



- состояния насаждений березы повислой (*Betula pendula* Roth) и тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) в промышленной и селитебной зоне Стерлитамакского промышленного центра // Вестн. Самар. гос. ун-та. Естественнаучная серия. 2014. Вып. № 7 (118). С. 197–206.
5. Кулагин А. Ю., Гиниятуллин Р. Х., Уразгильдин Р. В. Средостабилизирующая роль лесных насаждений в условиях Стерлитамакского промышленного центра. Уфа : Гилем, 2010. 108 с.
 6. Кулагин А. Ю., Кагарманов И. Р., Блонская Л. Н. Тополь в Предуралье : Дендрэкологическая характеристика и использование. Уфа : Гилем, 2000. 124 с.
 7. Кулагин Ю. З. Древесные растения и промышленная среда. М. : Наука, 1974. 124 с.
 8. Кулагин Ю. З. Лесообразующие виды, техногенез и прогнозирование. М. : Наука, 1980. 116 с.
 9. Ярмишко В. Т. Влияние атмосферных загрязнений на состояние лесных экосистем северо-запада Российской Федерации // Влияние атмосферного загрязнения и других антропогенных и природных факторов на дестабилизацию состояния лесов центральной и восточной Европы : тез. докл. междунар. науч. конф. М., 1996. Т. 1. С. 5–7.
 10. Доклад об экологической ситуации на территории Республики Башкортостан в 2014 году. Уфа : МПР РБ, 2014. 172 с.
 11. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2005 году». Уфа : МПР РБ, 2006. 197 с.
 12. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2006 году». Уфа : МПР РБ, 2007. 200 с.
 13. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2007 году». Уфа : МПР РБ, 2008. 217 с.
 14. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2008 году». Уфа : МПР РБ, 2009. 200 с.
 15. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2009 году». Уфа : МПР РБ, 2010. 189 с.
 16. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2010 году». Уфа : МПР РБ, 2011. 343 с.
 17. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2011 году». Уфа : МПР РБ, 2012. 367 с.
 18. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2012 году». Уфа : МПР РБ, 2013. 336 с.
 19. Дылис Н. В. Лиственница. М. : Лесная промышленность, 1981. 96 с.
 20. Сукачев В. Н., Раунер Ю. Л., Молчанов А. А., Роде А. А. Программа и методика биогеоэкологических исследований / Академия наук СССР. Отд-ние общей биологии / под ред. В. Н. Сукачева, Н. В. Дылиса. М. : Наука, 1966. 333 с.
 21. Алексеев В. А. Некоторые вопросы диагностики и классификации поврежденных загрязнением лесных экосистем // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1990. С. 38–54.
 22. Ярмишко В. Т., Лянгузова И. В. Методы изучения лесных сообществ. СПб. : НИИХимии СПбГУ, 2002. 240 с.
 23. Касимов Н. С., Артемьев Ю. М., Январева Л. Ф., Ананьев Г. О., Берлянт А. М. Экологический атлас России / Географ. фак. МГУ. СПб. : ЗАО «Карта», 2002.

УДК 581.524.31

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ БАЛАКОВСКОЙ АЭС ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ РАСТИТЕЛЬНОВАДНЫХ РЫБ



К. Г. Грищенко¹, О. В. Седова², М. Ю. Воронин², Е. А. Ионова¹, С. В. Рязанов³

¹Государственный научно-исследовательский институт промышленной экологии, Саратов

²Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

³Балаковская АЭС

Current State of the Higher Aquatic Vegetation of the Balakovo NPS Cooling Reservoir under the Influence of Herbivorous Fishes

K. G. Grishchenko, O. V. Sedova, M. Yu. Voronin, E. A. Ionova, S. V. Ryzanov

В статье представлены данные по оценке состояния высшей водной растительности водоема-охладителя Балаковской АЭС

под воздействием растительноводных рыб. Выявлено, что видовое разнообразие водной флоры водоема-охладителя за период исследований резко снизилось с 34 (2009 г.) до 12 видов (2015 г.). Доминирующим видом, определяющим облик фитocenозов, является тростник южный (*Phragmites australis*). По показателю чистой первичной продукции сообщества тростника в водоеме-охладителе БАЭС являются высокопродуктивными. В последние годы исследований намечается тенденция к снижению показателей фитомассы и продуктивности этих сообществ. В настоящее время наблюдается существенное сокращение площади зарастания водоема-охладителя, особенно это касается гидрофитной растительности. Произшедшие изменения, очевидно, обусловлены эффективностью биомелиоративных мероприятий, предпринятых для борьбы с зарастанием водоема-охладителя.

Ключевые слова: водоем-охладитель, высшая водная растительность, биомелиорация.



The article presents data on the assessment of the state of higher aquatic plants cooling reservoir Balakovo NPS under the influence of bioremediative fishes. It was revealed that the species diversity of higher aquatic vegetation for the period of study has sharply decreased from 34 (2009) to 12 species (2015). The dominant species, which defines the image of plant communities, is common reed (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud). Reed communities are rated as very highly productive in terms of net primary production. In recent years the tendency to decrease of phytomass and production of reed communities is revealed. Significant reduction of the overgrowing area of cooling reservoir is currently observed, especially for hydrophytes. The happened changes are obviously due to efficient bioremediative actions undertaken against the overgrowing of the cooling reservoir.

Key words: cooling reservoir, higher aquatic vegetation, bioremediation.

DOI: 10.18500/1816-9775-2016-16-2-231-236

Высшая водная растительность является важнейшим компонентом экосистемы водоема-охладителя электростанции. Прибрежно-водные и водные растения принимают участие в самоочищении водоема, создают естественный барьер, задерживающий сток дождевых и талых вод, несущих с собой биогенные элементы и загрязнители [1]. Важнейшим свойством макрофитов является их способность аккумулировать биогенные элементы (главным образом азот и фосфор), делая их недоступными для низших водных растений, тем самым предотвращая бурное размножение зеленых и сине-зеленых водорослей, вызывающих эвтрофикацию водоема и снижающих пригодность воды для технических целей (засорение системы охлаждения реакторов). При этом влияние высшей водной растительности на качество воды в водоемах не ограничивается только положительными

процессами. При чрезмерном ее развитии характер преобразований может быть и отрицательным [2, 3]. Существенная роль макрофитов в формировании качества воды водоема-охладителя и нормальном функционировании охлаждающей системы реактора электростанции требует постоянного наблюдения за развитием фитоценозов и проведения биомелиоративных работ по регулированию зарастания акватории. Наиболее перспективным методом борьбы с зарастанием высшей водной растительностью является интродукция в водоемы растительноядных рыб. Особая роль в этой связи отводится теплолюбивым породам растительноядных рыб, таких как белый амур, белый и пестрый толстолобик – высокоэффективным фитофагам, потребляющим практически все виды водной флоры. В этой связи в 2009–2015 гг. проводились мониторинговые исследования состава и структуры флоры и растительности водоема-охладителя Балаковской АЭС (БАЭС).

Материал и методы

Изучение флоры и растительности осуществлялось путем детально-маршрутного исследования с подробным описанием водных и прибрежно-водных фитоценозов, руководствуясь общепринятой методикой геоботанических исследований водной растительности [4, 5]. Учетные площадки располагались в тепловодной зоне (отводящий канал) водоема-охладителя (№№ 1–3), в холодноводной зоне (приводящий канал) БАЭС (№№ 4–6), на мелководьях Саратовского водохранилища вблизи дамбы водоема-охладителя (№ № 7–9) (рис. 1).

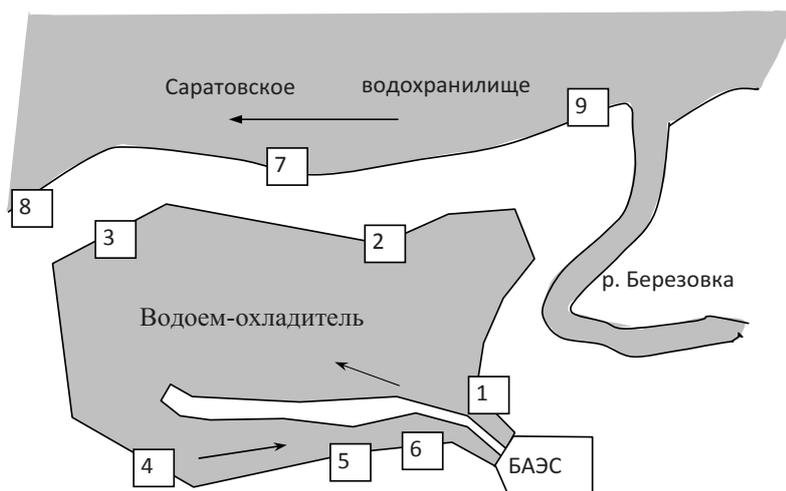


Рис. 1. Схема расположения площадок на акватории водоема-охладителя БАЭС (№ 1–6), на Саратовском водохранилище (№ 7–9)

Учитывались сосудистые растения, находящиеся непосредственно в воде и зоне периодического затопления. В работе использована доминантная

система высших синтаксонов, основными единицами которой (в порядке возрастания ранга) являются ассоциации, формации, группы формаций,



классы формаций, группы классов формаций и тип растительности. Названия видов приводятся по сводке С.К. Черепанова [6].

Определение фитомассы выполнено на учетных площадках квадратной формы размером 0.25 м². На каждой пробной площади укосы брались в трехкратной повторности. Укосы взвешивали в сыром, а впоследствии в воздушно-сухом состоянии. До абсолютно сухой массы пробы доводили в сушильном шкафу при 104°С. По массе высушенной навески определяли абсолютно сухую массу всего укоса.

Для определения продуктивности по максимальной фитомассе был использован коэффициент 1.2 [7]. Первичным показателем продуктивности принята надземная абсолютно сухая фитомасса (г/м²).

Результаты и их обсуждение

С целью обеспечения оптимальных для водоснабжения БАЭС эксплуатационных характеристик водоема-охладителя и качества воды, в него с 2001 по 2014 г. был выпущен рыбопосадочный материал растительноядных рыб (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика зарыбления водоема-охладителя БАЭС

Год	Количество рыбопосадочного материала, кг
2001	4704 (белый амур 2627)
2002	430 (толстолобик 430)
2003	3430 (толстолобик 430, белый амур 1500, прудовая рыба 1500)
2005	8000 (прудовая рыба 8000)
2006	7285 (прудовая рыба 7285)
2008	20000 (белый амур 10104,59, толстолобик 9307,39)
2010	24300 (белый амур 12150, толстолобик 12150)
2011	16100 (белый амур 16100)
2014	19000 (белый амур 9500, белый толстолобик 9500)

Результаты выполнения биомелиоративных работ на водоеме-охладителе БАЭС стали очевидными уже через несколько лет и отразились как на составе и структуре водной флоры и растительности, так и на продуктивности сообществ.

Видовое разнообразие водной флоры водоема-охладителя за период исследований резко снизилось с 34 (2009 г.) до 12 видов (2015 г.) (рис. 2), при этом снижение видового разнообразия произошло за счет практически полного выпая-

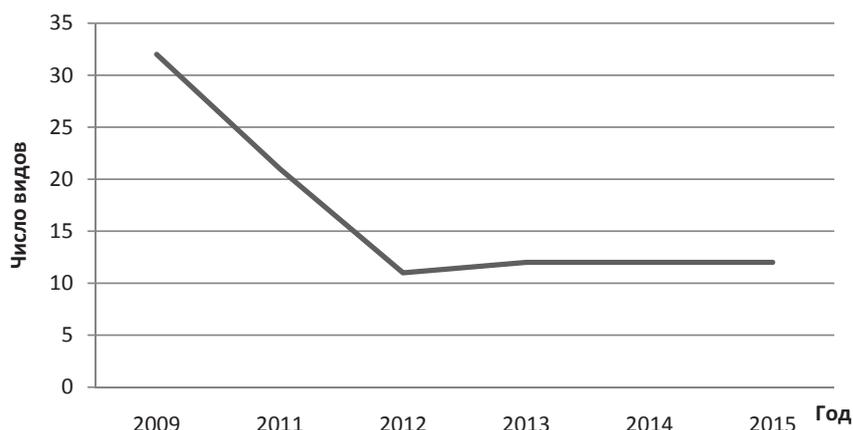


Рис. 2. Изменение видового разнообразия водной флоры водоема-охладителя БАЭС

дения видов гидрофитов и обеднения гелофитной составляющей флоры (рис. 3).

Ценогический состав высшей водной растительности в водоеме-охладителе в 2009 г. был представлен восемью ассоциациями, относящи-

мися к семи формациям, а в 2015 г. – только тремя ассоциациями двух формаций.

Приводим классификационную схему растительности водоема-охладителя БАЭС на 2015 г.

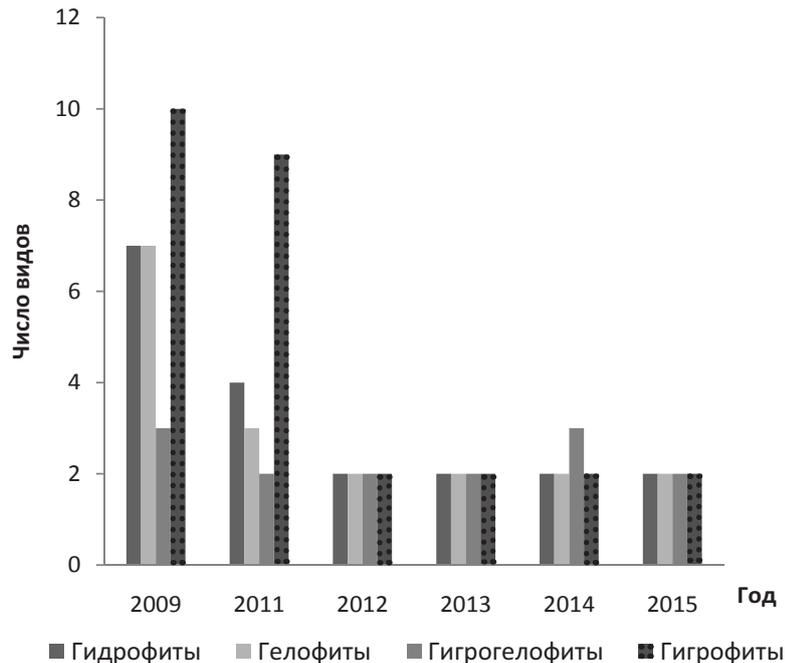


Рис. 3. Изменение экологической структуры флоры водоема-охладителя БАЭС

Тип растительности – водная растительность – *Aquiphytosa*

Группа классов – прибрежно-водная растительность – *Aquiherbosa vadosa*.

Класс формаций – воздушно-водная (гелофитная) растительность – *Aquiherbosa helophyta*.

1. Группа формаций высокотравных гелофитов – *Aquiherbosa helophyta procera*.

1.1. Формация тростника южного – *Phragmiteta australis*.

Асс.: 1) *Phragmites australis*; 2) *Phragmites australis* + *Typha laxmannii*.

1.2. Формация рогоза Лаксмана – *Typheta laxmannii*.

Асс.: 1) *Typha laxmannii* + *Calamagrostis epigeios*.

Сообщества просты по строению и бедны по флористическому составу. Чаще всего это одноярусные монодоминантные фитоценозы [8]. Такая структура растительных сообществ и низкое флористическое разнообразие характерно для большинства прудов и других водоемов-охладителей с сильной антропогенной нагрузкой [2, 9 – 11].

Во все годы исследования доминирующим видом, определяющим облик фитоценозов, являлся тростник южный, формирующий прерывистый пояс по всему периметру водоема шириной от 1–5 до 50–250 м. В тепловодной зоне водоема ширина тростниковых полей в среднем состав-

ляла 40–60 м, местами достигала 150–200 м, тип зарастания в основном массивно-зарослевый. В холодноводной зоне пояс гелофитов прерывистый, в основном занимал 5–7 м прибрежной полосы, местами ширина его достигала 50 м. На берегу приводящего канала водоема-охладителя у с. Новониколаевка прибрежно-водная растительность на значительной протяженности отсутствовала. Ширина пояса гелофитов обусловлена характером грунта – на участках с песчаными и илистыми грунтами она максимальна, в местах с преобладанием каменистого субстрата минимальна. Доминирование фитоценозов тростника обыкновенного характерно и для других искусственных водоемов Саратовской области [9, 10, 12]. Прочие гелофиты и гигрогелофиты, такие как вейник наземный (*Calamagrostis epigeios*) и рогоз Лаксмана (*Typha laxmannii*), встречаются локально, значительных по протяженности сообществ не образуют.

В 2009 г. среди погруженной растительности преобладали разреженные фитоценозы наяды большой (*Najas major*), урути колосистой (*Myriophyllum spicatum*), рдеста гребенчатого (*Potamogeton pectinatus*), которые образовывали пояс, располагающийся за поясом тростника, или были отмечены в «окнах» чистой воды среди тростниковых зарослей. Но все они не занимали значительных площадей. Почти на всех точках встречались одиночные экземпляры урути колосистой. В 2011 г. отмечались незначительные



по площади разреженные фитоценозы рдеста гребенчатого и урути колосистой, а также отдельные экземпляры роголистника темно-зеленого (*Ceratophyllum demersu*). В 2012 г. рдест и роголистник обнаружены не были, на ряде точек мониторинга отмечалась уруть колосистая, произрастающая в поясе тростника, а также единичные экземпляры наяды большой. В 2013–2015 гг. гидрофиты водоема-охладителя были представлены только урутью колосистой, встречающейся на отдельных мелководных участках водоема. Таким образом, сообщества гидрофитов в водоеме-охладителе в последние годы практически отсутствуют, что соотносится с тенденцией сокращения площади водных растений, отмеченной в 2001–2006 гг.

Сравнение с результатами оценки уровня развития высшей водной растительности в период

2001–2006 г. показывает существенное сокращение площади зарастания. Особенно это касается гидрофитов, отмечавшихся на мелководьях вблизи групп островов и в части водоема-охладителя, подверженной влиянию сбросных теплых вод. Обращает на себя внимание также практически полное исчезновение погруженной водной растительности, ранее покрывавшей дно подводящего канала. По крайней мере, почти на всей акватории водоема они не достигали поверхности воды, следовательно, популяции макрофитов находились в сильно угнетенном состоянии.

В связи с тем что погруженные макрофиты в последние годы отсутствуют в водоеме-охладителе, приводим результаты определения фитомассы и продуктивности только гелофитных сообществ в основном с доминированием тростника южного (табл. 2).

Таблица 2

Надводная фитомасса и продукция сообществ гелофитов водоема-охладителя БАЭС и мелководий Саратовского водохранилища

Год	Сухая масса, г/м ²	Чистая первичная продукция, г/м ²
Тепловодная зона водоема-охладителя БАЭС		
2009	9328	11193
2012	4044	4854
2013	3423	4107
2014	2971	3565
2015	3600	4320
Холодноводная зона водоема-охладителя БАЭС		
2009	2990	3588
2012	1708	2051
2013	2465	2958
2014	2472	2966
2015	1883	2260
Прилегающая часть Саратовского водохранилища		
2009	2410	2892
2012	1288	1547
2013	939	1126
2014	1080	1296
2015	1396	1675

Во все годы изучения фитомасса и продукция незначительно варьируют (исключение – показатели 2009 г.) и максимальны в тепловодной части водоема-охладителя. В холодноводной зоне показатели фитомассы ниже за счет прерывистости пояса гелофитов. По показателю чистой первичной продукции сообщества тростника водоема-охладителя БАЭС являются очень высокопродуктивными [13], что в целом характерно для этого типа фитоценозов в водоемах-охладителях других АЭС [2]. В последние годы исследований намечается

тенденция к снижению показателей фитомассы и продуктивности гелофитных сообществ.

Фитоценозы тростника на мелководьях Саратовского водохранилища по сравнению с тепловодной и холодноводной зонами водоема-охладителя характеризуются меньшими значениями фитомассы, что соотносится с незначительной шириной пояса гелофитов. Возможно, причиной угнетения развития сообществ тростника на мелководьях Саратовского водохранилища является сильная ветровая и волновая нагрузка.



Заращение акватории водоема-охладителя Балаковской АЭС в 2003 г. составляло до 10% (от общей площади водоема), в 2004 г. – 5–7, в 2005 г. – 5, в 2006 г. – 1%. Площадь зарастания водоема-охладителя в 2009–2015 гг. незначительно варьирует и в среднем составляет 5%, то есть изученный водоем характеризуется небольшой степенью зарастания.

Произошедшие изменения, очевидно, обусловлены эффективностью мероприятий, принятых для борьбы с зарастанием водоема-охладителя. Фитоценозы погруженных макрофитов, развитие которых создавало значительные технические проблемы в эксплуатации водоема, практически исчезли.

Выводы

Видовое разнообразие водной флоры водоема-охладителя за период исследований резко снизилось с 34 (2009 г.) до 12 видов (2015 г.) за счет практически полного выпадения видов гидрофитов и обеднения гелофитной составляющей флоры. Доминирующим видом, определяющим облик фитоценозов, является тростник южный. По показателю чистой первичной продукции сообщества тростника в водоеме-охладителе БАЭС характеризуются как высокопродуктивные. В последние годы исследований намечается тенденция к снижению показателей фитомассы и продуктивности этих сообществ. В настоящее время наблюдается существенное сокращение площади зарастания водоема-охладителя, особенно это касается гидрофитной растительности. Произшедшие изменения, очевидно, обусловлены эффективностью биомелиоративных мероприятий, принятых для борьбы с зарастанием водоема-охладителя.

Список литературы

1. Дьяченко Т. Н., Беляев В. В., Клёнус В. Г., Насвист О. И. Макрофиты водоема-охладителя Чернобыльской АЭС и накопление ими радионуклеидов // Гидробиология. 2005 : материалы VI Всерос. школы-конф. по водным макрофитам (Борок, 11–16 окт. 2005 г.). Рыбинск : ОАО «Рыбинский дом печати», 2006. С. 243–245.
2. Кацман Е. А. Развитие высшей водной растительности в водоёмах-охладителях АЭС : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2004. 25 с.
3. Кучкина М. А. Особенности процессов эвтрофирования в водоёмах-охладителях АЭС : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2004. 25 с.
4. Катанская В. М. Высшая водная растительность континентальных водоёмов СССР : методы изучения. Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1981. 187 с.
5. Матвеев В. И., Соловьева В. В., Саксонов С. В. Экология водных растений : учеб. пособие / изд. 2-е, доп. и перераб. Самара : Изд-во Самар. науч. центра РАН, 2005. 282 с.
6. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб. : Мир и семья, 1995. 992 с.
7. Кокин К. А. Экология высших водных растений. М. : Изд-во МГУ, 1982. 160 с.
8. Танайлова Е. А., Грищенко К. Г., Воронин М. Ю. Состояние высшей водной растительности и фотосинтетических пигментов тростника южного (*Phragmites australis*) водоема-охладителя Балаковской АЭС // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2014. Т. 14, вып. 2. С. 101–105.
9. Закурдаева М. В., Бекренева Е. С., Седова О. В., Болдырев В. А. Гидрофильная флора и растительность малых техногенных водоемов города Саратова // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2012. Т. 12, вып. 3. С. 64–71.
10. Закурдаева М. В., Седова О. В., Шишкина Е. С. Флора и растительность малых искусственных водоемов города Саратова // Вестн. КрасГАУ. 2013. № 4. С. 63–69.
11. Папченков В. Г., Соловьева В. В. Анализ флоры прудов Среднего Поволжья // Бот. журн. 1995. Т. 80, № 7. С. 59–67.
12. Седова О. В., Болдырев В. А. Характеристика и синтаксономический состав растительности мелководий Волгоградского водохранилища в пределах Саратовской области // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2007. Т. 9, № 1. С. 217–221.
13. Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. М. : Прогресс, 1980. 326 с.