

proved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests // *Oecologia*. – 2005. – Vol. 145. – P. 87-99.

55. Vieilledent G., Vaudry R., Andriamanohisoa S.F.D., Rakotonarivo O.S., Randrianasolo Z.H., Razafindrabe H.N., Bidaud Rakotoarivony C., Ebeling J., Rasamoelina M. A universal approach to estimate biomass and carbon stock in tropical forests using generic allometric models // *Ecological Applications*. – 2012. – Vol. 22 (2). – P. 572-583.

56. Stas S.M., Rutishauser E., Chave J., Anten N.P.R., Laumonier Y. Estimating the aboveground biomass in an old secondary forest on limestone in the Moluccas, Indonesia: Comparing locally developed versus existing allometric models // *Forest Ecology*

and Management. – 2017. – Vol. 389. – P. 27-34.

57. West G.B., Brown J.H., Enquist B.J. A general model for the structure and allometry of plant vascular system // *Nature*. – 1999. – Vol. 400. – P. 664-667.

58. Zianis D., Mencuccini M. On simplifying allometric analyses of forest biomass // *Forest Ecology and Management*. – 2004. – Vol. 187. – P. 311-332.

59. Usoltsev V.A., Kanunnikova O.V., Platonov I.V. Issledovanie oshibok pri otsenke uglerodnogo pula lesov posredstvom allometricheskikh modeley // *Sovremennye problemy ustoychivogo upravleniya lesami, inventarizatsii i monitoringa lesov. Mater. mezhdunarodnoy konfer.* – SPb.: S.-PbGLTA, 2006. – S. 363-370.



УДК 581.527.7+ 635.925(571.14)

А.П. Беланова, А.Л. Эбель, Е.М. Лях
A.P. Belanova, A.L. Ebel, Ye.M. Lyakh

АНАЛИЗ ИНВАЗИОННОЙ АКТИВНОСТИ *PHYSOCARPUS OPULIFOLIUS* В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

ANALYSIS OF INVASIVE ACTIVITY OF *PHYSOCARPUS OPULIFOLIUS* IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE NOVOSIBIRSK REGION

Ключевые слова: фитоинвазии, потенциально инвазионные виды, интродуцированные виды, *Physocarpus Opulifolius*, потенциальный ареал, программа «Агроатлас».

В настоящее время *Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim. относится к категории часто встречаемых видов на объектах озеленения города Новосибирска. Он активно используется при создании живых изгородей, встречается во всех категориях насаждений, в разнообразных экологических условиях на урбанизированных территориях. Однако вид признан потенциально инвазионным в средней полосе России и встречается в естественных насаждениях Новосибирской области. Цель исследования – изучение инвазионного потенциала *Ph. opulifolius* в условиях лесостепной зоны Новосибирской области на примере дендрария Центрального сибирского ботанического сада (ЦБС СО РАН) и коллекции древесных растений Сибирского НИИ Растениеводства и Селекции (СибНИИРС). Исследование проводилось с 2012 по 2016 гг. Проведена оценка инвазионной активности вида на территории интродукционных центров. Выявлено, что вид характеризуется обильным плодоношением и возобновлением, сочетанием вегетативного и семенного размножения. Доказано, что *Ph. opulifolius* может формировать устойчивые локальные популяции, способные к самоподдержанию при отсутствии работ по уходу за насаждениями вида. Установлено, что *Ph. opulifolius* является потенциально инвазионным видом для

лесостепной зоны Новосибирской области. Построен потенциальный ареал распространения *Ph. opulifolius* с помощью программы «Агроатлас». Установлено, что в Западной Сибири потенциальный ареал вида охватывает всю Новосибирскую область, за исключением заболоченных территорий, частично Кемеровскую и Томскую области, большую часть Алтайского края. В дальнейшем планируется провести подробное изучение ресурсного потенциала *Ph. opulifolius*, разработать рекомендации по рациональному применению вида с учетом предотвращения его внедрения в естественные фитоценозы и нарушения сукцессионных связей в природных сообществах.

Keywords: phyto-invasions, potentially invasive species, introduced species, *Physocarpus opulifolius*, potential area, AgroAtlas software.

Physocarpus opulifolius (L.) Maxim. currently belongs to the category of commonly occurring species in urban plantings of Novosibirsk. It is extensively used in creating hedges and is found in all types of plantations and in various ecological conditions in the urban areas. However, this species is recognized as a potentially invasive in central Russia and occurs in natural plantations of the Novosibirsk Region. The research goal is to study the invasive potential of *Physocarpus opulifolius* in the forest-steppe zone of the Novosibirsk Region using the examples of the arboretum of the Central Siberian Botanical Garden and the collection of woody plants of the Siberian

Research Institute of Plant Growing and Breeding. The research was conducted from 2012 till 2016. The invasive activity of the species was evaluated in the Introduction Centers. It was found that the species was characterized by abundant fruit bearing and renewal, a combination of vegetative reproduction and seed propagation. It was proved that *Physocarpus opulifolius* could form stable local populations capable to self-reproduction in the absence of maintenance work. It was found that *Physocarpus opulifolius* was a potentially invasive species for the forest-steppe zone of the Novosibirsk Region. A prospec-

tive area of *Physocarpus opulifolius* distribution was built by means of AgroAtlas software. It was found that a potential range of the species in West Siberia covered the whole of the Novosibirsk Region except for swamp lands, partially the Kemerovo and Tomsk Regions, and the most part of the Altai Region. A comprehensive study of *Physocarpus opulifolius* resource potential, development of recommendations on rational use of the species with regard to prevention of its introduction into natural phytocoenoses and interruption of succession bonds in natural communities are planned for the future.

Беланова Анастасия Петровна, м.н.с. лаб. дендрологии, Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, г. Новосибирск. E-mail: boronina.a@inbox.ru.

Эбель Александр Леонович, д.б.н., проф., каф. ботаники, Томский государственный университет. E-mail: alex-08@mail2000.ru.

Лях Елена Михайловна, к.б.н., с.н.с., лаб. дендрологии, Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, г. Новосибирск. E-mail: llyakh@rambler.ru.

Belanova Anastasiya Petrovna, Junior Staff Scientist, Dendrology Lab., Central Siberian Botanical Garden, Siberian Branch, Rus. Acad. of Sci., Novosibirsk. E-mail: boronina.a@inbox.ru.

Ebel Aleksandr Leonovich, Dr. Bio. Sci., Prof., Chair of Botany, Tomsk State University. E-mail: alex-08@mail2000.ru.

Lyakh Yelena Mikhaylovna, Cand. Bio. Sci., Senior Staff Scientist, Dendrology Lab., Central Siberian Botanical Garden, Siberian Branch, Rus. Acad. of Sci., Novosibirsk. E-mail: llyakh@rambler.ru.

Введение

Инвазионные виды растений, вселяясь в естественные ценозы, меняют их облик, нарушают сукцессионные связи, выступают в роли эдификаторов и доминантов, вытесняют и (или) препятствуют возобновлению видов природной флоры [1].

Разработка и реализация на национальном уровне системы мероприятий по предотвращению неконтролируемого распространения чужеродных видов и ликвидации его последствий отнесены к приоритетным направлениям деятельности по обеспечению экологической безопасности в рамках Экологической доктрины Российской Федерации (одобрена распоряжением № 1225-р Правительства РФ от 31.08.2002) [2].

Поскольку существующие биологические и химические средства борьбы с агрессивными адвентивными растениями пока являются малоэффективными, проблема предотвращения новых инвазий становится ключевой в ряду современных экологических и ботанических исследований.

В настоящее время *Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim., признанный потенциально инвазионным в ряде регионов России, относится к часто встречаемым видам на объектах озеленения города Новосибирска. Он активно используется при создании живых изгородей, встречается во всех категориях насаждений, в разнообразных экологических условиях на урбанизированных территориях.

Массовое культивирование способствует реализации инвазионного потенциала у агрессивных чужеродных видов. Ярким примером инвазии в результате массового использования в озеленении и полезащитном лесоразведении является *Acer negundo* L. В Сибири этот вид внесен в список растений «Черной книги» [3]. Во избежание новых инвазий необходимо проводить исследование инвазионности инорайонных видов, используемых, в том числе в городском озеленении.

Проследить тенденцию к натурализации и спонтанному расширению вида и дать предварительную оценку степени его инвазионности позволяют исследования на ограниченной территории, например, в интродукционных центрах, где наиболее широко представлено разнообразие испытываемых видов.

Цель исследования – изучение инвазионного потенциала *Ph. opulifolius* в условиях лесостепной зоны Новосибирской области, на примере дендрария Центрального сибирского ботанического сада (ЦСБС СО РАН) и коллекции древесных растений Сибирского НИИ растениеводства и селекции (СибНИИРС).

Объекты и методы исследований

Объектом исследования являлись насаждения *Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim. на территории указанных дендрариев. В коллекцию дендрария ЦСБС вид введен в 1974 г., растения выращены из семян омской и нижегородской репродукции. На территории дендрария СибНИИРС наблю-

даемые растения, выращенные из семян местной и хорогской репродукции, высажены на постоянное место произрастания в 1988 г. Стоит отметить, что на некоторых участках дендрария СибНИИРС внутри сформированных экспозиций не проводились скашивание травянистого покрова и удаление потомства растений, что привело к созданию оптимальных условий для возобновления интродуцированных видов без вмешательства человека. Это позволяет рассматривать данные участки в качестве природного эксперимента, который помог выявить способность *Ph. opulifolius* возобновляться в новых условиях.

Работа проводилась с 2012 по 2016 гг. Для учета естественного возобновления вида на территории дендрария СибНИИРС была заложена пробная площадь 10x10 м² с использованием общепринятой методики [4]. Внутри стационарной пробной площади выделялись учетные площадки по 1 м², на расстоянии 1 м друг от друга. На пробной площади определялись численность особей, морфометрические показатели, возраст, онтогенетическое состояние.

За особь принимались особь семенного происхождения, компактный клон, партикула (дочерняя особь, возникшая в результате вегетативного возобновления). У каждой особи определялось возрастное состояние по методике Т.А. Работнова [5]. Обильность цветения и плодоношения устанавливалась по шкале В.Г. Капера [6].

Измерения проводились в конце июля – начале августа на 30 модельных особях, отобранных методом случайной выборки в пределах пробной площади. Высота растений измерялась мерной рейкой. Календарный возраст особей определялся путем подсчета числа годовых приростов главной оси.

Инвазионный статус присваивался согласно классификации европейских ботанических садов «Sharing information and policy on the potentially invasive plants in Botanic Gardens» [7].

Потенциальным ареалом вида считался комплекс экологических ниш на определенной территории, где особи данного вида или формы могут нормально развиваться, но отсутствуют в силу исторических, биотических или механических причин [8]. Потенциальный ареал составлялся с помощью программы «Агроатлас» [9]. Данная программа является российским аналогом таких распространенных зарубежных программ, как BIOCLIM и DOMAIN.

Результаты исследования

Physocarpus opulifolius (*Spiraea opulifolia* L., *Opulaster alabamensis* Rydb., *O. australis* Rydb., *O. stellatus* Rydb. ex Small) – листопадный кустарник из семейства Rosaceae L., достигающий 3 м высотой, с густой шаровидной кроной, поникающими периферийными ветвями. Естественно произрастает в восточной части Северной Америке (в штатах с континентальным и аридным климатом), в Канаде (провинция Квебек). Вид полиморфен, в пределах естественного ареала встречаются две разновидности – var. *opulifolius* и var. *intermedius*, имеется несколько внутривидовых форм, среди которых в культуре наиболее известны: f. *nana* Hort. (=var. *nana* G. Kirchn.), f. *lutea* Hort. (=var. *luteus* Dippel), f. *aureo-marginata* Hort. [10].

Ph. opulifolius давно введен в культуру, получил широкое распространение в озеленении городов, характеризуется быстрым ростом, мезофит, газоустойчив, теневынослив, не прихотлив к условиям среды [11].

Первые сведения об «одичании» и возобновлении этого вида на территории России встречаются в работе А.А. Качалова [12]. Спустя 39 лет вид уже включен в список потенциально инвазионных растений для флоры средней полосы европейской части России [1]. Позже В.В. Бялт с соавторами [13] в своих исследованиях подтвердил, что *Ph. opulifolius* в пределах Ленинградской области находится на первых стадиях инвазионного процесса и проявляет тенденцию к активному расширению ареала. Для Сибири имеются данные Д.Н. Шауло и Е.Ю. Зыковой [14] о единичных находках вида на территории Приобской лесостепи в естественных березово-осиновых колках.

В условиях лесостепной зоны Новосибирской области *Ph. opulifolius* сохранил жизненную форму геоксильного кустарника и размеры, присущие виду в естественном ареале. Выявлено, в местных условиях вид возобновляется как семенным, так и вегетативным путем. Численность возобновления у различных особей варьировала от единичной до обильной, вероятно, в зависимости от условий произрастания, степени антропогенной нагрузки, происхождения посадочного материала. Отмечались единичные экземпляры вида за пределами пробной площади и экспозиций, зафиксирован самосев на примыкающих участках, не занятых другими древесными растениями.

Биоморфологическая характеристика ювенильных растений *Ph. Opulifolius*

Происхождение растений	Высота (см) $M \pm m_M$	Годовой прирост (см) $M \pm m_M$	Длина листовой пластинки (см) $M \pm m_M$	Ширина листовой пластинки (см) $M \pm m_M$
Вегетативное	70,42 ± 1,43	10,03 ± 1,36	4,26 ± 0,26	3,84 ± 0,22
Семенное	9,34 ± 1,02	0,9 ± 0,3*	3,92 ± 0,26	2,64 ± 0,18

Примечание. *Не достоверно.

Общая численность локальной популяции, сформировавшейся на территории дендрария СибНИИРС, составила 132 экземпляра, на 1 м² насчитывалось от 1 до 47 особей. Присутствовали растения всех возрастных состояний, за исключением семенных. Отмечено отсутствие проростков в 2013 г., что, возможно, связано с неблагоприятными погодными условиями предыдущего вегетационного периода. В 2014 г. проростки отмечены под кроной взрослых генеративных растений, где проективное покрытие травянистых растений составляет не более 3%. Средняя высота проростков в 2014 г. составила 9 ± 0,1 см. Молодые растения образовали 5-7 ювенильных листьев.

Среди ювенильных растений были выделены особи семенного и вегетативного происхождения, последние имели большую высоту и величину годового прироста (табл. 1).

В ходе исследования выявлено, что продолжительность ювенильного возрастного состояния у семенных особей *Ph. opulifolius* составляет 3-4 года, у вегетативных растений – не более 2 лет.

Возраст особей, находившихся в имматурном возрастном состоянии, не превышал 5 лет. Диаметр основания осевого побега составил 0,6 ± 0,1 см. Максимальная высота в группе имматурных растений достигала 164 см.

Виргинильное возрастное состояние начиналось с 3-6-летнего возраста и продолжалось 2-4 года. Высота растений в среднем составила 123 см. Годовой прирост осевого побега – 3,8 ± 0,13 см, годовой прирост боковых ветвей – 16,3 ± 0,7 см.

В естественных условиях вид цветет и плодоносит с 3-4 лет [4], в условиях интродукции генеративное возрастное состояние наступало в 5-6-летнем возрасте. Среди генеративных особей выделены молодые с единичным плодоношением и зрелые с обильным плодоношением.

Анализ возрастного спектра показал, что локальная популяция *Ph. opulifolius* на территории относится к типу нормальных не-

полночленных (рис. 1). Эта характеристика свидетельствует о стабильности популяции и способности к длительному существованию в данных условиях.

На территории дендрария ЦСБС зарегистрировано вегетативное потомство *Ph. opulifolius* вблизи материнских особей, а также единичные экземпляры семенного происхождения на участках, не занятых экспозициями дендрария. Среди потомства отмечены ювенильные растения вегетативного происхождения, имматурные, виргинильные и молодые генеративные особи как семенного, так и вегетативного происхождения.

По классификации «Sharing information and policy on the potentially invasive plants in Botanic Gardens» [7], *Ph. opulifolius* относится к категории потенциально инвазионных видов.

Составленная нами карта потенциального ареала *Ph. opulifolius* с помощью программы «Агроатлас» показывает вероятное распространение вида. Для составления карты были использованы литературные данные о климатических условиях в пределах естественного и вторичного ареала вида.

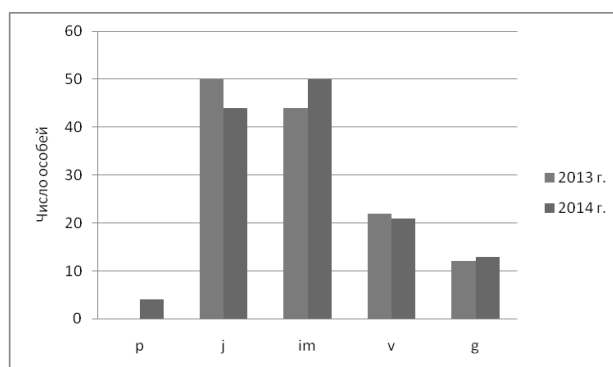


Рис. 1. Возрастной спектр локальной популяции *Physocarpus opulifolius*:
 p – проростки;
 j – ювенильное возрастное состояние;
 im – имматурное; v – виргинильное;
 g – генеративное



Рис. 2 Потенциальный ареал распространения *Physocarpus opulifolius* на территории России и стран СНГ:

1 – Москва; 2 – Санкт-Петербург; 3 – Новосибирск; 4 – Томск;
 ■ потенциальный ареал вида; ■ территория, которая не входит в пределы ареала;
 — границы России; — границы Новосибирской и Томской областей

Потенциальный ареал *Physocarpus opulifolius* (рис. 2) охватывает практически всю Европейскую часть России и южной части Западной Сибири. Локальное распространение вида возможно в Прибайкальском, Забайкальском, Приамурском, Приморском и Восточном Сибирском физико-географических регионах. При этом на юго-востоке Западной Сибири потенциальный ареал вида охватывает всю Новосибирскую область, за исключением заболоченных территорий, частично Кемеровскую и Томскую области, большую часть Алтайского края.

Заключение

Проведенные исследования показали, что *Ph. opulifolius* на территории Новосибирской области характеризуется обильным плодоношением и возобновлением, сочетанием вегетативного и семенного размножения, формированием устойчивых популяций, способных к самоподдержанию при отсутствии работ по уходу за насаждениями вида.

Вид относится к категории потенциально инвазионных в условиях лесостепной зоны Новосибирской области, выходит за пределы экспозиции на территории интродукционных центров. Однако высокая зимостойкость и устойчивость *Ph. opulifolius* в усло-

виях сибирского города не позволяют полностью отказаться от использования в озеленении данного вида. Поэтому необходимо проводить подробное изучение ресурсного потенциала *Ph. opulifolius*, разработать рекомендации по рациональному применению этого вида с учетом предотвращения его внедрения в естественные фитоценозы и нарушения сукцессионных связей в природных сообществах.

Библиографический список

1. Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. Черная книга флоры Средней России (Чужеродные виды растений в экосистемах Средней России). – М.: ГЕОС, 2010. – 494 с.
2. Виноградова Ю.К., Куклина А.Г. Ресурсный потенциал инвазионных видов растений. Возможности использования чужеродных видов. – М.: ГЕОС, 2012. – 186 с.
3. Черная книга флоры Сибири / науч. ред. Ю.К. Виноградова, отв. ред. А.Н. Куприянов; Рос. акад. наук. Сиб. отделение. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2016. – 440 с.
4. Быков Б.А. Геоботаника. – Алма-Ата: Наука, 1978. – 324 с.
5. Работнов Т.А. Экспериментальная фитоценология. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 160 с.

6. Каппер В.Г. Об организации ежегодных систематических наблюдений над плодоношением древесных пород // Труды по лесному опытному делу. – 1930. – Вып. 8. – С. 103-139.

7. Sharing information and policy on the potentially invasive plants in Botanic Gardens [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.botanicgardens.ie> (date of access: 27.10.2015).

8. Аврорин Н.А. Диалектическое единство организма и среды и интродукции растения растений // Переселение растений на Полярный север. – Л.: Наука, 1967. – Ч. 2. – С. 270-276.

9. AgroAtlas [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.agroatlas.ru> (date of access: 20.10.2016).

10. Dirr M.A. Dirr's hardy trees and shrubs: An illustrated encyclopedia. – Portland, Oregon: Timber Press, 1997. – 494 p.

11. Древесные растения для озеленения Новосибирска / под общ. ред. И.Ю. Коропачинского. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2008. – 303 с.

12. Качалов А.А. Деревья и кустарники. – М., 1970. – 408 с.

13. Бялт А.В., Бялт В.В. Адвентивные виды сем. *Caprifoliaceae* Juss s.l. на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области // Российский журнал биологических инвазий. – 2011. – Т. 4. – № 2. – С. 35-39.

14. Шауло Д.Н., Зыкова Е.Ю. Находки адвентивных видов в Новосибирской области // Растительный мир Азиатской России. – 2013. – № 1. – С. 37-43.

References

1. Vinogradova Yu.K., Mayorov S.R., Khorun L.V. Chernaya kniga flory Sredney Rossii (Chuzherodnye vidy rasteniy v ekosistemakh Sredney Rossii). – М.: GEOS, 2010. – 494 s.

2. Vinogradova Yu.K., Kuklina A.G. Resursnyy potentsial invazionnykh vidov rasteniy. Vozmozhnosti ispolzovaniya chuzherodnykh vidov. – М.: GEOS, 2012. – 186 s.

3. Chernaya kniga flory Sibiri / nauch. red. Yu.K. Vinogradova, otv. red. A.N. Kupriyanov; Ros. akad. nauk. Sib. otd-nie. – Novosibirsk: Akademicheskoe izd-vo «Geo», 2016. – 440 s.

4. Bykov B.A. Geobotanika. – Alma-Ata: Nauka, 1978. – 324 s.

5. Rabortnov T.A. Eksperimental'naya fitotsenologiya. – М.: Izd-vo MGU, 1987. – 160 s.

6. Kapper V.G. Ob organizatsii ezhegodnykh sistematicheskikh nablyudeniy nad plodonosheniem drevesnykh porod // Trudy po lesnomu opytному delu. – 1930. – Вып. 8. – С. 103-139.

7. Sharing information and policy on the potentially invasive plants in Botanic Gardens [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.botanicgardens.ie> (access date: 27.10.2015).

8. Avrorin N.A. Dialekticheskoe edinstvo organizma i sredy i introduktsii rasteniy / Pereselenie rasteniy na Polyarnyy sever. – L.: Nauka, 1967. – Ч. 2. – С. 270-276.

9. AgroAtlas [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.agroatlas.ru> (access date: 20.10.2016).

10. Dirr M.A. Dirr's hardy trees and shrubs: An illustrated encyclopedia. – Portland, Oregon: Timber Press, 1997. – 494 p.

11. Drevesnye rasteniya dlya ozeleneniya Novosibirska / pod obshch. red. I.Yu. Koropachinskogo. – Novosibirsk: Akademicheskoe izd-vo «Geo», 2008. – 303 s.

12. Kachalov A.A. Derevyia i kustarniki. – М., 1970. – 408 с.

13. Byalt A.V., Byalt V.V. Adventivnye vidy sem. *Caprifoliaceae* Juss s.l. na territorii Sankt-Peterburga i Leningradskoy oblasti // Rossiyskiy zhurnal biologicheskikh invaziy. – 2011. – Т. 4. – № 2. – С. 35-39.

14. Shaulo D.N., Zyкова E.Yu. Nakhodka adventivnykh vidov v Novosibirskoy oblasti // Rastitelnyy mir Aziatskoy Rossii. – 2013. – № 1. – С. 37-43.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ № 16-34-50188 мол_нр.

