УДК 581.9

DOI 10.21685/2500-0578-2021-1-2

СТРУКТУРА, СОСТАВ И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЧУЖЕРОДНОГО КОМПОНЕНТА ФЛОРЫ ЮГА ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

А. В. Егошин

Сочинский национальный парк, Россия, 354002, г. Сочи, Курортный пр., 74
avegoshin@gmail.com

Аннотация. Чужеродные виды представляют одну из серьезных угроз для биоразнообразия планеты, которая в условиях ускоряющейся глобализации становится все более острой. Проанализирован видовой состав чужеродной флоры юга Черноморского побережья Краснодарского края. Проведен анализ таксономического, биоморфологического, гигроморфического спектров инородных видов. Проведено моделирование пространственного распределения чужеродных видов с использованием Maxent. В качестве источников предикторных переменных использовали биоклиматические растровые изображения Worldclim, а также растры удаленности точек пространства от дорог и водотоков. Классифицирован чужеродный компонент флоры. Инвазионные виды классифицированы по степени натурализации, происхождению и времени заноса. Установлено, что чужеродный компонент флоры региона наиболее богат видами семейств *Amaranthaceae*, *Asteraceae* и *Poaceae*. По способу заноса большинство чужеродных инвазионных видов растений являются непреднамеренно занесенными, и приурочены они к нарушенным местообитаниям. 53 % всех изученных пришлых видов являются автохорами. При этом родиной 41 % всех заносных видов-вселенцев региона является Новый Свет, на долю азиатских видов приходится 32 % всех чужеродных видов региона. В результате пространственного моделирования установлено, что биоклиматические условия района исследований наиболее комфортны для произрастания только 74 из 182 наиболее агрессивных чужеродных видов растений. Получены картографические изображения, характеризующие пригодность территории юга Черноморского побережья Краснодарского края российского Причерноморья для произрастания чужеродных видов. На основе анализа пространственного расположения и разорванности территории, потенциально пригодной для произрастания, все изучаемые чужеродные виды региона разделены на четыре группы, а также проведено районирование изучаемого района региона, в ходе которого установлено, что площадь района Большого Сочи, наиболее подверженного инвазионным процессам, составляет 1222,2 км² (36 %). Наиболее благоприятными для проникновения большинства чужеродных видов являются долины крупных горных рек.

Ключевые слова: инвазии, чужеродные виды растений, Кавказ, Краснодарский край, Сочи, юг российского Причерноморья, моделирование, GIS, Maxent

Для цитирования: Егошин А. В. Структура, состав и пространственное распределение чужеродного компонента флоры юга Черноморского побережья Краснодарского края // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2021. Vol. 6 (1). <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2021-1-2>

STRUCTURE, COMPOSITION, AND SPATIAL DISTRIBUTION OF AN ALIEN COMPONENT OF FLORA SOUTH OF THE BLACK SEA OF KRASNODAR REGION OF RUSSIA

A. V. Eghoshin

Sochi National Park, Russia, 74 Kurortnyi prosperct, Sochi, 354002, Russia
avegoshin@gmail.com

Abstract. Alien species represent one of the most severe threats to the planet's biodiversity, which is becoming more acute in the context of accelerating globalization. The species composition of the alien flora of the south of the Black Sea coast of the Krasnodar region of Russia is analyzed. The analysis of taxonomic, biomorphological, hygromorphic spectra of foreign species is carried out. The alien component of the flora is classified according to the degree of naturalization, origin, and time of introduction. Modeling of the spatial distribution of alien species was carried out using Maxent. Bioclimatic raster images of Worldclim, as well as rasters of the distance of points in space from roads and watercourses, were used as sources of predictor variables. It has been established that the region's flora alien component is the richest in species of the families *Amaranthaceae*, *Asteraceae*, and *Poaceae*.

By the method of introduction, most alien plant species are unintentionally introduced and confined to disturbed habitats. 53 % of all studied alien species are autochors. The homeland of 41 % of all the introduced species of the region is the Americas. Asian species account for 32 % of all alien species in the area. As a result of spatial modeling, it was found that the bioclimatic conditions of the research area are most comfortable for growing only 74 of the 182 most aggressive alien plant species. Cartographic images were obtained that characterize the suitability of the territory of the south of the Russian Black Sea region for the growth of exotic species. As a result of the zoning, it was found that the area of the studied region most susceptible to the introduction of alien species is 1222.2 km² (36 % of the surveyed territory). The most favorable for the growth of most alien species are the valleys of large mountain rivers.

Keywords: infestations, alien plant species, Caucasus, Krasnodar region, Sochi, the south of the Russian Black Sea region, modeling, GIS, Maxent

For citation: Eghoshin A.V. Structure, composition, and spatial distribution of an alien component of flora south of the Black sea of Krasnodar region. *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. 2021;6(1). (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2021-1-2>

Введение

Привнесение элементов иноземной флоры влечет за собой изменение и ведет к трансформации целого ряда параметров аборигенных экосистем: биологической продуктивности, обилия и константности видов, интенсивности круговорота веществ и т.д., что потенциально может способствовать изменению экосистемного разнообразия на всех уровнях (альфа, бета, гамма). В худшем случае это может привести к элиминации некоторых аборигенных видов и коренной трансформации экосистем в целом. В глобальном масштабе этот процесс способствует унификации флоры [1–3]. В результате климатических изменений и интенсификации процессов глобализации угроза биологических инвазий с каждым годом лишь увеличивается, поэтому в настоящее время прогнозирование распространения новых видов-вселенцев является актуальной задачей [4].

В целом успешная натурализация чужеродных видов растений в регионе-реципиенте вызвана комплексом факторов. В первую очередь многие иноземные виды обладают четко выраженными физиологическими конкурентными преимуществами [5]. Эти преимущества заключаются в высокой скорости роста, а также созревания плодов и в эффективных способах распространения семян, которые к тому же обладают мощной энергией роста. Именно поэтому многие растения-вселенцы являются в своих нативных ареалах видами-индикаторами начальных стадий сукцессий. Кроме того, некоторые успешно натурализовавшиеся иноземные виды вступают в различного рода аллелопатические взаимодействия [6], подавляя рост и развитие конкурентов. Как результат, в отсутствие специализированных фитофагов чужеродные виды могут получать существенные конкурентные преимущества в регионе-реципиенте.

Весомую роль в успешной натурализации инвазионных видов играет видовое разнообразие экосистемы-акцептора [7–10]. Полноценные экосистемы, характеризующиеся высоким видовым разнообразием, как правило, более устойчивы к внедрению чужеродных видов.

Существенную роль в успешной акклиматизации иноземных видов играют и биоклиматические условия региона-реципиента [11]. Поэтому юг российского Причерноморья и Кавказ, характеризующиеся значительным разнообразием природно-климатических условий, потенциально способны принять большое количество иноземных видов из многих флористических районов Земли.

Значительное влияние на процессы распространения чужеродных видов оказывает и антропогенная деятельность, сопровождающаяся различного рода нарушениями экосистем. Эти нарушения влекут за собой изменения видового состава и обилия видов, в результате чего в экосистемах появляются свободные ресурсы, на которые и «претендуют» инвазионные виды.

В последнее время юг российского Причерноморья испытывает колоссальное антропогенное воздействие, включая «стихийную» интродукцию новых видов растений, что представляет серьезную угрозу для уникального биоразнообразия особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Западного Кавказа. Поэтому с точки зрения сохранения биоразнообразия очень важно своевременно выделить из комплекса чужеродных видов те, которые обладают способностью внедряться в малонарушенные и ненарушенные экосистемы ООПТ, и спрогнозировать дальнейшее распространение этих видов.

В работе проанализирована структура и состав чужеродной флоры региона Черноморского побережья Краснодарского края, а также проведена оценка потенциальной инвазионной опасности видов-вселенцев, которая была положена в основу районирования территории.

Материалы и методы

Регионом исследований является Большой Сочи, простирающийся от водораздела рек Магри и Шепси на северо-западе до р. Псоу на юго-востоке, на границе с Абхазией. Большую часть площади (83 %) изучаемого района занимают особо охраняемые природные территории федерального значения (Сочинский национальный парк и Кавказский государственный природный биосферный заповедник).

В ходе проведения полевых исследований с 2015 по 2019 г. фиксировали географические координаты мест произрастания инвазионных видов растений, их приуроченность к населенным пунктам, дорогам, линиям электропередач (антропогенная нарушенность территории), а также к естественным водотокам и вывалам деревьев (естественная нарушенность территории). Помимо этого, для последующего моделирования пространственного распределения видов использовали географические координаты местонахождений изучаемых агрессивных чужеродных видов региона, представленные на сайте глобального информационного фонда по биоразнообразию (The Global Biodiversity Information Facility) и картографической системы веб-документирования распространения инвазионных видов (Early Detection and Distribution Mapping System). Далее набор дан-

ных о распространении чужеродных видов был пространственно «прорежен» с использованием инструментария SDMtoolbox программного комплекса ArcGIS (дистанция прореживания 1 км). В результате этой операции расстояние между точками обнаружений экземпляров каждого из видов составило не менее 1 км, а суммарное количество мест произрастания всех инвазивных видов – 420 642. Минимальное количество пространственных данных о местах произрастания, использованных при дальнейшем анализе, имел вид *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud. (375 точек), максимальное – *Conyza canadensis* (L.) Cronquist (20 913 точек). Моделирование пространственного распределения чужеродных видов, способных проникать в природные экосистемы различной степени нарушенности, проводили в среде Maxent (Version 3.3.3k) методом максимальной энтропии [12, 13]. Расчеты по каждому из видов производили в 15 повторностях, выполняя 10 тысяч итераций по каждому пикселю растровых изображений. Для каждого изучаемого вида 25 % точек находок использовали в качестве тестовой выборки, 75 % – в качестве обучающей [14].

В качестве источника предикторных переменных использовали Worldclim – набор биоклиматических данных, представленных в растровом формате (табл. 1).

Таблица 1

Биоклиматические переменные BIOCLIM

Table 1

Bioclimatic variables BIOCLIM

Код	Биоклиматический параметр
BIO1	Средняя годовая температура / Annual mean temperature
BIO2	Средняя суточная амплитуда температуры / Mean diurnal range
BIO3	Изотермичность (BIO1/BIO7) * 100 / Isothermality (BIO1/BIO7) * 100
BIO4	Температурная сезонность / Temperature seasonality
BIO5	Максимальная температура самого теплого месяца года / Max temperature of warmest month
BIO6	Минимальная температура самого холодного месяца года / Min temperature of coldest month
BIO7	Годовая амплитуда температуры (BIO5–BIO6) / Temperature annual range (BIO5–BIO6)
BIO8	Средняя температура самой влажной четверти года / Mean temperature of wettest quarter
BIO9	Средняя температура самой сухой четверти года / Mean temperature of driest quarter
BIO10	Средняя температура самой теплой четверти года / Mean temperature of warmest quarter
BIO11	Средняя температура самой холодной четверти года / Mean temperature of coldest quarter
BIO12	Годовая сумма осадков / Annual precipitation
BIO13	Сумма осадков в самом влажном месяце года / Precipitation of wettest month
BIO14	Сумма осадков в самом сухом месяце года / Precipitation of driest month
BIO15	Коэффициент вариации осадков / Precipitation seasonality (coefficient of variation)
BIO16	Сумма осадков в самой влажной четверти года / Precipitation of wettest quarter
BIO17	Сумма осадков в самой сухой четверти года / Precipitation of driest quarter
BIO18	Сумма осадков в самой теплой четверти года / Precipitation of warmest quarter
BIO19	Сумма осадков в самой холодной четверти года / Precipitation of coldest quarter

Дороги вносят значительный вклад в распространение инвазионных видов [15]. На юге Черноморского побережья Краснодарского края, помимо дорог, «каналами» распространения чужеродных видов являются горные реки. Мощные паводки, вызывая нарушения лесных экосистем, создают условия для ускоренного проникновения адвентивных видов. Поэтому

при моделировании пространственного распределения чужеродных видов помимо биоклиматических использовали растры, содержащие данные об удаленности точек пространства как от населенных пунктов и дорог, так и от горных рек (рис. 1). Эти растры были получены с помощью инструмента «Евклидово расстояние» (Euclidean distance) в среде ArcGIS.

Рис. 1. Удаленность точек пространства от водотоков, полученная с помощью инструмента «Euclidean distance»

Fig. 1. The distance of points in space from watercourses, obtained using the Euclidean distance tool

Результаты моделирования пространственного распределения видов были представлены в виде растровых картографических изображений, каждая ячейка которых (в нашем случае площадь ячейки составляла 1 км²) содержит вероятностную оценку пригодности биоклиматических условий местности требованиям вида. Далее проводили дискретную классификацию полученного растра. Для этого в качестве порогового значения использовали 10-й перцентиль. Значения ниже 10-го перцентиль считали неудовлетворяющими экологическим требованиям видов.

Полученные картографические изображения пригодности территории для произрастания чужеродных видов использовали для районирования региона исследований. При этом учитывали способность инвазионных видов проникать в экосистемы различной степени нарушенности. Для этого все чужеродные виды региона были подразделены на 6 классов:

1) виды, которые встречаются в местах вселения не более двух вегетационных сезонов, а затем исчезают без должного агротехнического ухода;

2) виды, произрастающие в местах вселения, но не размножающиеся без участия человека (растения парков);

3) виды, произрастающие в местах вселения продолжительное время, размножающиеся, но не покидающие место вселения;

4) виды, распространяющиеся в антропогенно нарушенных экосистемах (вдоль дорог, линий электропередач и т.д.);

5) виды, способные внедряться не только в антропогенно нарушенные, но и в естественно нарушенные экосистемы (прибрежные местообитания, вывалы деревьев);

6) виды, обладающие способностью натурализоваться в естественных экосистемах, не имеющих следов естественных и антропогенных нарушений.

На следующем этапе умножали значения ячеек полученных растров пригодности биоклиматических условий местности требованиям вида на класс и далее суммировали между собой все растры с помощью инструмента «Растровый калькулятор» в среде ArcGIS. В результате получили итоговое растровое изображение территории, каждый км² которой содержит

балльную оценку потенциальной инвазионной опасности. Далее, используя алгоритм естественных границ Дженкса, территорию Большого Сочи разделили на 5 районов:

1. Район с крайне низким уровнем потенциальной инвазионной опасности (от 0 до 40 баллов).

2. Район с низким уровнем потенциальной инвазионной опасности (от 41 до 100 баллов).

3. Район со средним уровнем потенциальной инвазионной опасности (от 101 до 150 баллов).

4. Район с повышенным уровнем потенциальной инвазионной опасности (от 151 до 180 баллов).

5. Район с высоким уровнем потенциальной инвазионной опасности (от 181 балла и выше).

Результаты и их обсуждение

Детальный обзор флоры российского Причерноморья приведен в работах [16, 17], ее чужеродного компонента – в статьях [18, 19].

Необходимо отметить, что отнесение вида к чужеродным в некоторых случаях бывает спорным, особенно для Кавказа, который является мостом между Азией и Европой, а также имеет древнюю историю преднамеренной интродукции многих видов живых организмов. Неудивительно, что у ряда авторов в списке инвазионных видов фигурируют многие сельскохозяйственные культуры [20], включая такой давно интродуцированный вид, как *Ficus carica* L. [7].

Опираясь на существующую терминологию [6], под чужеродным компонентом флоры мы будем понимать совокупность видов растений, не свойственных местной флоре, присутствие которых в экосистемах разной степени нарушения прямо или косвенно связано с деятельностью человека, т.е. не является результатом естественного флорогенеза.

Суммарное количество преднамеренно и непреднамеренно интродуцированных видов на юге Черноморского побережья Краснодарского края превышает 2000. Большинство из них произрастает на улицах населенных пунктов, на приусадебных участках, в парках и ботанических садах, не внедряясь в естественные экосистемы. Без должного агротехнического ухода популяции этих видов, как правило, угасают.

К чужеродным видам, образующим самовоспроизводящиеся популяции, но не покидающим место заноса, можно отнести следующие: *Acacia dealbata* Link, *Acer buergerianum* Miq., *Amaranthus caudatus* L., *Ampelopsis brevipedunculata* (Maxim.) Trautv., *Aster novi-belgii* L., *Avena sativa* L., *Baccharis halimifolia* L., *Berberis*

julianae C. K. Schneid., *Bromus scoparius* L., *Campsis radicans* (L.) Seem, *Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch, *Cedrus deodara* Loud., *Coreopsis tinctoria* Nutt., *Coriaria sinica* Maxim., *Coronopus didymus* (L.) Sm., *Cortaderia selloana* (Shult. et Schult. Fil.), *Cupressus lusitanica* Mill., *C. sempervirens* L., *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Elaeagnus angustifolia* L., *E. umbellata* Thunb., *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl., *Foeniculum vulgare* Mill., *Fraxinus pennsylvanica* Marsh., *Gleditsia triacanthos* L., *Grindelia squarrosa* (Pursh) Dunal, *Helianthus annuus* L., *H. tuberosus* L., *Hydrangea macrophylla* (Thunb. ex Murr.) Ser., *Ipomoea lacunosa* L., *I. purpurea* (L.) Roth, *Juglans nigra* L., *J. regia* L., *Laburnum anagyroides* Medikus., *Lepidium virginicum* L., *Liquidambar styraciflua* L., *Lobularia maritima* (L.) Desv., *Lonicera japonica* Thunb., *L. ligustrina* Wall., *Lunaria annua* L., *Malus domestica* Borkh., *Mirabilis jalapa* L., *Myriophyllum aquaticum* (Vellozo) Verdcourt, *Narcissus poeticus* L., *Oenothera erythrosepala* Borbas, *Oxalis latifolia* Kunth., *O. violacea* L., *Phyllostachys aurea* Riviere & C. Riviere, *P. bambusoides* Sieb. et Zucc., *P. viridiglaucescens* A. & C. Riviere, *Pinus palasiensis* D. Don., *P. pinaster* Alton, *P. pinea* L., *Pittosporum tobira* Ait., *Platanus acerifolia* Willd., *Platycladus orientalis* (L.) Franco, *Pseudotsuga japonica* (Siebold & Zucc. ex Steud.) Makino ex Nakai, *P. menziesii* (Mirb.) Franco, *Rhus typhina* L., *Setaria italica* (L.) P. Beauv., *Solanum cornutum* Lam., *Vaccaria hispanica* (Mill.) Rauschert.

К видам, активно распространяющимся в антропогенно нарушенных экосистемах (вдоль дорог, линий электропередач и т.д.), можно отнести: *Abutilon theophrasti* Medikus, *Acalypha australis* L., *Acer negundo* L., *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Amaranthus albus* L., *Amaranthus blitoides* S. Watson, *Amaranthus cruentus* L., *Amaranthus deflexus* L., *Amaranthus powellii* S. Watson, *Amaranthus viridis* L., *Amorpha fruticosa* L., *Anagallis arvensis* L., *Andropogon virginicus* L., *Arthraxon hispidus* (Thunb.) Makino, *Asclepias syriaca* L., *Borago officinalis* L., *Briza maxima* L., *Commelina communis* L., *Cyclospermum leptophyllum* (Pers.) Sprague, *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Cyperus difformis* L., *C. eragrostis* Lam., *C. longus* L., *C. rotundus* L., *Dichrocephala integrifolia* (L. f.) Kuntze, *Digitaria ischaemum* (Schreb.) H. L. Muhl., *D. pectiniformis* (Henrard) Tzvelev, *D. sanguinalis* (L.) Scop., *D. violascens* Link., *Elaeagnus pungens* Thunb., *Eleusine indica* (L.) Gaertn., *Elsholtzia ciliata* (Thunb.) Hyl., *Epilobium pseudorubescens* A. K. Skvortsov, *Eschscholzia californica* Cham., *Euphorbia dentata* Michaux, *E. humifusa* Willd., *E. peplodes* Gouan, *Fraxinea*

subpinnata (Ledeb.) Baill., *Galinsoga ciliata* (Raf.) Blake, *G. parviflora* Cav., *Helminthotheca echiodides* (L.) Holub, *Hydrocotyle ramiflora* Maxim., *Hyoscyamus niger* L., *Juncus tenuis* Willd., *Laurus nobilis* L., *Ligustrum lucidum* W. T. Aiton, *Miscanthus sinensis* Andersson, *Muhlenbergia schreberi* J. F. Gmel., *Oenothera biennis* L., *O. oakesiana* (A. Gray) Robbins ex S. Walt. et Coult., *Oxalis corniculata* L., *O. stricta* L., *Panicum capillare* L., *P. dichotomiflorum* Michx., *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch., *Paspalum dilatatum* Poir., *P. paspaloides* (Michx.) Scribn., *P. setaceum* Michx., *P. thunbergii* Kunth ex Steud., *Perilla nankinensis* (Lour.) Decne., *Phalaris minor* Retz., *Physalis philadelphica* Lam., *Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi, *Robinia pseudoacacia* L., *Rosa multiflora* Thunb., *Secale cereale* L., *Sedum reflexum* L., *Setaria pumila* (Poir.) Roem. & Schult., *S. viridis* (L.) P. Beauv., *Sigesbeckia orientalis* L., *Solanum nigrum* L., *Solidago canadensis* L., *S. gigantea* Aiton, *Sorghum halepense* (L.) Pers., *Spartium junceum* L., *Sporobolus fertilis* (Steud.) Clayton, *Trachycarpus fortunei* (Hook.) H. Wendl., *Verbena brasiliensis* L., *V. hastata* L., *V. venosa* Gill. & Hook., *Wistaria sinensis* Sweet., *Xanthium orientale* L., *X. spinosum* L., *X. strumarium* L.

К видам, способным внедряться не только в антропогенно нарушенные, но и в естественно нарушенные экосистемы (прибрежные местообитания, вывалы деревьев), можно отнести: *Amaranthus graecizans* L., *Amaranthus hybridus* L., *Amaranthus blitum* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Ambrosia artemisiifolia* L., *Bidens bipinnata* L., *B. frondosa* L., *Buddleja davidii* Franch, *Carthamus lanatus* L., *Catalpa ovata* D. Don., *Conyza bonariensis* (L.) Cronqist, *C. canadensis* (L.) Cronqist, *C. chilensis* Sprengel, *C. sumatrensis* (Retz.) E. Walker, *Conyzanthus graminifolius* (Sprengel) Tamamsch., *Erechtites valerianifolia* (E.L. Wolf ex Rchb.) DC., *Euphorbia maculata* L., *E. nutans* Lag., *Ficus carica* L., *Hemerocallis fulva* L., *Microstegium japonicum* (Miq.) Koidz., *M. vimineum* (Trin.) A. Camus, *Morus alba* L., *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud., *Phalacrolobos annuum* (L.) Dumort., *P. septentrionale* (Fernald & Wiegand) Tzvelev, *Phytolacca americana* L., *Salix babylonica* L., *Xanthium albinum* (Widder) H. Scholz.

К видам, обладающим способностью натурализоваться в экосистемах, не имеющих следов нарушений, можно отнести *Duchesnea indica* (Andrews) Focke.

Общее число видов, обладающих четко выраженной способностью внедряться в естественные экосистемы различной степени нарушенности, в регионе исследований составляет 182. Они относятся к 53 семействам. Спектр

семейств по числу чужеродных видов выглядит следующим образом: Aceraceae (2 вида), Amaranthaceae (11), Amaryllidaceae (1), Anacardiaceae (1), Apiaceae (4), Arecaceae (1), Asclepiadaceae (1), Asteraceae (30), Berberidaceae (1), Bignoniaceae (3), Boraginaceae (2), Brassicaceae (4), Buddlejaceae (1), Caprifoliaceae (2), Caryophyllaceae (2), Commelinaceae (1), Convolvulaceae (2), Coriariaceae (1), Crassulaceae (1), Cupressaceae (3), Cyperaceae (4), Elaeagnaceae (3), Euphorbiaceae (6), Fabaceae (9), Haloragaceae (1), Hamamelidaceae (1), Hydrangeaceae (2), Hydrocharitaceae (2), Juglandaceae (3), Juncaceae (1), Lamiaceae (2), Lauraceae (1), Liliaceae (1), Malvaceae (1), Moraceae (2), Nyctaginaceae (1), Oleaceae (2), Onagraceae (2), Onagraceae (2), Oxalidaceae (4), Papaveraceae (1), Phytolaccaceae (1), Pinaceae (6), Pittosporaceae (1), Platanaceae (1), Poaceae (33), Primulaceae (1), Rosales (4), Salicaceae (1), Simaroubaceae (1), Solanaceae (4), Verbenaceae (3), Vitaceae (2).

На юге Черноморского побережья Краснодарского края наиболее богаты чужеродными видами семейства Amaranthaceae, Asteraceae и Poaceae. На их долю приходится 41 % всех заносных видов региона. Биоморфологическая структура изучаемых видов следующая: фанерофиты (древесные растения с не отмирающими на зиму почками возобновления) – 56, гемикриптофиты (многолетние травянистые растения, у которых почки возобновления зимуют на уровне почвы) – 23, криптофиты (многолетние травянистые растения, почки возобновления которых закладываются под землей) – 15, терофиты (однолетние травянистые растения, переживающие неблагоприятное время года в виде семян) – 87, хамефиты (полукустарниковые растения, у которых почки возобновления находятся у поверхности почвы) – 1. При этом гигроморфическая структура выглядит следующим образом (в порядке возрастания требовательности к условиям увлажнения): ксерофиты – 0, мезоксерофиты – 7, ксеромезофиты – 49, мезофиты – 94, гигромезофиты – 24, мезогигрофиты – 2, гигрофиты – 6. По способу распространения большинство рассматриваемых чужеродных видов является автохорами (растения, распространяющиеся без участия внешних факторов) – 96. Остальные виды принадлежат к анемохорам (семена распространяются ветром) – 49, зоохорам (семена распространяются при помощи животных) – 35 и гидрохорам (семена распространяются при помощи воды) – 2. По способу интродукции 84 вида являются ксенофитами (непреднамеренно занесенные виды растений), 25 – ксеноэргазиофитами (виды с промежуточным типом заноса) и 73 – эргазиофитами (преднамеренно занесенные виды).

По времени инвазии большинство видов относится к неофитам (видам, занесенным после открытия Америки) – 153. На долю археофитов (видов, занесенных в более позднее время) приходится 29 видов. Родиной 74 видов являются Северная и Центральная Америка, 59 видов родом из Азии (Восточная Азия – 34 вида, Юго-Восточная Азия – 9, Япония – 6, Передняя Азия – 6, Центральная Азия – 3, Южная Азия – 1), 20 видов имеют нативные ареалы в Средиземноморье. Из Южной Америки успешно натурализовалось на юге Черноморского побережья Краснодарского края 17 видов, из Европы – 9, из Африки – 2, из Новой Зеландии – 1 вид. Число наиболее агрессивных чужеродных видов, способных внедряться в ненарушенные и малонарушенные экосистемы рассматриваемой территории, составляет 30. Из них 43 % относится к семейству Asteraceae, 44 % видов – мезофиты. 73 % самых агрессивных инвазионных видов региона – ксенофиты, 80 % – неофиты. При этом родиной 47 % из них является Северная Америка.

Процесс биологических инвазий имеет иерархическую структуру. Климат является доминирующим фактором на макроуровне, тогда как топографические особенности местности и характер землепользования играют важную роль на мезоуровне, и, наконец, в локальных масштабах почвенные условия, нару-

шения растительного покрова и биотические взаимодействия играют детерминирующую роль в распространении чужеродных видов [20]. В ходе моделирования пространственного распределения изучаемых видов была оценена роль только факторов макроуровня этой иерархической структуры.

Согласно результатам моделирования пространственного распределения, биоклиматические условия изучаемого района наиболее комфортны только для 74 чужеродных видов, способных внедряться в естественные экосистемы разной степени нарушенности. Статистический анализ показал высокую точность моделирования. Средние значения AUC для повторностей принимали значения от 0,774 (*Acer negundo* L.) до 0,990 (*Microstegium japonicum* (Miq.) Koidz.), стандартные отклонения от 0,001 (*Microstegium japonicum* (Miq.) Koidz) до 0,006 (*Euphorbia humifusa* Willd). Каждый из изучаемых видов имеет свои особенности пространственного распределения. По расположению и разорванности территории, потенциально пригодной для произрастания, можно выделить следующие группы чужеродных видов:

1. Виды, для произрастания которых наиболее пригодны биоклиматические условия прибрежной части территории (рис. 2, 3).

Рис. 2. Пригодность биоклиматических условий для произрастания *Paspalum dilatatum* Poir (AUC 0,881). Наибольший вклад в построение модели вносят факторы: BIO1 – 24,4 % (коэффициент пермутации 9,8 %), BIO11 – 41,2 % (коэффициент пермутации 26,9 %)

Fig. 2. Suitability of bioclimatic conditions for the growth of *Paspalum dilatatum* Poir (AUC 0.881). The greatest contribution to the construction of the model is made by factors: BIO1 – 24.4 % (permutation coefficient 9.8 %), BIO11 – 41.2 % (permutation coefficient 26.9 %)

Рис. 3. Пригодность биоклиматических условий для произрастания *Ligustrum lucidum* W. T. Aiton (AUC 0.954). Наибольший вклад в построение модели вносят факторы: BIO1 – 17,5 % (коэффициент пермутации 3,8 %), BIO11 – 17,0 % (коэффициент пермутации – 24,6 %), BIO14 – 18,8 % (коэффициент пермутации 5,2 %)

Fig. 3. Suitability of bioclimatic conditions for the growth of *Ligustrum lucidum* W. T. Aiton (AUC 0.954). The factors that make the largest contribution to the construction of the model are: BIO1 – 17,5 % (permutation coefficient 3,8 %), BIO11 – 17,0 % (permutation coefficient 24,6 %), BIO14 – 18,8 % (permutation coefficient 5,2 %)

Такое пространственное распределение характерно для видов: *Abutilon theophrasti* Medikus, *Catalpa ovata* G. Don., *C. bignonioides* Walter, *Commelina communis* L., *Conyza bonariensis* (L.) Cronquist, *Ligustrum lucidum* W. T. Aiton, *Oxalis corniculata* L., *Paspalum dilatatum* Poir., *Trachycarpus fortunei* (Hook.) H. Wendl. Для некоторых видов потенциально более пригодная

территория простирается на значительное расстояние от берега моря (*Ailanthus altissima* (Mill.), *Acer negundo* L., *Bidens frondosa* L., Swingle, *Phytolacca americana* L., *Rosa multiflora* Thunb., *Setaria pumila* (Poir.) Roem. & Schult., *Setaria viridis* (L.) P. Beauv., *Sorghum halepense* (L.) Pers., *Solanum nigrum* L. и т.д.) (рис. 4, 5).

Рис. 4. Пригодность биоклиматических условий для произрастания *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle (AUC 0.847). Наибольший вклад в построение модели вносят факторы: BIO1 – 28,5 % (коэффициент пермутации 20,7 %), BIO11 – 13,2 % (коэффициент пермутации – 5,8 %), BIO19 – 22,1 % (коэффициент пермутации 18,2 %)

Fig. 4. Suitability of bioclimatic conditions for the growth of *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle (AUC 0.847). The following factors make the largest contribution to the construction of the model: BIO1 – 28,5 % (permutation coefficient 20,7 %), BIO11 – 13.2 % (permutation coefficient – 5,8 %), BIO19 – 22,1 % (permutation coefficient 18,2 %)

Рис. 5. Пригодность биоклиматических условий для произрастания *Phytolacca americana* L. (AUC 0,935). Наибольший вклад в построение модели вносят факторы: BIO1 – 36,2 % (коэффициент пермутации 12,7 %), BIO19 – 14,7 % (коэффициент пермутации 8,5 %)

Fig. 5. Suitability of bioclimatic conditions for the growth of *Phytolacca americana* L. (AUC 0.935). The factors that make the greatest contribution to the construction of the model are: BIO1 – 36,2 % (permutation coefficient 12,7 %), BIO19 – 14,7 % (permutation coefficient 8,5 %)

2. Виды, для которых территория, имеющая наиболее благоприятные биоклиматические условия для произрастания, несколько удалена от берега моря – до 1 км на северо-западе изучаемого района (п. Магри) и до 14 км –

на юго-востоке (п. Псоу) (*Amaranthus retroflexus* L., *Buddleja davidii* Franch., *Galinsoga parviflora* Cav., *Hemerocallis fulva* L., *Oenothera biennis* L., *Oxalis stricta* L., *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud. и т.д.) (рис. 6, 7).

Рис. 6. Пригодность биоклиматических условий для произрастания *Buddleja davidii* Franch. (AUC 0,837). Наибольший вклад в построение модели вносят факторы: BIO1 – 16,4 % (коэффициент пермутации 19,3 %), BIO11 – 20,1 % (коэффициент пермутации – 27,3 %), BIO14 – 17,8 % (коэффициент пермутации 0,4 %), BIO19 – 21,3 % (коэффициент пермутации 11,4 %)

Fig. 6. Suitability of bioclimatic conditions for the growth of *Buddleja davidii* Franch. (AUC 0.837). The following factors make the largest contribution to the construction of the model: BIO1 – 16,4 % (permutation coefficient 19,3 %), BIO11 – 20,1 % (permutation coefficient – 27,3 %), BIO14 – 17,8 % (permutation coefficient 0,4 %), BIO19 – 21,3 % (coefficient permutation 11,4 %)

Рис. 7. Пригодность биоклиматических условий для произрастания *Hemerocallis fulva* L. (AUC 0,954). Наибольший вклад в построение модели вносят факторы: BIO1 – 25,1 % (коэффициент пермутации – 9,1 %), BIO14 – 31,2 % (коэффициент пермутации 2,1 %)

Fig. 7. Suitability of bioclimatic conditions for the growth of *Hemerocallis fulva* L. (AUC 0.954). The factors that make the greatest contribution to the construction of the model are: BIO1 – 25,1 % (permutation coefficient 9,1 %), BIO14 – 31,2 % (permutation coefficient 2,1 %)

3. Виды, пространственное распределение которых, согласно результатам моделирования, носит дизъюнктивный характер (*Euphorbia humifusa* Willd., *Galinsoga quadriradiata*

Ruiz & Pav., *Microstegium japonicum* (Miq.) Koidz., *Muhlenbergia schreberi* J. F. Gmel, *Physalis philadelphica* Lam. и т.д.) (рис. 8, 9).

Рис. 8. Пригодность биоклиматических условий для произрастания *Microstegium vimineum* (Trin.) A. Camus (AUC 0,990). Наибольший вклад в построение модели вносят факторы: BIO18 – 23,7 % (коэффициент пермутации 3,5 %), BIO14 – 18,9 % (коэффициент пермутации 1,8 %)

Fig. 8. Suitability of bioclimatic conditions for the growth of *Microstegium vimineum* (Trin.) A. Camus (AUC 0.990). The greatest contribution to the construction of the model is made by the factors: BIO18 – 23,7 % (permutation coefficient 3,5 %), BIO14 – 18.9 % (permutation coefficient 1,8 %)

Рис. 9. Пригодность биоклиматических условий для произрастания *Physalis philadelphica* Lam (AUC 0,9324). Наибольший вклад в построение модели вносит фактор BIO6 – 33,5 % (коэффициент пермутации 0,3 %)

Fig. 9. Suitability of bioclimatic conditions for the growth of *Physalis philadelphica* Lam (AUC 0.9324). The greatest contribution to the construction of the model is made by the factor BIO6 – 33,5 % (permutation coefficient 0,3 %)

Согласно представленным картографическим материалам биоклиматические условия долин рек, как правило, наиболее комфортны для большинства анализируемых инвазионных видов.

Результаты пространственного моделирования показывают, что для некоторых видов (*Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Sporobolus fertilis* (Steud.) Clayton. и т.д.) биоклиматические условия региона не соответствуют их биологическим требованиям. Тем не менее на протяжении последних лет рядом авторов [16, 19] было отмечено присутствие этих видов, что может быть связано с появлением адаптационных приспособлений у этих видов к

новым условиям произрастания. Экземпляры *Sporobolus fertilis* (Steud.) обнаружены на границе с Абхазией. По-видимому, в ближайшем будущем следует ожидать продвижения этого вида вдоль побережья на север.

Результат суммирования растровых изображений, характеризующих пригодность биоклиматических условий изучаемой территории для произрастания всех агрессивных чужеродных видов, представлен на рис. 10.

Районирование, проведенное с учетом потенциальной биоклиматической комфортности территории для произрастания чужеродных видов и их инвазионной активности, представлено на рис. 11.

Рис. 10. Уязвимость экосистем Большого Сочи к инвазиям чужеродных видов

Fig. 10. The vulnerability of Sochi ecosystems to invasions of alien species

Наиболее благоприятными для проникновения чужеродных видов являются долины рек, особенно таких крупных, как Мзымта и Шахе. Результаты моделирования показывают, что

биоклиматические условия долин этих рек комфортны для большинства анализируемых чужеродных видов вплоть до высот 700 м (р. Шахе) и 800 м (р. Мзымта) н.у.м.

Рис. 11. Районирование территории Большого Сочи (а) и Сочинского национального парка (б) по степени инвазионной опасности: 1 – крайне низкий уровень; 2 – низкий; 3 – средний; 4 – повышенный; 5 – высокий уровень

Fig. 11. Zoning of the territory of Greater Sochi (a) and Sochi National Park (b) according to the degree of invasive danger:
1 – extremely low level; 2 – low level; 3 – medium level; 4 – high; 5 – very high level

Площадь потенциально самого инвазионно опасного района Большого Сочи составляет 1222,2 км², большая часть его находится в грани-

цах Сочинского национального парка (табл. 2). На него приходится почти половина территории национального парка.

Таблица 2

Районы потенциальной инвазионной опасности Большого Сочи и Сочинского национального парка

Table 2

Regions of the potential invasive danger of Sochi and Sochi National Park

Район Region	Большой Сочи Sochi		Сочинский национальный парк Sochi National Park	
	Площадь, км ² Area, km ²	% от площади территории Percentage of land area	Площадь, км ² Area, km ²	% от площади территории Percentage of land area
1	470,9	13,7	99,4	4,8
2	222,8	6,5	71,7	3,5
3	287,1	8,3	146,8	7,2
4	1237,7	36,0	758,3	37,0
5	1222,2	35,5	976,0	47,5

П р и м е ч а н и е. Районы по уровню потенциальной инвазионной опасности: 1 – крайне низкий уровень; 2 – низкий; 3 – средний; 4 – повышенный; 5 – высокий уровень.

Заклучение

На Черноморском побережье Краснодарского края общее количество опасных и потенциально опасных чужеродных видов растений, обладающих способностью внедряться в экосистемы разной степени нарушенности, составляет 183. Они относятся к 53 семействам.

Наибольшее количество инвазионных видов принадлежит к семействам *Amaranthaceae*, *Asteraceae* и *Roaceae*. На их долю приходится 41 % всех растений-вселенцев региона. При этом 31 % всех чужеродных видов являются фанерофитами (древесно-кустарниковыми видами). Среди гигроморф чужеродных видов преобладают мезофиты – 52 %. По способу распространения большинство инвазионных видов является автохорами – 53 %, при этом 64 % изучаемых видов занесено непреднамеренно. На долю неофитов приходится 84 % всех рассматриваемых видов. При этом родной 41 % всех видов-вселенцев региона является Новый Свет.

Число наиболее агрессивных чужеродных видов на юге Черноморского побережья Краснодарского края составляет 28, из них 46 % относится к семейству *Asteraceae*, 50 % видов являются мезофитами. По времени интродукции подавляющее число самых агрессивных инвазивных видов региона – неофиты (79 %), при этом 68 % из них непреднамеренно занесенные.

Согласно результатам пространственного моделирования, биоклиматические условия района исследований наиболее комфортны для произрастания 74 чужеродных видов растений.

Биоклиматические условия низкогорной зоны, преимущественно долин рек, вплоть до высот 700 м н.у.м., комфортны для произрастания большинства анализируемых видов.

Площадь потенциально самого инвазионно опасного района Большого Сочи составляет 1222,2 км², большая часть его находится в границах Сочинского национального парка. На этот район приходится почти половина территории ООПТ, что создает угрозу для уникальных природных экосистем юга российского Причерноморья. Поэтому необходимо принятие скорых мер по предотвращению дальнейшего распространения инвазионных видов растений на территории Сочинского национального парка.

Любая хозяйственная и рекреационная деятельность, проводимая на территории ООПТ, должна подразумевать удаление элементов чужеродной флоры. Для этого необходимо регламентировать регулярное проведение работ по мониторингу и удалению чужеродной растительности на территориях, прилегающих к объектам недвижимости, а также рекреационным и линейным объектам (тропы, дороги, линии электропередач), находящихся в пользовании различных лиц.

Список литературы

1. Морозова О. В. Натурализовавшиеся чужеродные виды во флорах средней полосы Европейской России: гомогенизация или дифференциация? // Российский журнал биологических инвазий. 2018. № 3. С. 88–98.
2. Qian H., Ricklefs R. E. The role of exotic species in homogenizing the North American flora // Ecology Letters. 2006. Vol. 9 (12). P. 1293–1298. doi: 10.1111/j.1461-0248.2006.00982.x

3. Winter M., Schweiger O., Klotz S. [et al.]. Plant extinctions and introductions lead to phylogenetic and taxonomic homogenization of the European flora // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2009. Vol. 106 (51). P. 21721–21725. doi: 10.1073/pnas.0907088106
4. Stoett P., Roy E., Pauchard A. Invasive alien species and planetary and global health policy // *The Lancet: Planetary Health*. 2019. Vol. 3 (10). e400–e401. doi: 10.1016/S2542-5196(19)30194-9
5. Виноградова Ю. К., Майоров С. Р., Хорун Л. В. Черная книга флоры Средней России (Чужеродные виды растений в экосистемах Средней России). М. : ГЕОС, 2010. 512 с. doi: 10.15393/j1.art.2014.3981
6. Кондратьев М. Н., Ларикова Ю. С. Роль аллелопатии в инвазии растительных видов // *Известия ТСХА*. 2018. № 2. С. 276–288.
7. Акатов В. В., Акатова Т. В., Шадже А. Е. Видовое богатство древесного и кустарникового ярусов прирусловых лесов Западного Кавказа с доминированием иноземных видов // *Экология*. 2012. № 4. С. 276–283.
8. Василевич В. И. Доминанты в растительном покрове // *Ботанический журнал*. 1991. № 76 (12). С. 1674–1681.
9. Elton C. S. The ecology of invasions by animals and plants // *Progress in Physical Geography*. 1958. № 31 (6). P. 659–666. doi: 10.1177/0309133307087089
10. Goodman D. Theory of diversity–stability relationships in ecology // *Quarterly Review of Biology*. 1975. № 50. P. 237–266.
11. Chytrý M., Maskell L. C., Pyšek P. Habitat invasions by alien plants: a quantitative comparison among Mediterranean, subcontinental and oceanic regions of Europe // *Journal of Applied Ecology*. 2008. № 45. P. 448–458. doi: 10.1111/j.1365-2664.2007.01398.x
12. Phillips S. J., Anderson R. P., Schapire R. E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions // *Ecol. Model.* 2006. Vol. 190. P. 231–259. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026
13. West A., Kumar S., Brown S. [et al.]. Field validation of an invasive species Maxent model // *Ecological Informatics*. 2016. Vol. 36. P. 126–134. doi: 10.1016/j.ecoinf.2016.11.001
14. Zhang K., Yao L., Meng J., Tao J. Maxent modeling for predicting the potential geographical distribution of two cony pecies under climate change // *Science of the Total Environment*. 2018. Vol. 634. P. 1326–1334. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.04.112
15. Morales-Romero D., Lopes-Garcia H., Martinez-Rodriguez J. Documenting a plant invasion: The influence of land use on buffelgrass invasion along roadsides in Sonora, Mexico // *Journal of Arid Environments*. 2019. Vol. 164. P. 53–59. doi: 10.1016/j.jaridenv.2019.01.012
16. Зернов А. С. Иллюстрированная флора юга Российского Причерноморья. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2013. 588 с.
17. Солодько А. С. Флора Сочинского Причерноморья. Сочи, 2002. 65 с.
18. Тимухин И. Н., Туниев Б. С. Современная экспансия инвазийных видов флоры сосудистых растений в Сочинском Причерноморье // *Изучение флоры Кавказа : тез. докл. Междунар. науч. конф. Пятигорск, 2010*. С. 106–107.
19. Tuniyev I. N., Tuniyev B. S., Timukhin I. N. Species composition and comparative-historical aspects of expansion of alien species of vascular plants on the Sochi Black Sea Coast (Russia) // *Nature Conservation Research*. 2017. № 2 (4). P. 2–25.
20. Егошин А. В. Адвентивный компонент флоры юга российского Причерноморья. Моделирование пространственного распределения адвентивных видов на примере *Paulownia tomentosa*. Сочинскому национальному парку – 35 лет // *Труды Сочинского национального парка*. 2018. Вып. 12. 491 с.

References

1. Morozova O.V. Naturalized alien species in floras of Central European Russia: homogenization or differentiation? *Rossiyskiy zhurnal biologicheskikh invaziy* = Russian journal of biological invasions. 2018;3:88–98. (In Russ.)
2. Qian H., Ricklefs R.E. The role of exotic species in homogenizing the North American flora. *Ecology Letters*. 2006;9(12):1293–1298. doi: 10.1111/j.1461-0248.2006.00982.x
3. Winter M., Schweiger O., Klotz S. [et al.]. Plant extinctions and introductions lead to phylogenetic and taxonomic homogenization of the European flora. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2009;106(51):21721–21725. doi: 10.1073/pnas.0907088106
4. Stoett P., Roy E., Pauchard A. Invasive alien species and planetary and global health policy. *The Lancet: Planetary Health*. 2019;3(10):e400–e401. doi: 10.1016/S2542-5196(19)30194-9
5. Vinogradova Yu.K., Mayorov S.R., Khorun L.V. *Chernaya kniga flory Sredney Rossii (Chuzherodnye vidy rasteniy v ekosistemakh Sredney Rossii)* = Black book of flora of Central Russia (Alien species of plants in Central Russia ecosystems). Moscow: GEOS, 2010:512. doi: 10.15393/j1.art.2014.3981 (In Russ.)
6. Kondrat'ev M.N., Larikova Yu.S. Role of allelopathy in invasions of plant species *Izvestiya TSKhA* = Scientific journal "Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy". 2018;2:276–288. (In Russ.)
7. Akatov V.V., Akatova T.V., Shadzhe A.E. Species richness of tree and shrub layers of riverine forests of the Western Caucasus dominated by alien species. *Ekologiya* = Ecology. 2012;4:276–283. (In Russ.)

8. Vasilevich V.I. Dominants in the vegetation cover. *Botanicheskiy zhurnal* = Botanical journal. 1991;76(12):1674–1681. (In Russ.)
9. Elton C.S. The ecology of invasions by animals and plants. *Progress in Physical Geography*. 1958;31(6):659–666. doi: 10.1177/0309133307087089
10. Goodman D. Theory of diversity–stability relationships in ecology. *Quarterly Review of Biology*. 1975;50:237–266.
11. Chytrý M., Maskell L.C., Pyšek P. Habitat invasions by alien plants: a quantitative comparison among Mediterranean, subcontinental and oceanic regions of Europe. *Journal of Applied Ecology*. 2008;45:448–458. doi: 10.1111/j.1365-2664.2007.01398.x
12. Phillips S.J., Anderson R.P., Schapire R.E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol. Model.* 2006;190:231–259. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026
13. West A., Kumar S., Brown S. [et al.]. Field validation of an invasive species Maxent model. *Ecological Informatics*. 2016;36:126–134. doi: 10.1016/j.ecoinf.2016.11.001
14. Zhang K., Yao L., Meng J., Tao J. Maxent modeling for predicting the potential geographical distribution of two coniferous species under climate change. *Science of the Total Environment*. 2018;634:1326–1334. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.04.112
15. Morales-Romero D., Lopes-Garcia H., Martinez-Rodriguez J. Documenting a plant invasion: The influence of land use on buffelgrass invasion along roadsides in Sonora, Mexico. *Journal of Arid Environments*. 2019;164:53–59. doi: 10.1016/j.jaridenv.2019.01.012
16. Zernov A.S. *Illyustrirovannaya flora yuga Rossiyskogo Prichernomor'ya* = Illustrated flora of the south of the Russian Black Sea region. Moscow: Tovariščestvo nauchnykh iz-daniy KMK, 2013:588. (In Russ.)
17. Solod'ko A.S. *Flora Sochinskogo Prichernomor'ya* = Flora of the Sochi Black Sea region. Sochi, 2002:65. (In Russ.)
18. Timukhin I.N., Tuniev B.S. Modern expansion of invasive species of vascular plant flora in the Sochi Black Sea region. *Izucheniye flory Kavkaza: tez. dokl. Mezhdunar. nauch. konf.* = Study of the Caucasian flora: abstracts of the International scientific conference. Pyatigorsk, 2010:106–107. (In Russ.)
19. Tuniyev I.N., Tuniyev B.S., Timukhin I.N. Species composition and comparative-historical aspects of expansion of alien species of vascular plants on the Sochi Black Sea Coast (Russia). *Nature Conservation Research*. 2017;2(4):2–25.
20. Egoshin A.V. Adventive component of the flora of the south of Russian Black Sea region. Modelling of the spatial distribution of adventive species on the example of *Paulownia tomentosa*. 35th Anniversary of the Sochi National Park. *Trudy Sochinskogo natsional'nogo parka* = Proceedings of the Sochi National Park. 2018;12:491. (In Russ.)