

Оригинальное исследование

DOI: 10.31862/2500-2961-2021-11-3-327-344

Н.Г. Кадетов, М.П. Чернышов

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
119991 г. Москва, Российская Федерация

Влияние инвазионных видов растений на элементы зеленой инфраструктуры городов на примере Московской агломерации

Проблема биологических инвазий является одной из наиболее значимых как в свете экологических и экономических последствий, так и социальных. Особенно остро она стоит в урбанизированном ландшафте. В работе на примере четырех расположенных в одной ландшафтной провинции, но застроенных в разное время участков в границах Московской агломерации рассмотрено влияние модельных видов инвазионных растений на элементы зеленой инфраструктуры города. Для каждого элемента рассчитана устойчивость по четырем параметрам: экологическому, экономическому, эстетическому и влиянию на здоровье человека. На основе интегральных расчетов проведена оценка восприимчивости элементов зеленой инфраструктуры к инвазиям модельных видов и опасности этих видов. Показано увеличение общей устойчивости от наиболее антропогенно преобразованных сообществ к более природным и от более просто устроенных и флористически бедных к более богатым и сложно организованным, а также меньшая устойчивость более молодых сообществ по сравнению с более возрастными (по мере увеличения возраста сообщества или

увеличения давности последнего крупного его нарушения). Отмечена большая опасность многолетних инвазионных видов по сравнению с однолетними и некоторая тенденция к увеличению опасности вида для городской среды с увеличением его габитусов.

Ключевые слова: инвазионные виды, элементы зеленой инфраструктуры города, восприимчивость к инвазиям, опасность видов, Московская агломерация

Благодарности. Авторы выражают благодарность сотрудникам кафедры биогеографии Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова – доценту Е.Г. Сусловой и старшему научному сотруднику В.А. Мироновой, а также А.А. Кадетовой за помощь и консультации при работе с материалами.

ССЫЛКА НА СТАТЬЮ: Кадетов Н.Г., Чернышов М.П. Влияние инвазионных видов растений на элементы зеленой инфраструктуры городов на примере Московской агломерации // Социально-экологические технологии. 2021. Т. 11. № 3. С. 327–344. DOI: 10.31862/2500-2961-2021-11-3-327-344

Original research

DOI: 10.31862/2500-2961-2021-11-3-327-344

N.G. Kadetov, M.P. Chernyshov

Lomonosov Moscow State University,
Moscow, 119991, Russian Federation

Invasive plant species influence on the elements of green infrastructure of cities on the example of the Moscow agglomeration

The problem of biological invasions is one of the most significant, both in terms of environmental and economic consequences, as well as social ones. It is especially acute in the urbanized landscape. Using the example of four sites located in the same landscape province, but built up at different times

within the boundaries of the Moscow agglomeration, the influence of model species of invasive plants on the elements of the green infrastructure of the city is considered. For each element, a point-based sustainability assessment was carried out according to four parameters: ecological, economic, aesthetic and impact on human health. On the basis of integral calculations, an assessment of the susceptibility to invasions of elements of green infrastructure to invasions of model species and the danger of these species was carried out. An increase in the overall resistance from the most anthropogenically transformed communities to more natural ones and from more simply arranged and floristically poor to richer and more complexly organized communities is shown, as well as a lower resistance of younger communities compared to older ones (as the age of the community or the age of the last major violation of the community increases). There is a great danger of perennial species compared to annuals and some tendency towards an increase in the danger of the species to the urban environment with an increase in its habitus.

Key words: invasive species, elements of the city's green infrastructure, susceptibility to invasions, species hazard, Moscow agglomeration

Acknowledgments. The authors are grateful to the staff of the Department of Biogeography of Lomonosov Moscow State University: associate professor E.G. Suslova, senior researcher V.A. Mironova, and A.A. Kadetova for help and advice when working with materials.

CITATION: Kadetov N.G. Chernyshov M.P. Invasive plant species influence on the elements of green infrastructure of cities on the example of the Moscow agglomeration. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2021. Vol. 11. No. 3. Pp. 327–344. (In Rus.) DOI: 10.31862/2500-2961-2021-11-3-327-344

Введение

В настоящее время распространение инвазионных растений приводит к серьезным последствиям – как экологическим и экономическим, так и социальным. Проблема биологических инвазий – одна из наиболее важных в контексте сохранения биологического разнообразия, которое является одним из условий устойчивого развития [Неронов, Луцкекина, 2001]. В современных условиях глобальных климатических изменений прогнозируется тенденция общего сдвига природных зональных границ к северу [Малхазова и др., 2011]. Соответственно, возможно расширение к северу ареалов многих видов, в том числе инвазионных.

В Европейской России насчитывается более 1000 инвазионных видов растений [Виноградова и др., 2010]. За последние несколько лет, благодаря активным действиям ряда исследовательских групп, проблемам, связанным с чужеродными видами, стало уделяться значительное, по сравнению с прежним, внимание. Проводятся целенаправленные исследования некоторых видов [Арепьева, Куликова, 2017; Куклина и др., 2020 и др.]. Наряду с основополагающей сводкой «Черная книга флоры Средней России» [Виноградова и др., 2010], опубликованы исследования по ряду отдельных административных регионов [Виноградова и др., 2011; Майоров и др., 2012; Решетникова и др., 2019].

Несмотря на значительное количество работ, они преимущественно освещают вопрос влияния инвазионных видов только на природные экосистемы, в значительно меньшей степени проработаны вопросы их воздействия на урбанизированные территории, и лишь немногие исследования связаны с Московской агломерацией.

Московская агломерация, являющаяся одной из крупнейших в мире, обладает уникальной особенностью: она располагается на стыке шести ландшафтов и трех физико-географических провинций – Московской, Москворецко-Окской и Мещёрской [Анненская и др., 1997]. Немаловажно, что развитие агломерации происходило в несколько этапов по направлению строго от центра к периферии, а вся территория между старыми границами города и МКАД была во многом застроена «с нуля». Так, в начале 1960-х гг. Москва значительно расширила свои границы: в нее было включено множество прилегающих подмосковных поселков и городов (в том числе г. Тушино, г. Бабушкин, с. Алтуфьево, с. Бибирево и др.), с замещением сельской застройки городской. Также в сферу Московской агломерации попало множество пригородных поселков, в которых частная застройка постепенно начала сменяться многоэтажными домами. На эти же годы пришелся заметный рост как числа биологических инвазий в регионе, так и численности популяций соответствующих видов [Майоров и др., 2012].

В связи с этим целью настоящей работы стала оценка роли инвазионных видов в формировании городской среды через ее устойчивость, а на ее основе – восприимчивости различных элементов зеленой инфраструктуры города к угрозам со стороны инвазионных видов и опасности этих видов на примере Московской агломерации.

Материалы и методы

Рассмотрение влияния инвазионных видов на урбанизированный ландшафт целесообразно с позиции влияния их на различные элементы зеленой инфраструктуры [Климанова и др., 2020], в которых данные виды произрастают. Существует несколько подходов к их выделению

и классификации [Природный..., 2000; Курбатова и др., 2010; Климанова и др., 2018], однако чаще всего рассматриваются объекты размерностью не менее 0,5 км², тогда как для настоящего исследования значимы более мелкие объекты – площадью вплоть до нескольких м².

Нами была предпринята попытка типизации подобных элементов с градацией по возрасту для некоторых из них (табл. 1).

Исследование проводилось на четырех сопоставимых по площади ключевых участках, в разное время вошедших в пределы агломерации и представляющих собой достаточно типичные варианты застройки, а также лежащих в пределах одной и той же ландшафтной провинции – Московской.

Первый участок – окрестности ул. Мясницкая в центре Москвы. Характеризуется сильным антропогенным воздействием; включен в черту города в XIV в., преобладает застройка XIX – начала XX вв., также недавно (в 2016–2017 гг.) проводилось благоустройство по программе «Моя улица», в котором был сделан упор на современный подход к зеленым насаждениям – с преобладанием многолетников и аборигенной флоры. Однако на участке присутствуют почти исключительно искусственно созданные и поддерживаемые сообщества.

Второй – часть района Южное Медведково, с преобладающей застройкой 1970–1980-х гг. Участок со значительным антропогенным воздействием, сообщества в целом нарушены, представляют собой в основном антропогенные (с устоявшимся флористическим составом) и природно-антропогенные, однако присутствуют сравнительно слабонарушенные и близкие к природным сообщества, способные к саморегуляции при незначительном вмешательстве со стороны человека (например, лесные и луговые сообщества в парке на р. Яуза).

Третий – микрорайон Павшинская Пойма в г. Красногорске. Современная застройка возрастом не более 5–10 лет, расположен вне МКАД. Сообщества существенно трансформированы, ведется озеленение (зачастую с полным уничтожением существовавших сообществ), отсутствует контроль за численностью инвазионных видов.

Четвертый – поселок Тарасовка. Преобладают дома частного сектора постройки второй половины XX в., пример изначально дачного поселка, вошедшего в сферу влияния агломерации. Сообщества нарушены в значительно меньшей степени (за пределами придомовых территорий), антропогенное воздействие также меньше, чем на участках в черте города, что проявляется как в большем числе близких к естественным сообществ, так и в отсутствии контроля со стороны человека за неустойчивыми природно-антропогенными сообществами зеленых зон, что ведет к дальнейшему снижению устойчивости и все большему распространению в них инвазионных видов.

Таблица 1

Рассматриваемые элементы зеленой инфраструктуры
[Considered green infrastructure elements]

Газоны [Lawns]		
Палисадники [Front gardens]	Цветочные клумбы [Flower beds]	Молодые (до года) [Young (up to a year)]
		Средневозрастные [Middle aged]
		Старые (более 4-х лет) [Old (over 4 years old)]
	Огороды [Vegetable gardens]	Однолетние [Annual]
		Многолетние/Двулетние [Perennial/Biennial]
	Сады [Gardens]	Молодые (до 2-х лет) [Young (up to 2 years old)]
Средневозрастные [Middle aged]		
Старые (более 10 лет) [Old (over 10 years old)]		
Скверы и аллеи [Square parks and alleys]	Хвойные насаждения [Coniferous plantations]	
	Смешанные насаждения [Mixed plantations]	
	Широколиственные насаждения [Broadleaf plantations]	
	Мелколиственные насаждения [Small-leaved plantations]	
Речные и приречные территории [River and riparian territories]	Заросли гигрофитов [Thickets of hygrophytes]	
	Околоводные и водные заросли (гигро- и гидрофиты) [Near-water and water thickets (hygro- and hydrophytes)]	
	Ивовые и ольховые сообщества [Willow and alder communities]	
Луга [Meadows]	Пойменные луга [Floodplain meadows]	
	Суходольные луга на склонах [Dry meadows on the slopes]	
	Мезофитные луга (в т.ч. сеянные и луговины) [Mesophytic meadows (including sown meadows and meadows)]	
	Залежи [Arable land]	

В качестве модельных были выбраны сравнительно хорошо изученные и наиболее распространенные в Московской агломерации виды [Майоров и др., 2012], относящиеся к различным жизненным формам: клен ясенелистный (*Acer negundo* L.), борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.), золотарники канадский (*Solidago Canadensis* L.) и гигантский (*S. gigantean* Ait.), недотрога мелкоцветковая (*Impatiens parviflora* DC.), недотрога железистая (*I. grandulifera* Royle), мелколепестник канадский (*Erigeron Canadensis* L.), кислица прямая (*Oxalis stricta* L.), а также виды рода рейнуртия (*Reynoutria* spp.).

Обследования проводились с июля 2017 г. по октябрь 2018 г. В общей сложности было пройдено около 100 км маршрутов в пределах участков.

В ходе маршрутов для каждого вида фиксировались все встречи с указанием ряда параметров: численность; площадь, занятая популяцией; проективное покрытие в пределах элемента зеленой инфраструктуры. После анализа этих данных была составлена уникальная для каждого вида градация размеров и численности популяции для последующей оценки связи между размером и плотностью популяции с их воздействием на элементы зеленой инфраструктуры. Чтобы провести наиболее детальное и точное обследование и картографирование, в ряде случаев проводились полные геоботанические описания [Сукачев, Зонн, 1961; Методы..., 2011].

Элементы зеленой инфраструктуры, помимо очевидного экологического и экономического значения, имеют высокое социальное значение [Климанова и др., 2020]. Следовательно, воздействием в данной сфере могут обладать и инвазионные виды. Такое воздействие значительно влияет на качество экосистемных услуг, в частности, на рекреационные функции. Нами были выбраны два сочетающихся в себе эти качества параметра: социально-эстетический и фактор влияния на здоровье человека.

Далее на основе полученных градаций для каждого элемента была проведена оценка устойчивости – его способности к сохранению исходных для него флористического состава и структуры, а также его восприимчивости к инвазиям по отношению к модельным видам по четырем параметрам:

- экологический – потенциальная вероятность трансформации в результате инвазии;
- экономический – возможные негативные экономические последствия внедрения вида, в том числе сложность его уничтожения;
- социально-эстетический – насколько инвазия вида способна привести к утрате элементом соответствующей функции;
- влияние на здоровье человека – наличие потенциального непосредственного вреда здоровью человека от вида (аллергические реакции, ожоги и т.д.).

По каждому параметру была проведена балльная оценка – присваивались значения от 0 до 2 (чем больше значение, тем больше восприимчивость элемента к инвазиям / тем выше инвазионная активность вида). Например, значение «1» по экологическому параметру соответствовало риску частичного и точечного угнетения и замещения видов исходного сообщества инвазионным, а «2» – доминированию инвазионного вида в рамках элемента зеленой инфраструктуры или полному вытеснению им аборигенных видов. Наибольшую сложность представляет оценка социально-эстетического параметра, в силу того, что некоторые модельные инвазионные виды до сих пор сравнительно широко используются в озеленении, несмотря на негативные последствия их внедрения, а также известной субъективности восприятия отдельных видов.

Баллы присваивались на основе степени трансформированности подвергшихся инвазиям элементов зеленой инфраструктуры конкретными видами, отношения количества подвергшихся инвазиям элементов зеленой инфраструктуры ко всем элементам, и так для каждого элемента.

Результаты и обсуждение

В результате полевых обследований всего на ключевых участках было обнаружено следующее.

2717 различных по размеру (и площади, и количеству взрослых растений) встреч клена ясенелистного, что составляет около 367 встреч на 1 км². Причем от 32 до 57% всех встреч являлись единичными деревьями, с окружающим их небольшим подростом, около 40% встреч в среднем содержали до 20 взрослых растений с окружающим их подростом, до 12% от общего числа встреч содержали более 50–100 растений (чаще линейные посадки или группы зарослей клена ясенелистного).

1480 встреч золотарников канадского и гигантского, что соответствует плотности встреч от 40 встреч/км² до 800 встреч/км² на разных участках. Среди всех абсолютное большинство составляли группы среднего (10–100 растений) и крупного (более 100 растений) размера. Встречи единичных особей практически не фиксировались, что во многом объясняется активным как семенным, так и вегетативным размножением этих видов.

19 встреч рейнутрии, однако все они характеризовались большой занимаемой площадью (до 200 м²) и высоким (часто до 100%) проективным покрытием.

2983 встречи недотроги мелкоцветковой. Плотность встреч около 400 встреч/км², среди которых преобладают группы среднего размера (10–100 растений), однако также большая доля приходится на группы особо крупного размера (до 2000 растений) – до 22%.

310 встреч недотроги железистой, среди которых также преобладали группы среднего размера (в большинстве случаев группы 8–70 растений).

108 встреч мелколепестника канадского, среди которых преобладают единичные, в придомовых палисадниках и на клумбах.

Борщевик Сосновского – 2 встречи, одна из которых содержала 2 растения, другая около 15.

Мы провели анализ общей интегральной устойчивости элементов зеленой инфраструктуры, а также оценку опасности каждого из видов.

Коэффициент восприимчивости к экологическим инвазиям (k) рассчитывался по экологическим параметрам, по формуле:

$$k = \frac{\sum_{n=1}^u (a_n)}{u}, \quad (1)$$

где a_n – экологическое воздействие на элемент зеленой инфраструктуры со стороны каждого вида; u – количество модельных видов.

К наиболее восприимчивым к инвазиям, со средним значением $k \geq 1,38$, относятся как наиболее далекие от природных, искусственно созданные и несбалансированные, нередко моновидовые сообщества, – однолетние газоны, молодые клумбы и сады, – так и близкие к естественным, но сравнительно флористически бедные сообщества, в которых обычно отсутствует древесный и кустарниковый ярусы, – пойменные и мезофитные луга (рис. 1).

Менее восприимчивы ($1,38 > k > 1$) к инвазиям сообщества двух разных типов. Во-первых, средним уровнем устойчивости обладают устоявшиеся искусственные сообщества, в которых слабо представлен либо древесный ярус, – посадки многолетников разного типа, либо кустарниковый и кустарничковый – разного рода скверы и аллеи, средневозрастные сады, парки с широколиственными и мелколиственными насаждениями. Во-вторых, менее восприимчивы к инвазиям сохранившиеся участки с пойменными и суходольными лугами. В обоих случаях в числе механизмов, обеспечивающих сравнительную устойчивость, стоит отметить устоявшуюся структуру и флористический состав сообществ. Кроме того, в ряде случаев собственно условия биотопа исключают возможность появления в нем инвазий некоторых из модельных видов. Так, в парковых насаждениях с густым пологом маловероятна инвазия борщевика Сосновского, а на суходолах со слабым увлажнением – недотроги железистой.

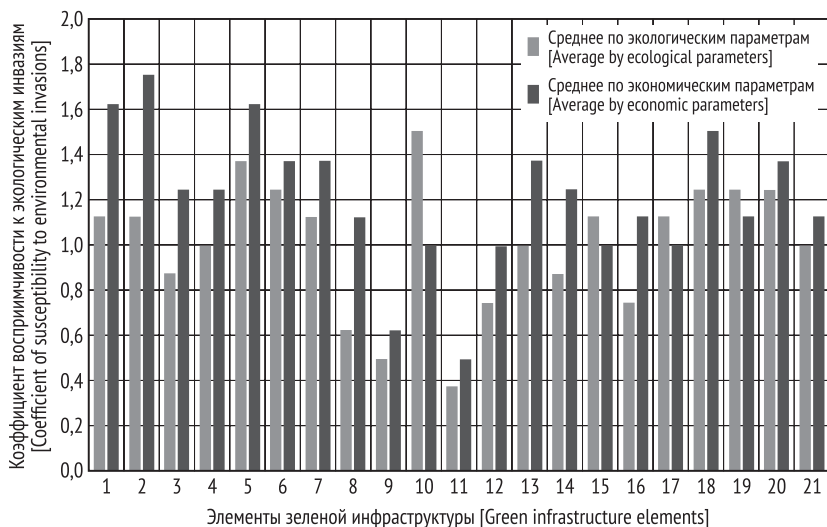


Рис. 1. Восприимчивость к инвазиям модельных видов элементов зеленой инфраструктуры:

- 1 – газоны; 2 – новые клумбы; 3 – средневозрастные клумбы;
- 4 – старые цветочные клумбы; 5 – огороды из однолетних растений;
- 6 – огороды из многолетних растений; 7 – молодые сады;
- 8 – средневозрастные сады; 9 – старые сады; 10 – скверы и аллеи;
- 11 – хвойные насаждения; 12 – смешанные насаждения;
- 13 – широколиственные насаждения; 14 – мелколиственные насаждения;
- 15 – заросли гигофитов; 16 – околородные и водные заросли;
- 17 – ивовые и ольховые сообщества; 18 – пойменные луга;
- 19 – суходольные луга на склонах; 20 – мезофитные луга; 21 – залежи

Fig. 1. Susceptibility to invasions of model species of green infrastructure elements:

- 1 – lawns; 2 – new flower beds; 3 – middle-aged flower beds; 4 – old flower beds; 5 – annual vegetable gardens; 6 – perennial vegetable gardens;
- 7 – young gardens; 8 – middle-aged gardens; 9 – old gardens; 10 – square parks and alleys; 11 – coniferous plantations; 12 – mixed plantations;
- 13 – broadleaf plantations; 14 – small-leaved plantations; 15 – thickets of hygrophytes; 16 – river and riparian territories; 17 – willow and alder communities; 18 – floodplain meadows; 19 – dry meadows on the slopes; 20 – mesophytic meadows; 21 – arable land

Близкими механизмами характеризуются и приречные ивово-ольховые сообщества, и заросли гигофитов, для которых характерна высокая степень сомкнутости ярусов сообществ и специфичность биотопов. Вместе с тем, они крайне неустойчивы по отношению к ряду видов: клен ясенелистный, недотрога железистая и др.

Наименее восприимчивыми к инвазиям ($k \leq 1$) среди элементов зеленой инфраструктуры закономерно оказались наиболее устоявшиеся искусственные сообщества, для которых зачастую характерно более высокое видовое разнообразие, что в сочетании с осуществляемыми мерами ухода обуславливает большую устойчивость. Яркий пример подобных сообществ – старовозрастные сады, а также близкие к природным сообщества: хвойные и смешанные сообщества в парках. В хвойных насаждениях низкая восприимчивость к инвазиям модельных видов может быть обусловлена высокой степенью сомкнутости крон и кислым опадом. Смешанные насаждения обладают чуть меньшей устойчивостью за счет того, что занимаемые и формируемые ими экологические ниши более пригодны для инвазионных видов, однако сохраняют свою устойчивость благодаря богатому биоразнообразию.

Далее была проведена оценка опасности модельных видов на основе приведенной выше балльной шкалы: в каждом элементе зеленой инфраструктуры учитывалось воздействие каждого из выбранных видов, затем полученное значение усреднялось. При оценке опасности учитывались число и характер встреч модельного вида, его способность вытеснять виды исходных сообществ в разных элементах зеленой инфраструктуры (при большем числе встреч и вытеснении исходных видов присваивался более высокий балл). Затем, чтобы оценить инвазионную опасность видов, усреднялось значение по всем элементам зеленой инфраструктуры. Чтобы получить значение восприимчивости элемента зеленой инфраструктуры, усреднялись значения по модельным видам.

Расчет значения опасности инвазионных видов (w) производился по формуле:

$$w = \frac{\sum_{n=1}^v (b_n)}{v}, \quad (2)$$

где b_n – воздействие вида на элемент каркаса; v – число элементов каркаса.

Наиболее инвазионно опасными ($w > 1,3$) видами оказались борщевик Сосновского, клен ясенелистный и виды рода рейнутрия (рис. 2). Это объясняется, с одной стороны, значительной степенью ущерба, наносимого исходным фитоценозам при их внедрении, с другой – сильным экономическим ущербом, причиняемым этими видами [Виноградова и др., 2010]. Высокая способность этих видов к расселению и развитию в малопригодных условиях и некоторая устойчивость этих видов к ядохимикатам [Handbook..., 2009 и др.] делает их наиболее опасными

и с экономической точки зрения. Эти особенности препятствуют их уничтожению, а преобладающее вегетативное размножение у рейнтрии исключает способы механического уничтожения, что затрудняет борьбу с ними как в городской среде, так и в природных биотопах, и препятствует не только потенциальному восстановлению сообществ после уничтожения инвазивных растений, но и ведению хозяйственной деятельности.

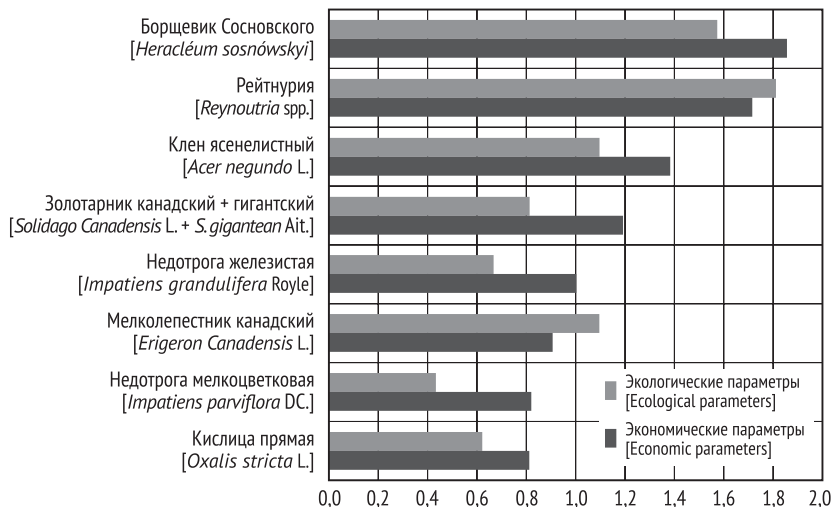


Рис. 2. Инвазивная опасность модельных видов по экономическим и экологическим параметрам

Fig. 2. Invasive hazard of model species by economic and ecological parameters

Помимо оказываемого сильного экономического и экологического воздействия, клен ясенелистный и борщевик Сосновского отрицательно воздействуют на здоровье человека. В период цветения (конец весны – начало лета) клен ясенелистный является аллергеном. Опасность борщевика Сосновского для здоровья человека связана с ядовитыми свойствами его сока, контакт которого с кожей человека вызывает фотоожоги, а попадание в глаза может вызвать слепоту [Виноградова и др., 2010].

Средним уровнем инвазивной опасности ($0,95 < w \leq 1,3$) обладают крупные (до метра в высоту) травянистые многолетники (золотарники канадский и гигантский) и однолетники (недотрога железистая). Воздействие этих видов на экосистемы (экологический параметр в принятой схеме оценок) можно оценить как умеренное. Каждый из них обладает спецификой ценотической приуроченности, т.е. встречается

чаще в каких-то определенных биотопах (иными словами – они более «стенобионтны»). Однако вследствие пересечения их ценотипических «предпочтений» их кумулятивное воздействие в некоторых случаях может быть достаточно велико.

По результатам наших наблюдений, из всех модельных видов золотарники являются наиболее инвазионно активными. Объяснением тому в числе прочего может служить их меньшая требовательность к богатству почв и параметрам водного режима. Несмотря на относительно небольшой причиняемый экономический ущерб, популяции золотарников достаточно легко поддаются контролю и уничтожению. Оба вида в период цветения являются сильными аллергенами [Виноградова и др., 2010], что негативно влияет на здоровье человека, особенно из-за почти повсеместной распространенности в черте города, т.к. из-за внешней эффективности они зачастую используются в озеленении.

В группу наименее опасных видов ($w \leq 0,95$) попали остальные травянистые однолетники – мелкопестник канадский и кислица прямая. Отчасти это связано с их небольшими размерами, сравнительно малой распространенностью и некоторой сложностью внедрения в сформировавшиеся сообщества. Вместе с тем, необходимо отметить устойчивость мелкопестника канадского ко многим гербицидам [Там же, 2010]. Неизвестно негативное влияние этих видов на здоровье человека, что также уменьшает их опасность.

Между полученными значениями по экологическим и экономическим параметрам прослеживается корреляция. Это утверждение справедливо как для оценки устойчивости элементов зеленой инфраструктуры, так и для оценки опасности видов. В первом случае коэффициент корреляции Пирсона r равен 0,625. При критическом значении для двух выборок по 21 значению в каждой (число значений соответствует количеству элементов зеленой инфраструктуры) и выбранном нами уровню значимости ($p = 0,01$ при $r = 0,393$) он принимает значение сильно больше критического. При вычислении для оценок опасности видов r равен 0,889, что больше критического значения ($r = 0,623$), следовательно, нулевая гипотеза неверна и экологическое воздействие напрямую связано с экономическим. Экологические параметры обеспечивают устойчивость элемента каркаса, значит, можно сделать вывод, что расходы, связанные с поддержанием биологического разнообразия (или же чаще всего благоустройства) отдельных территорий могут быть оптимизированы: сложно организованные и близкие к природным сообщества являются наиболее экономически выгодными и целесообразными для использования в озеленении территорий.

Среди модельных видов лишь некоторые оказывают влияние на здоровье человека (рис. 3), а именно борщевик Сосновского (за счет ядовитого сока), оба вида золотарников, а также клен ясенелистный (являются аллергенами различной силы). Несмотря на сильное негативное воздействие на здоровье человека, золотарники используются в озеленении, встречаются на клумбах, в скверах и парках. По эстетическому параметру золотарники стоят в одном ряду с рейнутрией, которая также используется в озеленении.



Рис. 3. Инвазионная опасность модельных видов по влиянию на здоровье человека и эстетическому параметру

Fig. 3. Invasive hazard of model species by impact on human health and aesthetic parameter

Меньшим, но также ощутимым (за счет более широкого распространения) аллергенным воздействием обладает клен ясенелистный. Остальные модельные виды практически не имеют значимого воздействия на здоровье человека. Их появление в составе растительного покрова элемента зеленой инфраструктуры не столь существенно влияет на эстетические свойства этих элементов. Исключение составляет кислица рожковая, которая за счет своего небольшого размера не изменяет внешний вид элемента зеленой инфраструктуры.

Заключение

Биологические инвазии являются значимой экологической проблемой современной России. В ходе исследования на территории Московской агломерации разных возрастов застройки повсеместно обнаружены инвазионные виды во всех элементах экологического каркаса.

Проведенная типизация элементов городского зеленого каркаса и последующая их оценка с точки зрения устойчивости к инвазиям показали увеличение общей устойчивости от наиболее антропогенно преобразованных сообществ к более природным и от более просто устроенных и флористически бедных к более богатым и сложно организованным. Также более молодые сообщества обладают меньшей устойчивостью, по сравнению с более возрастными (по мере увеличения возраста сообщества или увеличения давности последнего крупного его нарушения).

Отмечена большая опасность многолетних видов по сравнению с однолетними и некоторая тенденция к увеличению опасности вида для городской среды с увеличением его габитусов. По своему влиянию на экосистемы и здоровье человека, негативному экономическому воздействию и разрушительному воздействию на эстетические свойства элементов городской зеленой инфраструктуры наиболее опасен борщевик Сосновского. Вместе с тем, немалый ущерб для экономики наносит рейннутрия вследствие вегетативного размножения небольшими частями стебля и корневища, которое сильно затрудняет уничтожение локальной популяции рейннутрии. Также сильным экологическим воздействием обладают клен ясенелистный и золотарники.

В числе основных и наиболее эффективных мер по борьбе с инвазионными видами первоочередное значение имеют экологическое просвещение населения (в первую очередь в районах новостроек, т.к. там возраст элементов экологического каркаса достаточно мал, что создает благоприятную среду для инвазий), создание экологически обоснованных планов озеленения и мониторинг состояния растительного покрова. Перспективным представляется рассмотрение влияния инвазионных видов на городские экосистемы с учетом возраста застройки.

Библиографический список / References

Адвентивная флора Москвы и Московской области / Майоров С.Р., Бочкин В.Д., Насимович Ю.А., Шчербаков А.В. М., 2012. [Maiorov S.R., Bochkin V.D., Nasimovich Yu.A., Shcherbakov A.V. Adventivnaya flora Moskvy i Moskovskoi oblasti [Adventure flora of Moscow and Moscow region]. Moscow, 2012.]

Арепьева Л.А., Куликова Е.Я. Сообщества с участием *Solidago canadensis* и *S. gigantea* в города Курск, Брянск и Минск // Бюллетень Брянского отделения Русского ботанического общества. 2017. № 3 (11). С. 38–43. [Arepieva L.A., Kulikova E.Ya. Communities with *Solidago canadensis* and *S. gigantea* in the cities of Kursk, Bryansk and Minsk. *Bulletin of Bryansk Department of Russian Botanical Society*. 2017. No. 3 (11). Pp. 38–43. (In Rus.)]

Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. Черная книга флоры Средней России (Чужеродные виды растений в экосистемах Средней России). М., 2010. [Vinogradova Yu.K., Maiorov S.R., Khorun L.V. *Chernaya kniga flory Srednei Rossii* (Chuzherodnyye vidy rastenii v ekosistemakh Srednei Rossii) [The Black Book of flora of Central Russia (Alien plant species in ecosystems of Central Russia)]. Moscow, 2010.]

Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Нотов А.А. Черная книга флоры Тверской области: чужеродные виды растений в экосистемах Тверского региона. М., 2011. [Vinogradova Yu.K., Maiorov S.R., Notov A.A. *Chernaya kniga flory Tverskoi oblasti: chuzherodnyye vidy rastenii v ekosistemakh Tverskogo regiona* [The Black Book of flora of the Tver Region: Alien plant species in the ecosystems of the Tver Region]. Moscow, 2011.]

Курбатова А.С., Кочуров Б.И., Гриднев Д.З. Природно-экологический каркас в территориальном планировании муниципальных образований // Проблемы региональной экологии. 2010. № 6. С. 186–194. [Kurbatova A.S., Kochurov B.I., Gridnev D.Z. Natural and environmental framework in the territorial planning of municipal. *Regional Environmental Issues*. 2010. No. 6. Pp. 186–194. (In Rus.)]

Климанова О.А., Колбовский Е.Ю., Илларионова О.А. Экологический каркас крупнейших городов Российской Федерации: современная структура, территориальное планирование и проблемы развития // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2018. Т. 63. Вып. 2. С. 127–146. DOI: 10.21638/11701/spbu07.2018.201 [Klimanova O.A., Kolbowski E.Yu., Illarionova O.A. The ecological framework of Russian major cities: Spatial structure, territorial planning and main problems of development. *Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences*. 2018. Vol. 63. Issue 2. Pp. 127–146. (In Rus.) DOI: 10.21638/11701/spbu07.2018.201]

Климанова О.А., Колбовский Е.Ю., Илларионова О.А. Зеленая инфраструктура города: оценка состояния и проектирование развития. М., 2020. [Klimanova O.A., Kolbowski E.Yu., Illarionova O.A. *Zelenaya infrastruktura goroda: otsenka sostoyaniya i proektirovanie razvitiya* [Green infrastructure of the city: Condition assessment and development design]. Moscow, 2020.]

Ландшафты Московской области и их современное состояние / Анненская Г.Н., Жучкова В.К., Калинина В.Р. и др. Смоленск, 1997. [Annenskaja G.N., Zhuchkova V.K., Kalinina V.R. et al. *Landshafty Moskovskoy oblasti i ih sovremennoe sostoyanie* [Landscapes of Moscow region and its presentsituation]. Smolensk, 1997.]

Малхазова С.М., Минин А.А., Леонова Н.Б. и др. Тенденции возможных изменений растительности на Европейской территории России и в Западной Сибири // Эколого-географические последствия глобального потепления климата XXI века на Восточно-Европейской равнине и в Западной Сибири. М., 2011. С. 342–388. [Malkhazova S.M., Minin A.A., Leonova N.B. et al. Trends of possible changes in vegetation in the European territory of Russia and in Western Siberia. *Ekologo-geograficheskie posledstviya globalnogo potepleniya klimata XXI veka*

na Vostochno-Evropeiskoi ravnine i v Zapadnoi Sibiri. Moscow, 2011. Pp. 342–388. (In Rus.)]

Методы полевых и лабораторных исследований растений и растительного покрова / Отв. ред. Е.Ф. Марковская. Петрозаводск, 2011. [Metody polevykh i laboratornykh issledovaniy rastenii i rastitelnogo pokrova [Methods of field and laboratory research of plants and vegetation]. E.F. Markovskaya (ed.). Petrozavodsk, 2011.]

Неронов В.М., Лушчекина А.А. Чужеродные виды и сохранение биологического разнообразия // Успехи современной биологии. 2001. Т. 121. № 1. С. 121–128. [Neronov V.M., Lushchekina A.A. Alien species and conservation of biological diversity. *Biology Bulletin Reviews*. 2001. Vol. 121. No. 1. Pp. 121–128. (In Rus.)]

Природный комплекс большого города: ландшафтно-экологический анализ. М., 2000. [Prirodnyi kompleks bolshogo goroda: landshaftno-ekologicheskii analiz [Natural complex of a big city: Landscape-ecological analysis]. Moscow, 2000.]

Решетникова Н.М., Майоров С.Р., Крылов А.В. Черная книга Калужской области. Сосудистые растения. Калуга, 2019. [Reshetnikova N.M., Maiorov S.R., Krylov A.V. Chernaya kniga Kaluzhskoi oblasti. Sosudistye rasteniya [The Black Book of the Kaluga Region. Vascular plants] Kaluga, 2019.]

Сукачѳв В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. Изд. 2-е. М., 1961. [Sukachev V.N., Zonn S.V. Metodicheskie ukazaniya k izucheniyu tipov lesa [Guidelines for the study of forest types]. Moscow, 1961.]

Фитосанитарный мониторинг инвазионных видов гибридогенного комплекса *Reynoutria* Houtt. (Polygonaceae) / Куклина А.Г., Каштанова О.А., Ткаченко О.Б. и др. // Бюллетень Главного ботанического сада. 2020. № 2. С. 63–68. DOI: 10.25791/BBGRAN.02.2020.1054 [Kuklina A.G., Kashtanova O.A., Tkachenko O.B. et al. Phytosanitary monitoring of invasive species of the *Reynoutria* Houtt. (polygonaceae) hybrid complex. *Bulletin of Main Botanical Garden*. 2020. No. 2. Pp. 63–68. (In Rus.) DOI: 10.25791/BBGRAN.02.2020.1054]

Hand book of Alien Species in Europe. Invading nature: Springer series in invasion ecology. Vol. 3. Springer, 2009.

Статья поступила в редакцию 11.04.2021, принята к публикации 29.06.2021

The article was received on 11.04.2021, accepted for publication 29.06.2021

Сведения об авторах / About the authors

Кадетов Никита Геннадьевич – научный сотрудник кафедры биогеографии географического факультета, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Nikita G. Kadetov – researcher of Biogeography Department of Geography Faculty, Lomonosov Moscow State University, Russian Federation

E-mail: biogeonk@mail.ru

Чернышов Максим Павлович – студент биологического факультета, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Maxim P. Chernyshov – student of Biological Faculty, Lomonosov Moscow State University, Russian Federation

E-mail: maxim.chernyshov.01@gmail.com

Заявленный вклад авторов

Н.Г. Кадетов – разработка концепции исследования, участие в полевых работах, проведение геоботанических описаний, проведение оценки по параметрам, написание текста статьи

М.П. Чернышов – участие в полевых работах, учет растений, проведение геоботанических описаний, обработка результатов, написание текста статьи

Contribution of the authors

N.G. Kadetov – development of the study's concept, participation in field work, carrying out geobotanical plots, conducting an assessment by parameters, writing the text of the article

M.P. Chernyshov – participation in field work, registration of plants, carrying out geobotanical plots, processing the results, writing the text of the article

All authors have read and approved the final manuscript

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи