

ДОЛГОСРОЧНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ВЛИЯНИЯ АНОМАЛЬНО ВЫСОКИХ ЛЕТНИХ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА 2010-2012 ГОДОВ НА ВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ

Г. А. Анциферова, Н. И. Русова

*Воронежский государственный университет, Россия
Военно-морская академия, Россия*

Поступила в редакцию 30 июня 2016 г.

Аннотация: В водоемах среднего течения реки Ворона прослежены изменения экологического состояния и трансформация водных экосистем. Исследования проводились в условиях среднестатистических для лесостепной зоны климатических параметрах 2007-2009 и 2013-2014 годов и при экстремально высоких температурах воздуха 2010-2012 годов. Качество вод поддерживалось перестройками структуры сообществ фитопланктона и микрофитобентоса, направленными на поддержание устойчивости водных экосистем.

Ключевые слова: водная экосистема, диатомовые водоросли, кластерный анализ, микрофитобентос, фитопланктон, цианобактерии.

Abstract: In reservoirs of the middle course of the Vorona River, changes in the ecological status and transformation of aquatic ecosystems have been traced. The studies were carried out under the average conditions for the forest-steppe zone climatic parameters in 2007-2009 and 2013-2014 and at extremely high air temperatures in 2010-2012. The quality of water was maintained by the reorganizing of the structure of phytoplankton communities and microphytobenthos, aimed at maintaining the stability of aquatic ecosystems.

Key words: aquatic ecosystem, diatoms, cluster analysis, microphytobenthos, phytoplankton, cyanobacteria.

Настоящая статья акцентирует внимание на изучении изменений качества вод и трансформации водных экосистем в условиях глобальных климатических изменений. На примере водоемов среднего течения реки Ворона, расположенных в пределах государственного природного заповедника «Воронинский» в Тамбовской области, в 2007-2014 годы проводились исследования состояния поверхностных вод по сообществам фитопланктона и микрофитобентоса. Климатические и гидрологические параметры 2007-2009 годов рассматриваются как многолетние среднестатистические для лесостепной зоны. Высокое экологическое качество вод в условиях систематического повторения экстремальных летних температур воздуха 2010-2012 годов поддерживалось перестройками структуры сообществ фитопланктона и микрофитобентоса, направленными на поддержание устойчивости водных экосистем. Цианобактерии (сине-зеленые водоросли) проявили высокие миграционные свойства. Произошел процесс вселения и

массового распространения видов цианобактерий теплых вод и горячих источников, чуждых для региона. В дальнейшем, как показали исследования 2013-2014 годов, при переходе температурного режима к среднестатистическим показателям, они выпали из состава сообществ. И тогда вновь произошли перестройки таксономического и экологического состава сообществ в соответствии со сложившимися условиями обитания.

В водоемах территории исследований повсеместно в общем составе сообществ микроскопических водорослей доминируют диатомовые водоросли и цианобактерии (синезеленые водоросли).

Тип диатомовые водоросли представляют 458 таксонов, среди которых 309 видов и 149 разновидностей и форм, принадлежащих 47 родам. Тип цианобактерии насчитывают 224 таксона, среди которых 200 видов и 24 внутривидовые формы, которые представляют 53 рода.

В составе вегетационных сукцессий середины лета в экологически благополучных водных экосистемах заповедника, озерах Рамза и Кипец су-

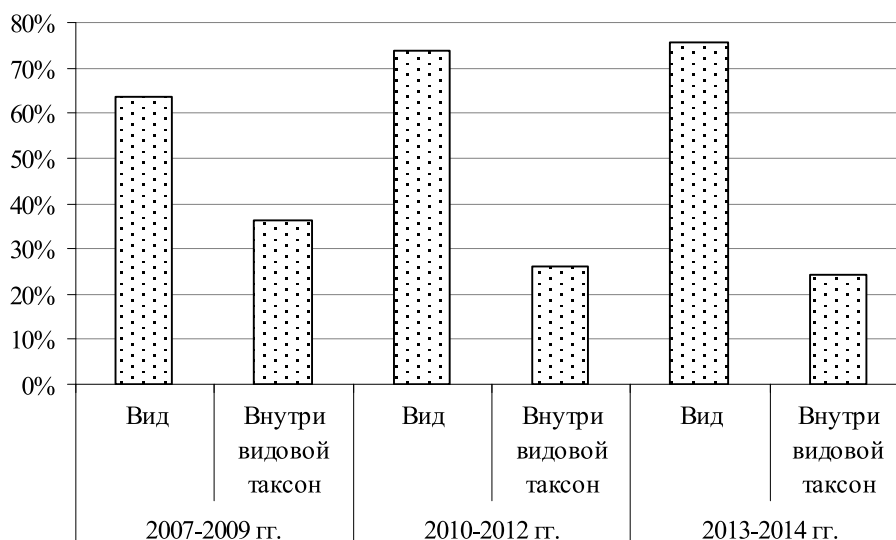


Рис. 1. Соотношение видов и внутривидовых таксонов диатомовых водорослей по годам (в %)

существуют условия, способствующие развитию сообществ цианобактерий, которые отличает разнообразный видовой и экологический состав. Отдельные виды достигают массового развития, однако «цветения» вод в том виде, как оно проявляется в загрязненных и грязных водоемах не наблюдается. В водоемах заповедника реализуется свойство многих представителей цианобактерий, наряду с высшими водными растениями, диатомовыми и бактериями, включаться в общую систему процессов фотосинтеза, круговорота биогенных веществ, переработки органического вещества вплоть до его минерализации.

Температура вод и их прозрачность регулируют питание, фотосинтез, рост (деление) микроскопических водорослей. Состав сообществ фитопланктона и микрофитобентоса меняется следующим образом: диатомовые водоросли начинают активно развиваться с начала апреля, и их вегетация прекращается в октябре-начале ноября, по мере охлаждения вод. Для теплолюбивых видов диатомей оптимальными являются температуры от 20 до 28°C, для холодноводных видов – от 4-10 до 15°C. В середине лета, с установлением температуры вод 23-25°C и более, наблюдается максимум в развитии цианобактерий. Соответствующие изменения температуры вод определяют смену вегетационных сукцессий микроскопических водорослей [4].

Согласно анализу данных, приведенных в «Докладе о состоянии и охране окружающей среды Тамбовской области в 2014 г.» по заповеднику «Воронинский», температуры в июле месяце в 2007-2009 годах составили в среднем 20-22°C, в

2010-2012 – 22-27°C, в 2013-2014 – 20-21°C [7]. В июле в 2010-2012 годов, признанных в температурном отношении как аномальные, отклонение от нормы составило от 2 до 7°C.

Условия развития сообществ микроскопических водорослей в период 2007-2009 годов рассматриваются в качестве фоновых, которые сложились на территории исследований при средних многолетних климатических и гидрологических показателях среды обитания.

Сообщества диатомовых водорослей насчитывают 436 таксонов, среди которых 276 видов и 158 внутривидовых таксона (рис. 1). Сообщества цианобактерий насчитывают 130 видов и 19 внутривидовых таксонов (рис. 2).

В период 2010-2012 годов сложилась стрессовая для сообществ микроскопических водорослей ситуация, обусловленная аномально высокими летними температурами воздуха, что соответственно сопровождалось повышенными температурами вод. Непрерывное их повторение в течение трех лет нашло отклик в составе вегетационных сукцессий диатомовых водорослей и цианобактерий [3]. Это ярко проявилось в среднеглубоких-мелководных акваториях озер Рамза и Кипец, в которых температуры в приповерхностной части водного слоя в дневное время могли достигать 30°C, а иногда более.

Изменилось и видовое богатство диатомовых водорослей и цианобактерий по сравнению с периодом 2007-2009 годов (рис. 1, 2). Сообщества диатомовых водорослей насчитывают 192 таксона, среди которых 142 вида и 50 внутривидовых таксона. Сообщества цианобактерий включают

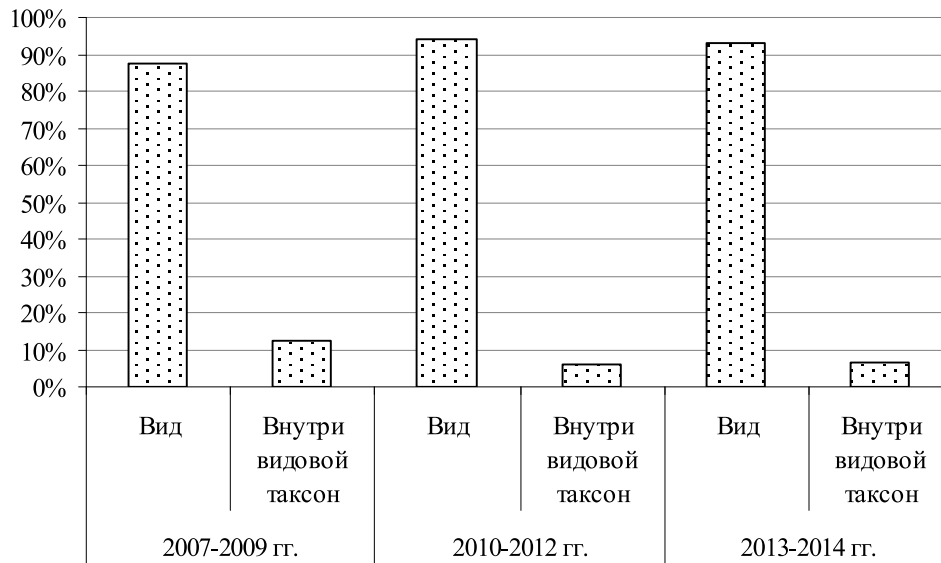


Рис. 2. Соотношение видов и внутривидовых таксонов цианобактерий по годам (в %)

98 таксонов, в составе которых выделяется 92 вида и 6 внутривидовых таксонов.

Сообщества диатомовых водорослей несколько снизили свое видовое разнообразие, что в целом характерно для середины вегетационного сезона. Время конец июня-июль, иногда до середины августа, наиболее благоприятно для процветания цианобактерий. Реакция их сообществ в 2012 году проявилась наиболее выразительно. Увеличилось их видовое разнообразие относительно предыдущих лет наблюдений (2007-2009 годы), для которых условия вегетации приняты как эталонные среднестатистические. Их отличает также широкое распространение представителей цианобактерий, характерных для теплых вод и горячих источников.

Состав вегетационных сукцессий диатомовых водорослей и цианобактерий на примере озер Рамза и Кипец (Залив Мохов Угол и залив Кипец), характерных для середины лета 2007-2009 годов и 2010-2012 годов опубликованы ранее в работе Г. А. Анциферовой [3].

В июле-середине августа 2007-2009 годов среди теплолюбивых видов цианобактерий были распространены *Phormidium paryraceum* (Ag.) Gom. и *Phormidium ambiguum* Gom. с оценками обилия «нередко», «часто» в озере Рамза и в заливе Кипец, наблюдались в виде плавающих темно-зеленых дерновинок, а в 2012 году они приобрели большие оценки обилия. Наряду с ними в 2010-2012 годах впервые появились и получили широкое развитие такие виды как *Synechocystis aquatilis* Sauv. с оценками обилия «часто» в озере Кипец в виде

плавающих дерновинок (характерны для стоячих или медленно текущих солоноватых или грязноватых вод теплых источников); *Phormidium laminosum* (Ag.) Gom. с оценками обилия «в массе» в заливах Мохов Угол и Кипец, в озере Рамза, встречаются в виде плавающих дерновинок, обрастаний водной растительности (характерны для стоячих вод, наблюдается на орошаемых скалах, в почвах и, особенно, в горячих источниках); *Phormidium tenue* (Menegh.) Gom., с оценками обилия «в массе» в заливе Мохов Угол озера Кипец, распространены в обрастаниях водной растительности, темно-зеленых дерновинок (стоячие воды, горячие и минеральные источники); *Phormidium valderiae* (Delp.) Geitl. в виде дерновинок с оценками обилия «в массе» в заливах Мохов Угол и Кипец, в озере Рамза (встречается в текущих и стоячих водах, на орошаемых скалах, в почвах, а также в горячих источниках); *Microcystis aeruginosa f. pseudofilamentosa* (Grow) Elenk. отмечен в обрастаниях водной растительности с оценками обилия «очень часто» в заливе Кипец, (характерен для водоемов Нижнего Днестра, Средней Азии (Старая Бухара); *Lyngbya truncicola* Ghose развита в обрастаниях водной растительности с оценками обилия «очень часто» в заливах Мохов Угол и Кипец, в озере Рамза (наблюдается в стоячих водах Крыма); *Anabaena birgei* G. M. Smith. с оценками обилия «в массе» в заливах Мохов Угол и Кипец, в озере Рамза наблюдается в дерновинках, обрастаниях водной растительности (водоемы Средней Азии, озеро Иссык-Куль, Аральское море); *Anabaena viguieri* Denis et Fremy с оценками обилия

лия «очень часто» озеро Рамза (известна на Украине в водоемах Винницкой области); *Nematonostoc flagelliformis* (Berk. et Curt.) Elenk. с оценками обилия «в массе» в заливах Мохов Угол и Кипец представляет обрастания водной растительности (встречается на сухих, содержащих известь почвах, в пустынях и в высокогорных областях, в водоемах окрестностей Астрахани и Красноармейска, в предгорьях Алтая, в Казахстане, Китае); *Mastigocladus laminosus* Cohn. с оценками обилия «очень часто» в заливе Кипец в обрастаниях водной растительности (встречается в горячих источниках); *Merismopedia punctata* Meyen с оценками обилия «очень часто» в озере Рамза, дерновинки (встречается в стоячих водах в планктоне, а также в горячих источниках); *Spirulina meneghiniana* Zanard. с оценками обилия «в массе» распространен в озере Рамза в виде обрастаний водной растительности (соленые воды, а также горячие источники, Саратовская область, Крым).

Большой интерес вызвало распространение в озере Кипец с оценками обилия «в массе» вида *Ostillatoria coeruleascens* Gicklh. Для массового распространения его зеленых дерновинок, имеющих «голубой блеск», благоприятны условия существования в иле при выделении сероводорода.

В период 2013-2014 годов видовое богатство сообществ микроскопических водорослей изменялось по сравнению с периодами наблюдений 2007-2009 и 2010-2012 годов.

Сообщества диатомовых водорослей насчитывают 171 таксон, среди которых выделено 129 видов и 42 внутривидовых таксона. Сообщества цианобактерий насчитывают 89 таксонов, в составе которых выделяется 83 вида и 6 внутривидовых таксонов (рис. 1, 2).

Из состава цианобактерий исчезли виды теплых вод и горячих источников. Среди представителей теплолюбивых видов остались лишь те, которые наблюдались в 2007-2009 годах.

Аномально высокие летние температуры воздуха 2010-2012 годов повлияли на качество вод проточно-руслых озер. Анализ таксономического и экологического состава сообществ фитопланктона и микрофитобентоса показывает, что среди видов цианобактерий, характерных для загрязненных местообитаний повсеместно с оценками обилия «в массе» и «очень часто» в течение всех лет исследований наблюдаются *Phormidium foveolarum* (Mont.) Gom., *Spirulina jenniferi* (Hass.) Kütz. Важной особенностью состава сообществ цианобактерий 2013-2014 годов явилось более широкое

распространение видов загрязненных местообитаний. Наряду с вышеназванными к ним добавились такие таксоны, как *Rhabdoderma lineare f. compositum* (G. V. Smith) Hollerb., *Microcystis wesenbergii* Komarek, *Anabaena affinis* Lemm., *A. constricta* (Szaf.) Geitl., *A. solitaria* Klebs, *Aphanothece clatrata* W. et G. S. West, *A. stagnina* (Spreng.) B.-Peters. et Geitl., *Stigonema informe* Elenk., *Calothrix parietina* (Näg.) Thur., *Cloeotrichia echinulata* (J. S. Smith.), *Ostillatoria agardhii* Gom., *O. granulata* Cardner, *O. lacustris* (Kleb.) Geitl., *O. lauterbornii* Schmidle, *O. princeps*, *O. putrida* Schmidle, *O. splendida* Grev., *O. tenuis* Ag., *O. simplicissima* Gom., *Phormidium molle* (Kütz.) Gom., *Ph. tenue* (Menegh.) Gom., *Ph. uncinatum* (Ag.) Gom. *Schizothrix calcicola* (Ag.) Gom., *Seguenzaea sicula* Borzi, *Amorphonostoc paludosum* (Kütz.) Elenk., *Wollea saccata* (Wolle) Born. et Flah. С оценками обилия «часто» и «нередко» распространены *Microcystis aeruginosa f. pseudofilamentosa* (Crow) Elenk., *Microcystis ichthyoblabe* Kütz. и другие.

Цианобактерии в условиях экстремально высоких летних температур воздуха проявили высокие миграционные свойства отдельных своих представителей. Именно они в течение трех лет периода 2010-2012 годов составили новую, оригинальную структуру вегетационных сукцессий. Произошел процесс вселения и массового распространения видов цианобактерий, чуждых для региона, в том числе видов-индикаторов загрязнения. В дальнейшем, при переходе температурного режима к среднестатистическим для территории исследований показателям, они выпали из состава сообществ. Реакция сообществ фитопланктона и микрофитобентоса на изменившиеся природные условия направлена на поддержание устойчивости водной экосистемы.

Диатомовые водоросли толерантны по отношению к условиям обитания. В водоемах повсеместно распространены таксоны, характерные для достаточно чистых вод, что собственно и соответствует классу и разряду качества поверхностных вод заповедника. Однако состав их сообществ также отражает увеличение степени органического загрязнения вод. Об этом свидетельствует распространение с высокими оценками обилия «нередко» и «часто» таких таксонов бета-альфа-мезоапробных вод, как *Fragilaria construens var. venter* (Ehr.) Grun., *Synedra parasitica* (W. Sm.) Hust., *Navicula cincta* (Ehr.) Kütz., *Navicula cuspidata* Kütz., *Navicula hungarica var. capitata* Cl., *Navicula lanceolata* (Ag.) Kütz., *Navicula lanceolata var. tenuiros-*

tris Skv., *Navicula menisculus* Schum., *Navicula viridula* Kütz., *Anomoeoneis sphaerophora* (Kütz.) Pfitz., *Caloneis amphisbaena* (Bory) Cl., *Gomphonema angustatum* var. *productum* Grun., *Nitzschia recta* Hantzsch., *Nitzschia sigma* (Kütz.) W. Sm., *Nitzschia sublinearis* Hust., *Nitzschia triblionella* var. *debilis* (Arn.) A. Mayer и таксонов альфа-бета-мезосапробных вод, таких как *Cyclotella meneghiniana* Kütz., *Gomphonema ventricosum* Greg., *Cymatopleura solea* (Breb.) W. Sm., а также альфа-мезосапробов, таких как *Synedra tabulata* (Ag.) Kütz., *Navicula cryptocephala* Kütz., *Navicula cryptocephala* var. *veneta* (Kütz.) Grun., *Navicula rhynchocephala* Kütz., *Nitzschia acicularis* W. Sm., *Nitzschia angustata* (W. Sm.) Grun., *Nitzschia apiculata* (Greg.) Grun., *Nitzschia hungarica* Grun., *Nitzschia triblionella* Hantzsch., *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grun.

В озере Рамза в 2014 году в таких местах наблюдения как «Пристань», «Впадение р. Ворона в озеро», в протоках к «Центру озера» с оценками обилия «в массе» и «очень часто» зафиксирован вид *Cocconeis placentula* Ehr. и его разновидность *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (Ehr.) Cl., среди которых у 20% от общего числа подсчитанных створок имеются тератологические изменения, выраженные в искривлении их очертаний.

Исследования изменений таксономического состава сообществ диатомовых водорослей и цианобактерий по временным интервалам позволило проследить динамику их структурных перестроек, обусловленную резкими температурными аномалиями 2010-2012 годов, при этом в 2013-2014 годах структура сообществ не восстановилась в рамках 2007-2009 годов. Это произошло на фоне изменения структуры сообществ высших водных растений, интенсивного зарастания среднеглубоких-мелководных водоемов. За все время проведения исследований, учитывая многообразие местообитаний, фиксировалось появление новых таксонов, или выпадение некоторых из них из состава сообществ диатомовых водорослей. На экстремально высокие летние температуры воздуха и, соответственно, вод, диатомовые, в связи с их температурной приуроченностью к умеренно-теплым условиям, отреагировали уменьшением таксономического состава сообществ (в сравнении с 2007-2009 годами). При этом, вероятно, особое значение для них имело то, что зарастание водоемов вызвало изменение местообитаний, и не только появились новые экологические ниши, но часть их перестала существовать.

В заливе Кипец наблюдается сапропелевый или темно-серого, черного, коричневого, красновато-коричневого, красновато-малинового цвета, в заливе Мохов Угол – темно-серого и черного цвета. Донные илы в этих заливах озера Кипец в свое время были исследованы сотрудниками Тамбовского госуниверситета Н. И. Дудником и Б. Е. Петуховым [8]. По наблюдениям авторов по плотности илы в верхних частях толщи рыхлые желеподобные, к основанию становятся более плотными, пастообразными. Их мощности составили более 3-х и более 2-х метров соответственно. Илы залегают на мелко- и среднезернистых песках.

Учитывая, что акватории проточно-руслowych озер имеют высокую степень зарастания высшей водной растительностью, часто от 50 до 70-75% площади, объемы отмершего органического вещества, поступающего в конце вегетационного сезона, значительны. Акватории таких заливов как Кипец и Мохов Угол, которые отделены от руслового потока, впадающего в озеро Кипец, песчаными косами, в половодья не промываются. Это благоприятно для дальнейшего накопления органики, не разложившейся полностью, что сопровождается формированием в придонных слоях таких акваторий как озеро Рамза (2013-2014 годы), озеро Кипец (2010-2012 и 2013-2014 годы), озеро Симерка (2007-2009 и 2013-2014 годы) зон полисапробных вод. Формирование подобных вод, характерных для загрязненных водоемов, явилось следствием того, что стрессовые температурные условия способствовали образованию больших объемов органического вещества, при недостаточности возможностей его полной переработки и минерализации. Оно образуется как за счет органики отмершей высшей водной растительности, так и массовых скоплений опускающихся на дно в конце вегетации остатков микроскопических водорослей.

Проточно-руслowe озера заповедника представляют собой рефугиумы (убежища) диатомовых водорослей и цианобактерий в пределах средних широт умеренного географического пояса. Значимость подобных убежищ в аспекте устойчивого развития регионов заключается в том, что при возникновении благоприятных экологических условий они явятся центрами, из которых будут заселяться воды, имеющие значительно обедненные сообщества диатомовых водорослей и цианобактерий, или не сохранившие их. Многолетние исследования подтверждают (на примере цианобактерий), что водоемы заповедника являются водны-

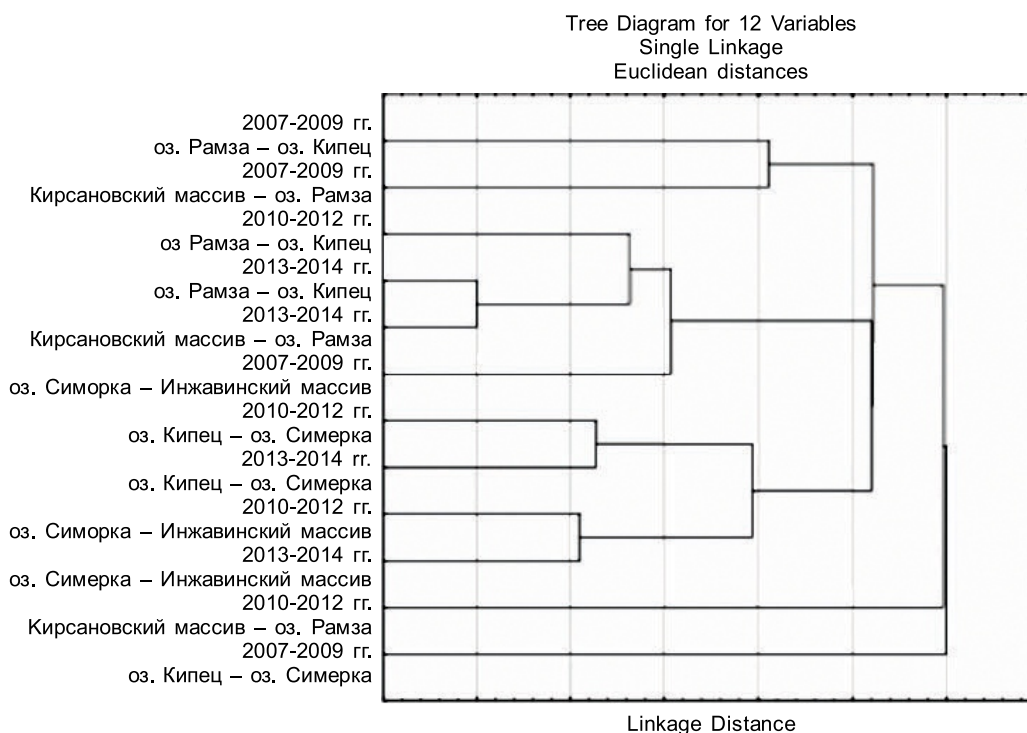


Рис. 3. Дерево сходства состава сообществ диатомовых водорослей и цианобактерий по водоемам и годам

ми экосистемами, открытыми для вселения и распространения чуждых видов [2, 3, 10].

По водоемам заповедника нами проведено сравнение общности таксономической структуры сообществ диатомовых водорослей и цианобактерий с использованием метода многомерной статистики [5, 9, 11]. Подобные исследования позволяют проследить степень одновременности и характер реакции сообществ на изменяющиеся экологические условия, а также установить проявляются они точно, или имеют площадную приуроченность, в том числе не только по озерам, но и водотокам. Соответственно подтверждается (или опровергается) достоверность выводов на основе их сопоставления по водоемам и годам.

Для проведения сравнительно-таксономического анализа методом многомерной статистики (кластерный анализ) построена древовидная диаграмма по сообществам диатомовых водорослей и цианобактерий (рис. 3).

Общая древовидная диаграмма по сообществам диатомовых и синезеленых водорослей подтверждает сходство по следующим кластерам: 1 – водоемы Кирсановского массива заповедника – озеро Рамза и озера Рамза – Кипец в период 2007-2009 годов; 2 – водоемы Кирсановского массива - озеро Рамза и озера Рамза – Кипец в период 2013-2014 годы; 3 – озера Кипец – Симерка в периоды 2010-2012 и 2013-2014 годов; 4 – озеро Симерка –

водоемы Инжавинского массива заповедника в периоды 2010-2012 и 2013-2014 годов.

Сравнение значений коэффициентов общности таксономической структуры, и ее графических изображений подтверждает высокую степень сходства сообществ диатомовых водорослей и цианобактерий в 2007-2009 годах по всем сравниваемым водоемам. В последующие годы эта общность уменьшается, а для водоемов озеро Симерка – Инжавинский массив сходства по диатомовым водорослям не наблюдается в 2010-2014 годах; и по цианобактериям нет сходства в 2013-2014 годах (рис. 3). В этом нет противоречия. Данное обстоятельство находит объяснение в том, что в пределах Инжавинского массива заповедника увеличивается антропогенная нагрузка, особенно значительной она становится вблизи р.п. Инжавино (южная граница заповедника). И далее ниже по течению в реке Ворона, вплоть до ее устья, таксономическое разнообразие диатомовых водорослей и цианобактерий становится незначительным, поскольку сообщества в полной мере являются природно-антропогенными, характерными для обширной территории Тамбовской и Воронежской областей в целом.

Итак, методом многомерной статистики прослежено сходство сообществ фитопланктона и микрофитобентоса по водоемам, особенности их развития в условиях среднестатистических при-

родных параметров (2007-2009 годы), при экстремальных для региона высоких летних температурах воздуха (2010-2012 годы) и восстановлении природных температурных параметров близких к среднегодовым показателям (2013-2014 годы).

Проточно-русловые озера являются изменяющимися в физическом времени водоемами, что обусловлено как природными, заполнение осадками и зарастание среднеглубоких и мелководных озерных котловин, так и антропогенными факторами (распашка водосборных площадей, сведение лесов, эрозия почв, поступление загрязняющих веществ, мелиоративные мероприятия).

Для выявления природных и антропогенных процессов в водоемах и на водосборной площади использовались дистанционные и аналитические методы. По космofотоматериалам для периода 1975-2010 годов проведен ретроспективный анализ динамики зарастания акваторий, а также выявлены участки сноса песчано-глинистого материала, приводящего к заилению водоемов. С этой целью осуществлена экспресс-оценка состояния прилегающей водосборной территории с применением метода неконтролируемой классификации дистанционного изображения ISODATA. Изучены также изменения вегетационного индекса NDVI, отражающего концентрацию фотосинтезирующей биомассы наземной растительности и распространение зон зарастания озера Рамза, озера Кипец и соединяющего их русла реки Ворона. Мониторинг изменений NDVI по материалам дистанционных съемок согласуется с данными наземных наблюдений, свидетельствующих о значительном обмелевании и зарастании озера Рамза [1, 6].

В период 1990-2010-х годов на прилегающей к озерам территории происходило сокращение плотности наземной растительности, выразившееся в снижении вегетационного индекса NDVI. Уверенно выделяются участки луговых и лесных ландшафтов, сельскохозяйственные угодья и, предположительно, зоны активизации эрозионных процессов. Для данных зон характерно разрежение или отсутствие растительности, защищающей почвы от эрозии. В пределах указанных зон располагаются активно растущие овраги и ложбины безрусового стока. Для озерных акваторий характерно увеличение этого индекса, что подтверждает их активное зарастание [1, 6].

Прогноз трансформации водных экосистем заключается в том, что для проточно-русовых озер бассейна среднего течения реки Ворона прослеживаются три направления динамики водных эко-

систем: мелеющие и зарастающие водоемы, которые через десяток – несколько десятков лет превратятся в заболоченные участки поймы; акватории, представляющие речной поток, продолжают свое существование как среднеглубокие и мелководные озера; активно формирующаяся новая озерная котловина.

Таким образом, трудно переоценить значение речных водоемов, представляющих озеровидные расширения русла реки Ворона, расположенных в пределах территории заповедника «Воронинский» для понимания того, насколько таксономический и экологический состав и структура сообществ фитопланктона и микрофитобентоса чутко отражает воздействие природных и антропогенных процессов, происходящих в пределах геосистемы в целом. Полученные в 2007-2014 годах материалы по водоемам заповедника показали способность их сообществ перестраиваться в ответ на изменения условий обитания.

Режим особо охраняемой природной территории способствует сохранению экологического благополучия водных экосистем заповедника. Проточно-русловые озера отличает многообразие местообитаний и высокая способность к самоочищению вод.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ космических снимков как метод контроля природных и антропогенных процессов на примере среднего течения Вороны (Тамбовская область) / С. Л. Шевырев [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. – 2013. – № 1. – С. 35-39.
2. Анциферова Г. А. Озера долины реки Ворона как естественный современный рефугиум диатомовых водорослей в центре Восточно-европейской равнины / Г. А. Анциферова, Л. Е. Борисова // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. – 2009. – № 2. – С. 85-92.
3. Анциферова Г. А. Особенности вегетационных сукцессий низших водорослей в условиях аномально высоких летних температур 2010-2012 годов (бассейн Среднего Дона) / Г. А. Анциферова // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. – 2013. – № 2. – С. 42-49.
4. Биоиндикация водных экосистем : учебно-методическое пособие / сост. Г. А. Анциферова. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2014. – 57 с.
5. Василевич В. И. Статистические методы в геоботанике / В. И. Василевич. – Ленинград : Наука, 1969. – 232 с.
6. Влияние природных и антропогенных процессов на качество вод бассейна среднего течения р. Вороны / С. Л. Шевырев [и др.] // Окружающая среда и устойчивое развитие регионов : труды Второй Всероссийской

научной конференции с международным участием. – Казань, 2013. – С. 181-183.

7. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Тамбовской области в 2014 г. – Тамбов : Издательство Юлис, 2015. – 143 с.

8. Летопись природы / Государственный природный заповедник «Воронинский». – Инжавино, 1997. – Т. 1. – 73 с.

9. Пузаченко Ю. Г. Математические методы в экологических и географических исследований / Ю. Г. Пузаченко. – Москва : Академия, 2004. – 416 с.

10. Толмачев А. И. Введение в географию растений : (Лекции, читанные студентам Ленинградского унта в 1958-1971 гг.) : учебное пособие для студентов биологического и географического факультетов университетов / А. И. Толмачев. – Ленинград : Издательство Ленинградского университета, 1974. – 244 с.

11. Шмидт В. М. Статистические методы в сравнительной флористике / В. М. Шмид. – Ленинград : Издательство Ленинградского университета, 1980. – 176 с.

REFERENCES

1. Analiz kosmicheskikh snimkov kak metod kontrolya prirodnykh i antropogennykh protsessov na primere srednego techeniya Vorony (Tambovskaya oblast') / S. L. Shevryev [i dr.] // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Geografiya. Geoekologiya. – 2013. – № 1. – S. 35-39.

2. Antsiferova G. A. Ozera doliny reki Vorona kak estestvennyy sovremennyy refugium diatomovykh vodorosley v tsentre Vostochno-evropeyskoy ravniny / G. A. Antsiferova, L. E. Borisova // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Geografiya. Geoekologiya. – 2009. – № 2. – S. 85-92.

3. Antsiferova G. A. Osobennosti vegetatsionnykh suktsessiy nizshikh vodorosley v usloviyakh anomal'no vysokikh letnikh temperatur 2010-2012 godov (basseyn Srednego Dona) / G. A. Antsiferova // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Geografiya. Geoekologiya. – 2013. – № 2. – S. 42-49.

4. Bioindikatsiya vodnykh ekosistem : uchebno-metodicheskoe posobie / sost. G. A. Antsiferova. – Voronezh : Izdatel'skiy dom VGU, 2014. – 57 s.

5. Vasilevich V. I. Statisticheskie metody v geobotanike / V. I. Vasilevich. – Leningrad : Nauka, 1969. – 232 s.

6. Vliyaniye prirodnykh i antropogennykh protsessov na kachestvo vod basseyna srednego techeniya r. Vorony / S. L. Shevryev [i dr.] // Okruzhayushchaya sreda i ustoychivoe razvitiye regionov : trudy Vtoroy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. – Kazan', 2013. – S. 181-183.

7. Doklad o sostoyanii i okhrane okruzhayushchey sredy Tambovskoy oblasti v 2014 g. – Tambov : Izdatel'stvo Yulis, 2015. – 143 s.

8. Letopis' prirody / Gosudarstvennyy prirodnyy zapovednik «Voroninskiy». – Inzhavino, 1997. – Т. 1. – 73 с.

9. Puzachenko Yu. G. Matematicheskie metody v ekologicheskikh i geograficheskikh issledovaniy / Yu. G. Puzachenko. – Moskva : Akademiya, 2004. – 416 s.

10. Tolmachev A. I. Vvedeniye v geografiyu rasteniy : (Lektsii, chitannyye studentam Leningradskogo un-ta v 1958-1971 gg.) : uchebnoye posobie dlya studentov biologicheskogo i geograficheskogo fakul'tetov universitetov / A. I. Tolmachev. – Leningrad : Izdatel'stvo Leningradskogo universiteta, 1974. – 244 s.

11. Shmidt V. M. Statisticheskie metody v sravnitel'noy floristike / V. M. Shmid. – Leningrad : Izdatel'stvo Leningradskogo universiteta, 1980. – 176 s.

Анциферова Галина Аркадьевна

доктор географических наук, профессор кафедры природопользования факультета географии и геоэкологии Воронежского государственного университета, г. Воронеж, т. (473) 266-56-54, E-mail: g_antsiferova@mail.ru

Русова Надежда Ивановна

преподаватель кафедры радиационной, химической и биологической защиты факультета турбинных энергетических установок, применения эксплуатации вооружения средств радиационной, химической и биологической защиты сил флота, ВМПИ ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия», г. Санкт-Петербург, т. 911-168-14-50, E-mail: nadezhda_minnikova@mail.ru

Antsiferova Galina Arkad'yevna

Doctor of Geography, Professor of the Chair of Nature Management, Department of Geography, Geoecology and Tourism, Voronezh State University, Voronezh, tel. 8(473)266-56-54, E-mail: g_antsiferova@mail.ru

Rusova Nadezhda Ivanovna

Lecturer of the Chair of Radiation, Chemical and Biological Protection, Department of Turbine Power Plants, Application of Exploitation of Weapons for Radiation, Chemical and Biological Protection of Navy Forces, Naval Academy, St. Petersburg, tel. 911-168-14-50, E-mail: nadezhda_minnikova@mail.ru