

**ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОГНОЗИРУЕМОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА
НА НЕКОТОРЫЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ
В РЕДКОЙ ЭКОСИСТЕМЕ АРМЕНИИ**

Т.В. Алексанян, Г.М. Файвуш

Институт ботаники НАН Армении, г. Ереван
taron.aleksanyan@gmail.com, gfayvush@yahoo.com

В статье на основе компьютерного моделирования рассматриваются угрозы для произрастания 22 редких, включенных в Красную книгу растений Армении видов от прогнозируемого изменения климата. Эти виды непосредственно связаны с очень редким в Армении местообитанием G1.37 – Ирано-Анатолийские смешанные прирусловые леса. Показано, что ожидаемое повышение температуры и изменение (увеличение или уменьшение согласно разным моделям) количества осадков может оказать серьезное влияние на экосистему в целом и будет негативным для целого ряда видов растений. Эта угроза требует уже в настоящее время разработки мероприятий по сохранению этих видов с включением их в планы управления Шикахохского заповедника и заказника «Платановая роща».

Ключевые слова: модели распространения видов, изменение климата, изменение экосистем, флора Армении, заказник «Платановая роща».

**ESTIMATION OF FORECASTED CLIMATE CHANGE IMPACT ON SOME RARE
PLANT SPECIES GROWING IN RARE ECOSYSTEM OF ARMENIA**

T.V. Aleksanyan, G.M. Fayvush

Institute of Botany of NAS RA

On the basis of computer simulations a threat to the habitat of 22 rare plant species, included in the Red Book of Armenia from forecasted climate change is considered. These species are directly related to the very rare habitat in Armenia: G1.37 – Irano-Anatolian mixed riverine forest. It is shown that the expected increase in temperature and a change (increase or decrease according to different models) precipitation could have a serious impact on the ecosystem as a whole and will be negative for a number of plant species. This threat requires already now develop measures for the conservation of these species with inclusion of these measures into management plans of Shikahogh reserve and "Plane Grove" sanctuary.

Keywords: species distribution models, climate change, ecosystem change, flora of Armenia, "Plane grove" sanctuary

В настоящее время изменение климата является одним из важнейших факторов, воздействующих на окружающую среду и ставящих перед человечеством серьезнейшие задачи по смягчению его последствий и приспособлению к меняющимся условиям жизни. За последние несколько десятилетий очень быстро возрастает количество сведений о последствиях изменения климата в планетарном масштабе. Изменение климата стоит в одном ряду с такими воздействиями антропогенного фактора как искусственное уничтожение, трансформация и фрагментация природных экосистем, искусственная фиксация азота и повышение концентрации парниковых газов в атмосфере. Все это ведет к изменению, а зачастую и к потере различных элементов биоразнообразия [1].

В Армении с ее богатейшим биоразнообразием (на территории менее 30 тыс. кв. км представлено около 3800 видов сосудистых растений и наличествуют почти все основные экосистемы Кавказа [2]) влияние изменения климата может оказаться чрезвычайно серьезной угрозой для всех представителей биоразнообразия, но, в первую очередь, для редких видов, занимающих узкие экологические ниши и обычно имеющих незначительные площади распространения. Как свидетельствуют данные метеорологических наблюдений, за последние три десятилетия средняя температура воздуха на территории республики повысилась более чем на 1°C [3]. По результатам оценки возможного воздействия изменения климата на 452 вида сосудистых растений, включенных в Красную книгу растений Армении [4], было показано, что для 239 видов предполагаемое изменение климата не станет серьезной угрозой для их существования. Это виды с относительно широкой экологической амплитудой и приуроченные к экосистемам, которые могут измениться в незначительной степени. Для 139 видов изменение климата может оказаться положительным фактором, они даже могут расширить свой ареал на территории Армении. Это преимущественно теплолюбивые виды, произрастающие в экосистемах нижнего и среднего горных поясов. Для 74 видов изменение климата может оказаться очень серьезной угрозой, так как изменившиеся условия не позволят им приспособиться и найти подходящие местообитания на территории республики. Это в основном мезофильные виды субальпийского и альпийского поясов [5].

В настоящей работе мы с использованием различных компьютерных моделей распространения видов в связи с изменением климата постарались оценить возможные угрозы существованию 22 редчайшим, включенным в Красную книгу растений Армении [4] видам, произрастающим на территории государственного заказника «Платановая роща» Армении, относящегося к редкому местообитанию G1.37 – Ирано-Анатолийские смешанные прирусловые леса (*G1.371-AM* – Платановая роща в бассейне реки Цав) [6].

Материал и методика

Материалом для настоящего исследования послужили наши собственные данные по платановой роще в бассейне р. Цав в Южной Армении, полученные в ходе полевых работ в течение последних лет, а также гербарные данные, хранящиеся в гербарии Института ботаники НАН РА (ERE) и литературные данные. Платановая роща с доминированием платана восточного (*Platanus orientalis* L.) привлекала внимание многочисленных ученых Армении еще с середины прошлого века [7, 8, 9, 10, 11]. Благодаря редкости основной экосистемы рощи и произрастанию здесь редчайших в Армении видов растений, на исследуемой территории в 1958 г. был организован государственный заказник «Платановая роща», а согласно современным данным она является ключевой ботанической территорией [12, 13] и выделяется и предлагается как территория, представляющая большой интерес для экологической сети «Эмеральд» [14].

Располагается платановая роща в бассейне р. Цав в Южной Армении в Сюникской области и продолжается на территории Азербайджана. Основная часть рощи произрастает на высоте 650–750 м над ур. м. по обеим берегам р. Цав на протяжении примерно 10 км и на расстоянии до 200 м от русла реки. Эта экосистема является единственной на Кавказе, где в составе древостоя полностью доминирует платан восточный (*Platanus orientalis*), а в составе растительности хорошо представлены *Juglans regia* L., *Celtis caucasica* Willd., *Ficus carica* L., *Rubus armeniacus* Focke, *Punica granatum* L., *Malus orientalis* Uglitzk. ex Juz., *Crataegus stevenii* Pojark., *C. pentagyna* Waldst. & Kit. ex Willd., *Teucrium hyrcanicum* L., *Euonymus velutina* Fisch. et C.A.Mey., *Swida iberica* (Woronow) Pojark. ex Grossh., *Ranunculus cicutarius* Schlecht. и другие редкие и интересные с ботанико-географической точки зрения виды. На территории рощи произрастает 22 вида растений, включенных в Красную книгу растений Армении (табл. 1) [4].

**Редкие, включенные в Красную книгу растений Армении [4] виды,
произрастающие на территории платановой рощи**

Вид	Категория в Красной книге	Вид	Категория в Красной книге
<i>Calendula persica</i> C.A. Mey.	EN	<i>Lens ervoides</i> (Brign.) Grande	VU
<i>Carex depauperata</i> Curtis ex With.	EN	<i>Medicago arabica</i> (L.) Huds.	VU
<i>Carex pendula</i> Huds.	EN	<i>Nonea rosea</i> (M.Bieb.) Link.	VU
<i>Coronilla cretica</i> L.	EN	<i>Platanus orientalis</i> L.	EN
<i>Crataegus microphylla</i> K.Koch	EN	<i>Pteridium tauricum</i> V.Krecz. ex Grossh.	CR
<i>Euonymus velutina</i> Fisch. et C.A. Mey.	CR	<i>Pyrus raddeana</i> Woronow	EN
<i>Galanthus artjuschenkoae</i> Gabrielian	VU	<i>Ranunculus cicutarius</i> Schlecht.	EN
<i>Iris lineolata</i> (Trautv.) Grossh.	EN	<i>Sedum stoloniferum</i> Gmel.	VU
<i>Lathyrus cassius</i> Boiss.	EN	<i>Swida iberica</i> (Woro- now) Pojark. ex Grossh.	CR
<i>Lathyrus setifolius</i> L.	VU	<i>Thlaspi umbellatum</i> Stev.	CR
<i>Lathyrus sylvestris</i> L.	EN	<i>Trifolium angustifolium</i> L.	EN

В нашем исследовании мы попытались, используя различные математические модели и модели прогноза изменения климата, оценить угрозу вышеуказанным видам и экосистеме в целом.

Межправительственная группа экспертов по изменению климата (IPCC) предлагает несколько моделей будущего изменения климата. В нашей работе, взяв за основу наихудший сценарий изменения климата (RCP 8,5), мы применили 4 модели глобальной циркуляции атмосферы: CCSM4, GISS-E2-R, HadGEM2-AO и GFDL-CM3. Современные климатические данные получены из глобальной биоклиматической базы данных WorldClim [15]. Современное климатическое состояние исследуемой территории и результаты, полученные в ходе моделирования изменения климата, были использованы нами для оценки возможных изменений экосистемы и ареалов распространения редких видов на период 2041–2060 и 2061–2080 гг.

Для выявления благоприятных местообитаний исследованных видов и их изменений в результате изменения климата нами были использованы «модели распространения видов». В последние годы эти модели становятся очень полезным инструментом при составлении планов управления особо охраняемыми природными территориями для сохранения редких и исчезающих видов растений [16, 17]. Кроме того, они очень удобны для выявления экологической амплитуды отдельных видов и при выявлении новых территорий с благоприятными для них экологическими условиями. В настоящей работе нами был использован интегрированный пакет Biomod 2, написанный на R-языке программирования [18], в который были введены модели распространения видов Generalized Boosted Regression Models (GBR) [19], Breiman and Cutler's random forests for classification and regression (RF) [20], Multivariate

Adaptive Regression Splines (MARS) [21] и Maximum Entropy (MAXENT) [22]. Необходимо отметить, что эти модели мы с достаточно хорошим результатом уже использовали в Армении для оценки другой ключевой ботанической территории («Реликтовая степь на Джаджурском перевале») [23, 24]. Необходимо указать, что при построении моделей распространения видов использовались не только климатические, но и орографические и эдафические данные. При получении орографических данных была использована новая, созданная NASA и METI цифровая модель рельефа (DEM), а для характеристики ландшафтов и почвенного покрова были оцифрованы и уточнены с помощью системы GIS карты из Атласа Армянской ССР [25]. Для объединения результатов использования четырех вышеуказанных моделей распространения видов был использован метод «ансамбля», в основе которого лежит принцип «среднего равновесного» [26].

Результаты и их обсуждение

Все использованные нами климатические модели при наихудшем сценарии изменения климата (RCP 8.5) для территории Армении предсказывают значительный рост температуры. Так, на период 2041–2060 гг. модель CCSM4 предсказывает увеличение средней температуры от нормы на 2,9°C, по GFDL – 4,6°C, GISS – 2,5°C, HadGEM – 3,3°C. На период 2061–2080 гг. все модели предсказывают еще большее увеличение средней температуры: CCSM4 – на 4,1°C, GFDL – на 6,2°C, GISS – на 3,4°C, а HadGEM – на 5,4°C.

В отличие от показателей температуры, эти же модели при том же сценарии RCP 8,5 не так однозначны в отношении изменения количества атмосферных осадков. Так, на период 2041–2060 гг. три модели предполагают рост количества атмосферных осадков (CCSM4 – на 4,3%, GFDL – на 4,0%, GISS – на 0,5%), а модель HadGEM предполагает снижение количества осадков на 4,6%. На период же 2061–2080 гг. рост количества осадков прогнозируется моделями CCSM4 (на 2,1%) и GFDL (на 3,7%), две другие модели предполагают снижение количества осадков: GISS на 4,2% и HadGEM на 8,2%.

Используя 4 вышеуказанные климатические модели, мы для каждого из исследованных видов получили возможное изменение их распространения. Для периода 2041–2060 гг. эти результаты приведены в таблице 2, а для периода 2061–2080 гг. – в таблице 3. Как видим, уже на период 2041–2060 гг. прогнозируемые изменения климата могут оказать серьезное воздействие на ряд исследованных видов. При этом для одних видов территории с благоприятными условиями расширятся, а для других в значительной мере сократятся.

Надо обратить внимание, что результаты полученные в ходе использования различных моделей несколько отличаются друг от друга.

Таблица 2

Изменение территорий (в %) с благоприятными условиями для исследованных видов согласно моделям CCSM4, GFDL, GISS и HadGEM на период 2041–2060 гг.

Вид	CCSM4	GFDL	GISS	HadGEM
<i>Calendula persica</i>	-7.3%	-10.3%	14.0%	-26.2%
<i>Carex depauperata</i>	0.2%	-0.6%	2.6%	-4.3%
<i>Carex pendula</i>	-0.1%	-5.3%	0.5%	-1.1%
<i>Coronilla cretica</i>	-4.2%	-15.3%	8.9%	-6.0%
<i>Crataegus microphylla</i>	1.2%	4.2%	3.6%	1.3%
<i>Euonymus velutina</i>	0.1%	-5.3%	0.5%	0.5%
<i>Galanthus artjuschenkoae</i>	0.7%	3.6%	-6.1%	-0.6%
<i>Iris lineolata</i>	-14.8%	-1.2%	11.8%	-28.7%
<i>Lathyrus cassius</i>	0.3%	4.6%	7.5%	-5.6%
<i>Lathyrus setifolius</i>	-3.2%	-4.8%	-2.3%	-7.3%

<i>Lathyrus sylvestris</i>	0.8%	5.4%	-0.9%	2.3%
<i>Lens ervoides</i>	-3.6%	-1.4%	11.3%	-13.5%
<i>Medicago arabica</i>	-1.7%	0.6%	4.9%	-2.4%
<i>Nonea rosea</i>	1.0%	3.0%	10.4%	0.1%
<i>Platanus orientalis</i>	-8.1%	-8.1%	21.5%	-23.9%
<i>Pteridium tauricum</i>	-0.2%	-4.6%	5.2%	-1.9%
<i>Pyrus raddeana</i>	1.7%	4.5%	0.2%	-1.7%
<i>Ranunculus cicutarius</i>	-6.4%	-7.2%	6.7%	-14.9%
<i>Sedum stoloniferum</i>	-5.9%	-10.8%	2.1%	-9.8%
<i>Swidai berica</i>	1.5%	7.6%	0.4%	1.1%
<i>Thlaspi umbellatum</i>	4.6%	6.4%	4.6%	1.7%
<i>Trifolium angustifolium</i>	-3.1%	7.1%	3.2%	3.6%

Так, согласно модели GISS, для большинства видов условия даже улучшатся, а особенно сильно увеличатся территории, благоприятные для видов *Platanus orientalis*, *Calendula persica*, *Iris lineolata* и *Lens ervoides*. Согласно же модели HadGEM, для всех видов территории с благоприятными условиями сократятся, при этом особенно сильное сокращение прогнозируется для *Calendula persica*, *Iris lineolata*, *Platanus orientalis* и *Ranunculus cicutarius*. По моделям же CCSM4 и GFDL прогнозируется относительно небольшое сокращение территорий с благоприятными условиями для большинства видов, и наиболее сильное сокращение оказывается для *Calendula persica*, *Coronilla cretica*, *Iris lineolata* и *Sedum stoloniferum*.

Таблица 3

Изменение территорий (в %) с благоприятными условиями для исследованных видов согласно моделям CCSM4, GFDL, GISS и HadGEM на период 2061–2080 гг.

Вид	CCSM4	GFDL	GISS	HadGEM
<i>Calendula persica</i>	-19.8%	-30.4%	14.9%	-32.1%
<i>Carex depauperata</i>	1.0%	-3.9%	2.7%	-3.6%
<i>Carex pendula</i>	0.9%	-16.0%	16.8%	-12.2%
<i>Coronilla cretica</i>	-12.1%	-18.0%	12.2%	-33.2%
<i>Crataegus microphylla</i>	4.0%	8.3%	5.0%	8.7%
<i>Euonymus velutina</i>	0.9%	-16.0%	0.5%	-12.2%
<i>Galanthus artjuschenkoae</i>	1.3%	-2.0%	-5.2%	-5.8%
<i>Iris lineolata</i>	-22.2%	-40.7%	10.3%	-57.4%
<i>Lathyrus cassius</i>	0.5%	-6.8%	10.4%	-5.4%
<i>Lathyrus setifolius</i>	-5.3%	-58.2%	7.3%	-17.7%
<i>Lathyrus sylvestris</i>	2.0%	-11.6%	2.3%	-22.0%
<i>Lens ervoides</i>	-6.6%	11.3%	12.5%	-10.7%
<i>Medicago arabica</i>	-2.3%	-7.2%	3.3%	-16.1%
<i>Nonea rosea</i>	1.4%	6.0%	12.0%	3.8%
<i>Platanus orientalis</i>	-20.7%	-17.2%	18.8%	-33.7%
<i>Pteridium tauricum</i>	-0.9%	-11.7%	12.9%	0.6%
<i>Pyrus raddeana</i>	3.0%	-7.0%	6.2%	-22.4%
<i>Ranunculus cicutarius</i>	-13.2%	-31.7%	-9.0%	-57.1%
<i>Sedum stoloniferum</i>	-9.6%	-10.8%	2.1%	-39.9%
<i>Swida iberica</i>	2.9%	-7.8%	5.7%	-10.5%
<i>Thlaspi umbellatum</i>	6.6%	3.1%	12.0%	-4.9%
<i>Trifolium angustifolium</i>	-4.9%	11.5%	11.4%	-0.9%

При рассмотрении результатов моделирования, полученных для периода 2061-2080 гг. общие тенденции сохраняются, но результаты оказываются значительно более выраженными. Так модель GISS по-прежнему указывает на улучшение условий для большинства видов и только для двух видов (*Galanthus artjuschenkoae* и *Ranunculus cicutarius*) – ухудшение. Согласно же модели HadGEM, практически для всех видов ожидается ухудшение условий, особенно сокращение территорий с благоприятными условиями отмечается для видов *Calendula persica*, *Coronilla cretica*, *Iris lineolata*, *Lathyrus sylvestris*, *Platanus orientalis*, *Ranunculus cicutarius*, *Sedum stoloniferum* и *Pyrus raddeana*. По двум оставшимся моделям (CCSM4 и GFDL) также прогнозируется сокращение территорий с благоприятными условиями, при этом наиболее сильно это сокращение указывается для *Calendula persica*, *Iris lineolata* и *Platanus orientalis*.

Безусловно, изменение территорий с благоприятными условиями произрастания для исследованных видов связано с прогнозируемой аридизацией климата, хотя отмечается возможность повышения количества атмосферных осадков. С этой точки зрения для большинства видов прогнозы вполне объяснимы и выглядят очень вероятными. Так, например, *Galanthus artjuschenkoae* является геоэфемероидом, проходит весь цикл развития весной, когда в Армении отмечается наибольшее количество осадков, то есть прогнозируемое изменение климатических условий не должно сказаться на состоянии его популяций, возможно изменение фенологических фаз с более ранним началом вегетации. Еще ряд видов произрастает не в самой экосистеме платановой рощи, а рядом, в более сухих местообитаниях – аридных редколесьях и шибляке (*Coronilla cretica*, *Crataegus microphylla*, *Iris lineolata*, *Medicago arabica*, *Nonea rosea*, *Lens ervoides*). Теоретически для них должно произойти улучшение условий местообитания и они должны расширить свой ареал, в этом случае ограничивающим фактором может послужить прогнозируемое увеличение количества осадков. На типично лесных видах прогнозируемое изменение климата также не должно сказаться очень серьезно. Согласно нашим прогнозам [5], изменение климата может сказаться серьезно только на лесных сообществах нижнего горного пояса, в среднем поясе они останутся практически неизменными, а в верхнем поясе даже улучшатся. Поэтому угрозу этим видам можно считать незначительной. Наиболее серьезную угрозу мы видим для видов, которые тесно связаны именно с местообитанием платановой рощи. И на сам платан, и на сопутствующие виды может повлиять как увеличение температуры, так и увеличение или уменьшение (может быть в разной степени) количества осадков. То есть скорее всего, следует говорить об угрозе экосистеме в целом, а не отдельным, даже очень редким видам растений на исследованной территории.

Выводы

Таким образом, проведенное нами моделирование изменений благоприятных условий для редких видов растений, произрастающих в очень редком в Армении местообитании, в связи с прогнозируемым изменением климата говорит об угрозе, в первую очередь самой экосистеме. В меньшей мере будут затронуты отдельные виды, а для некоторых условия обитания даже улучшатся. В связи с этим уже сейчас необходимо озаботиться разработкой мероприятий по сохранению экосистемы и редчайших, включенных в Красную книгу Армении и Красный список МСОП видов растений, произрастающих здесь. Сотрудники Шикахосского заповедника организовали несколько питомников, где выращиваются саженцы *Platanus orientalis*, используемые в озеленении населенных пунктов, и производится их посадка на необлесенные территории в окрестностях заказника. Очевидно, следует в таких же питомниках постараться организовать выращивание и других редких видов, не забывая о сохранении их в семенных и генетических банках. Необходимо также разработать план управления для заповедника и заказника «Платановая роща», в котором бы учитывалась угроза от прогнозируемого изменения климата.

Литература (References)

1. Rizvi A. R., Baig S., Verdone M. Ecosystem based adaptation: Knowledge Gaps in Making an Economic Case for Investing in Nature Based Solutions for Climate Change // IUCN, 2015. 62 p.
2. The fifth National report to the Convention on Biological diversity // Yerevan, 2014. 108 p.
3. Third National communication on climate change under the United Nations Framework Convention on Climate change // Yerevan, 2015. 165 p.
4. Tamanyan K., Fayvush G., Nanagyulyan S. Danielyan T. (eds.) The Red Book of Plants of the Republic of Armenia // Yerevan, 2010. 594 p.
5. Fayvush G. M., Aleksanyan A. S. Climate change as threat to plant diversity of Armenia // Takhtadjanian, 2016. 3. p. 112–126.
6. Fayvush G. M., Aleksanyan A. S. Habitats of Armenia // Yerevan: Institute of Botany NAS RA, 2016, 360 p. (in Russian). Файвуш Г.М., Алексанян А.С. Местобитания Армении. Ереван: Институт ботаники НАН РА, 2016. 360 с.
7. Dolukhanov A. G. Forests of Zangezur // Proc. of Botanical garden of Ac. Sci. of Armenian SSR, 1949. 6. p. 65–134 (in Russian). Долуханов А. Г. Леса Зангезура (типологический очерк) // Тр. Бот. Сада АН АрмССР, 1949. 6. с. 65–134.
8. Makhatadze L. B. Plane grove on the Tsav river in Armenian SSR // Proc. Ac. Sci, ArmSSR, biol. and agricult. sci., 1952, V. 5, № 10. p. 39–46 (in Russian). Махатадзе Л. Б. Платановая роща по реке Цав в Армянской ССР // Изв. АН АрмССР, биол. и с.-х. науки, 1952. Т. 5. № 10. с. 39–46.
9. Adamyants G. I. Plane grove in Zangezur // Nature of Armenia, 1962. 1. p. 45–46 (in Armenian). Адамянц Г. И. Платановая роща в Зангезуре // Природа Армении, 1962. 1. с. 45–46 (на арм. яз.).
10. Mulkidjanyan J. I. Orientale plane *Platanus orientalis* in Transcaucasia // Bot. Jour.: 1965, v. 50. № 11. p. 1628–1629 (in Russian). Мулкиджанян Я. И. Платан восточный *Platanus orientalis* L. в Закавказье // Бот. Журн. 1965. Т. 50. № 11. с. 1628–1629.
11. Duniatalyan M. S. Brown forest's soils of the plane grove of Kafan district // Proc. of Armenian Agricultural institute, 1964. V. 14. p. 301–308 (in Armenian). Дуниамалян М. С. Лесные коричневые почвы платановой рощи Кафанского р-на // Сб. Научн. Тр. Арм. С.-х ин-та, 1964. Т. 14. с.301–308 (на арм. яз.).
12. Tamanyan K. G., Fayvush G. M. On Important Plant Areas in Armenia // Flora, vegetation and plant resources of Armenia, 2009. V. 17. p. 78–81 (in Russian). Таманян К. Г., Файвуш Г. М. О ключевых ботанических территориях в Армении // Флора, растительность и растительные ресурсы Армении, 2009. Т. 17. с. 78–81.
13. Asatryan A., Fayvush G. Important Plant Areas representing the rare and threatened habitat types of Armenia // Yerevan: AG Print, 2013. 78 p.
14. Fayvush G., Kalashyan M., Aghababyan K., Sahakyan L., Kandaryan A., Hovsepyan A. “Emerald Book” of Armenia // Yerevan, 2014. 116 p.
15. WorldClim – Global Climate Data. <http://www.worldclim.org/>. 09.09.2015
16. Guisan A, Thuiller W. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models // Ecol. Lett., 2005. № 8. p. 993–1009.
17. Leathwick J. R, Whitehead D. Soil and atmospheric water deficits and the distribution of New Zealand's indigenous tree species // Funct. Ecol., 2001. V. 15. p. 233–42.
18. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing // Vienna, 2015. 3311 p.
19. Ridgeway G. The state of boosting // Comp. Science and Statistics, 1999. 31. p. 172–181.
20. Breiman L. Random forests // Machine Learning. 2001. 45 p.
21. Friedman J. Multivariate adaptive regression splines // The Annals of Statistics, 1991. V. 19. p. 1–67.
22. Phillips S., Dudik M., Schapire R. A Maximum Entropy Approach to Species Distribution Modeling // Proc. Twenty-First Int. Conf. on Machine Learning, 2004. p. 655–662.

23. *Fayvush G. M., Aleksanyan T. V. Asphodeline taurica* (Pall.) Kunth (Asphodelaceae) in Armenia // Geographical investigations in Krasnodar region, 2015. V. 9. p. 207–212 (in Russian). Файвуш Г.М., Алексанян Т.В. *Asphodeline taurica* (Pall.) Kunth (Asphodelaceae) в Армении // Географические исследования Краснодарского края: сб. научн. тр. 2015. Вып. 9. с. 207–212.
24. *Aleksanyan T.V.* Climate change impact on rare species distribution calculated by bioclimatic models // Botanical science in the modern world. Proc. Int. Conf., Yerevan, 2015. p. 383–388 (in Armenian). *Алексанян Т. В.* Воздействие изменения климата на распространение редких видов, рассчитанное по биоклиматическим моделям // Ботаническая наука в современном мире, Мат. Межд. Научн. Конф., Ереван, 2015. с. 383–388 (на арм. яз.).
25. Atlas of Armenian SSR // Yerevan-Moscow, 1961. 111 p. (in Russian). Атлас АрмССР // Ереван-Москва, 1961. 111 с.
26. *Thuiller W, Georges D, Engler R.* BIOMOD2: Ensemble platform for species distribution modeling //2013; R package version, 2 (7), p. 560.