



Биолог. журн. Армении, 4 (68), 2016

ОЦЕНКА СХОДСТВА ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФИТОПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА РАЗНОТИПНЫХ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Л.Г. СТЕПАНЯН¹, Л.Р. ГАМБАРЯН^{1,2}

НЦ зоологии и гидроэкологии НАН РА; Институт гидроэкологии и ихтиологии,
listeus@yahoo.com

Ереванский госуниверситет, кафедра экологии и охраны природы
lusinehambaryan@ysu.am

В 2015 г., были проведены исследования количественных и качественных показателей фитопланктона разнотипных водоемов: р. Мармарик, места слияния рек Мармарик и Раздан и водохранилища Ахпара. В изученных пунктах наблюдения из зарегистрированных 109 видов водорослей 30 (29%) имели высокую частоту встречаемости и являлись видами с широкой степенью толерантности. Наиболее высокие показатели сходства видового состава фитопланктона отмечены для р. Раздан и его притока р. Мармарик, что позволяет сделать вывод о влиянии гидрофизических и гидробиологических показателей р. Мармарик на формирование показателей фитопланктонного сообщества р. Раздан.

Фитопланктонное сообщество – коэффициент Соренсена – частота встречаемости

2015 թ. կատարվել են տարաբնույթ հիդրոլոգիական ռեժիմ ունեցող Սարմարիկ գետի, Հրազդան և Մարմարիկ գետերի խառնման հատվածի և Ախպարա ջրամբարի ֆիտոպլանկտոնային համակցությունների բանական և որակական ուսումնասիրություններ: Ուսումնասիրված դիտակետերում գրանցված ջրիմուռներից 30-ը (29%) ունեցել են հանդիպման բարձր հաճախականություն և տոլերանտության լայն սահմաններ ունեցող տեսակներ: Ֆիտոպլանկտոնային համակցության տեսակային կազմի մեծ նմանություն գրանցվել է Հրազդանի և նրա վտակ Մարմարիկի միջև, որը պայմանավորված է ոչ միայն հիդրոֆիզիկական և հիդրոլոգիական պայմանների ընդհանրությամբ, այլև թույլ է տալիս եզրակացնել, որ Հրազդան գետի ֆիտոպլանկտոնի տեսակային կազմի ձևավորման վրա իր ազդեցությունն ունի Սարմարիկ գետի ջրիմուռների տեսակային կազմը:

Ֆիտոպլանկտոնային համակցություն – Սորենսենի գործակից – հանդիպման հաճախականություն

The quantitative parameters and species composition of phytoplankton community in the polytypic water bodies, namely Marmarik river, in the confluence of the Marmarik and Harzdan rivers and Akhpara reservoir in 2015 were studied. At the studied observation sites the 30 algae species (29 %) had a high frequency of occurrence and wide range of tolerance. High similarity of phytoplankton composition was recorded between Hrazdan and its tributary – Marmarik river, which is caused not only by the generality of hydrophysical and hydrological conditions but also leads to a conclusion that the algae species of Marmarik river contributes to the formation of phytoplankton composition of the Hrazdan river.

Phytoplankton community – Sorensen coefficient – frequency of occurrence

Формирование качества воды больших рек довольно сложный процесс, в котором большое влияние имеют гидрохимические и гидрофизические показатели впадающих рек. Фитопланктон как первичное автотрофное звено быстро реагирует на изменения водной среды, а флуктуация и разнообразие фитопланктонного сообщества широко используются при оценке биологических показателей качества воды. На развитие показателей фитопланктона влияет гидрологический режим водоемов, в частности скорость течения. Таким образом, количественные характеристики, флористический состав фитопланктона в разнотипных водных экосистемах, в гидросистеме река – водохранилище должны отличаться друг от друга [4].

Нами изучены основные показатели фитопланктона разнотипных водоемов рр. Раздан и Мармарик, а также в-ща Ахпара. Раздан берет свое начало из озера Севан, ее длина составляет 141 км, площадь водосборного бассейна около 2560 км². Воды реки используются в энергетических целях и орошения. Самым крупным притоком р. Раздан является р. Мармарик (37 км), площадь водосбора 427 км², воды ее используются для орошения. На р. Раздан в 1953 году в энергетических целях построено в-ще Ахпара, с объемом воды 5.6 млн. м³ [10].

Исследуемые гидроэкосистемы по гидрологическому режиму являются разнотипными водными экосистемами, и, следовательно, формирование основных показателей фитопланктона должны различаться.

Цель работы – изучить количественные показатели, видовой состав фитопланктона р. Мармарик и выявить его влияние на формирование фитопланктона р. Раздан, а также сравнить флористический состав водорослей рек с фитопланктоном в в-ще Ахпара.

Материал и методика. Изучения гидробиологических показателей р. Мармарик и в-ща Ахпара проводились с 2003 по 2005 гг. [2, 8]. Исследования рр. Раздан, Мармарик и в-ща Ахпара, нами были проведены весной (май), летом (июль) и осенью (сентябрь) 2015 года. Выбраны следующие пункты пробоотбора: нижнее течение р. Мармарик (1), место слияния рр. Мармарик и Раздан (2), береговая часть в-ща Ахпара (3).

Консервация и обработка проб проводились согласно современным гидробиологическим методам [1]. Пробы отбирались объемом 1 л, фиксировались 40%-ным раствором формалина (0,4% окончательная концентрация) и хранились в темном месте. Дальнейшие исследования проводились в лабораторных условиях. Расчет численности клеток и идентификация видов осуществлялись с помощью микроскопа XSZ-107 BN в камере Нажотта объемом 0,01 мл.

Для определения видового состава водорослей использовался ряд определителей [5, 7, 9, 13].

Степень сходства видового состава фитопланктона рек и водохранилища рассчитывалась по коэффициенту Соренсена [11]

$$K=2j / a + b ,$$

где a и b – число видов, обнаруженных в каждом из сравниваемых биоценозов, j – число общих для них видов.

Был рассчитан индекс частоты встречаемости видов [6] фитопланктона рр. Раздан, Мармарик и в-ща Ахпара.

Результаты и обсуждение. В наших исследованиях 2015 г. выявлено, что в р. Мармарик, в месте слияния рек Мармарик и Раздан основной состав фитопланктона был образован отделами: Bacillariophyta (диатомовые), Chlorophyta (зеленые), Cyanophyta (синезеленые) и Euglenophyta (эвгленовые). В водохранилище Ахпара основными отделами были: Bacillariophyta, Chlorophyta, Cyanophyta. Во всех трех пунктах пробоотбора по количественным и качественным показателям доминировали диатомовые водоросли (рис. 1).

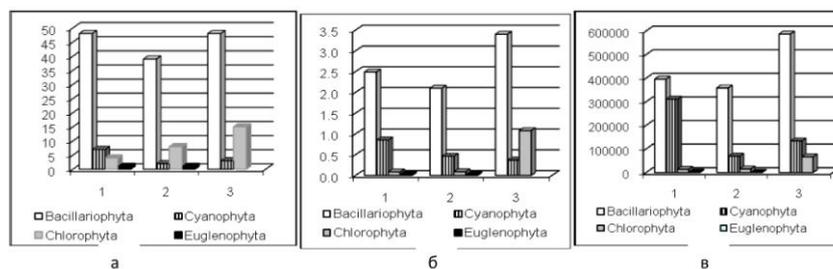


Рис. 1. Динамика средних показателей видового состава(а), численности к/л (б) и биомассы г/м³ (в) водорослей 1 – в р. Мармарик, 2- в месте слияния рек Мармарик и Раздан и 3– в-ще Ахпара.

Таблица 1. Видовой состав фитопланктона разнотипных водоемов. 1- р. Мармарик, 2- место слияния рек Мармарик и Раздан, 3- в-ще Ахпара [3].

Виды водорослей	р.Марма- рик	Место слияния двух рек	В-ще Ахпара	Частота встречае- мости, %	Приуроченность к местообитанию фитопланктона
1	2	3	4	5	6
Отдел Cyanophyta					
1. <i>Aphanothece clathrata</i> W.	+	+	+	100	P*
2. <i>Anabaena flos aquae</i> (L.) Ralfs.	+		+	67	P
3. <i>Microcystis aeruginosa</i> (Kutz.) Kutz.	+	+	+	100	P
4. <i>Oscillatoria lauterbornii</i> Schmidle	+			33	-
5. <i>Oscillatoria tenuis</i> f. <i>tenuis</i> Ag.	+			33	P-B*
6. <i>Plectonema tomasinianum</i> Gom.	+			33	B *
7. <i>Spirulina</i> sp.	+			33	-
Отдел Bacillariophyta					
8. <i>Achnantes microcephala</i> (Kutz.) Grun.	+	+	+	100	B
9. <i>Achnantes minutissima</i> Kutz.	+			33	B
10. <i>Amphora ovalis</i> Kutz.	+		+	67	B
11. <i>Amphyleura pellucida</i> Kutz.			+	33	B
12. <i>Asrterionella formosa</i> Hass.	+	+	+	100	P
13. <i>Caloneis amphisbaena</i> (Bory) Cleve	+			33	B
14. <i>Ceratoneis arcus</i> (Ehrb.) Kutz.	+	+	+	100	B
15. <i>Closterium acerosum</i> (Ehrb) Ralfs.	+			33	-
16. <i>Cocconeis placentula</i> Ehrb.	+	+	+	100	P-B
17. <i>C. pediculus</i> Ehrb.	+	+	+	100	B
18. <i>Cyclotella comta</i> (Ehr.) Kutz.	+	+	+	100	P
19. <i>C. radiosa</i> (Grun.) Lemm.		+		33	P
20. <i>Cymbella cistula</i> (Ehrb.) Kirchn.			+	33	B
21. <i>C. lanceolata</i> (Ehrb.) Kirchn.	+		+	67	B
22. <i>C. linearis</i> Ostrap.	+			33	-
23. <i>C. parva</i> (W. Sm.) Kirchn.	+			33	B
24. <i>C. prostrata</i> (Berk.) Cleve	+	+	+	100	B
25. <i>C. ventricosa</i> var. <i>ventricosa</i>	+		+	67	B
26. <i>Cymatopleura solea</i> W. Sm.		+	+	67	-
27. <i>Diatoma hiemale</i> (Lyngb.) Heib.	+	+	+	100	P-B
28. <i>D. vulgare</i> Bory	+	+	+	100	P-B
29. <i>D. elongatum</i> (Lyngb.) Ag.	+	+	+	100	P-B
30. <i>Didmosphenia geminata</i> (Lyngb)	+	+		67	B
31. <i>Diploneis ovalis</i> Cleve			+	33	B
32. <i>Eunotia arcus</i> Ehrb.	+			33	B
33. <i>Fragilaria capucina</i> Desm.	+	+	+	100	B
34. <i>F. construens</i> (Ehrb.) Hust.			+	33	P-B
35. <i>F. crotonensis</i> Kitt.	+	+	+	100	P
36. <i>F. islandica</i> Grun.			+	33	-

ОЦЕНКА СХОДСТВА ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФИТОПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА РАЗНОТИПНЫХ ВОДНЫХ...

1	2	3	4	5	6
37. <i>Frustulia rhomboidis</i> (Ehrb.) De Toni			+	33	B
38. <i>Gomphonema angustatum</i> (Kutz.) Rbh.	+			33	B
39. <i>G. pumilum</i> var. <i>elegans</i> Reichardt	+	+		67	-
40. <i>G. olivaceum</i> (Lyngb.) Kutz.			+	33	B
41. <i>Gyrosigma attenuatum</i> (Kutz.) Rabenh.			+	33	P-B
42. <i>Hantzchia amphioxys</i> (Ehrb.) Grun.	+			33	B
43. <i>Melosira varians</i> Ag.	+	+	+	100	P-B
44. <i>Meridion circulare</i> Ag.			+	33	B
45. <i>Navicula anglica</i> (Greg.) Ralfs.			+	33	B
46. <i>N. cryptocephala</i> (Kutz.)	+	+	+	100	B
47. <i>N. directa</i> W. Sm.			+	33	B
48. <i>N. gastrum</i> (Ehrb.) Kutz.	+			33	B
49. <i>N. gracilis</i> Ehrb.	+	+		67	B
50. <i>N. menisculus</i> Schum.			+	33	B
51. <i>N. oblonga</i> Kutz.	+	+		67	B
52. <i>N. peregrine</i> (Ehrb.) Kutz.	+			33	B
53. <i>N. pygmaea</i> Kutz.			+	33	B
54. <i>N. radiosa</i> Kutz.	+	+	+	100	B
55. <i>N. robusta</i> (Ehrb.)	+			33	B
56. <i>N. rotacana</i> (Rabenh.) Grun			+	33	-
57. <i>N. rhyncocephala</i> Kutz.		+		33	B
58. <i>Neidium affine</i> (Ehrb.) Pfitz.			+	33	B
59. <i>N. iridis</i> (Ehrb.) Cleve	+			33	B
60. <i>Nitzschia acicularis</i> (Kutz.) W. Sm.	+			33	P-B
61. <i>N. amphibia</i> Grun.	+			33	P-B
62. <i>N. angustata</i> (W. Sm.) Grun.	+			33	P
63. <i>N. dissipata</i> (Kutz.) Grun.	+	+	+	100	B
64. <i>N. fonticola</i> Grun.			+	33	B
65. <i>N. hantzschiana</i> Rabenh.		+		33	B
66. <i>N. kuetzingiana</i> Hilse		+		33	B
67. <i>N. linearis</i> (Ag.) W.Sm.	+		+	67	B
68. <i>N. palea</i> (Kutz.) W. Sm.		+	+	67	P-B
69. <i>N. sigmoidea</i> (Nitzsch) W. Sm.		+		33	P-B
70. <i>Pinnularia leptosoma</i> (Grun.) Cl.		+		33	B
71. <i>P. virdis</i> (Nitzsch.) Ehrb.	+	+	+	100	P-B
72. <i>Rhoicophenia curvata</i> (Kutz.) Grun.	+	+	+	100	P-B
73. <i>Stephanodiscus astraea</i> Grun	+	+	+	100	P
74. <i>S. hantzschii</i> Grun			+	33	P
75. <i>Surirella angustata</i> Kutz.	+	+	+	100	B
76. <i>S. ovata</i> Kutz.	+	+	+	100	B
77. <i>S. robusta</i> Ehrb.	+	+	+	100	P-B
78. <i>Stauroneis acuta</i> W. Sm.		+		33	B
79. <i>S. anceps</i> Ehrb.	+	+		67	P-B
80. <i>S. phoenicentron</i> (Nitzsch.) Ehrb.	+	+	+	100	B
81. <i>Synedra acus</i> Kutz.	+	+	+	100	P
82. <i>S. ulna</i> Kutz.		+		33	P
83. <i>Tabellaria fenestrata</i> Kutz.			+	33	P-B
Отдел Chlorophyta					
84. <i>Ankistrodesmus acicularis</i> Korsch.	+	+	+	100	P
85. <i>Ankistrodesmus falcatus</i> Ralfs.	+	+	+	100	P-B
86. <i>Characium accuminatum</i> A. Br.		+	+	67	-
87. <i>Characium naegali</i> A. Br.			+	33	-
88. <i>Characium sieboldii</i> A. Br.			+	33	-
89. <i>Chlorella vulgaris</i> Beijer.		+	+	67	P-B
90. <i>Coelastrum reticulatum</i> (Dang) Senn	+			33	P-B
91. <i>Dictiosphaerium pulchellum</i> Wood			+	33	P-B
92. <i>Oocystis borgei</i> Snow			+	33	P-B
93. <i>Oocystis solitaria</i> Wittr.			+	33	P
94. <i>Pandorina morum</i> Bory			+	33	P

1	2	3	4	5	6
95. <i>Scenedesmus obtusus</i> Meyen			+	33	P-B
96. <i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turp) Breb.		+	+	67	P
97. <i>Selenastrum gracile</i> Reinsch			+	33	-
98. <i>Staurastrum boreale</i> W.	+	+		67	-
99. <i>S. sp.</i>		+		33	-
100. <i>Tetraedron minimum</i> (A. Br.) Hansg.		+	+	67	P-B
101. <i>Volvox aureus</i> Ehrb.			+	33	P
Отдел Euglenophyta					
102. <i>Trachelamonas volvocina</i> Ehrb.	+	+		67	B

P*-планктонные виды, B*-бентосные виды, P*-B- планктонно-бентосные виды

В в-ще Ахпара было обнаружено 68 видов водорослей, из коих 50 диатомовые, 15 зеленые, 3 синезеленые. Из общего количества видов 40% бентосные, 27% планктонно-бентосные и 21% планктонные (табл. 1).

По количеству видов среди диатомей доминировали роды *Navicula* (13 видов), *Nitzschia* (10), *Symbella* (6), а среди зеленых – *Characium* (3 вида) (табл. 1).

Наибольшие количественные показатели фитопланктона р. Мармарик наблюдались в летний период, суммарно составляя 1012500 кл/л и 4.9 г/м³ по численности и биомассе. Доминировали диатомовые водоросли, составляя 66% от суммарной численности и 79% от суммарной биомассы сообщества (рис. 2). Такие высокие показатели численности и биомассы были обусловлены высокими показателями вида *Rhoicophenia curvata*, численность которого составляла 202500 кл/л, а биомасса 0.8 г/м³.

Наименьшие количественные показатели зарегистрированы весной, составляя 575000 кл/л и 2.5 г/м³ по численности и биомассе соответственно. В альгоценозе доминировали синезеленые водоросли: *Aphanotecea clathrata* и *Microcystis aeruginosa* – 53 % от общей численности. Группа зеленых водорослей в период исследования составляла 2-3 % от количественных показателей реопланктона сообщества (рис. 2).

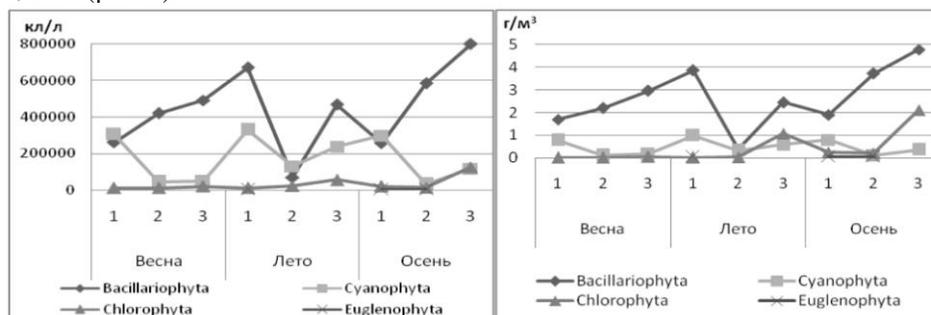


Рис. 2. Показатели численности (а) и биомассы (б) водорослей 1- в р. Мармарик, 2- в месте слияния рр. Мармарик и Раздан, 3-в в-ще Ахпара.

Во втором пункте пробоотбора наивысшие показатели водорослей по численности и биомассе зарегистрированы осенью: 632500 кл/л и 4.9 г/м³ соответственно. Такие высокие показатели – результат развития видов: *Diatoma hiemale* (60000 кл/л, 0.27 г/м³) и крупной одноклеточной водоросли *Symbella prostrata* (60000 кл/л и 1.85 г/м³) из группы диатомовых. Наименьшие количественные показатели водорослей зарегистрированы летом: 225000 кл/л численности и 0.75 г/м³ биомассы. Доминантами являлись виды – *Aphanotecea clathrata* и *Microcystis aeruginosa*, которые составляли 58% численности и 41% биомассы сообщества суммар-

но. Увеличение количественных показателей синезеленых водорослей, по всей вероятности, связано с повышением температуры воды (табл. 2).

Таблица 2. Показатели температуры и скорости течения в 3 пунктах пробоотбора

Станции	Весна		Лето		Осень	
	T°C	V (м/сек)	T°C	V (м/сек)	T°C	V (м/сек)
р. Мармарик (1)	7	0,4	16	0,4	15	0,2
Место слияния рек Мармарик и Раздан (2)	7	0,5	16	0,5	14	0,3
В-ще Ахпара (3)	9	-	16	-	16	-

Зеленые водоросли во все сезоны имели незначительные количественные показатели и составляли от 1 до 10% от общих показателей биомассы и численности реопланктона сообщества. Низкие количественные показатели в реках обнаружены у эвгленовой водоросли *Trachelomonas volvocina*, которая ранее не была отмечена в фитопланктоне [2]. В альгоценозе в-ща Ахпара наблюдалось увеличение количественных показателей в период с весны до осени, достигнув максимума к осени, составляя 1042500 кл/л и 7.25 г/м³ по численности и биомассе соответственно. Доминировали диатомовые водоросли, которые составляли 77% от общей численности и 66% от общей биомассы сообщества (рис. 1). Высокие показатели численности и биомассы были обусловлены развитием видов *Melosira varians* (180000 кл/л и 0.9 г/м³) и *Stephanodiscus astraеа* (85000 кл/л и 0.4 г/м³). В весенний период были зарегистрированы наименьшие количественные показатели, доминантным видом был вид *Stephanodiscus astraеа*, который составлял 19% от общей численности и 15% от общей биомассы сообщества [12]. Численность зеленых водорослей была довольно низкой, однако по показателям биомассы они доминировали над синезелеными водорослями, что было обусловлено развитием таких крупных колониальных видов как *Dictyosphaerium pulchellum*, *Volvox aureus* и *Pandorina morum*, которые не были обнаружены в составе планктона в предыдущих исследованиях альгоценоза Ахпара [8]. Видовой состав зеленых водорослей в водохранилище Ахпара был более разнообразен, чем в реках Мармарик и Раздан (табл. 1).

Во всех исследованных 3-х пунктах пробоотбора из обнаруженных 102 видов водорослей около 30 видов (29%) имели высокую частоту встречаемости (табл. 1). Данные виды встречались во всех исследованных водных экосистемах, а следовательно имеют высокую степень экологической толерантности.

Нами были проведены расчеты коэффициента Соренсена, который выявил высокую степень сходства видового состава между пунктами пробоотбора Мармарик – Раздан (табл. 3).

Таблица 3. Показатели коэффициента Соренсена в исследованных пунктах: 1 -р. Мармарик, 2 -место слияния рр. Мармарик и Раздан, 3 –в-ще Ахпара.

р. Мармарик – место слияния рек Мармарик и Раздан (1-2)	0,64
р. Мармарик – водохранилище Ахпара (1-3)	0,57
Место слияния рр. Мармарик и Раздан – в-ще Ахпара (2-3)	0,54

Как видно из табл. 3, сравнительно низкое сходство видового состава фитопланктона наблюдалось в пункте пробоотбора Раздан – Ахпара. По всей вероятности

ти, это обусловлено различием гидрологического режима разнотипных водных экосистем, так как в месте слияния с рекой Раздан скорость течения была выше, чем в р. Мармарик (табл. 2).

Таким образом, в результате исследований разнотипных водных экосистем в различных сезонах, проведенных в р. Мармарик, в месте слияния рр. Мармарик и Раздан, а также в водохранилище Ахпара, выявлено, что в гидрологически отличающихся разнотипных водных экосистемах наибольшее видовое сходство фитопланктона наблюдалось в месте слияния рек Мармарик и Раздан. Это позволяет заключить, что качественный состав фитопланктона реки Мармарик влияет на формирование качественных показателей фитопланктонного сообщества р. Раздан. Наименьшее видовое сходство наблюдалось в пункте наблюдения Раздан-Ахпара, что можно объяснить различием гидрологического режима. В изученных пунктах наблюдения из зарегистрированных 102 видов водорослей около 30 видов (29%), имели высокую частоту встречаемости и являлись видами с широкой степенью толерантности. В составе фитопланктона разнотипных водоемов преобладают бентосные виды – 46%, на втором месте планктонно-бентосные виды – 23%, наименьший процент составили планктонные виды – 17%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абакумов В.А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений, Л., Гидрометиздат, с.78-86, 1983.
2. Бадалян К.Л. Флористический состав фитопланктонных альгоценозов Малого Севана, р. Раздан и р. Мармарик, МАНЕБ, Санкт-П., 10, 6. с. 67-69, 2005.
3. Баринова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель Авив: PiliesStudio, 498 с., 2006.
4. Вандыш О.И., Денисов Д.Б., Черепанов А.А. Особенности планктонных сообществ Губы Белой Озера Имандра при долговременном воздействии сточных вод горнорудного производства. Труды Кольского Научного Центра РАН, 16, 3, с. 36-43, 2013.
5. Гамбарян Л.Р., Шахазизян И.В. Определитель родов водорослей пресноводных водоемов, Ереван, 60 с., 2014.
6. Девяткин В.Г., Митропольская И.В. Встречаемость видов водорослей как показатель биологического разнообразия альгоценозов. Динамика разнообразия гидробионтов во внутренних водоемах России. Российская Академия Наук Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина, Ярославль с. 5-22, 2002.
7. Процкина-Лавренко А.И., Макарова И.В. Водоросли планктона Каспийского моря, Л., Наука, 205 с., 1986.
8. Степанян Л.Г., Бадалян К.Л., Гамбарян Л.Р. Динамика развития биомассы фитопланктонного сообщества Ахпаранского и Ереванского водохранилищ в летний период 2005 года. Современные климатические и экосистемные процессы в уязвимых природных зонах (арктических, аридных, горных), тезисы докладов меж. научной конф., Ростов на Дону, с. 194, 2006.
9. Царенко П.М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР, К., Наукова Думка, 199 с., 1990.
10. Чилингарян Л.А., Мнацаканян Б.П., Агабабян К.А., Токмаджян О.В. Гидрография рек и озер Армении. Ереван, 49 с., 2002.
11. Sørensen T.A. method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content, K. danske vidensk Selsk., 5, 4, pp. 1-34, 1948.
12. Stepanyan L.G., Hambaryan L.R. Development dynamics of phytoplankton community of Akhpara reservoir. Proceedings of the YSU, 2016, № 1, p. 30–33.
13. Strebler H., Krauter D. Das Leben im Wassertropfen, Stuttgart, Kosmos, 415 p., 2001.

Поступила 17.02.2016