

УДК 581.524+502.57

ВОЗДЕЙСТВИЕ ВТОРЖЕНИЯ ЗОЛОТАРНИКА КАНАДСКОГО (*SOLIDAGO CANADENSIS* L.) НА РАСТИТЕЛЬНОЕ БИОРАЗНООБРАЗИЕ В УСЛОВИЯХ ЛАНДШАФТОВ БЕЛАРУСИ

А.П. Гусев, Н.С. Шпилевская

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Гомель, Беларусь

Эл. почта: andi_gusev@mail.ru

Статья поступила в редакцию 09.10.2017; принята к печати 10.01.2018

Для оценки влияния инвазии *Solidago canadensis* L. на биоразнообразие в условиях ландшафтов Беларуси выполнено сравнение результатов двух серий геоботанических съемок 2005–2006 и 2015–2017 гг. на 7 ключевых участках. На всех участках проективное покрытие *S. canadensis* возросло с 0–8 до 25–94%. При этом снижалось видовое разнообразие (число видов растений, видовое богатство) и ценотическое разнообразие (число синтаксонов растительности), формировался гомогенный растительный покров из сообществ *S. canadensis*; замедлились сукцессионные смены растительности. Установлена корреляция между проективным покрытием *S. canadensis* и видовым богатством (коэффициент корреляции Спирмена 0,64 при $p < 0,0001$).

Ключевые слова: чужеродные виды, биоразнообразие, инвазия, *Solidago canadensis* L., Беларусь.

THE EFFECTS OF INVASION BY CANADIAN GOLDENROD (*SOLIDAGO CANADENSIS* L.) ON FLORAL BIODIVERSITY IN LANDSCAPES TYPICAL FOR BELARUS

A.P. Gusev, N.S. Shpilevskaya

F. Skorina State University of Gomel, Gomel, Belarus

E-mail: andi_gusev@mail.ru

To assess the effects of *S. canadensis* invasion on floral biodiversity in Belarus, two series of geobotanical examinations in 2005–2006 and 2015–2017 were compared. In all plots, the projective cover with *S. canadensis* increased from 0–8 to 25–94%. These increases were associated with decreases in floral species diversity (the number and the abundance of species and coenotic diversity (the number of floral syntaxa), with the development of a homogenous cover consisting of *S. canadensis* communities, and with slowing down of succession. Projection cover areas negatively correlate with floral species diversity estimates (Spearman correlation coefficient 0,64 at $p < 0,0001$).

Keywords: alien species, biodiversity, invasion, *Solidago canadensis* L., Belarus.

ВВЕДЕНИЕ

Одна из основных угроз биологическому разнообразию – инвазии чужеродных видов [15]. Массовые инвазии видов, чуждых местной биоте, способны спровоцировать экологические кризисы и ведут к «антропогенной гомогенизации» биосферы [12].

Чужеродные виды вызывают серьезные экологические последствия, нанося существенный вред природным экосистемам, которые могут быть изменены вплоть до полного исчезновения местных видов; наибольшей угрозе подвергаются редкие и эндемичные виды [9, 15]. Так, например, значительное влияние на би-

оразнообразии оказывает *Reynoutria japonica* Houtt. Этот вид негативно воздействует на другие растения, создавая плотные заросли и затенение. Местные виды в таких зарослях отсутствуют, то есть резко снижается флористическое разнообразие [6, 9]. Примером агрессивного воздействия на биоразнообразие водных экосистем может служить инвазия водяного гиацинта (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) на территории Африки [10, 17].

По данным [9] существенное снижение видового разнообразия происходит, когда в местные сообщества внедряются такие растения, как фаллопия (*Fallopia* spp.) и борщевики, например

Heracleum mantegazzianum Sommier&Levier, тогда как вторжение губастика *Mimulus guttatus* DC и недотроги *Impatiens glandulifera* Royle имеют эффект незначительный.

Влияние инвазий чужеродных видов на биоразнообразии неоднозначно: за счет чужеродных видов биоразнообразии на локальном и региональном уровнях может увеличиваться [13]. Так, по результатам исследований, проводимых в локальном масштабе и в течение длительного времени, воздействие инвазий на видовое разнообразие более сильное, чем это показывают исследования, выполненные в большем масштабе и в течение короткого времени [8]. На основе анализа литературы установлена отрицательная связь между влиянием инвазивных видов на биоразнообразии и пространственным масштабом [13].

подавляющее большинство работ касаются влияния чужеродных видов на таксономическое разнообразие; значительно меньшая часть исследований посвящена изучению их воздействия на ценоотическое и сукцессионное разнообразие, то есть разнообразие на уровне сообществ [8, 9, 13]. В то же время некоторые чужеродные виды растений могут изменять целые экосистемы, нарушать сукцессионные связи, способствовать формированию новых типов экосистем. Этот аспект влияния чужеродных видов на биоразнообразии изучен относительно слабо.

Целью настоящей работы было изучение влияния инвазии золотарника канадского (*Solidago canadensis* L.) на биоразнообразии в условиях ландшафтов Беларуси. Задачи исследований: сравнение результатов двух серий геоботанических съемок в 2005–2006 и 2015–2017 гг.; выяснение влияния инвазии *S. canadensis* на видовое богатство и ценоотическое и сукцессионное разнообразие; оценка корреляционной связи между проективным покрытием *S. canadensis* и показателями разнообразия растительности.

Материал и методы

Район исследований находится на юго-востоке Беларуси (восточная часть Белорусского Полесья). Климат района характеризуется следующими показателями: среднегодовая температура +7,4 °С; средняя температура июля +19,8 °С; средняя температура января –4,5 °С; годовая сумма температур выше 10 °С – 2600°; среднегодовое количество осадков – 628 мм. По гидротермическим показателям территория относится к суббореальным гумидным (широколиственнолесным) ландшафтам. Антропогенная трансформация ландшафтов вызвана сельскохозяйственной деятельностью, городским и промышленным строительством, разработкой месторождений полезных ископаемых, осушительной мелиорацией.

Общая характеристика исследованных участков приведена в табл. 1.

Табл. 1

Общая характеристика ключевых участков, на которых проводился мониторинг растительности в 2005–2006 и 2015–2017 гг.

№	Местообитание (общая площадь, га)	Координаты	Число пробных площадок
1	Пахотные земли, выведенные из оборота (1,3)	52°29'28.32" 30°59'43.19"	5
2	Пахотные земли, выведенные из оборота (0,25)	52°29'26.06" 30°59'50.60"	5
3	Пахотные земли, выведенные из оборота (0,35)	52°29'20.69" 30°59'46.15"	5
4	Пахотные земли, выведенные из оборота (0,38)	52°29'14.64" 31°0'54.11"	5
5	Земли, нарушенные при строительстве (0,8)	52°29'23.42" 30°59'38.37"	5
6	Земли, нарушенные при строительстве (0,2)	52°21'2.00" 31°3'32.26"	6
7	Отработанный карьер по добыче песка (0,55)	52°23'6" 30°55'26"	10

Исследования проводились методом геоботанической съемки на пробных площадках площадью 100 м². Выполнено две серии наблюдений: в 2005–2006 и 2015–2017 гг. При обработке материалов применялся эколого-флористический метод Браун-Бланке [7]. При классификации сообществ *S. canadensis* использовали дедуктивный метод Копечки-Гейны [11].

Статистический анализ выполняли с помощью программы STATISTICA 6.0.

Результаты и их обсуждение

S. canadensis L. – многолетнее травяное растение североамериканского происхождения. Может образовывать густые заросли высотой до 2 м и плотностью более 300 побегов на 1 м². Опыляется насекомыми. Имеет высокую плодовитость – более 10 тысяч семян на одном генеративном побеге. Предполагают, что *S. canadensis* является возбудителем сенной лихорадки и может способствовать развитию заболеваний зерновых культур. Плохо поедается домашними животными. Установлено, что определенную роль в успешности инвазии *S. canadensis* играют микоризные взаимодействия и аллопатические эффекты [1, 5, 14, 16, 19, 20]. Распространение *S. canadensis* и его способность трансформировать экосистемы зави-

сит от климатических условий [18]. Ранее нами было установлено, что в условиях юга Беларуси *S. canadensis* L. способен блокировать восстановительные сукцессии на залежах [2, 3].

Исследование распространения *S. canadensis* на юго-востоке Беларуси показывает, что его сообщества занимают различные типы местообитаний: обрабатываемые земли, выведенные из оборота (пашни, огороды); луга; земли, нарушенные при строительстве (пустыри); земли, нарушенные при добыче полезных ископаемых (строительных материалов, торфа); вырубки в лесу (просеки, поляны); леса.

На ключевых участках (табл. 1) были выполнены 2 серии геоботанических наблюдений, на основе которых были изучены изменения видового и ценофитического разнообразия под влиянием вторжения *S. canadensis*. В 2005–2006 гг. диагностированы сообщества, относящиеся к 3 классам растительности: *Stellarietea mediae* R. Tx. et al. ex von Rochow 1951, *Artemisietea vulgaris* Lohmeyer et al. ex von Rochow 1951 и *Epilobietea angustifolii* Tx. et Preising in Tx. em. Passarge 1956. Эти фитоценозы отнесены к 7 ассоциациям (табл. 2):

Erigeronto-Lactucetum serriolae Lohm. in Oberd. 1957 em Mucina 1978

Artemisietum vulgaris R. Tx. 1942

Табл. 2

Изменения растительности под воздействием вторжения *S. canadensis* на ключевых участках

№	Растительные сообщества (ассоциации по классификации Браун-Бланке)	Общее число видов высших сосудистых растений	Число видов на 100 м ²	Проективное покрытие <i>Solidago canadensis</i> , %
1	Artemisio-Tanacetetum vulgaris* д. с. # <i>S. canadensis</i> [Artemisietea]**	26	12,0	0,4
		20	9,6	52,0
2	Calamagrostietum epigeji* д. с. <i>S. canadensis</i> [Artemisietea]**	28	14,0	8,0
		10	4,6	94,0
3	Erigeronto-Lactucetum* д. с. <i>S. canadensis</i> [Artemisietea]**	32	12,0	0
		22	10,2	34,0
4	Calamagrostietum epigeji / Agropyretum repens* д. с. <i>S. canadensis</i> [Artemisietea]**	23	13,5	2,8
		20	10,4	25,0
5	Artemisio-Tanacetetum vulgaris / Artemisietum vulgaris* д. с. <i>Solidago canadensis</i> [Artemisietea]**	31	18,8	1,2
		26	12,0	28,0
6	Calamagrostietum epigeji* д. с. <i>S. canadensis</i> [Artemisietea]**	41	11,4	0
		21	8,4	82,0
7	Melilotetum albi-officinalis / Echio-Melilotetum albae* д. с. <i>S. canadensis</i> [Artemisietea]**	48	13,0	3,1
		23	10,2	40,0

* – 2005-2006 гг.; ** – 2015-2017 гг.; #д. с. = дериватное сообщество.

Echio-Melilotetum albae Tx. 1942
 Melilotetum albi-officinalis Siss. 1950
 Artemisio-Tanacetetum vulgaris Br.-Bl. 1931
 corr. 1949
 Agropyretum repentis (Felf. 1942) Gors 1966
 Calamagrostietum epigeji Juraszek 1928.

S. canadensis присутствовал на пяти ключевых участках из семи, но исходно его покрытие не превышало 10% (табл. 2).

К 2015–2017 гг. произошли существенные изменения, которые трансформировали растительный покров на ключевых участках – везде образовались монодоминантные сообщества *S. canadensis*. Согласно [11], фитоценозы с доминированием золотарника были классифицированы как дериватные сообщества (д. с.) *S. canadensis* [Artemisietea], непосредственно относимые к классу Artemisietea vulgaris.

Таким образом, разнообразные синантропные сообщества (7 ассоциаций) сменились монодоминантным *S. canadensis* [Artemisietea]. Для него характерен мощный травостой, в котором доминирует *S. canadensis* (проективное покрытие достигает местами 90% и более). В флористическом составе отмечается также присутствие других видов (преимущественно синантропных) – *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Artemisia vulgaris* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Lupinus polyphyllus* Lindl., *Tanacetum vulgare* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski и т. д. Значительная часть этих видов (30–40%) – это диагностические виды класса Artemisietea vulgaris.

Рассмотрим, как изменились показатели видового разнообразия, – суммарное число видов растений по всем пробным площадкам ключевого участка и число видов на 100 м². Суммарное число видов снизилось на всех ключевых

участках в 1,2–2,8 раза. Наибольшее снижение наблюдается на участке 2 – с 28 до 10 видов. Видовое богатство здесь уменьшилось с 14,0 до 4,6 вида на 100 м² (в 3 раза). За рассматриваемый период времени проективное покрытие *S. canadensis* на этом участке увеличилось с 8,0 до 94,0% (табл. 2).

Корреляционным анализом (непараметрические методы Спирмена и Кендалла) связи между проективным покрытием *Solidago canadensis* и рядом показателей растительности (использованы геоботанические описания на 87 площадках) установлена достоверная корреляция между проективным покрытием *S. canadensis* и видовым богатством (табл. 3). По мере роста покрытия *S. canadensis* происходит снижение видового богатства (коэффициент корреляции Спирмена 0,64 при $p < 0,0001$). Так, при покрытии *S. canadensis* более 90% видовое богатство падает до 3–7 видов на 100 м². Видно, что рост проективного покрытия *S. canadensis* негативно влияет на численность и разнообразие подростов деревьев (отрицательные коэффициенты корреляции). В фитоценозах с покрытием *S. canadensis* более 90% численность подростов деревьев не превышает 100 шт./га. В 2005–2006 гг. подрост на ключевых участках был представлен березой *Betula pendula* Roth, тополем *Populus tremula* L., ольхой *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., ивой *Salix* sp., кленами *Acer platanoides* L. и *Acer negundo* L., робинией *Robinia pseudoacacia* L. без выраженных доминантов. В 2015–2017 гг. в подросте резко преобладает *Acer negundo*, который на большинстве ключевых участках остался единственным из древесных видов. Таким образом, *S. canadensis* негативно влияет на подрост деревьев и нарушает возобновление леса.

Табл. 3

Корреляционные связи между проективным покрытием *S. canadensis* и показателями растительности

Показатель	Коэффициент корреляции Спирмена	Коэффициент корреляции Кендалла
Видовое богатство, число видов на 100 м ²	–0,64, $p < 0,0001$	–0,52, $p < 0,0001$
Численность подростов деревьев, шт./га	–0,32, $p < 0,01$	–0,26, $p < 0,01$
Число видов деревьев и кустарников, шт./100 м ²	–0,24, $p < 0,05$	–0,20, $p < 0,01$
Доля синантропных видов, % от общего числа видов	Связь недостоверна	Связь недостоверна
Доля луговых видов, % от общего числа видов	–0,25, $p < 0,01$	–0,19, $p < 0,01$

Установлено также, что покрытие *S. canadensis* достоверно отрицательно влияет на представленность луговых видов в сообществах, но не влияет на представленность синантропных видов (табл. 3). Если в 2005–2006 гг. на некоторых ключевых участках (2 и 4) на луговые виды приходилось 30–40%, то в 2015–2017 гг. – в 2–3 раза меньше.

Не менее важен «сукцессионный» аспект воздействия *S. canadensis*: его вторжение приводит к ингибированию восстановительных сукцессий и к остановке сукцессионного процесса на нелесной стадии [3, 4]. Временным «окном», через которое *S. canadensis* проникает в сукцессию, являются бурьянистая и луговая стадии. В пионерных группировках *S. canadensis* отсутствует. Вторжение начинается с единичного появления *S. canadensis* в составе фитоценозов, относящихся к нескольким классам растительности – Artemisietea vulgaris (рудеральные сообщества высокорослых двулетних и многолетних видов), Galio-Urticetea (получастные и антропогенные нитрофильные сообщества затененных мест и опушек в лесопарках, скверах, в поймах рек и ручьев), Agropyretea gerentis (рудеральные сообщества с преобладанием многолетних злаков), Molinio-Arrhenatheretea (вторичные послелесные луга умеренной зоны Евразии) и Epilobietea angustifolia (сообщества вырубок и гарей) по классификации Браун-Бланке [7].

Все перечисленные классы представляют собой флористически разнообразные, но сукцессионно однородные сообщества, соответствующие бурьянистой или луговой стадии, которые в условиях Беларуси относительно быстро сменяются лесной стадией по мере развития деревьев и кустарников [4]. Соответственно, при разрастании *S. canadensis* через несколько лет образуются его монодоминантные травостой, которые, как указывалось выше, препятствуют естественному возобновлению деревьев и кустарников [2, 3]. В результате сукцессия не

приводит к образованию лесного фитоценоза и задерживается на неопределенно долгое время на бурьянистой стадии. Имеет место тенденция пространственно-временной смены мозаики из сообществ различного сукцессионного статуса (пионерных, бурьянистых, луговых, кустарниковых, лесных) на однородный покров из монодоминантных сообществ *S. canadensis*.

По нашим наблюдениям, на юго-востоке Беларуси сообщества с доминированием *S. canadensis* занимают от десятков квадратных метров до нескольких гектаров. Такие сообщества в виде «пятен», площадь которых с каждым годом увеличивается, в лесном ландшафте сокращают местообитания лесных видов растений и животных, а в сельскохозяйственном ландшафте – местообитания луговых видов растений и животных. Этот аспект воздействия *S. canadensis* на биоразнообразие еще предстоит изучить и оценить.

Выводы

В условиях зоны широколиственных лесов вторжение *S. canadensis* оказывает влияние на разные аспекты биоразнообразия: видовое разнообразие (снижается число видов растений, видовое богатство), ценотическое разнообразие (снижается число синтаксонов растительности, гетерогенная мозаика растительных сообществ стремится к гомогенному растительному покрову *S. canadensis* [Artemisietea]); сукцессионное разнообразие (в ландшафте имеет место тенденция к пространственному доминированию фитоценозов, представляющих только одну стадию сукцессии). Расширение площади, занятой сообществами *S. canadensis* [Artemisietea], препятствует возобновлению лесов, что может негативно отразиться на лесной фауне и флоре.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Белорусского фонда фундаментальных исследований (проект № Б16Р-198).

Литература

Общий список литературы/Reference List

1. Betekhtina AA, Mukhacheva TA, Kovalev SYu, Gusev AP, Veselkin DV. Abundance and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in invasive *Solidago canadensis* and indigenous *S. virgaurea*. Russ J Ecol. 2016;47 (6):575-9.
2. Gusev AP. Inhibition of restorative succession by invasive plant species: Examples

