 ± 0,6	60,3 ± 3,0*	3,4 ± 0,6*	68,0 ± 2,1*	26,5 ± 3,1*
ОПП, %	86,1 ± 2,8	71,8 ± 2,5	85,4 ± 2,1	68,9 ± 3,7	71,3 ± 2,7*	62,2 ± 4,5
ВБ, видов на 100 м ²	16,3 ± 0,9	15,4 ± 0,3	13,3 ± 0,5*	13,8 ± 0,5*	11,5 ± 0,4*	12,8 ± 0,7*
ЕВ, шт./га	1699 ± 474	3330 ± 252	571 ± 143*	2050 ± 276*	180 ± 58*	1524 ± 256*
ТФ, %	19,7 ± 3,9	2,9 ± 0,5	29,5 ± 3,3	7,5 ± 1,0*	36,4 ± 2,78*	12,1 ± 1,4*
ФФ, %	11,1 ± 1,6	42,8 ± 1,1	5,9 ± 0,8*	32,1 ± 1,9*	3,8 ± 0,9*	27,9 ± 1,9*
АД ₁ , %	10,1 ± 1,2	0,8 ± 0,3	18,2 ± 1,3*	5,6 ± 1,1*	21,2 ± 1,1*	11,8 ± 2,0*
АД ₂ , %	11,7 ± 2,8	2,4 ± 1,3	18,4 ± 2,2	4,6 ± 1,6	27,9 ± 2,5*	10,3 ± 3,0*
АД ₃ , %	9,0 ± 5,0	0,9 ± 0,5	25,8 ± 6,1	10,0 ± 2,6*	37,9 ± 10,3*	31,4 ± 5,2*
АД ₄ , %	10,8 ± 5,5	1,2 ± 0,8	27,7 ± 6,7	15,1 ± 4,9*	37,2 ± 10,4*	35,0 ± 7,0*

П р и м е ч а н и е. * – достоверное отличие от малонарушенного ландшафта по *t*-критерию Стьюдента ($p < 0,05$).

характерны следующие особенности: почти полное отсутствие лесных видов; достоверно меньшее по сравнению с малонарушенным ландшафтом общее проективное покрытие; достоверно меньшее значение видового богатства (в 1,4 раза меньше, чем в малонарушенном); слабо развитое естественное возобновление древесных видов (в 9,4 раза меньшая численность, чем в малонарушенном ландшафте); более значительная доля терофитов (в 1,8 раза по сравнению с малонарушенным) и слабое участие фанерофитов (меньше в 2,9 раза). Кроме того, нелесные стадии сукцессии в сильно нарушенном ландшафте имеют значительную степень адвентизации растительности (характеризует открытость экосистемы для вторжения чужеродных видов): в зависимости от показателя – в 2–4 раза выше, чем в малонарушенном ландшафте.

Существенные различия между мало и сильно нарушенными ландшафтами прослеживаются и на лесных стадиях. В сильно нарушенном ландшафте представленность видов неморальных лесов ниже в 3,6 раза, видов бореальных лесов – в 3,8, всех лесных видов – в 3,4 раза. Характерны также: высокий уровень синантропизации (в 8 раз выше, чем в малонарушенном ландшафте); более низкое видовое богатство (в 1,2 раза); меньшая численность естественного возобновления древесных видов (в 2,2 раза); повышенная доля терофитов и пониженная фанерофитов в спектре жизненных форм; повышенный уровень адвентизации, особенно древесной флоры (более 30 %).

Трансформации сукцессионных процессов прослеживаются в средненарушенном ландшафте, который достоверно отличается от малонарушенного по ряду показателей ($T_{дер}$, QF, ЛЕС, СИН, ВБ, ЕВ, ФФ, АД₁).

Особенностью лесных сообществ в сильно нарушенном ландшафте является высокий уровень адвентизации. Так, доля адвентивных видов в составе флоры составляет 11,8 %, а в общем проективном покрытии – 10,3 %. Местами доля адвентивных видов в покрытии может достигать 40 %. Еще выше адвентизация естественного возобновления – около трети общей численности приходится на чужеземные виды деревьев. Анализ онтогенетических спектров древесных видов в со-

обществах сильно нарушенного ландшафта показывает, что практически во всех возрастных группах адвентивные виды занимают лидирующие позиции. Так, в ювенильной группе преобладают, %: *Acer negundo* L. – 35, *Acer platanoides* L. – 32, *Robinia pseudoacacia* L. – 5. В виргинильной и имматурной группах, %: *Acer negundo* L. – 37, *Robinia pseudoacacia* L. – 17, *Acer platanoides* L. – 13. В молодой генеративной группе, %: *Acer negundo* L. – 24, *Populus tremula* L. – 17, *Robinia pseudoacacia* L. – 16. В лесных сообществах сильно нарушенного ландшафта в большинстве случаев нормальные спектры характерны для адвентивных *Acer negundo* L. и *Robinia pseudoacacia* L. Аборигенные эдификаторы (*Quercus robur* L., *Tilia cordata* Mill. и т. д.) имеют фрагментарные спектры или отсутствуют вообще.

Основной причиной высокой степени адвентизации лесных экосистем в сильно нарушенном ландшафте является деградация популяций поздне-сукцессионных видов-эдификаторов вследствие уничтожения лесных массивов на обширных площадях.

Таким образом, сукцессионные стадии в сильно нарушенном ландшафте имеют достоверные отличия от аналогичных стадий в малонарушенном (а по большинству рассматриваемых показателей – и от аналогичных стадий в средненарушенном ландшафте). Степень нарушения ландшафта является важным фактором, определяющим ход автогенных сукцессий в ее отдельных местоположениях.

Указанные различия сукцессий в ландшафтах, имеющих различный уровень нарушения, подтверждаются непосредственными наблюдениями на постоянных пробных площадках за нелесными стадиями в 2002–2009 гг. (табл. 2). Данные постоянные пробные площадки размещены на строительных пустырях с уничтоженным почвенным покровом. Субстрат – перемешанные песчано-супесчаные грунты и остатки почвенных горизонтов (древнеаллювиальные отложения надпойменной террасы). Глубина залегания уровня грунтовых вод 1,5–2 м. Одна постоянная пробная площадка располагается в пределах сильно нарушенного ландшафта ($K_c = 0,25$), вторая – в пределах малонарушенного ($K_c = 0,72$).

Т а б л и ц а 2

Показатели сукцессии растительности на постоянных пробных площадках

Показатель	Год от начала сукцессии							
	1		3		5		7	
	СНЛ	МНЛ	СНЛ	МНЛ	СНЛ	МНЛ	СНЛ	МНЛ
ЛЕС, %	0	0	0	4,2	0	5,0	3,1	15,8
СИН, %	93,3	73,7	60,0	25,0	42,8	25,0	43,8	21,1
ВВ, видов на 100 м ²	9,8	14,0	10,5	17,5	13,4	15,9	14,4	16,5
ЕВ, шт./га	0	0	0	1530	20	4750	260	8550
ТФ, %	80,0	57,9	13,3	0	7,7	0	18,7	0
ФФ, %	0	0	0	20,8	7,7	25,0	12,5	26,3
АД ₁ , %	20,0	10,5	20,0	4,2	19,2	5,0	25,0	5,3
АД ₂ , %	29,3	16,9	5,4	0,6	7,6	4,0	10,1	3,6
АД ₃ , %	0	0	0	0	100	0	100	0
АД ₄ , %	0	0	0	0	100	0	100	0
Спектр фитосоциологического состава (представленность диагностических видов), % от всех видов								
Stellarietea media (рудеральные и сеgetальные сообщества однолетников)	66,7	52,6	13,3	4,2	8,0	5,0	15,6	4,2
Artemisietea vulgaris (рудеральные сообщества высокорослых дву- и многолетних видов)	6,7	5,3	26,7	8,3	23,1	10,0	22,0	5,3
Agropyretea repentis (рудеральные сообщества с преобладанием многолетних злаков)	6,7	5,3	13,3	8,3	8,0	5,0	6,3	0,0
Molinio-Arrhenatheretea (луга умеренной зоны Евразии на месте широколиственных лесов)	6,7	10,5	20,0	33,3	28,0	35,0	28,1	26,3
Quercus-Fagetea (мезо- и мезоксерофитные широколиственные листопадные леса)	0	0	0	0	0	0	0	10,5

П р и м е ч а н и е. СНЛ – сильно нарушенный ландшафт; МНЛ – малонарушенный ландшафт.

Из табл. 2 видно, что отличия в величине приведенных показателей наблюдаются по всему рассматриваемому отрезку времени. Так, в малонарушенном ландшафте лесные виды появились на 3-й год от начала сукцессии, тогда как в сильно нарушенном – только на 7-й год; естественное возобновление деревьев появилось соответственно на 3-й и 5-й год от начала сукцессии. Уровень синан-

тропизации растительности в сильно нарушенном ландшафте был постоянно выше: в 1,27 раза – в 1-й год; в 2,4 раза – на 3-й год; в 1,71 раза – на 5-й год; в 2,08 раза – на 7-й год. В малонарушенном ландшафте терофиты исчезли из растительного покрова к 3-му году; в сильно нарушенном ландшафте продолжают входить в состав сообщества в 7-м году. Существенно отличается степень

адвентизации, причем естественное возобновление деревьев в сильно нарушенном ландшафте представлено только адвентивными видами (*Acer negundo* L.).

Фитосоциологический состав близок в 1-й год (в обоих случаях доминируют виды *Stellarietea media*), но в ходе развития сукцессии возрастают отличия. В малонарушенном ландшафте к 7-му году появляются лесные виды, в том числе виды *Quercus-Fagetea*, резко снижается представленность видов *Stellarietea media*, *Artemisietea vulgaris*, *Agropyretea repentis*. В сильно нарушенном ландшафте на 7-й год сукцессии лесные виды отсутствуют, а рудеральные сохраняют относительно высокую представленность.

Таким образом, восстановительная сукцессия в сильно нарушенном ландшафте отличается более медленной скоростью смен растительности, существенной задержкой на нелесных стадиях (в том числе на пионерной), высокой степенью синантропизации и адвентизации растительности на всех стадиях. Высокий уровень адвентизации растительности придает сукцессии слабопредсказуемый характер, поскольку нарушается нормальный ход сукцессионных смен, возможно формирование субклимаксовых травяных, кустар-

никовых и лесных сообществ, ингибирующих дальнейший ход сукцессии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ландшафты Белоруссии / под ред. Г. И. Марцинкевич и Н. К. Клицуновой. Минск: Университетское, 1989. 239 с.
2. Миркин Б. М., Наумова Л. Г., Соломещ А. И. Современная наука о растительности. М.: Логос, 2002. 264 с.
3. Braun-Blanquet J. Pflanzensociologie. Wien; New York: Springer-Verlag, 1964. 865 S.
4. Matuszkiewicz W. Przewodnik do oznaszania zbiorowisk gnylinnych Polski. Warszawa: PWN, 1984. 298 S.
5. Булохов А. Д., Соломещ А. И. Эколого-флористическая классификация лесов Южного Нечерноземья России. Брянск: Изд-во БГУ, 2003. 359 с.
6. Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений: деревья и кустарники. Методические разработки. М.: Прометей, 1989. 104 с.
7. Смирнова О. В., Бобровский М. В., Ханина Л. Г. Использование демографических методов для оценки и прогноза сукцессионных процессов в лесных ценозах // Бюл. МОИП. Сер. биол. 2001. Т. 106, № 5. С. 26–34.
8. Смирнова О. В. Методологические подходы и методы оценки климаксового и сукцессионного состояния лесных экосистем (на примере восточно-европейских лесов) // Лесоведение. 2004. № 3. С. 15–27.
9. Волков С. Н. Землеустройство в условиях земельной реформы (экономика, экология, право). М.: Былина, 1998. 210 с.
10. Агроэкология / под ред. В. А. Черникова, А. И. Чересеса. М.: Колос, 2000. 536 с.

Features of the Successions of Vegetation in the Man-Disturbed Landscapes (for South-Eastern Belarus as Example)

A. P. GUSEV

*F. Skorina Gomel State University
246019, Belarus, Gomel, Sovetskaya str., 104
E-mail: gusev@gsu.by*

Features of progressive successions in the landscapes with different levels of anthropogenic transformation (the southeast of Belarus) are considered. The comparative analysis of succession characteristics in weakly and strongly disturbed landscapes is performed. It is established that succession in strongly disturbed landscape differs by the slower speed of the vegetation and essential delay at early stages (including initial stages). Strongly disturbed landscapes are characterized by the high degree of synanthropization and a significant level of invasion at all the stages of succession.

Key words: vegetation, succession, stage, landscape, synanthropization, anthropogenic disturbance, Belarus.