

*Татьяна Федоровна ШЕВЧЕНКО —
Институт гидробиологии НАН Украины,
Киев, Украина*

УДК [(582.232: 574.586):621.31:577.34] (477)

ФИТОПЕРИФИТОН ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС В РАЗНЫЕ ПЕРИОДЫ ЕЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

АННОТАЦИЯ. Фитоперифитон водоема-охладителя Чернобыльской АЭС изучали до и после аварии, а также после вывода ЧАЭС из эксплуатации. Установлено, что после аварии и после вывода ЧАЭС из эксплуатации видовой состав водорослей перифитона изменился, а число их видов резко сократилось. Из состава фитоперифитона исчезли термофильные виды синезеленых водорослей.

Phytoplankton of the cooling-pond of the Chernobyl NPS was studied before and after the accident, and also after the removal of the NPS from operation. It has been found that after the accident, and also after removal of the Chernobyl NPS from operation, the species composition of periphytic algae changed, whereas the number of their species essentially decreased. All species of blue-green algae belonging to facultative thermophiles disappeared.

Введение

Гидробиологические, гидрохимические и радиоэкологические исследования водоема-охладителя Чернобыльской АЭС (ЧАЭС) проводятся на протяжении многих лет. Как важные компоненты его экосистемы изучаются и водоросли, развивающиеся в различных биотопах. Результаты гидробиологического мониторинга свидетельствуют о том, что ведущую роль в водоеме играют водоросли перифитона, вегетирующие на твердом неорганическом субстрате.

Цель работы состояла в изучении (в сравнительном аспекте) видового состава и обилия водорослей, а также структуры и распределения их сообществ, вегетирующих на твердом неорганическом субстрате в водоеме-охладителе ЧАЭС, до аварии, после нее и после вывода ЧАЭС из эксплуатации.

Материал и методика исследований

Материалом для настоящей работы послужили альгологические пробы, собранные в водоеме-охладителе ЧАЭС до аварии — в августе 1983 г., после аварии — в августе 1995 г., а также после вывода ЧАЭС из эксплуатации — в августе 2001 г.

Исследования проводили на участках водоема-охладителя, различающихся по степени обогрева: на участке со значительной степенью обогрева, расположенном вблизи от места сброса подогретых вод с температурой воды (в разные месяцы) 10–34°C (до вывода ЧАЭС из эксплуатации превышающей естественную на 4–13°C) и на участке с минимальной степенью обогрева с температурой воды (в разные месяцы) 1–26°C (до вывода ЧАЭС из эксплуатации превышающей естественную на 1–3°C). Пробы альгологического материала отбирали по общепринятой методике [9]. Для характеристики ведущих комплексов водорослей и установления доминантов использовали индекс доминирования [13]. Для сравнения общего количества особей всех видов водорослей, найденных на разных участках водоема, пользовались коэффициентом флористической общности (КФО) Серенсена [3].

Результаты исследований и их обсуждение

До аварии (в августе 1983 г.) водоросли перифитона интенсивно развивались на твердом неорганическом субстрате в водоеме-охладителе ЧАЭС. Они образовывали макроскопические обрастания, видимые невооруженным глазом, на всех обследованных участках.

дованных станциях и участках водоема-охладителя. Облицовки береговых откосов (как каменные, так и бетонные) были окаймлены обрастаниями, образуемыми водорослями, которые развивались в зоне заплеска, у уреза воды и на глубине до 1 м и более. Однако характер обрастаний и интенсивность развития водорослей на участках водоема с разной степенью обогрева существенно отличались.

На участке со значительной степенью обогрева преобладали сообщества с доминированием синезеленых водорослей, они развивались в зоне заплеска, у уреза воды и до глубины 1 м и более. Доминировала *Lyngbya putealis* Mont. На участке водоема с минимальным обогревом основную роль играли сообщества с доминированием зеленых нитчатых водорослей, занимая основную площадь поверхности субстрата. Доминировала *Cladophora glomerata* (L.) Kütz. Сообщества с доминированием синезеленых водорослей на участке, подверженном минимальному обогреву, развивались лишь у кромки воды. Доминировал *Phormidium autumnale* (Ag.) Gom. f. *uncinata* (Ag.) Kondrat.

В состав ведущего комплекса водорослей перифитона водоема-охладителя на участке со значительным обогревом в качестве субдоминантов входило 14 видов. Из них 9 видов принадлежали к отделу *Cyanophyta*, 1 вид — к отделу *Chlorophyta* и 4 вида — к отделу *Bacillariophyta*. При этом 6 видов синезеленых водорослей (*Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm., *Oscillatoria princeps* Vauch., *O. formosa* Bory, *O. brevis* (Kütz.) Gom., *Symploca thermalis* (Kütz.) Rabenh. и *Anabaena sphaerica* Born. et Flah. f. *conoidea* Elenk.), а также *Cosmarium granatum* Breb. (*Chlorophyta*) на участке с минимальным обогревом найдены вообще не были, а три вида *Cyanophyta* (*Oscillatoria anguina* (Bory) Gom., *Ph. bohneri* Schmidle и *Microcoleus lacustris* (Rabenh.) Farl.) и три вида диатомовых водорослей (*Cymbella tumida* (Bréb. in Kütz.) V. H., *Nitzschia palea* (Kütz.) W. Sm. и *Gomphonema parvulum* Kütz.) на участке с минимальным обогревом встречались редко и в небольшом количестве и были отнесены к числу сопутствующих и случайных (индекс доминирования меньше 1). В состав ведущего комплекса в качестве субдоминантов на участке водоема с минимальным обогревом входило 5 видов. Из них 1 вид принадлежал к отделу *Cyanophyta* и 4 вида — к отделу *Bacillariophyta*. Следовательно, ведущий комплекс фитоперифитона на участках водоема-охладителя, различающихся по степени обогрева, составляли разные виды водорослей.

Большим сходством на участках водоема-охладителя с разной степенью обогрева характеризовался видовой состав водорослей перифитона в целом (КФО 62%). Наименьшей степенью сходства характеризовался видовой состав *Cyanophyta* — КФО 53%, большей степенью сходства — видовой состав зеленых (КФО 61%) и диатомовых водорослей (КФО 66%).

Распределение видов водорослей по участкам водоема-охладителя с разной степенью обогрева было очень неравномерным. Наибольшим видовым богатством характеризовался участок со значительной степенью обогрева, где найдено 108 видов, представленных 119 внутривидовыми таксонами (включая те, которые содержат номенклатурный тип вида) из пяти отделов. На участке с минимальным обогревом найдено 72 вида водорослей, представленных 79 внутривидовыми таксонами, из четырех отделов. На обоих участках наиболее разнообразно были представлены диатомовые водоросли. Флористические спектры водорослей для обоих участков довольно сходные. Однако на участке с минимальным обогревом доля диатомовых все же выше (51,4%) по сравнению с участком со значительной степенью обогрева (41,8%) (табл.). Второе место по видовому богатству занимали синезеленые водоросли, их роль на значительно обогреваемом участке была более существенной (37,0%), чем на минимально обогреваемом (30,6%). Третье место принадлежало зеленым водорослям. Они также были более разнообразно представлены на участке со

значительным обогревом (19,4%), чем на участке с минимальным обогревом (16,6%). Водоросли из других отделов встречались в основном на участке со значительным обогревом и были представлены единичными видами.

Таблица

Число видов (внутривидовых таксонов) водорослей перифитона в водоеме-охладителе Чернобыльской АЭС в разные периоды ее эксплуатации

| Таксоны | До аварии | | | После аварии | | | После вывода ЧАЭС из эксплуатации | | |
|-----------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | I | II | Всего | I | II | Всего | I | II | Всего |
| Суанophyta | $\frac{40}{37,0}$ | $\frac{22}{30,6}$ | $\frac{46}{35,6}$ | $\frac{16}{21,6}$ | $\frac{3}{9,4}$ | $\frac{17}{21,5}$ | $\frac{6}{8,8}$ | $\frac{4}{7,5}$ | $\frac{6}{7,8}$ |
| Euglenophyta | $\frac{1}{0,9}$ | $\frac{1}{1,4}$ | $\frac{2}{1,5}$ | $\frac{1}{1,4}$ | — | $\frac{1}{1,3}$ | — | $\frac{1}{1,9}$ | $\frac{1}{1,3}$ |
| Dinophyta | $\frac{1}{0,9}$ | — | $\frac{1}{0,8}$ | $\frac{1}{1,4}$ | — | $\frac{1}{1,3}$ | — | — | — |
| Bacillariophyta | $\frac{45(56)}{41,8}$ | $\frac{37(44)}{51,4}$ | $\frac{54(65)}{41,9}$ | $\frac{34(45)}{45,9}$ | $\frac{23(29)}{71,8}$ | $\frac{38(51)}{48,1}$ | $\frac{41(48)}{60,3}$ | $\frac{36(47)}{68,0}$ | $\frac{47(59)}{61,0}$ |
| Rhodophyta | — | — | — | — | — | — | $\frac{1}{1,5}$ | — | $\frac{1}{1,3}$ |
| Chlorophyta | $\frac{21}{19,4}$ | $\frac{12}{16,6}$ | $\frac{26}{20,2}$ | $\frac{22}{29,7}$ | $\frac{6}{18,8}$ | $\frac{22}{27,8}$ | $\frac{20}{29,4}$ | $\frac{12}{22,6}$ | $\frac{22}{28,6}$ |
| В целом | $\frac{108(119)}{100}$ | $\frac{72(79)}{100}$ | $\frac{129(140)}{100}$ | $\frac{74(85)}{100}$ | $\frac{32(38)}{100}$ | $\frac{79(92)}{100}$ | $\frac{68(75)}{100}$ | $\frac{53(64)}{100}$ | $\frac{77(89)}{100}$ |

Примечание. Над чертой указано число видов и внутривидовых таксонов (в скобках), под чертой — доля в %, рассчитанная по отношению к общему числу видов. Римскими цифрами (I и II) обозначены участки водоема-охладителя соответственно со значительной и минимальной степенью обогрева.

Выявлена приуроченность отдельных видов *Cyanophyta* к участкам водоема с определенной степенью обогрева: к участку со значительной степенью обогрева — *Lyngbya putealis*, *L. aestuarii*, *Anabena sphaerica* f. *conoidea*, *Oscillatoria princeps*, *O. formosa*, *O. brevis*, *Symploca thermalis*, с минимальной степенью обогрева — *Phormidium autumnale* f. *uncinata*.

Всего в августе 1983 г. в обрастаниях твердого неорганического субстрата в водоеме-охладителе ЧАЭС было обнаружено 129 видов водорослей, представленных 140 внутривидовыми таксонами (включая те, которые содержат номенклатурный тип вида) из пяти отделов. В составе фитоперифитона преобладали диатомовые (54 вида, или 41,9% общего числа найденных видов) и синезеленые (46 видов, или 35,6%) водоросли. Третье место занимали зеленые водоросли (26 видов, или 20,2%). Водоросли из других отделов были представлены единичными видами.

После аварии (в августе 1995 г.) интенсивность развития водорослей, вегетирующих на твердом неорганическом субстрате в водоеме-охладителе ЧАЭС, уменьшилась незначительно по сравнению с показателями в доаварийный период. Они образовывали макроскопические обрастания, видимые невооруженным глазом, на всех обследованных станциях и участках водоема-охладителя. Облицовки береговых откосов были окаймлены обрастаниями, образуемыми водорослями, которые развивались в зоне заплеска, у уреза воды и на глубине до 1 м и более. Так же, как и до аварии, характер их обрастаний и интенсивность развития на участках водоема с разной степенью существенно различались. На участке, подверженном значительному обогреву, преобладали сообщества с доминированием синезеленых водорослей, они развивались в зоне заплеска, у уреза воды и до глубины 1 м и более. Спорадически, занимая небольшие площади, на участке со значительным обогревом встречались сообщества с доминированием зеленых нитчатых и диатомовых водорослей.

На участке водоема с минимальным обогревом основную роль играли сообщества с доминированием зеленых нитчатых водорослей, занимая основную площадь поверхности субстрата. Сообщества с доминированием синезеленых водорослей на участке, подверженном минимальному обогреву, развивались лишь у кромки воды. Занимая небольшие площади, на участке с минимальным обогревом встречались также сообщества с доминированием *Bacillariophyta*.

На участках водоема, различающихся по степени обогрева, доминировали разные виды водорослей. На участке со значительным обогревом преобладала *Lyngbya putealis*, принадлежащая к отделу *Cyanophyta*. Менее значительную роль играли *Cladophora glomerata*, *Oedogonium* sp. и *Spirogyra* sp. из отдела *Chlorophyta*, а также *Navicula cryptocephala* Kütz. и *Nitzschia palea* из отдела *Bacillariophyta*. На участке водоема-охладителя с минимальным обогревом на всех станциях преобладала *Cladophora glomerata*. Менее значительную роль играл *Phormidium autumnale* f. *uncinata*. Реже и лишь на отдельных станциях доминировали *Diatoma vulgare* Bory, *Navicula tripunctata*, *Encyonema minuta* (Hilse ex Rabenh.) Mann in Round, Crawf., Mann и другие виды из отдела *Bacillariophyta*.

В состав ведущего комплекса водорослей перифитона водоема-охладителя на участке со значительным обогревом в качестве субдоминантов входило 8 видов. Из них 3 вида принадлежали к отделу *Cyanophyta* и 5 видов — к отделу *Bacillariophyta*. В состав ведущего комплекса в качестве субдоминантов на участке водоема с минимальным обогревом входило 3 вида *Bacillariophyta*. Следовательно, ведущий комплекс фитоперифитона на участках водоема-охладителя, различающихся по степени обогрева, составляли разные виды водорослей.

Видовой состав водорослей перифитона в целом на участках водоема-охладителя с разной степенью обогрева характеризовался довольно большими отличиями (КФО 47%). Наименьшей степенью сходства характеризовался видовой состав *Cyanophyta* (КФО 35%) и *Chlorophyta* (КФО 35%), как большей — видовой состав диатомовых водорослей (КФО 56%).

Распределение видов водорослей по участкам водоема-охладителя с разной степенью обогрева было очень неравномерным. Наибольшим видовым богатством характеризовался участок со значительной степенью обогрева. Всего здесь было обнаружено 74 вида водорослей, представленных 85 внутривидовыми таксонами (включая те, которые содержат номенклатурный тип вида) из пяти отделов. На участке с минимальной степенью обогрева найдено 32 вида водорослей (38 внутривидовых таксонов) из трех отделов. На обоих участках наиболее разнообразно представлены *Bacillariophyta*. Флористические спектры водорослей для обоих участков довольно сходные. Однако на участке с минимальным обогревом доля диатомовых все же выше (71,86% общего числа найденных видов) по сравнению с участком со значительной степенью обогрева (45,9%). Второе место по видовому богатству занимали зеленые водоросли, их роль на значительно обогреваемом участке была более существенной (29,7%), чем на минимально обогреваемом (18,8%). Третье место принадлежало синезеленым водорослям. Они также более разнообразно были представлены на участке со значительным обогревом (21,6%), чем на участке с минимальным обогревом (9,4%). Водоросли из других отделов встречались в основном на участке со значительным обогревом и были представлены единичными видами.

Всего после аварии в обрастаниях твердого неорганического субстрата в водоеме-охладителе ЧАЭС было обнаружено 79 видов водорослей, представленных 92 внутривидовыми таксонами (включая те, которые содержат номенклатурный тип вида) из пяти отделов. В составе фитоперифитона преобладали диатомовые водоросли (38 видов, или 48,1% общего числа найденных видов). Второе место занимали зеленые водоросли (22 вида, или 27,8%). Третье место принадлежало синезеленым водорослям (17 видов, или 21,5%). Водоросли из других отделов были представлены единичными видами.

После вывода ЧАЭС из эксплуатации (в августе 2001 г.) интенсивность развития водорослей, вегетирующих на твердом неорганическом субстрате в водоеме-охладителе ЧАЭС, уменьшилась незначительно по сравнению с показателями в доаварийный и послеаварийный периоды. Они образовывали макроскопические обраста-

ния, видимые невооруженным глазом, на всех обследованных станциях и участках водоема-охладителя. Облицовки береговых откосов были окаймлены обрастаниями, образуемыми водорослями, которые развивались в зоне заплеска, у уреза воды и на глубине до 1 м и более.

Однако после вывода ЧАЭС из эксплуатации характер распределения водорослевых сообществ резко изменился. В августе 2001 г. при температуре воды 26°C в условиях естественного температурного режима на разных участках водоема-охладителя развивались сообщества с преобладанием фактически одних и тех же видов водорослей. В основном фитоперифитон был представлен сообществами с доминированием зеленых нитчатых водорослей. Доминировала *Cladophora glomerata* и реже — *Oedogonium* sp. Сообщества водорослей с доминированием Cyanophyta встречались лишь в виде отдельных вкраплений. Доминировал *Calothrix elenkinii*.

В состав ведущего комплекса водорослей перифитона водоема-охладителя в качестве субдоминантов входило 8 видов *Bacillariophyta*. Ведущий комплекс водорослей перифитона, найденных на разных участках, характеризовался большим сходством (КФО 75%).

В целом видовой состав водорослей перифитона, найденных на разных участках водоема-охладителя, также характеризовался большим сходством (КФО 72%). То же касается и видовой состава водорослей перифитона, принадлежащих к разным отделам (КФО видовой состава *Cyanophyta* составлял 80%, *Chlorophyta* — 63%, *Bacillariophyta* — 76%).

Распределение видов водорослей по участкам водоема-охладителя было более равномерным, чем в доаварийный и послеаварийный периоды. На участке, до аварии подверженном значительному обогреву, обнаружено 68 видов водорослей, представленных 75 внутривидовыми таксонами (включая те, которые содержат номенклатурный тип вида) из трех отделов. На участке, до аварии подверженном минимальному обогреву, найдено 53 вида водорослей (64 внутривидовых таксона) из четырех отделов. На обоих участках наиболее разнообразно представлены *Bacillariophyta*. Флористические спектры водорослей для обоих участков довольно сходные. Однако на участке, до аварии подверженном минимальному обогреву, доля диатомовых все же выше (68,0% общего числа найденных видов) по сравнению с участком, до аварии подверженном значительному обогреву (60,3%). Второе место по видовому богатству занимали зеленые водоросли, их роль на участке, до аварии подверженном значительному обогреву, была более существенной (29,4%), чем на участке, до аварии подверженном минимальному обогреву (22,6%). Третье место принадлежало синезеленым водорослям. Они также более разнообразно были представлены на участке, до аварии подверженном значительному обогреву (8,8%), чем на участке, до аварии подверженном минимальному обогреву (7,5%). *Euglenophyta*, представленные одним видом, были найдены лишь на участке, до аварии подверженном значительному обогреву.

Всего после вывода ЧАЭС из эксплуатации в обрастаниях твердого неорганического субстрата в водоеме-охладителе было обнаружено 77 видов водорослей, представленных 89 внутривидовыми таксонами (включая те, которые содержат номенклатурный тип вида) из четырех отделов. В составе фитоперифитона преобладали диатомовые водоросли (47 видов, или 61,0% общего числа найденных видов). Второе место занимали зеленые водоросли (22 вида, или 28,6%). Третье место принадлежало синезеленым водорослям (6 видов, или 7,8%). Водоросли из других отделов были представлены единичными видами.

Таким образом, после аварии, а также после вывода ЧАЭС из эксплуатации интенсивность развития водорослей, вегетирующих на твердом неорганическом субстрате в водоеме-охладителе ЧАЭС, уменьшилась незначительно по сравнению с

показателями в доаварийный период. Однако после вывода ЧАЭС из эксплуатации характер распределения водорослевых сообществ резко изменился.

И в 1983 г., и после аварии на участках водоема-охладителя, различающихся по степени обогрева, доминировали разные виды водорослей. После вывода ЧАЭС из эксплуатации в августе 2001 г. при температуре воды 26°C в условиях естественного температурного режима на разных участках водоема-охладителя развивались сообщества с преобладанием фактически одних и тех же видов водорослей.

Состав ведущего комплекса водорослей перифитона водоема-охладителя на уровне субдоминантов после аварии и после вывода ЧАЭС из эксплуатации претерпел существенные изменения. Резко сократилось число видов синезеленых водорослей.

После аварии и после вывода ЧАЭС из эксплуатации видовое богатство водорослей перифитона, развивающихся в водоеме-охладителе, резко уменьшилось (с 129 до 77). Наиболее резко сократилось число видов *Cyanophyta* (с 46 до 6). Число видов зеленых и диатомовых водорослей уменьшилось незначительно (с 26 до 22 видов и с 54 до 47 видов, соответственно).

После аварии, а также после вывода ЧАЭС из эксплуатации систематическая структура водорослей, развивающихся на твердом неорганическом субстрате в водоеме-охладителе, изменилась. До аварии на всех участках и в целом в водоеме-охладителе были наиболее разнообразно представлены диатомовые водоросли. Второе место занимали синезеленые, третье — зеленые водоросли. После аварии, а также после вывода ЧАЭС из эксплуатации, по-прежнему наиболее разнообразно на всех участках и в целом в водоеме-охладителе были представлены диатомовые водоросли. Однако второе место принадлежало зеленым водорослям. Роль синезеленых уменьшилась, и они занимали лишь третье место. Произошли изменения и на уровне ведущих семейств и родов.

До аварии среди синезеленых водорослей, вегетирующих на участке водоема-охладителя со значительным обогревом, были встречены (и нередко в большом количестве) виды, широко распространенные в термальных источниках. Из них к числу факультативных термофилов, судя по оригинальным и литературным данным [1, 2, 4–8, 10–12, 14], относилось более 30 видов. Многие из них составляли ведущий комплекс водорослей на участке водоема-охладителя со значительным обогревом, в том числе *Lyngbya putealis*, *L. aestuarii*, *Oscillatoria princes*, *O. anguina*, *O. formosa*, *O. brevis*, *Ph. bohneri*, *Symploca thermalis*.

Многие виды, относящиеся к числу факультативных термофилов и развивавшиеся на участке водоема со значительным обогревом до аварии, после нее вообще не были найдены. Часть из них встречалась на участке со значительным обогревом очень редко и в небольшом количестве. И только три вида — *Lyngbya putealis*, *L. aestuarii* и *Phormidium foveolarum* — входили здесь в состав ведущего комплекса водорослей. После вывода ЧАЭС из эксплуатации ни один из этих видов *Cyanophyta* в водоеме-охладителе найден не был.

Следовательно, после аварии на Чернобыльской АЭС произошли существенные изменения в структуре сообществ водорослей, вегетирующих в перифитоне водоема-охладителя.

Основным фактором, влияющим на формирование структуры сообществ организмов в водоемах-охладителях, является тепло (мощность, состав, флуктуации, топливо, режим работы энергоблоков и др.). После аварии на Чернобыльской АЭС резко изменился режим работы ее энергоблоков, уменьшилось количество работающих блоков, что повлекло за собой существенное изменение термального режима водоема-охладителя в целом. По-видимому, именно оно и явилось основной причиной изменения структуры сообществ водорослей перифитона, уменьшения роли факультативно термофильных видов синезеленых водорослей и их исчезновения из состава фитоперифитона.

Заключение

После аварии, а также после вывода ЧАЭС из эксплуатации интенсивность развития водорослей, вегетирующих на твердом неорганическом субстрате в водоеме-охладителе ЧАЭС, уменьшилась незначительно по сравнению с показателями в доаварийный период. Однако после вывода ЧАЭС из эксплуатации в условиях естественного температурного режима характер распределения водорослевых сообществ в перифитоне водоема-охладителя резко изменился. На разных участках водоема-охладителя в этот период были найдены сходные сообщества водорослей с доминированием фактически одних и тех же видов. Состав ведущего комплекса водорослей перифитона водоема-охладителя на уровне субдоминантов претерпел существенные изменения. Резко сократилось число видов синезеленых водорослей. После аварии и после вывода ЧАЭС из эксплуатации видовое богатство водорослей перифитона, развивающихся в водоеме-охладителе, резко уменьшилось. Наиболее резко сократилось число видов *Cyanophyta*. Из состава фитоперифитона элиминировали термофильные виды синезеленых водорослей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балашова Н. Б. Материалы к альгофлоре некоторых термальных источников Азербайджана // Вестн. Ленингр. ун-та. 1974. Вып. 2. № 9. С. 36–43.
2. Балашова Н. Б. К флоре водорослей термальных источников Верхнего Истису // Вестн. Ленингр. ун-та. 1975. Вып. 1. № 3. С. 35–39.
3. Василевич В. И. Статистические методы в геоботанике. Л.: Наука, 1969. 232 с.
4. Еленкин А. А. Синезеленые водоросли СССР. М.-Л.: Изд-во АН СССР. Общая часть. 1936. 684 с.; Спец. часть. Вып. 1. 1938. 984 с.; Вып. 2. 1949. 1908 с.
5. Никитина В. Н. Синезеленые водоросли некоторых термальных источников Кавказа // Вестн. Ленингр. ун-та. 1974. Вып. 2. № 9. С. 56–63.
6. Никитина В. Н. Ассоциации синезеленых водорослей некоторых термальных источников Ставропольского и Краснодарского краев и Грузинской ССР // Вестн. Ленингр. ун-та. 1975. Вып. 1. № 3. С. 54–59.
7. Никитина В. Н. Синезеленые водоросли минеральных и термальных источников Кроноцкого заповедника // Вестн. Ленингр. ун-та. 1983. Вып. 3. № 15. С. 47–53.
8. Рзаева С. Г. Первые сведения о водорослевой флоре горячих источников Астаринского района Азербайджана // Докл. АН АзССР. 1983. 39. № 8. С. 66–68.
9. Топачевский А. В., Масюк Н. П. Пресноводные водоросли Украинской ССР. Киев: Вища шк., 1984. 333 с.
10. Anagnostidis K. Untersuchungen über die Cyanophyceen einiger Thermen in Griechenland. Thessaloniki, 1961. 322 s.
11. Claus G. Studien über die Algenvegetation der Thermalquelle von Bukkszek // Arch. Hydrobiol. 1959. 55. № 1. P. 1–29.
12. Copeland J. J. Yellowstone thermal Myxophyceae // Ann. N. Y. Acad. Sci. 1936. 26. Art. 1. P. 1–23.
13. Kownacki A. Taxocens of Chironomidae in streams of the Polish High Tatra MTS // Acta Hydrobiol. 1971. 13. № 4. P. 439–464.
14. Thomas J., Gonzalves E. A. Thermal algae of western India. I. Algae of the hot springs at Alkoli and Ganespuri // Hydrobiologia. 1965. 25. № 3–4. P. 330–340.