



HORTUS BOTANICUS

Журнал Совета ботанических садов СНГ при МААН

9 / 2014

HORTUS BOTANICUS

Журнал Совета ботанических садов СНГ при МААН

9 / 2014

ISSN 1994-3849

Эл № ФС 77-33059 от 11.09.2008

Главный редактор

А. А. Прохоров

Редакционный совет

П. Вайс Джексон
Лей Ши
Йонг-Шик Ким
В. Н. Решетников
М. С. Романов

Редакционная коллегия

Г. С. Антипина
Е. М. Арнаутова
А. В. Бобров
Ю. К. Виноградова
Е. В. Голосова
Е. Ф. Марковская
Ю. В. Наумцев
Е. В. Спиридович
К. Г. Ткаченко
А. И. Шмаков

Редакция

Е. А. Платонова
С. М. Кузьменкова
Е. В. Голубев

Адрес редакции

185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, ул. Анохина, 20, каб. 408.

E-mail: hortbot@gmail.com

<http://hb.karelia.ru>

© 2001 - 2014 А. А. Прохоров

На обложке:

Magnolia liliiflora Desr. в Субтропическом ботаническом саду Кубани.

© 2009, Алексей Прохоров, Уч-Дере.

Разработка и техническая поддержка

Отдел объединенной редакции научных журналов ПетрГУ, РЦ НИТ ПетрГУ,
Ботанический сад ПетрГУ

Петрозаводск

2014

Геоинформационное моделирование зон интродукции Сочи

АННЕНКОВА
Ирина Владимировна

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Сочинский национальный парк»,

dendr55@mail.ru

Ключевые слова:

ArcGIS, BioClim, GBIF, Maxent, Spatial Analysis, ГИС, группы устойчивости растений, дендрограмма, зоны интродукции растений, изокластер, климатические условия зон, моделирование распространения видов, Сочи

Аннотация: Определена вероятность произрастания растений 3-х групп устойчивости на территории Сочи методом Maxent. С помощью многомерного анализа в ArcGIS выполнен кластерный анализ полученных вероятностей, построена дендрограмма близости кластеров и выделено 7 зон по пригодности для выращивания интродуцентов. Описаны климатические особенности зон. По сравнению с существующим делением территории Сочи для целей интродукции на три зоны, анализ выявил дополнительные прибрежную и среднегорную зоны, имеющие более продолжительный теплый период.

Получена: 19 ноября 2014 года

Подписана к печати: 21 ноября 2014 года

*

Климатические условия Сочи отличаются большим разнообразием, вызванным резким перепадом высот от морского побережья до высокогорных районов Северного Кавказа и значительной протяженностью города.

Геоинформационное моделирование предоставляет новые методы зонирования территории. На основе данных о встречаемости растений, интродуцированных в Сочи и имеющих в нем разную степень устойчивости, с его помощью можно выявлять экологические предпочтения групп растений, и находить географические границы, пригодные для их существования.

**

Опираясь на данные итогов интродукции за 1950 – 1975 годы, приведенные в книге Ф.С. Пилипенко «Иноземные деревья и кустарники на Черноморском побережье Кавказа» (1978), был проведен анализ климатических условий территории Сочи на соответствие требованиям растений 3-х групп устойчивости и результаты сопоставлены с существующим зонированием территории.

В соответствии с классификацией Ф.С. Пилипенко различают 4 группы растений по устойчивости: I – деревья и кустарники растут хорошо, цветут, плодоносят и размножаются самосевом, II - деревья и кустарники растут удовлетворительно, цветут и плодоносят, III - деревья и кустарники в годы с теплыми зимами растут, цветут и плодоносят, но в суровые зимы в разной степени повреждаются морозами, IV - деревья и кустарники в суровые зимы вымерзают нацело.

Для работы было отобрано 65 видов древесных растений I группы устойчивости, 154 вида - II группы устойчивости, 16 видов – III группы. Процентное распределение естественных ареалов отобранных видов отражает направленность интродукции на ЧПК в 1950 – 1975 годы (рис. 1).

Географические координаты мест произрастания растений этих видов, зарегистрированные в Глобальной базе данных по биоразнообразию (GBIF), оказались за пределами России: в Европе - 82%, в Азии – 9%, в Северной Америке – 7%, небольшая часть - в Океании, Южной Америке, Африке (всего 81 383 пункта).

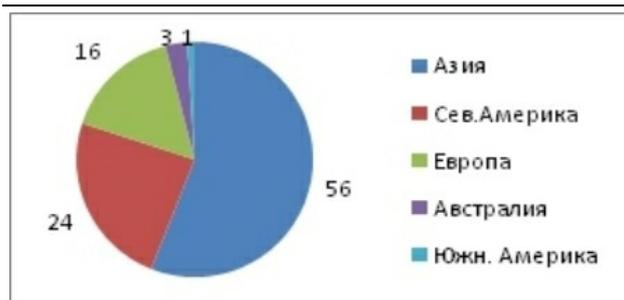


Рис. 1. Процентное распределение видов по ареалам естественного произрастания.

Fig. 1. The percentage distribution of species on areas of natural habitat.



Условные обозначения
Климатические зоны по Крапуну

Рис. 2. Карта, объединяющая вероятности произрастания растений трех групп устойчивости на территории Сочи и существующее зонирование города.

Fig. 2. Map probability of distribution of three plant groups of resistance merged to a multi-channel raster and combined existing zoning Sochi.

В качестве метода моделирования был выбран многомерный статистический анализ – Maximum Entropy (MaxEnt). Климатические данные высокого разрешения для исследования взяты из глобального набора данных Bioclim за 1950–2000 г.г. Они являются производными от осадков, температуры и сезонности, интерполированными на всю территорию суши по высоте над уровнем моря с разрешением 30". В анализе использовались все переменные набора: BIO1 - средняя годовая температура, BIO2 - средняя суточная амплитуда температуры за каждый месяц, BIO3 - изотермичность $(BIO1/BIO7) * 100$, BIO4 - стандартное отклонение температур, BIO5 - максимальная температура самого тёплого месяца года, BIO6 - минимальная температура самого холодного месяца года, BIO7 - годовая амплитуда температуры $(BIO5-BIO6)$, BIO8 - средняя температура самой влажной четверти года, BIO9 - средняя температура самой сухой четверти года, BIO10 - средняя температура самой тёплой четверти года, BIO11 - средняя температура самой холодной четверти года, BIO12 - годовая сумма осадков, BIO13 - сумма осадков в самом влажном месяце года, BIO14 - сумма осадков в самом сухом месяце года, BIO15 - коэффициент вариации осадков, BIO16 - сумма осадков во влажной четверти года, BIO17 - сумма осадков в сухой четверти года, BIO18 - сумма осадков в самой тёплой четверти года, BIO19 - сумма осадков в самой холодной четверти года.

Моделирование проводилось на всю территорию суши с использованием обучающих выборок, включающих 50% выбранных из базы GBIF пунктов произрастания, в 4-кратной повторности, и тестирования подобранных моделей на оставшейся части пунктов произрастания. За критерий пригодности территории был принят порог вероятности, соответствующий 10-му перцентилю точек присутствия обучения, который позволяет исключить 10% самых экстремальных пунктов наблюдений, потенциально являющихся ошибками записи или результатом необычных микроклиматических условий.

Качество полученных моделей классификации пригодности местообитаний оценено как высокое: индексы AUC моделей для групп растений I, II и III устойчивости были 0.936, 0.952 и 0.972 соответственно. Важность факторов среды для прогнозирования распределения, устанавливалась по обучающим выборкам методом складного ножа (jackknife), позволяющим оценить вклад каждого фактора независимо от других. По его данным большую роль играет температурный режим: средняя температура самой холодной четверти года, средняя годовая температура и минимальная температура самого холодного месяца года.

Из карт, рассчитанных Maxent для суши, извлечены и построены для района Сочи карты вероятностей произрастания групп растений I, II и III групп устойчивости. Они показали, что средняя вероятность произрастания растений I группы составляет 0.758, II - 0.660 и III - 0.035. Результаты анализа отражают особенности территории города и согласуются с зонированием, приведенным в книге Ю.Н. Крапуна (2010). На рисунке 2 представлена карта существующего зонирования района Сочи и карта, объединяющая в многоканальном растре вероятности произрастания растений трех групп устойчивости, смоделированные Maxent.

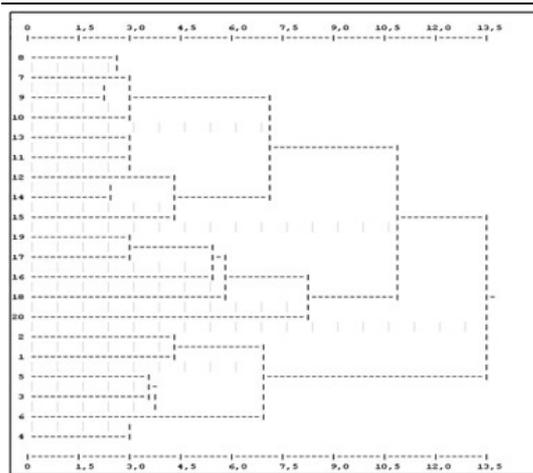


Рис. 3. Дендрограмма сходства кластеров, на которые была разбита территория Сочи по вероятности произрастания растений разных групп устойчивости.

Fig. 3. Proximity dendrogram for clusters, which broken in Sochi on the probability of distribution of plant groups of resistances.

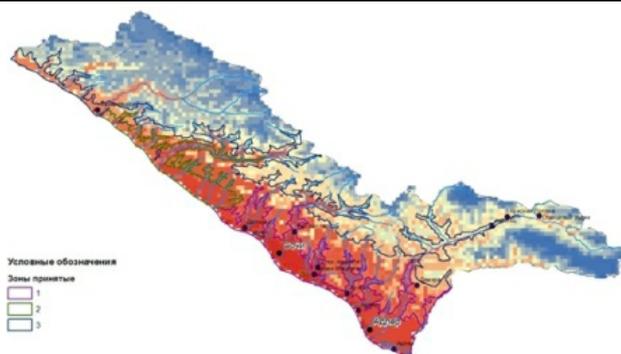


Рис. 4. Кластеры, выделенные на территории Сочи по вероятности произрастания растений трех групп устойчивости.

Fig. 4. Clusters highlighted on the probability of distribution of three plant groups of resistance in Sochi.

Анализ растровой карты проведен в ArcGIS с использованием набора инструментов Spatial analysis. С помощью инструмента изокластер была выполнена кластеризация многомерных данных. Результирующий файл сигнатур использован для классификации территории по методу максимального подобия и построения дендрограммы, иллюстрирующей относительные расстояния между парами классов в файле сигнатур (рис. 3).

На территории Сочи было выделено 20 климатических кластеров (рис. 4). С учетом дендрограммы они были объединены в 7 зон (рис. 5).

Климатическая зона 1 - самая теплая - занимает только часть I зоны и расположена узкой полосой шириной 1 - 4 км вдоль берега от р. Мзымта до пос. Уч-Дере. По долине р. Сочи она уходит от берега на 8км, по р. Мацеста – на 7км. К северу от 1 зоны, к востоку и западу от нее располагается теплая зона 2. Ее северная граница почти совпадает с северной границей зон I и II, проходящей от р. Псоу до пос. Лазаревское на высоте 200 м над уровнем моря. Севернее зоны 2 на отрогах гор до высоты 300 – 350 м проходит зона 3. От пос. Лазаревское до пос. Магри вдоль берега моря, поднимаясь по долинам рек Куапсе, Аше, Макопсе в горы, выделяется 4 климатическая зона. Выше в горы на расположение зон, выделенных по результатам анализа Maxent, сильно влияет удаленность от моря и понижение Главного Кавказского хребта с юго-востока на северо-запад, вызывающие более резкое похолодание климата к северо-западу от р. Шахе. В результате к западу от р. Шахе холодные зоны располагаются ближе к морю. Зона 5 западнее р. Шахе расположена на высоте от 300 м до 400, 6-я – от 400 м до 1200 м, 7-я - выше 1200 м. Восточнее р. Шахе зона 5 расположена на высоте от 350 м до 1200 м, 6 – от 1200 м до 1500 м, 7 - выше 1500 м.

Зоны имеют разные температурно-влажностные режимы. Сравнение климатических характеристик выполнено в ArcGis. Источником климатических данных служила база данных Worldclim.

Анализ показывает близость средних месячных температур в зонах 1, 2, 3 и 4 в летние месяцы и более раннее начало похолоданий осенью и позднее окончание весной от 1-й зоны к 4-й (рис 6). Средняя годовая температура в 1-й зоне - +14,2°C, 2-й - +13,7°C, 3-й - +12,8°C, 4-й - +13,4°C, 5-й - +10,8°C, 6-й - +9,1°C, 7-й - +5,6°C.

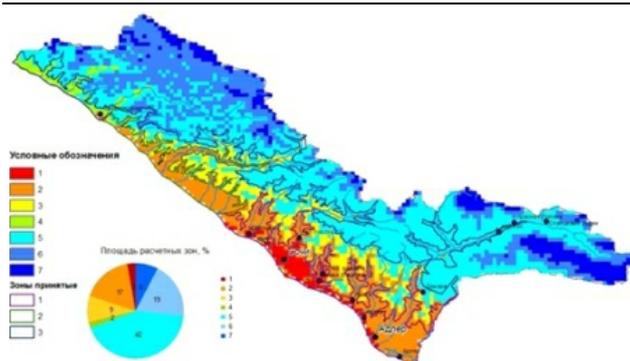


Рис. 5. Зонирование территории Сочи по вероятности произрастания растений трех групп устойчивости.

Fig. 5. Maps of zones the probability of distribution of three plant groups of resistance Sochi.

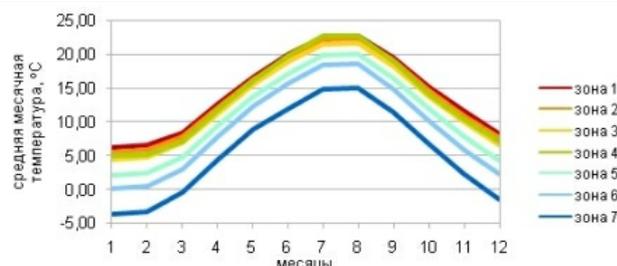


Рис. 6. Зональные средние месячные температуры.

Fig. 6. Mean monthly temperature in zones.

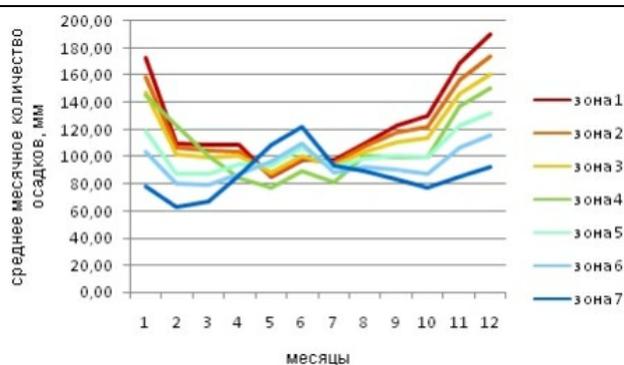


Рис. 7. Зональное среднее количество осадков.

Fig. 7. Mean monthly precipitation in zones.

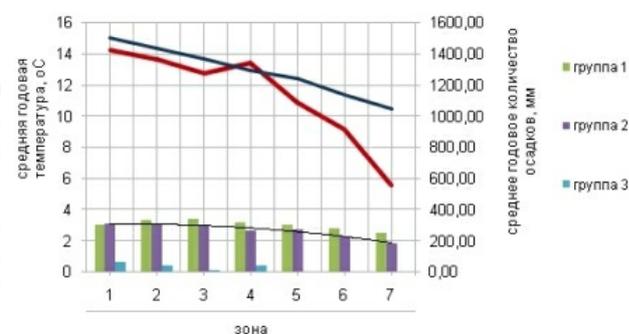


Рис. 8. Вероятность пригодности зон для растений разных групп устойчивости и средние годовые показатели температур и сумм осадков.

Fig. 8. The suitability of areas for different resistance groups of plants and annual mean temperatures and annual precipitation.

Среднее годовое количество осадков понижается от 1 к 7 зоне от 1499 до 1045 мм. Зоны отличаются сезонами максимального и минимального выпадения осадков. В зонах с 1-ой по 4-ую максимальное количество осадков выпадает зимой, минимальное - летом, в 7-ой - максимум приходится на лето, в 5-ой – 6-ой зонах два максимума – зимой и летом (рис. 7).

На рис. 8 приведены диаграммы среднегодовых температур и сумм осадков, сопоставленные с вероятностью пригодности зон для растений разных групп устойчивости. Для демонстрации различий масштаб вероятности взят с увеличением в 4 раза. За порог произрастания принята вероятность пригодности 0,65.

Климат 1 зоны характеризуется средними положительными температурами в зимний период. Он наиболее теплый и влажный на территории Сочи. Зона наиболее подходит растениям 2-ой группы устойчивости, в ней самая высокая вероятность выживания растений 3-ей группы устойчивости.

Климат 2 зоны немного холоднее и суше в осенний, зимний и весенний периоды, чем климат 1-й зоны. Меньший период оптимально высоких температур имеет большое значение для произрастания растений с более длительным периодом роста и вегетации. Вероятность выживания растений 3-ей группы устойчивости в ней ниже, она больше подходит растениям 1-й группы.

Зона 3 характеризуется более холодным климатом и сухим климатом, чем зоны 1 и 2. Ее условия очень благоприятны для растений 1 группы, благоприятны – для 2-й, но не подходят для 3-й.

Температурный режим зоны 4 находится в диапазоне между зонами 2 и 3, но климат более сухой. Зона подходит для растений 1 и 2 категорий, вероятность выживания растений 3-ей группы устойчивости близка к зоне 2.

Температурный режим 5 зоны значительно холоднее зон 1 – 4. В ней могут произрастать растения 1-й группы устойчивости, для растений 2 группы 5 зона – район рискованного возделывания, для растений 3й

группы зона неблагоприятна.

Зоны 6 и 7 характеризуются низкими температурами. Лишь в 6 зоне ограничено можно выращивать растения 1 группы устойчивости.

Деление территории Сочи на зоны с учетом биоклиматических показателей по результатам анализа вероятностей Maxent позволила разделить район Большого Сочи на 7 зон по пригодности выращивания интродуцентов из разных регионов мира. По сравнению с существующим делением территории Сочи для целей интродукции на три зоны, анализ выявил дополнительную зону 1, отличающуюся более продолжительным теплым периодом, и зону 3, занимающую незначительную гористую часть прежней зоны 3, характеризующуюся большим количеством осадков в летний период и более теплым климатом зимой. Сделанную оценку надо рассматривать как предварительную.

Литература

Егошин А.В. Моделирование пространственного распределения видов с использованием геоинформационных систем . http://www.dataplus.ru/news/arcreview/detail.php?ID=9997&SECTION_ID=281

Карпун Ю.Н. Субтропическая декоративная дендрология: Справочник . СПб.: ВВМ, 2010. 580с.

Пилипенко Ф.С. Иноземные деревья и кустарники на Черноморском побережье Кавказа. Итоги и перспективы интродукции . Л.: «Наука», 1978. 293 с.

Пузаченко Ю. Г., Кузьмин С. Л., Сандлерский Р. Б. Количественная оценка параметров ареалов (на примере представителей рода *Rana*) . Журнал общей биологии, 2011, том 72, № 5, с. 339–354.

Global Biodiversity Information Facility. <http://www.gbif.org>.

Philips, S. A brief tutorial on Maxent. Exercise/ American Museum of Natural History, New York, 2010. 37p.

Phillips S. J., Anderson R. P., Schapire R. E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modeling*, 2006. Vol. 190/3-4 p. 231-259.

Santoro J.A. American chestnut (*Castanea dentata*) habitat modeling:

identifying suitable sites for restoration in Shenandoah National Park, Virginia. 2013. http://dukespace.lib.duke.edu/dspace/bitstream/handle/10161/8176/MP_FINAL_jsantoro.pdf?sequence=1

Songlin Fei, Liang Liang, Frederick L. Paillet, Kim C. Steiner, Jingyun Fang, Zehao Shen, Zhiheng Wang, Frederick V. Hebard. Modelling chestnut biogeography for American chestnut restoration. *Diversity and Distributions*, 2012, 18(8), p. 754–768.

WorldClim - Global Climate Data. 2009. <http://www.worldclim.org/bioclim/current>.

GIS modeling of introduction zones in Sochi

ANNENKOVA
Irina Vladimirovna

Federal State Institution Sochi National Park,
dendr55@mail.ru

Key words:

ArcGIS, BioClim, climatic conditions zones, dendrogram, GBIF, GIS, group of resistance of plants species, izocluster, Maxent, Sochi, Spatial Analysis, species distribution modeling, zones introduction of plants.

Summary:

MaxEnt method calculated the probability distribution of three groups of resistance of plants species to Sochi climate based on the results of the introduction of the 1950 – 1975. Geographical coordinates locations of plants taken from the Global Database on Biodiversity (GBIF), the climatic data of high resolution (30 arc-seconds) - from the global data set Bioclim for 1950-2000. Modeling was performed on all global land areas using training data set from 50% of the GBIF records, in a 4 replicates. For the criterion of habitat suitability of the territory was used the 10% training presence logistic threshold because of the data is likely to have some errors. The Maxent model had an AUC of 0.936, 0.952 and 0.972 for I, II и III groups of resistance to climate meaning the model fit the presence data well. The internal jackknife test of variable importance showed that 'Mean Temperature of Coldest Quarter', 'Annual Mean Temperature' and 'Min Temperature of Coldest Month' were the three most important predictors of habitat distribution. Maps of probabilities of three groups of resistance of plants for the region of Sochi have been merged into a multi-channel raster in ArcGIS. With the tools module Spatial Analysis was performed cluster analysis and constructed clustering dendrogram. Clusters are merged hierarchically into seven climatic zones suitable for growing exotic species. Defined the mean monthly temperature and precipitation for each zone. The diagram shows the dependence of the probability distribution of the three groups resistance from the mean annual temperature and mean annual precipitation. Describes the climatic conditions of the zones.

Is received: 19 november 2014 year

Is passed for the press: 21 november 2014 year

References

- Egoshin A.V. Modelirovanie prostranstvennogo raspredeleniya vidov s ispolzovaniem geoinformatsionnykh sistem . http://www.dataplus.ru/news/arcreview/detail.php?ID=9997&SECTION_ID=281
- Karpun Yu.N. Subtropichesкая dekorativnaya dendrologiya: Spravotchnik . SPb.: VVM, 2010. 580s.
- Pilipenko F.S. Inozemnye derevya i kustarniki na Tchernomorskom poberezhie Kavkaza. Itogi i perspektivy introduktsii . L.: «Nauka», 1978. 293 s.
- Puzatchenko Yu. G., Kuzmin C. L., Sandlerskij R. B. Kolitchestvennaya otsenka parametrov arealov (na primere predstavitelej roda Rana) . Zhurnal obtshej biologii, 2011, tom 72, № 5, s. 339–354.
- Global Biodiversity Information Facility. <http://www.gbif.org>.
- Philips, S. A brief tutorial on Maxent. Exercise/ American Museum of Natural History, New York, 2010. 37p.
- Phillips S. J., Anderson R. P., Schapire R. E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modeling, 2006. Vol. 190/3-4 p. 231-259.
- Santoro J.A. American chestnut (*Castanea dentata*) habitat modeling: identifying suitable sites for restoration in Shenandoah National Park, Virginia. 2013. http://dukespace.lib.duke.edu/dspace/bitstream/handle/10161/8176/MP_FINAL_jsantoro.pdf?sequence=1
- Songlin Fei, Liang Liang, Frederick L. Paillet, Kim C. Steiner, Jingyun Fang, Zehao Shen, Zhiheng Wang, Frederick V. Hebard. Modelling chestnut biogeography for American chestnut restoration. Diversity and Distributions, 2012, 18(8), p. 754–768.
- WorldClim - Global Climate Data. 2009. <http://www.worldclim.org/bioclim/current>.

Цитирование: Анненкова И. В. Геоинформационное моделирование зон интродукции Сочи // Hortus bot. 2014. Т. 9, 2014, URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=2401>. DOI: [10.15393/j4.art.2014.2401](https://doi.org/10.15393/j4.art.2014.2401)
Cited as: Annenkova I. V. (2014). GIS modeling of introduction zones in Sochi // Hortus bot. 9, 138 - 143. URL:

<http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=2401>