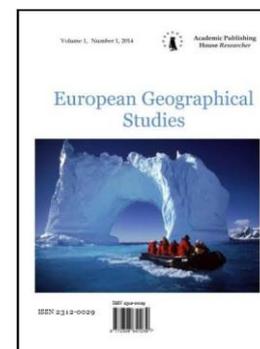


Copyright © 2015 by Academic Publishing House *Researcher*



Published in the Russian Federation
European Geographical Studies
Has been issued since 2014.
ISSN: 2312-0029
E-ISSN: 2413-7197
Vol. 8, Is. 4, pp. 175-180, 2015

DOI: 10.13187/egs.2015.8.175
www.ejournal9.com



UDC 581.5

Modeling of Spatial Distribution of Adventive Species on the Territory of Big Sochi

Aleksei V. Egoshin

Sochi National Park, Russian Federation
354002, Krasnodarskiy kray, Sochi, Kurortny Prospekt 74
PhD (Agricultural Sciences)
E-mail: ecoid@yandex.com

Abstract

The article presents the results of the analysis of the species composition of invasive flora of the Russian Black Sea coast. Bioclimatic, ecological and geographical requirements for the most aggressive invasive species are given. Most subjects of invasive species naturalized in the south of the Russian Black Sea coast, historically confined to the biome deciduous temperate forests. Bioclimatic conditions of the south of the Russian Black Sea coast are suitable for the majority of alien species that creates the preconditions for the further spread of these species in the course of human development of the territory. As a result of climate change, conditions in the south of the Russian Black Sea will become even more comfortable for the spread of invasive species.

Keywords: adventitious species, invasion, Russian Black Sea coast, GIS.

Введение

Натурализация иноземных видов представляет одну из самых серьёзных угроз для биоразнообразия на всех уровнях организации (генетическом, видовом, экосистемном), уступая лишь прямому уничтожению живых организмов и изменению их среды обитания [1].

Основными причинами активного распространения иноземных видов в различных регионах планеты являются их конкурентные преимущества перед аборигенными видами [2]. Многие адвентики на своей родине являются видами начальных стадий сукцессий [3]. Не последнюю роль в успешной натурализации адвентиков играет и видовое разнообразие экосистемы-акцептора [4-7]. Экосистемы, отличающиеся высоким видовым богатством, как правило, и имеют высокий уровень доминирования [8, 9], что затрудняет натурализацию иноземных видов. Подавляющее большинство авторов [10-13] считает, что основным индуктором адвентизации является антропогенное воздействие на природные экосистемы. Антропогенная деятельность, приводящая к фрагментации местообитаний, способствует проникновению иноземных видов в естественные экосистемы [14-16]. У "здоровой", не нарушенной экосистемы, как правило, имеются защитные механизмы, предотвращающие внедрение адвентиков [17]. Поэтому не вызывает никаких сомнений тот факт, что

количество натурализовавшихся адвентивных видов коррелирует со степенью хозяйственной освоенности ландшафтов [18-20].

Успешность натурализации иноземных видов во многом зависит и от разнообразия природно-климатических условий новой родины [21, 22]. В Российской Федерации наиболее разнообразными природно-климатическими условиями (рельеф, почвы, климат) обладает юг Российского Причерноморья, что способствует интенсивному развитию инвазионных процессов в условиях усиления антропогенной деятельности. В связи с этим большую актуальность приобретает установление биоклиматических и эколого-географических требований для наиболее агрессивных натурализовавшихся адвентивных видов, что позволит оценить потенциальную инвазибильность экосистем, над которыми нависла угроза вмешательства человека.

Материал и методы

В ходе выполнения научно-исследовательских работ нами были зафиксированы географические координаты мест произрастаний особей адвентивных видов на территории Большого Сочи. Кроме того, были использованы географические координаты мест произрастания особей исследуемых видов, представленные на сайтах глобального информационного фонда по биоразнообразию (www.gbif.org) и картографической системы веб-документирования распространения инвазивных видов (www.eddmaps.org). Для последующего анализа географические координаты мест произрастания чужеродных видов импортировали в среду программного комплекса ArcGIS.

В результате была составлена база данных, содержащая географические координаты около двух миллионов мест произрастаний особей исследуемых видов по всему миру. Эти данные были использованы для установления биоклиматических и эколого-географических требований адвентивных видов.

Для решения этой задачи были применены биоклиматические переменные BIOCLIM, представленные девятнадцатью растровыми изображениями (GRID) с разрешением около 1 км², каждая ячейка которых содержит информацию о различных климатических показателях (средняя годовая температура; максимальная и минимальная температура самого тёплого, а также холодного месяца года; средняя температура самой влажной, сухой, тёплой и холодной четверти года; годовая сумма осадков; сумма осадков в самой влажной, сухой, тёплой и холодной четверти года и т.д.).

Растровые слои с биоклиматическими переменными дополнили слоями, содержащими другую эколого-географическую информацию (влажность почвы, глубина снежного покрова, высота над уровнем моря, уклон, градусы, застроенность территории, чистая первичная продуктивность и т.д.). С помощью инструментария ArcGIS были извлечены из растровых слоёв значения эколого-географических и биоклиматических переменных в каждой точке произрастания особей изучаемых видов. Полученные данные были использованы для вычисления, минимальных, максимальных средних и медианных значений, а также изменчивости биоклиматических и эколого-географических характеристик мест произрастания особей адвентивных видов. Кластерный анализ проводился с использованием методов Варда и К-средних.

Далее, было проведено прогностическое моделирование с использованием программы MaxEnt с последующей дискретной классификацией растра. Для этого в качестве порогового значения был использован десятый процентиль. Значения ниже десятого перцентиля считали неудовлетворяющими экологическим требованиям вида.

Для оценки того, как климатические изменения повлияют на пространственное распределение адвентивных видов в будущем (2050 и 2070 годы) также использовались растровые слои BIOCLIM, рассчитанные с использованием климатической модели CCSM4 для четырёх репрезентативных траекторий концентраций (RCP), которые были разработаны Межправительственной группой экспертов по изменению климата (IPCC). RCP являются сценариями климатических состояний, характеризующими величину антропогенно обусловленного радиационного воздействия, достигаемого к 2100 году по сравнению с 1750 годом (2,6; 4,5; 6,0 и 8,5 Вт/м²) [23].

Результаты и их обсуждение

На основании проведённых полевых обследований все иноземные виды юга Российского Причерноморья были разделены на 5 классов инвазионной валентности: 1 класс – виды, не образующие самоподдерживающихся популяций, которые без постоянного притока генетического материала, как правило, быстро угасают; 2 – виды, формирующие популяции, которые обладают способностью к самоподдержанию в течение определённого периода времени, не внедряясь в природные экосистемы; 3 – виды, распространяющиеся в антропогенно нарушенных экосистемах (линии электропередач, обочины дорог и т.д.), 4 – виды, распространяющиеся в естественно нарушенных природных экосистемах (ывалы деревьев, берега горных рек). К видам 5 класса инвазионной валентности были отнесены виды, способные внедряться в ненарушенные природные экосистемы.

Анализ флоры показал, что общее количество адвентивных видов на юге Российского Причерноморья, принадлежащим к 2-5 классам инвазионной валентности, составляет 288. Эти виды принадлежат к 68 семействам. Наиболее многочисленны иноземными видами семейства *Poaceae* (47 вида) и *Asteraceae* (39 видов). По биоморфологической структуре большинство вселенцев можно отнести к терофитам (150 видов). Самой распространённой гигроморфой являются мезофиты (151 вид), по способу распространения наиболее многочисленны автохоры (165 видов).

Родиной большинства иноземных видов, натурализовавшихся на юге Российского Причерноморья, являются Северная и Центральная Америка (87 видов), а также Юго-Восточная Азия и Япония (73 вида).

Все исследуемые виды могут быть разделены на четыре кластера, каждый из которых отличается особенностями биоклиматических и эколого-географических параметров.

Прогностическое моделирование с использованием программы MaxEnt показало, что биоклиматические условия юга Российского Причерноморья, вплоть до среднегорья, удовлетворяют требованиям подавляющего большинства адвентивных видов, принадлежащих к 3-5 классам инвазионной валентности. На рис. 1 представлены результаты моделирования и дискретной классификации растра, иллюстрирующие пригодность биоклиматических условий юга Российского Причерноморья для произрастания айланта высочайшего (*Ailanthus altissima*).

По данным рис. 1 биоклиматические условия на 68% (2383,6 км²) территории Большого Сочи удовлетворяют биологическим требованиям айланта высочайшего, и только на 32% (1119,7 км²) территории Большого Сочи произрастание этого адвентивного вида невозможно.

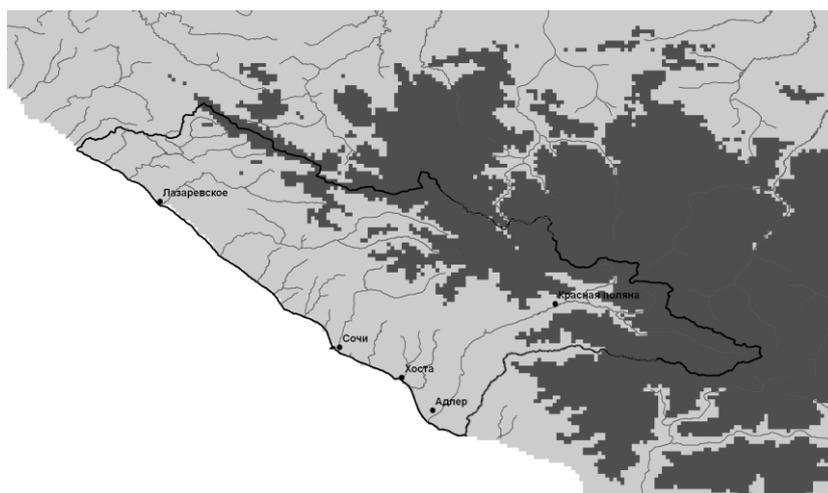


Рис. 1. Результаты прогностического моделирования и дискретной классификации растра, иллюстрирующего пригодность биоклиматических условий для произрастаний Айланта высочайшего. Тёмно-серым цветом изображена пригодная среда обитания, светло-серым – не пригодная, чёрная линия – административная граница Большого Сочи.

К середине XXI века климатические условия на юге Российского Причерноморья станут ещё более благоприятными для распространения большинства адвентивных видов (за исключением экстремального сценария RCP8,5). Так для айланта по наиболее вероятному сценарию RCP4,5 территория, пригодная для произрастания, к 2050 году увеличится до 2836,5 км², а к 2070 до 2948,5 км². При самом пессимистичном сценарии – RCP8,5, площадь территории, пригодной для произрастания *Ailanthus altissima*, будет несколько ниже – 2750,9 км² в 2050 и 2316,2 км² в 2070 году.

Заключение

В ходе проведённых исследований было установлено, что общее количество адвентивных видов, способных внедряться в ненарушенные и слабонарушенные экосистемы Северо-Западного Кавказа составляет 283. Родиной большинства этих видов является Северная и Центральная Америка (88 видов), а также Юго-Восточная Азия и Япония (74 вида). Эти виды характеризуются разнообразными биоклиматическими и эколого-географическими требованиями. Тем не менее, большинство чужеродных видов исторически приурочено к биому листопадных лесов умеренного пояса.

Все адвентивы могут быть разделены на четыре кластера, каждый из которых отличается особенностями биоклиматических и эколого-географических параметров.

Биоклиматические условия юга Российского Причерноморья, вплоть до среднегорья (до 600 м), удовлетворяют требованиям подавляющего большинства рассматриваемых адвентивных видов. В будущем территория, благоприятная для произрастания большинства адвентивов, за исключением самого экстремального сценария климатических изменений, будет только лишь увеличиваться. В перспективе также следует ожидать увеличения видового пула адвентивных видов на юге Российского Причерноморья.

Примечания:

1. Foxcroft L.C. Plant invasions in protected areas patterns, problems and challenges / L.C. Foxcroft, P. Pysek, D. M. Richardson. Springer Science, 2013. 656 p.
2. Виноградова Ю.К. Экспериментальное изучение растительных инвазий (на примере рода *Bisens*) // Проблемы изучения адвентивной и синантропной флоры в регионах СНГ. М.: Ботанический сад МГУ, 2003. С. 31–33.
3. Rejmanek M. Plant invasions and invisibility of plant communities / M. Rejmanek, D.M. Richardson, P. Pysek // Vegetation ecology. Oxford: Blackwell, 2005. P. 332–355.
4. Elton C.S. The ecology of invasions by animals and plants. Methuen. London, 1958. 181 p.
5. Goodman D. Theory of diversity–stability relationships in ecology // Quarterly Review of Biology, 1975. №50. P. 237–266.
6. May R. M. Will a large complex system be stable // Nature, 1972. № 238. P. 413–414.
7. Pimm S. L. Structure of food webs // Theoretical Population Biology, 1979. №16. P. 144–158.
8. Акатов В.В. Видовое богатство древесного и кустарникового ярусов прирусловых лесов Западного Кавказа с доминированием инородных видов / Акатова Т.В., Шадже А.Е. // Экология, 2012. №4. С 276–283.
9. Василевич В.И. Доминанты в растительном покрове // Бот. журн, 1991. Т.76. №12. С. 1674–1681.
10. Hobbs R. J. Disturbance, diversity, and invasion: implications for conservation / R. J. Hobbs, L. F. Huenneke // Conservation Biology, 1992. №6. P. 324–337.
11. Parker I. M. Distribution of 7 native and 2 exotic plants in a tallgrass prairie in southeastern Wisconsin: the importance of human disturbance. American Midland / I. M. Parker, S. K. Mertens, D. W. Schemske // Naturalist, 1993. №130. P 43–55.
12. Simberloff D. Invasion biology. Critique of a pseudoscience // Ecological Economics, 2004. №48. P. 360–362.
13. Rejmanek M. A theory of seed plant invasiveness: the first sketch // Biological Conservation, 1996. № 78. P. 171–181.
14. Forman R. T. The ecological road-effect zone of a Massachusetts (USA) suburban highway / R. T. Forman, R. D. Deblinger // Conservation Biology, 2000. №14. P 36–46.

15. Gelbard J. L. Roads as conduits for exotic plant invasions in a semiarid landscape / J. L. Gelbard J. Belnap // *Conservation Biology*, 2003. №17. P. 420–432.
16. Kelly L. D. The importance of dispersal, disturbance, and competition for exotic plant invasions in Arthur's Pass National Park, New Zealand / L. D. Kelly, A. Sparrow // *New Zealand Journal of Botany*, 2000. №38. P. 451–468.
17. Green P. T. Resistance of island rainforest to invasion by alien plants: influence of microhabitat and herbivory on seedling performance / P. T. Green, P.S. Lake, D. J. O'Dowd // *Biological Invasions*, 2004. №6. P 1–9.
18. Holway D. A. Distribution of the Argentine ant (*Linepithema humile*) in northern California // *Conservation Biology*, 1995. №9. P. 1634–1637.
19. Effect of disturbance intensity on regeneration mechanisms in a tropical dry forest / D. K. Kennard, K. Gould, F. E. Putz, T. S. Fredericksen, F. Morales // *Forest Ecology and Management*, 2002. №162. P. 197–208.
20. Vila M. 2001. Land-use and socio-economic correlates of plant invasions in European and North African countries / M. Vila, J. Pujadas // *Biological Conservation*, 2001. № 100. P. 397–401.
21. Антонова Л.А. Инвазионный компонент флоры Хабаровского края // *Российский Журнал Биологических Инвазий*, 2012. №4. С. 2-9.
22. Егосин А.В. Моделирование пространственного распределения видов на территориях ООПТ Западного Кавказа с использованием геоинформационных систем // *Биоразнообразие государственного природного заповедника «Утриш»*. Научные труды, 2013. Том 1. С 35–43.
23. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014. 61 с.

References:

1. Foxcroft L.C. Plant invasions in protected areas patterns, problems and challenges / L.C. Foxcroft, P. Pysek, D. M. Richardson. Springer Science, 2013. 656 p.
2. Vinogradova Yu.K. Eksperimental'noe izuchenie rastitel'nykh invazii (na primere roda *Bisens*) // *Problemy izucheniya adventivnoi i sinantropnoi flory v regionakh SNG*. М.: Botanicheskii sad MGU, 2003. S. 31–33.
3. Rejmanek M. Plant invasions and invisibility of plant communities / M. Rejmanek, D.M. Richardson, P. Pysek // *Vegetation ecology*. Oxford: Blackwell, 2005. P. 332–355.
4. Elton C.S. The ecology of invasions by animals and plants. Methuen. London, 1958. 181 p.
5. Goodman D. Theory of diversity–stability relationships in ecology // *Quarterly Review of Biology*, 1975. №50. P. 237–266.
6. May R. M. Will a large complex system be stable // *Nature*, 1972. № 238. P. 413–414.
7. Pimm S. L. Structure of food webs // *Theoretical Population Biology*, 1979. №16. P. 144–158.
8. Akatov V.V. Vidovoe bogatstvo drevesnogo i kustarnikovogo yarusov priruslovykh lesov Zapadnogo Kavkaza s dominirovaniem inozemnykh vidov / Akatova T.V., Shadzhe A.E. // *Ekologiya*, 2012. №4. S 276-283.
9. Vasilevich V.I. Dominanty v rastitel'nom pokrove // *Bot. zhurn*, 1991. T.76. №12. S. 1674-1681.
10. Hobbs R. J. Disturbance, diversity, and invasion: implications for conservation / R. J. Hobbs, L. F. Huenneke // *Conservation Biology*, 1992. №6. P. 324–337.
11. Parker I. M. Distribution of 7 native and 2 exotic plants in a tallgrass prairie in southeastern Wisconsin: the importance of human disturbance. *American Midland* / I. M. Parker, S. K. Mertens, D. W. Schemske // *Naturalist*, 1993. №130. P 43–55.
12. Simberloff D. Invasion biology. Critique of a pseudoscience // *Ecological Economics*, 2004. №48. P. 360–362.
13. Rejmanek M. A theory of seed plant invasiveness: the first sketch // *Biological Conservation*, 1996. № 78. P. 171–181.
14. Forman R. T. The ecological road-effect zone of a Massachusetts (USA) suburban highway / R. T. Forman, R. D. Deblinger // *Conservation Biology*, 2000. №14. P 36–46.

15. Gelbard J. L. Roads as conduits for exotic plant invasions in a semiarid landscape / J. L. Gelbard J. Belnap // *Conservation Biology*, 2003. №17. P. 420–432.
16. Kelly L. D. The importance of dispersal, disturbance, and competition for exotic plant invasions in Arthur's Pass National Park, New Zealand / L. D. Kelly, A. Sparrow // *New Zealand Journal of Botany*, 2000. №38. P. 451–468.
17. Green P. T. Resistance of island rainforest to invasion by alien plants: influence of microhabitat and herbivory on seedling performance / P. T. Green, P.S. Lake, D. J. O'Dowd // *Biological Invasions*, 2004. №6. P 1–9.
18. Holway D. A. Distribution of the Argentine ant (*Linepithema humile*) in northern California // *Conservation Biology*, 1995. №9. P. 1634–1637.
19. Effect of disturbance intensity on regeneration mechanisms in a tropical dry forest / D. K. Kennard, K. Gould, F. E. Putz, T. S. Fredericksen, F. Morales // *Forest Ecology and Management*, 2002. №162. P. 197–208.
20. Vila M. 2001. Land-use and socio-economic correlates of plant invasions in European and North African countries / M. Vila, J. Pujadas // *Biological Conservation*, 2001. № 100. P. 397–401.
21. Antonova L.A. Invazionnyi komponent flory Khabarovskogo kraja // *Rossiiskii Zhurnal Biologicheskikh Invazii*, 2012. №4. С. 2-9.
22. Egoshin A.V. Modelirovanie prostranstvennogo raspredeleniya vidov na territoriyakh OOPT Zapadnogo Kavkaza s ispol'zovaniem geoinformatsionnykh sistem // *Bioraznoobrazie gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika «Utrish»*. Nauchnye trudy, 2013. Tom 1. S 35–43.
23. Vtoroi otsenochnyi doklad Rosgidrometa ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiiskoi Federatsii. M.: Rosgidromet, 2014. 61 s.

УДК 581.5

Моделирование пространственного распределения адвентивных видов на территории Большого Сочи

Алексей Валентинович Егошин

Сочинский национальный парк, Российская Федерация
Курортный проспект 74, Сочи, 354002
Кандидат сельскохозяйственных наук
E-mail: ecoid@yandex.com

Аннотация. Проанализирован видовой состав инородной флоры юга Российского Причерноморья. Установлены биоклиматические и эколого-географические требования наиболее агрессивных чужеродных видов. Большинство исследуемых инородных видов, натурализовавшихся на юге Российского Причерноморья, исторически приурочено к биому листопадных лесов умеренного пояса. Биоклиматические условия юга Российского Причерноморья вплоть до среднегорья удовлетворяют требованиям подавляющего числа чужеродных видов, что создаёт предпосылки для дальнейшего распространения этих видов в ходе хозяйственного освоения территории. Проведено моделирование пространственного распределения инородных видов, в результате которого установлено, что в будущем климатические условия на юге Российского Причерноморья станут ещё более комфортными для распространения большинства представителей исследуемых чужеродных видов.

Ключевые слова: инородные виды, чужеродные виды, адвентивные инвазии, ГИС, Российское Причерноморье.