

УДК 581.5

## АДВЕНТИВНЫЕ ВИДЫ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА, ИХ БИОКЛИМАТИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

А. В. Егошин

Экологический образовательный и научный центр ФГБУ «Сочинский национальный парк»

Уточнен список адвентивных видов, представляющих угрозу природным экосистемам Северо-Западного Кавказа. Установлены биоклиматические и эколого-географические требования для наиболее агрессивных адвентивных видов.

The list of the adventitious species posing threat to natural ecosystems of the northwest Caucasus is specified. Bioclimatic and ecology-geographical requirements for the most aggressive ones are given.

Ключевые слова: адвентивные виды; инвазивные виды; Северо-Западный Кавказ

Keywords: flora; alien species; adventitious species; Northwestern Caucasus.

Натурализация адвентивных видов в естественных экосистемах является важной экологической проблемой, которой уделяется все больше внимания. Объяснению причин успешной натурализации адвентивных видов посвящено большое количество работ, как отечественных авторов [1–5], так и зарубежных [6–11].

Многие из вышеупомянутых авторов подчеркивают, что успешная натурализация инородных видов во многом зависит от природно-климатических условий. В целом неполноценные экосистемы, располагающиеся в благоприятных природно-климатических условиях, больше подвержены инвазионным процессам.

В Российской Федерации наиболее комфортными и разнообразными климатическими условиями обладает Северо-Западный Кавказ. Разнообразие климатических условий, почв, рельефа способствует интенсивному развитию инвазионных процессов в этом регионе.

В связи с этим большую актуальность приобретает установление биоклиматических и эколого-географических требований для наиболее агрессивных адвентивных видов.

### Материал и методика

В ходе выполнения научно-исследовательских работ был проведен анализ различных флористических списков Российского Причерноморья и сопредельных регионов, составленных авторами работ [3, 12–15], на предмет наличия в них адвентивных видов.

Полевые исследования проводили в 2012 и 2013 гг., в ходе их проведения фиксировали географические координаты мест произрастаний особей чужеродных видов. Помимо этого, были использованы географические координаты мест произрастания особей исследуемых видов, представленные на сайте глобального информационного фонда по биоразнообразию ([www.gbif.org](http://www.gbif.org)). Для последующего анализа географические координаты мест произрастания чужеродных видов импортировали в среду программного комплекса ArcGIS.

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

Для решения этой задачи использовали биоклиматические переменные BIOCLIM, представленные набором растровых изображений (GRID) с разрешением около 1 км<sup>2</sup>, каждая ячейка которых содержит информацию о том или ином климатическом показателе (табл. 1).

**Таблица 1.** Биоклиматические переменные BIOCLIM

Код	Биоклиматический параметр
БИО1	Средняя годовая температура
БИО2	Средняя суточная амплитуда температуры за каждый месяц
БИО3	Изотермичность (БИО1/БИО7) * 100
БИО4	Стандартное отклонение температур
БИО5	Максимальная температура самого теплого месяца года

ВЮ6	Минимальная температура самого холодного месяца года
ВЮ7	Годовая амплитуда температуры (ВЮ5–ВЮ6)
ВЮ8	Средняя температура самой влажной четверти года
ВЮ9	Средняя температура самой сухой четверти года
ВЮ10	Средняя температура самой теплой четверти года
ВЮ11	Средняя температура самой холодной четверти года
ВЮ12	Годовая сумма осадков
ВЮ13	Сумма осадков в самом влажном месяце года
ВЮ14	Сумма осадков в самом сухом месяце года
ВЮ15	Коэффициент вариации осадков
ВЮ16	Сумма осадков во влажной четверти года
ВЮ17	Сумма осадков в сухой четверти года
ВЮ18	Сумма осадков в самой теплой четверти года
ВЮ19	Сумма осадков в самой холодной четверти года

Кроме того, использовали растровые слои, содержащие другую эколого-географическую информацию: высоту над уровнем моря, уклон в градусах, экспозицию, степень застроенности территории, глубину снежного покрова, вегетационный потенциал, чистую первичную продуктивность, сумму температур вегетационного периода, влажность почвы, а также содержание в ней органического углерода.

Затем с помощью инструментария ArcGIS извлекали из растровых слоев значения вышеупомянутых переменных в каждой точке произрастания особей изучаемых видов.

Полученные данные использовали для вычисления минимальных, максимальных средних и медианных значений, а также изменчивости биоклиматических и эколого-географических характеристик мест произрастания особей адвентивных видов.

Кластерный анализ проводили с использованием методов Варда и К-средних.

### Результаты и их обсуждение

Анализ флоры показал, что общее количество потенциально опасных адвентивных видов (эпикофиты и агрофиты) на Северо-Западном Кавказе составляет 283, которые принадлежат к 68 семействам. Наиболее многочисленны инородными видами семейства Poaceae (42 вида) и Asteraceae (37 видов).

Родиной большинства адвентивных видов, натурализовавшихся на Северо-Западном Кавказе, являются Северная и Центральная Америка (88 видов), а также Юго-Восточная Азия и Япония (74 вида).

Ряд усредненных биоклиматических и эколого-географических переменных, характеризующих места произрастания некоторых наиболее агрессивных адвентивных видов, приведен в табл. 2 и 3.

**Таблица 2.** Медианные значения биоклиматических переменных для некоторых адвентивных видов

Вид	Биоклиматические переменные													
	bio1	bio5	bio6	bio8	bio9	bio10	bio11	bio12	bio13	bio14	bio16	bio17	bio18	bio19
<i>Paspalum dilatatum</i>	16.8	27.9	4.1	21.4	12.8	22.2	10.9	902	120	41	332	140	283	186
<i>Eleusine indica</i>	21.4	31.2	11.6	23.6	20.2	25.0	17.3	1300	212	30	549	111	368	169
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	9.8	23.9	-1.1	16.0	5.6	17.5	2.5	753	80	45	222	147	208	173
<i>Robinia pseudoacacia</i>	10.1	23.3	-0.4	15.2	6.2	17.2	2.9	737	74	47	213	151	199	180
<i>Setaria viridis</i>	9.8	22.8	-1.2	15.5	5.6	16.9	2.4	714	75	44	214	142	199	165
<i>Phytolacca americana</i>	11.6	27.2	0.2	16.4	7.2	20.4	3.7	794	106	45	296	144	213	177
<i>Duchesnea indica</i>	11.0	24.3	0.4	11.6	6.9	18.2	3.7	755	74	46	216	146	198	165
<i>Conyza canadensis</i>	9.9	21.9	-0.1	11.0	6.0	16.7	3.2	740	75	45	215	147	198	179
<i>Galinsoga ciliate</i>	9.9	22.0	-0.4	11.5	5.9	16.7	2.9	763	75	47	217	153	202	181
<i>Phalacrolooma annuum</i>	9.9	23.8	-1.5	16.6	5.5	17.5	2.0	746	77	47	216	150	211	173
<i>Rosa multiflora</i>	9.6	22.8	-2.7	15.5	4.0	17.0	1.7	931	103	47	290	155	241	180
<i>Paulownia tomentosa</i>	12.1	28.5	-4.6	12.7	8.0	21.3	2.6	1359	136	84	376	277	351	310
<i>Commelina communis</i>	12.7	29.7	-5.2	22.5	2.7	23.7	1.4	1366	233	35	599	119	588	130
<i>Elaeagnus pungens</i>	15.6	31.7	-0.3	24.2	11.2	25.0	5.7	1372	173	71	484	242	465	282
<i>Acalypha australis</i>	15.3	30.3	0.2	22.5	6.0	24.7	5.9	1563	217	52	581	173	562	174
<i>Trachycarpus fortunei</i>	14.9	30.2	0.2	22.0	5.9	24.5	5.9	1508	201	52	534	172	491	176
<i>Ligustrum lucidum</i>	11.6	28.6	-3.7	15.4	7.2	21.2	2.8	1049	109	67	306	215	288	228
<i>Amorpha fruticosa</i>	12.4	31.0	-4.8	19.2	1.9	23.0	0.9	715	106	28	289	96	259	120
<i>Ailanthus altissima</i> (	11.6	28.6	-3.7	15.4	7.2	21.2	2.8	1049	109	67	306	215	288	228

Из приведенных в табл. 2 видов наиболее теплолюбивым видом является *Eleusine indica* (L.) Gaertn., который легко переносит недостаток осадков в сухое время года. Самыми холодостойкими из наиболее агрессивных чужеродных видов Северо-Западном Кавказе являются *Commelina communis* L. и *Amorpha fruticosa* L. Последняя, как и *Eleusine indica* (L.) Gaertn., является самым засухоустойчивым адвентиком.

**Таблица 3.** Медианные значения эколого-географических переменных для некоторых инвазивных видов

Вид	Эколого-географические переменные									
	w	H	c	pH	alt	slope	built	veg	npp	gdd
<i>Paspalum dilatatum</i>	88.8	0.0	6.0	6.2	135	0.9	0	9	0.8	4423
<i>Eleusine indica</i>	94.6	0.0	6.2	6.2	168	0.8	0	8	0.7	5660
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	97.7	0.4	6.5	6.0	88	0.5	4	5	0.7	1784
<i>Robinia pseudoacacia</i>	94.9	0.3	5.9	6.0	94	0.5	4	5	0.7	1805
<i>Setaria viridis</i>	92.6	0.4	6.3	6.0	90	0.5	3	5	0.7	1772
<i>Phytolacca americana</i>	91.7	0.1	6.3	6.0	115	0.6	4	5	0.7	2283
<i>Duchesnea indica</i>	94.6	0.1	5.7	6.0	78	0.7	14	5	0.7	2158
<i>Conyza canadensis</i>	93.4	0.3	6.0	6.0	47	0.3	5	5	0.7	1755
<i>Galinsoga ciliate</i>	99.2	0.3	6.3	6.0	42	0.3	7	5	0.7	1755
<i>Phalacrolooma annuum</i>	98.9	0.6	6.2	6.1	174	0.6	2	5	0.7	1853
<i>Rosa multiflora</i>	105.9	0.8	6.7	6.0	90	0.7	5	5	0.7	1770
<i>Paulownia tomentosa</i>	124.8	1.3	4.8	5.3	648	1.8	0	8	0.8	2467
<i>Commelina communis</i>	135.3	0.5	5.4	6.1	123	1.3	5	8	0.8	2731
<i>Elaeagnus pungens</i>	113.0	0.0	5.3	5.3	108	0.6	5	4	0.7	3493
<i>Acalypha australis</i>	135.6	0.0	7.9	6.0	73	0.9	8	8	0.8	3191
<i>Trachycarpus fortune</i>	135.3	0.0	8.9	6.0	57	0.9	10	8	0.8	3012
<i>Ligustrum lucidum</i>	107.3	0.8	5.3	5.5	201	0.9	4	5	0.7	2427
<i>Amorpha fruticosa</i>	79.5	1.4	6.1	6.5	338	0.7	1	9	0.6	2894
<i>Ailanthus altissima</i>	107.3	0.8	5.3	5.5	201	0.9	4	5	0.7	2427

\*Примечание: w – влажность почвы мм/м; h – глубина снежного покрова, м; c – содержание органического углерода, кг/м<sup>2</sup>; alt – высота над уровнем моря, м; slope – уклон, градусы; built – застроенность территории, %/км<sup>2</sup>; veg – принадлежность к биому (1 – тропические вечнозеленые леса; 2 – тропические листопадные леса; 3 – широколиственные вечнозеленые леса умеренного пояса; 4 – хвойные вечнозеленые леса умеренного пояса; 5 – листопадные леса умеренного пояса; 6 – бореальные вечнозеленые леса; 7 – бореальные листопадные леса; 8 – вечнозеленые/листопадные смешанные леса; 9 – саванны; 10 – луга и степи; 11 – местность, покрытая плотной древесно-кустарниковой растительностью; 12 – местность, покрытая разреженной древесно-кустарниковой растительностью; 13 – тундра; 14 – полярные пустыни/скалы); npp – чистая первичная продуктивность (кг-С/м<sup>2</sup>/год); gdd – сумма температур вегетационного периода.

По данным табл. 3, большинство адвентивных видов, натурализовавшихся на Северо-Западном Кавказе, приурочено к биому листопадных лесов умеренного пояса.

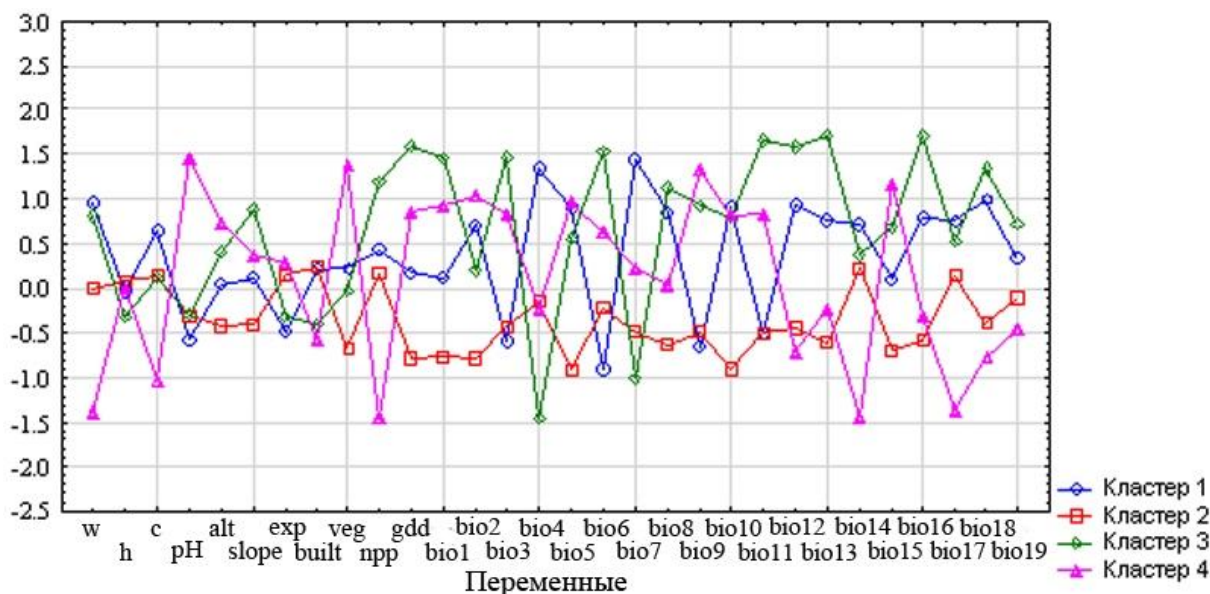
Из рассматриваемых иноземных видов наименее чувствительна к влажности почвы аморфа кустарниковая (*Amorpha fruticosa* L.), наиболее – акалифа южная (*Acalypha australis* L.). *Acalypha australis* L, как и *Trachycarpus fortune* (Hook.) H. Wendl, приурочена к почвам, содержащим большое количество органики.

Кластерный анализ, проведенный по методу Варда, позволил выделить четыре кластера адвентивных видов.

Первый кластер представлен преимущественно адвентиками Северной Америки и Восточной Азии, принадлежащим к семействам: *Poaceae*, *Fabaceae*, *Asteraceae* (*Ambrosia trifida* L., *Paspalum setaceum* Michx., *Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi, *Muhlenbergia schreberi* J.F. Gmel., *Paspalum thunbergii* Kunth ex Steud, *Phyllostachys bambusoides* Sieb., *Wistaria sinensis* Sweet., *Coreopsis tinctoria* Nutt., *Gleditsia triacanthos* L., *Phalacrolooma septentrionale* (Fernald & Wiegand) Tzvelev. и др.). Второй кластер образуют в основном инвазивные виды, родиной которых является Северная Америка и Европа. Виды этого кластера представлены большей частью семействами: *Asteraceae*, *Amaranthaceae* и *Brassicaceae* (*Amaranthus cruentus* L., *Amaranthus deflexus* L., *Amaranthus hybridus* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Ambrosia artemisiifolia* L., *Armoracia rusticana* P.G. Gaertn., *Bidens frondosa* L., *Bunias orientalis* L., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medikus, *Cheiranthus cheiri* L., *Conyza canadensis* (L.) Cronqist, *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen, *Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl, *Galinsoga ciliata* (Raf.) Blake, *Helianthus lenticularis* Douglas ex Lindl., *Helminthotheca echioides* (L.) Holub., *Lepidium campestre* (L.) R. Br., *Lepidium densiflorum* Schrad., *Lepidium sativum* L.,

*Lepidium virginicum L., Lunaria annua L., Medicago lupulina L., Phalacrolooma annuum (L.) Dumort., Sisymbrium officinale (L.) Scop., Sisymbrium orientale L., Solidago canadensis L., Solidago gigantea Aiton, Thlaspi arvense L., Xanthium albinum (Widder) H. Scholz, Xanthium orientale L.* и др.). Третий кластер объединяет иноземные виды, прибывшие из Азии и Южной Америки. Эти виды в основном принадлежат к семействам *Poaceae* и *Asteraceae* (*Dichrocephala integrifolia (L. f.) Kuntze, Sigesbeckia orientalis L., Arthraxon hispidus (Thunb.) Makino, Digitaria violascens Link., Eleusine indica (L.) Gaertn., Paspalum dilatatum Poir., Phyllostachys aurea Riviere & C. Riviere* и др.). Четвертый кластер представлен преимущественно адвентивными видами Северной Америки и Средиземноморья, принадлежащим к семействам *Poaceae, Asteraceae* и *Cyperaceae* (*Bidens bipinnata L., Conyza bonariensis (L.) Cronqist., Grindelia squarrosa (Pursh) Dunal., Xanthium spinosum L., Xanthium strumarium L., Ambrosia psilostachya DC., Paspalum paspaloides (Michx.) Scribn., Briza maxima L., Sorghum halepense (L.) Pers., Cyperus esculentus L.*).

Результаты кластеризации, проведенной методом К-средних, представлены на графике средних (см. рисунок).



Результаты кластеризации био-климатических и эколого-географических переменных методом К-средних (параметры: w – влажность почвы; h – глубина снежного покрова; c – содержание органического углерода в почве; pH – pH почвы; alt – высота над уровнем моря; slope – уклон в градусах; exp – экспозиция; built – % застроенной территории; veg – вегетационный потенциал (принадлежность к биому); prp – чистая первичная продуктивность; gdd – сумма температур вегетационного периода; bio1 – средняя годовая температура; bio2 – средняя суточная амплитуда температуры за каждый месяц; bio3 – изотермичность года; bio4 – стандартное отклонение температур; bio5 – максимальная температура самого теплого месяца года; bio6 – минимальная температура самого холодного месяца года; bio7 – годовая амплитуда температуры; bio8 – средняя температура самой влажной четверти года; bio9 – средняя температура самой сухой четверти года; bio10 – средняя температура самой теплой 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 самой теплой четверти года; bio19 – сумма осадков самой холодной четверти года).

По данным рисунка видно, что адвентивные виды кластера 1 приурочены к более богатым почвам (c). Эти виды способны выносить высокие годовые амплитуды температур (bio7), а также низкие температуры в самый холодный месяц года (bio6).

Инвазивные виды, принадлежащие к кластеру 2, произрастают преимущественно на равнинных территориях (slope), на небольших высотах над уровнем моря (alt). Кроме того, для мест произрастания особей видов этого кластера характерна наименьшая, по сравнению с другими кластерами видов, средняя годовая температура (bio1), максимальная температура самого теплого месяца (bio5), средняя температура самой влажной (bio8), а также холодной четверти года (bio11), средняя суточная амплитуда температуры (bio2), наименьшая сумма температур вегетационного периода (gdd) и коэффициент вариации осадков (bio15).

Иноземные виды третьего кластера зачастую приурочены к территориям со сложным рельефом (slope), для которых характерна относительно высокая средняя годовая температура (bio1). Места произрастания видов этого кластера также характеризуются высокой температурой как самого холодного месяца (bio6) и четверти года (bio11), так и всего вегетационного периода (gdd), а также самой низкой годовой амплитудой температуры (bio7) и наибольшей годовой суммой осадков (bio12). Экосистемы, в которые внедряются иноземные виды третьего кластера, как правило, имеют высокую чистую продуктивность (npr).

Адвентивные виды четвертого кластера устойчивы к недостатку осадков в засушливый период времени года (bio14). Они приурочены к почвам, имеющим наименьшую влажность (w) и плодородность (c). Для экосистем-акцепторов инвазивных видов этой группы характерна низкая первичная продуктивность (npr).

### Выводы

В ходе проведенных исследований установлено, что общее количество адвентивных видов, способных внедряться в ненарушенные и слабонарушенные экосистемы Северо-Западного Кавказа, составляет 283. Родиной большинства этих видов является Северная и Центральная Америка (88 видов), а также Юго-Восточная Азия и Япония (74 вида).

Адвентивные виды, натурализовавшиеся на Северо-Западном Кавказе, характеризуются разнообразными биоклиматическими и эколого-географическими требованиями. Тем не менее, большинство чужеродных видов исторически приурочено к биому листопадных лесов умеренного пояса.

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

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Акатов В.В., Акатова Т.В.* Видовой пул, видовое богатство, эффект компенсации плотностью и инвазильность растительных сообществ // *Российский журнал биологических инвазий*. 2012. № 3. С. 2–19.
2. *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.
3. *Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В.* Черная книга флоры Средней России. М.: Геос, 2010. 512 с.
4. *Миркина Б.М., Наумова Л.Г.* Адвентивизация растительности в призме идей современной экологии // *Журнал общей биологии*. 2002. Т. 63, № 6. С. 500–508.
5. *Егошин А.В.* Моделирование пространственного распределения видов на территориях ООПТ Западного Кавказа с использованием геоинформационных систем // *Биоразнообразие государственного природного заповедника «Утриш»: науч. тр.* 2013. Т. 1. С. 35–43.
6. *Lonsdale W.M.* Global patterns of plant invasions and the concept of invisibility // *Ecology*. 1999. Vol. 80. P. 1522–1536.
7. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions / *D.M. Richardson, P. Pyšek, M. Rejmanek, M.G. Barbour, F. Dane Panetta, C.J. West* // *Diversity and distributions*. 2000. N 6. P. 93–107.
8. *Rijmbek M., Richardson D.M., Pyšek P.* Plant invasions and invisibility of plant communities // *Vegetation ecology* / eds. van der Maarel. Oxford: Blackwell, 2005. P. 332–355.
9. *Reinhart K.O., Greene E., Gallaway R.M.* Effects of *Acer platanoides* invasion on understory plant communities and tree vegetation in the Rocky Mountains // *Ecography*. 2005. Vol. 28. P. 573–583.
10. *Рульек Р., Prach K.* Research into plant invasions in a cross-roads region: History and focus // *Biological Invasions*. 2003. Vol. 5. P. 337–348.
11. *Рульек Р., Richardson D.M.* The biogeography of naturalization in alien plants // *J. Biogeogr.* 2006. Vol. 33. P. 2040–2050.
12. *Тимухин И.Н.* Флора сосудистых растений Сочинского национального парка // *Инвентаризация основных таксономических групп и сообществ, соэкологические исследования Сочинского национального парка – первые итоги первого в России национального парка / под ред. Б.С. Туниева*. М.: Престиж, 2006. С. 41–84.
13. *Маренчук Ю.А.* Адвентивный элемент флоры Центрального Предкавказья // *Фундаментальные исследования*. 2009. № 3. С. 50–51.
14. *Серегин А.П., Шведчикова Н.К.* Дополнения к флоре Северо-Западного Кавказа // *Бюл. МОИП. Отд. биол.* 2009. Т. 114, вып. 3. С. 62–63.
15. *Зернов А.С.* Иллюстрированная флора юга Российского Причерноморья. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2013. 588 с.

Поступила в редакцию 17.04.2014 г.  
Принята к печати 24.12.2014 г.