



Научная статья

# Обогащение биогенными веществами и его влияние на сообщество фитопланктона р. Раздан на территории г. Ереван, Республика Армения

Л.Г. Степанян\*<sup>id</sup>, Э.Х. Гукасян<sup>id</sup>

Институт гидроэкологии и ихтиологии Научного центра зоологии и гидроэкологии Национальной академии наук Республики Армения, 0014, Республика Армения, г. Ереван, ул. П. Севака, д. 7

\*listeus@mail.ru

Поступила в редакцию: 29.03.2021  
Доработана: 17.05.2021  
Принята к печати: 27.05.2021  
Опубликована онлайн: 17.08.2021

DOI: 10.23859/estr-210329  
УДК 574.52

Перевод Д.М. Мартыновой

**Аннотация.** Было проведено исследование сообщества фитопланктона и изучено обогащение биогенными веществами р. Раздан (территория г. Ереван, Республика Армения). Отбор проб воды выполнялся весной и летом 2019 г. Наиболее высокий уровень содержания ионов фосфата, аммония и нитрита в воде отмечался на станциях, расположенных ниже по течению реки от Ереванского района. Станции, расположенные выше по течению, характеризовались более высокой численностью диатомовых водорослей (*Melosira varians* и *Rhoicosphenia curvata*), тогда как на участках, расположенных ниже по течению, преобладали *Oscillatoria limnetica*, *O. chlorina* и *Anabaena sphaerica*, что демонстрирует различное эвтрофное состояние участков реки.

**Ключевые слова:** река Раздан, сообщество фитопланктона, обогащение биогенными веществами.

**Для цитирования.** Степанян, Л.Г., Гукасян, Э.Х., 2021. Обогащение биогенными веществами и его влияние на сообщество фитопланктона р. Раздан на территории г. Ереван, Республика Армения. *Трансформация экосистем* 4 (3), 77–86. <https://doi.org/10.23859/estr-210329>

## Введение

Реки, на берегах которых расположены мегаполисы, подвергаются различного рода рискам, обусловленным вследствие человеческой деятельностью. В частности, сброс промышленных и бытовых сточных вод нередко служит причиной органической нагрузки на водные экосистемы (Adeyeto et al., 2008). Такая нагрузка представляет огромные риски для всех водных организмов и, в частности, для сообществ фитопланктона. Распространение различных видов водорослей зависит от взаимодействия абиотических и биотических экологических факторов. Ухудшение условий окружающей среды из-за увеличения поступления органических веществ приводит к очевидным изменениям

в сообществе фитопланктона – замещению диатомовых водорослей представителями синезеленых. По этой причине широко распространено использование фитопланктона в качестве индикатора экологического состояния водоемов суши (Reynolds et al., 2002; Swaminathan, 2003).

Река Раздан – один из основных притоков р. Аракс на территории Республики Армения. Она вытекает из оз. Севан; на ее берегах располагаются такие города, как Севан, Раздан, Чаренцаван, Абовян и Ереван. Длина реки составляет 141 км. Однако негативное влияние г. Еревана на экологическое состояние данного водного объекта превышает совокупное отрицательное воздействие всех населенных пунктов, расположенных выше по те-

**Табл. 1.** Краткая характеристика точек отбора проб.

Номер станции	Широта	Долгота	Краткое описание
1	N 40.280873°	E 44.589203°	С. Гетамедж, выше по течению от г. Ереван
2	N 40.171°	E 44.499669°	г. Ереван, центр города
3	N 40.159089°	E 44.1389°	Выше по течению Ереванского водохранилища, ниже места слияния притоков Джрвеж и Гетар
4	N 40.148791°	E 44.589203°	г. Ереван, район Верин Чарбах, ниже Ереванского водохранилища

**Табл. 2.** Гидрофизические параметры и pH воды в р. Раздан на территории Ереванского района. T – температура воды, V – скорость течения.

Параметр	Станция							
	1		2		3		4	
	Весна	Лето	Весна	Лето	Весна	Лето	Весна	Лето
T, °C	13	16	14	21	15	20	15	25
V, м/с	0.3	0.6	0.7	0.5	0.2	0.4	1	0.6
pH	7.5	7.2	8.2	8.5	8.1	7.9	8.0	8.2

чению. Воды р. Раздан используются для орошения, энергетики, промышленности и других нужд (Chilingaryan et al., 2002, Stepanyan, 2009).

Целями исследования являются оценка обогащения биогенными веществами и прослеживание соответствующих изменений в сообществе фитопланктона р. Раздан на территории города Ереван.

## Материалы и методы

Исследования проводили в весенний (май) и летний (июль) сезоны 2019 г. Пробы воды для гидрохимических и гидробиологических анализов отбирали на четырех станциях (Табл. 1).

Сообщество фитопланктона исследовали стандартными методами (Абакумов, 1983). На каждой станции отбирали пробы воды объемом 1 л, пробу немедленно фиксировали 40% раствором формальдегида (конечная концентрация 0.4%) и хранили в темном месте до полного осаждения сестона. Лабораторные анализы выполняли по В.А. Абакумову (1983).

Количественный и качественный анализ фитопланктона проводили под микроскопом в камере Нажотта объемом 0.01 мл. Биомассу фитопланктона рассчитывали стереометрическим методом, вычисляя объем клеток.

Виды планктонных водорослей идентифицировали с помощью таксономических определителей и руководств по пресноводным экосистемам

(Прошкина-Лавренко и Макарова, 1968; Царенко, 1990; Hambaryan and Shahazizyan, 2014; Streble and Krauter, 2001).

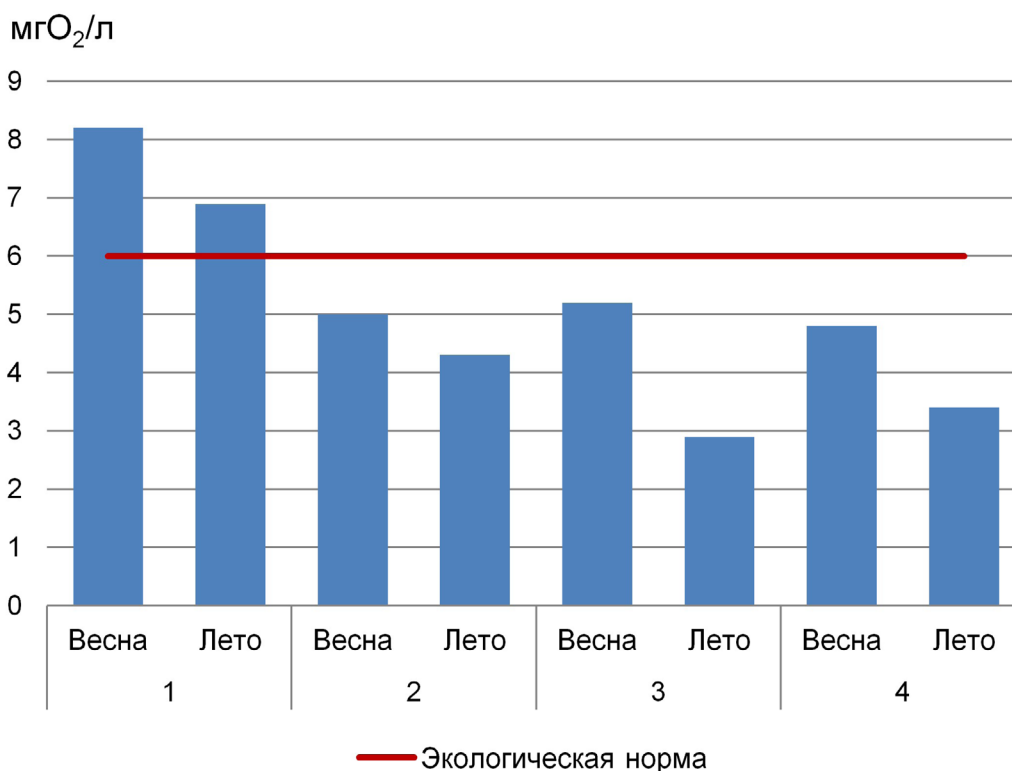
Температуру воды и скорость течения измеряли на месте отбора проб. Гидрохимические параметры, такие как РК (растворенный кислород) и pH, определялись параллельно с гидрофизическими параметрами с помощью водонепроницаемого pH-метра *Milwaukee (PH 56 PRO)* и датчика растворенного кислорода *Milwaukee (MW 600)*. Концентрации питательных веществ измеряли в лаборатории по методикам ISO с помощью спектрофотометра. Концентрацию аммонийного азота определяли в соответствии с ISO 5664:2006, нитритного азота – ISO 6777:1984, нитратного азота – ISO 6777:1984, фосфатного фосфора – ISO 6878.

## Результаты и обсуждение

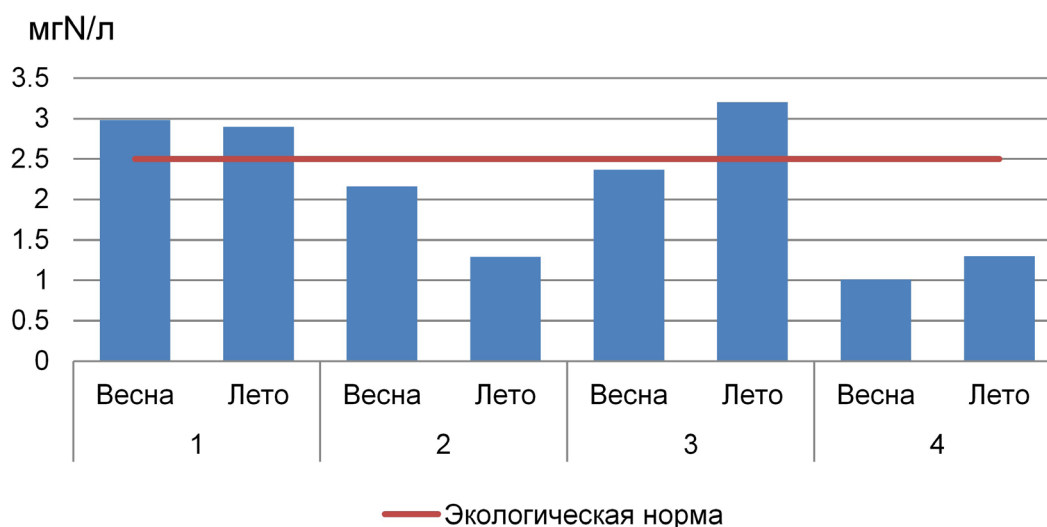
### Абиотические параметры

Гидрофизические параметры представлены в Табл. 2. Температура воды составляла от 13 до 25 °C, скорость течения – от 0.2 до 1.0 м/с.

Согласно А.М. Никанорову (2001), оптимальный диапазон pH для устойчивого развития водной флоры и фауны колеблется от 6.5 до 8.5. Таким образом, оптимальные условия pH зарегистрированы на всех станциях исследуемой части р. Раздан (Табл. 2).



**Рис. 1.** Концентрация растворенного кислорода в местах отбора проб. Значения экологических норм здесь и далее указаны в соответствии с Государственными стандартами Армении.



**Рис. 2.** Концентрация нитратов в местах отбора проб.

В целом концентрация РК летом была ниже, чем весной. Более того, РК был значительно больше выше по течению от г. Ереван, чем на других станциях. Самая низкая концентрация РК (2.9 мгО<sub>2</sub>/л) отмечена на ст. 3 летом, частично из-за сброса городских сточных вод, приносимых на этот участок рекой Гетар, притоком р. Раздан (Рис. 1).

Как и в 2003–2006 гг. (Stepanyan, 2009), в 2019 г. в р. Раздан было зарегистрировано значительное обогащение биогенными веществами.

На ст. 1 и 3 наблюдалось высокое содержание нитрат-ионов, которое, однако, не превышало установленных экологических норм<sup>1</sup> (Рис. 2).

Концентрация ионов нитрита и аммония в речных водах обычно колебалась от сотых до десятых долей миллиграмма на литр (Рис. 3, 4). В нашем

<sup>1</sup> Government Decision No. 75-N "On defining the standards for water quality of each water basin management area depending on local characteristics". Web page. URL: [https://www.e-gov.am/u\\_files/file/decrees/kar/2011/02/11\\_0075.pdf](https://www.e-gov.am/u_files/file/decrees/kar/2011/02/11_0075.pdf) (accessed: 27.01.2021)

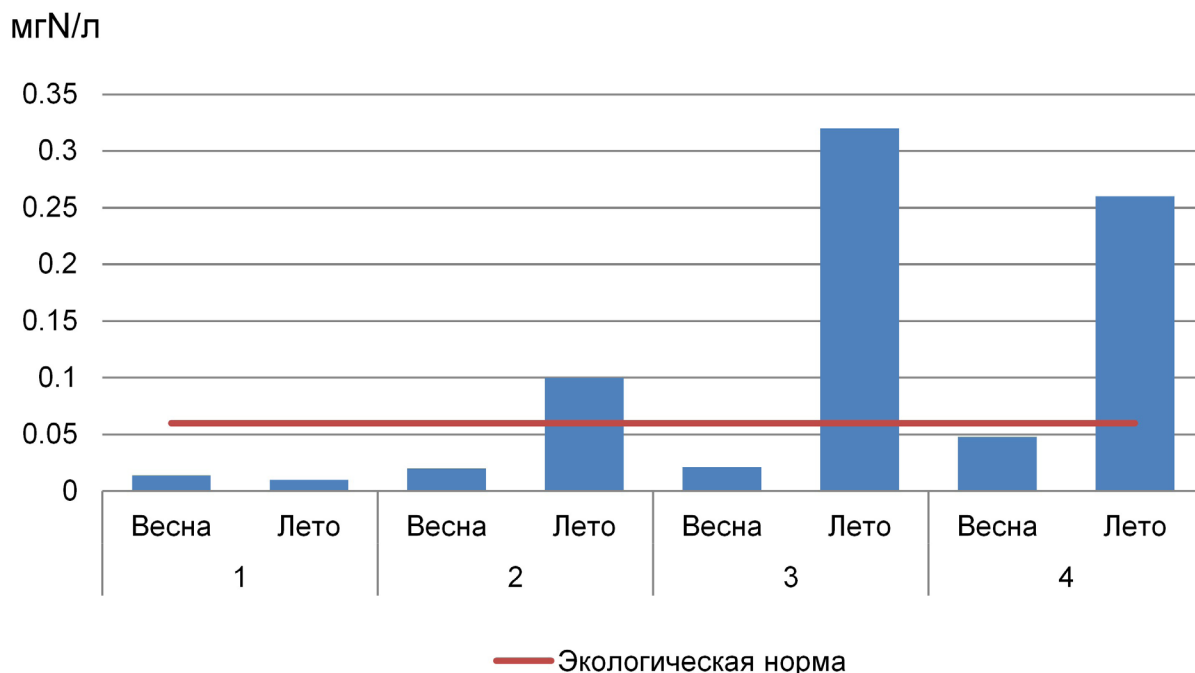


Рис. 3. Концентрация нитритов в местах отбора проб.

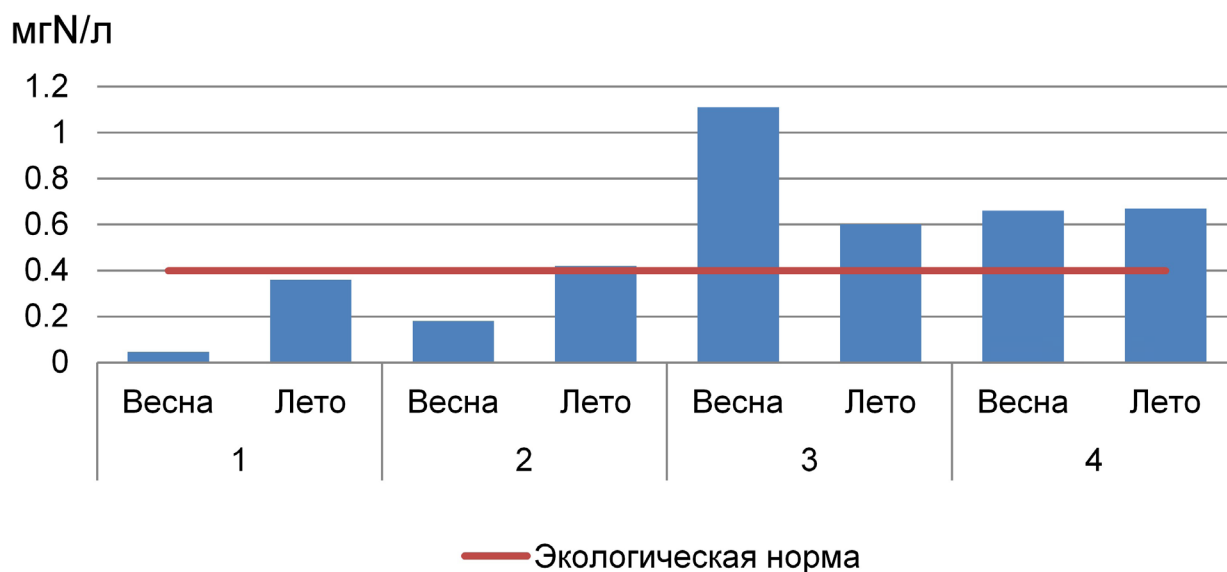


Рис. 4. Концентрация аммония в местах отбора проб.

исследовании содержание нитритного азота варьировало от 0.01 до 0.32 мгN/л. Летом содержание нитрита значительно увеличивалось на станциях, расположенных в черте города Ереван (станции 2, 3, 4).

Концентрация аммония на станциях 3 и 4 в оба сезона также превышала экологическую норму (Рис. 4). Высокое содержание нитритов и аммония соответствует эвтрофному статусу вод (Никаноров, 2001).

Концентрации фосфатов летом были исключительно высокими почти на всех участках отбо-

ра проб, кроме ст. 4 (Рис. 5). Подобные явления, наблюдаемые ниже Ереванского водохранилища, могут быть объяснены цветением водорослей в нем. Поскольку водоросли потребляют фосфаты, цветение может минимизировать их содержание в вытекающей из водохранилища воде.

### **Сообщество фитопланктона**

Исследования фитопланктона, проведенные в 2004–2006 гг. в р. Раздан на территории Еревана и окрестностей, выявили 108 видов, принадлежа-

**Табл. 3.** Список видов фитопланктона в местах отбора проб. «+» – вид присутствует; «-» – вид отсутствует. Хорологические типы (Гео): к – космополит; б – бореальный, а-а – арктическо-альпийский. Галофильная характеристика (Гал): мг – мезогалоб; и – олигогалобно-индифферентный вид; гл – олигогало-галофильный; гб – олигогало-галофобный. Типы местообитаний (МО): Б – бентосный вид; П – планктонный вид; П-Б – планктонно-бентосный вид. Сапробная характеристика (С): о – олигосапроб; о-β – олиго-бета-мезосапроб; β – бета-мезосапроб; β-о – бета-олигомезосапроб; β-α – бета-альфа-мезосапроб; α-β – альфа-бета-мезосапроб; х – ксеносапроб; х-о – ксено-олигосапроб; х-β – ксено-бета-мезосапроб; о-х – олиго-ксеносапроб, о-α – олиго-альфа-мезосапроб; п – полисапроб; «-» – нет данных (Баринова и др., 2006).

	1 (весна/ лето)	2 (весна/ лето)	3 (весна/ лето)	4 (весна/ лето)	Гео	Гал	МО	С
<b>Cyanophyta</b>								
<i>Anabaena sphaerica</i> Bornet & Flahault	-/-	-/-	-/-	-/+	к	и	П	о-β
<i>Aphanothece clathrata</i> West & G.S. West	+/+	+/-	+/+	+/+	к	и	П	β
<i>Microcystis aeruginosa</i> Kutzing	+/+	-/+	+/+	+/+	к	гл	П	о-α
<i>M. wessenbergii</i> Komárek in Joosen	+/+	+/+	+/+	+/+	к	-	П	о-α
<i>Oscillatoria chlorina</i> Kützing ex Gomont	-/-	-/-	-/+	+/+	к	-	П-Б	р
<i>Oscillatoria limnetica</i> Lemmermann	-/-	-/-	-/+	-/+	к	-	П-Б	о-β
<b>Bacillariophyta</b>								
<i>Achnanthes taeniata</i> Grunow	-/+	-/-	+/+	+/-	-	гл	Б	-
<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing	-/+	-/-	+/-	-/+	к	и	Б	α-β
<i>Ceratoneis arcus</i> (Ehrenberg) Kützing	-/-	-/-	+/-	-/-	а-а	и	Б	о-х
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	+/+	-/+	-/+	+/+	к	и	П-Б	о-β
<i>C. pediculus</i> Ehrenberg	-/+	-/-	-/-	-/+	к	и	Б	о-α
<i>Cyclotella comta</i> Kützing	+/-	-/-	-/-	-/-	к	и	П	β-о
<i>C. stelligera</i> (Cleve & Grunow) Van Heurck	+/-	-/-	-/-	-/-	к	и	П-Б	х
<i>Cymatopleura solea</i> (Brébisson) W. Smith	-/-	-/-	-/+	-/-	к	и	П-Б	о
<i>Cymbella prostrata</i> (Berkeley) Cleve	-/-	-/-	-/-	-/+	к	и	Б	о-β
<i>C. ventricosa</i> C. Agardh	+/+	-/-	-/-	-/+	к	и	Б	о-α
<i>Diatoma hiemale</i> var. <i>hiemale</i> (Roth) Heib	+/+	+/-	+/+	+/+	к	гб	П-Б	β-о
<i>D. vulgaris</i> Bory	+/-	-/-	-/-	-/-	к	и	П-Б	β
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières	+/+	-/+	+/+	+/+	к	и	Б	о
<i>F. construens</i> (Ehrenberg) Grunow	+/+	-/-	-/-	-/+	к	и	П-Б	о

	1 (весна/ лето)	2 (весна/ лето)	3 (весна/ лето)	4 (весна/ лето)	Гео	Гал	МО	С
<i>F. crotonensis</i> Kitton	+/-	+/-	+/+	+/+	к	гл	П	α-β
<i>Gomphonema constrictum</i> Ehrenberg in Kützing	-/+	-/-	-/+	-/-	к	и	Б	о
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson	+/-	-/-	+/-	-/-	к	и	Б	β-α
<i>Melosira varians</i> C. Agardh	+/+	+/+	+/-	+/+	к	гл	П-Б	α-β
<i>Navicula cryptocephala</i> Kutz.	+/-	-/-	+/+	+/+	к	и	Б	х-о
<i>N. menisculus</i> Schumann	-/-	+/-	-/-	-/-	к	и	Б	х-β
<i>N. pupula</i> Kützing	+/-	-/-	-/-	-/-	к	гл	Б	х-о
<i>N. pygmaea</i> Kützing	-/-	-/-	-/+	-/-	к	мг	-	β-о
<i>N. radiosa</i> Kützing	-/-	-/-	+/-	-/-	к	и	Б	о
<i>N. rhyncocephala</i> Kutz	-/-	-/-	+/-	-/-	к	гл	Б	β
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	-/-	-/+	-/-	-/-	к	и	П-Б	о
<i>N. dissipata</i> (Kützing) Rabenhorst	-/-	-/-	+/-	-/-	к	и	Б	х
<i>N. linearis</i> W. Smith	-/-	-/-	-/-	+/-	к	и	Б	х
<i>Pinnularia viridis</i> Ehrb.	+/+	+/+	+/+	-/+	к	и	П-Б	о-х
<i>P. leptosoma</i> (Grunow) Cleve	+/+	-/-	+/-	-/-	б	и	Б	о
<i>Rhoicopenia curvata</i> (Kützing) Grunow	+/-	+/+	-/+	-/+	к	и	П-Б	х-о
<i>Stephanodiscus astraea</i> (Kützing) Grunow	+/-	+/+	-/+	+/+	к	и	П	β
<i>S. hantzschii</i> Grunow in Cleve & Grunow	-/-	-/-	+/-	-/-	к	и	П	α-β
<i>Surirella biseriata</i> Brébisson in Brébisson & Godey	+/-	-/-	-/-	-/-	к	и	-	о-β
<i>S. ovata</i> Kützing	+/-	-/-	-/+	-/-	к	и	Б	о-α
<i>Surirella</i> sp.	-/-	+/-	-/-	-/-	-	-	-	-
<i>S. tenera</i> var. <i>tenera</i> Greg.	-/-	-/-	-/+	-/-	к	и	П-Б	о
<b>Chlorophyta</b>								
<i>Ankistrodesmus falcutus</i> (Corda) Ralfs	-/-	-/-	-/-	+/-	к	гб	П-Б	β
<i>Binuclearia lauterbornii</i> (Schmidle) Proschkina- Lavrenko	-/-	-/+	-/-	-/-	-	-	-	-
<i>Characium nasutum</i> Rabenhorst	+/-	-/-	-/-	-/-	-	-	-	-

	1 (весна/ лето)	2 (весна/ лето)	3 (весна/ лето)	4 (весна/ лето)	Гео	Гал	МО	С
<i>Chroococcus</i> sp.	-/-	+/-	-/-	-/-	-	-	-	-
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> H.C. Wood	-/-	-/-	-/-	-/+	к	и	П	β
<i>Pandorina morum</i> (Mull) Bory	-/-	-/+	-/-	-/-	к	и	П	β
<i>Scenedesmus armatus</i> var. <i>armatus</i> (Chod) G.M. Smith	-/-	-/-	-/-	-/+	к	-	П-Б	о-α
<i>Scenedesmus opolensis</i> var. <i>opolensis</i> P. Richt.	-/-	-/-	-/-	-/+	к	-	П-Б	β
<i>Selenastrum gracile</i> Reinsch	-/-	-/+	-/-	-/-	к	-	П-Б	о-α
<i>Trebouxia humicola</i> G.S. West & F.E. Fritsch	-/-	-/-	-/-	+/-	-	-	-	-
<b>Euglenophyta</b>								
<i>Trachelamonas volvocina</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	+/-	-/-	-/-	+/+	к	и	Б	β
<b>Dinophyta</b>								
<i>Peridinium willei</i> Huitfeldt-Kaas	-/-	-/-	-/-	-/+	-	гл	П	о-β
<b>Xanthophyta</b>								
<i>Tribonema monochloron</i> Pascher & Geitler in Pascher	-/-	-/-	-/-	-/+	-	-	-	-

щих к шести группам фитопланктона (Stepanyan, 2009). В ходе данного исследования было зарегистрировано 55 видов, относящихся к шести группам (Табл. 3). Как правило, преобладали диатомовые водоросли, но Суанопхита характеризовались большей численностью, чем обычно. Хотя в 2019 г. были обнаружены некоторые виды Dinophyta и Euglenophyta (новые группы водорослей для р. Раздан), общее видовое разнообразие фитопланктона уменьшилось по сравнению с предыдущими исследованиями (Badalyan et al., 2005; Stepanyan et al., 2005; Stepanyan, 2009).

Сообщества микроводорослей р. Раздан представлены бентосными, планктонными и планктонно-бентосными водорослями (в основном бентосными формами) (Табл. 3). Индикаторами органического загрязнения являются 45 видов фитопланктона (в основном β-мезосапробными видами). Выделены четыре экологические группы по отношению к солености, среди которых преобладают представители олигогалобно-индифферентной группы. Большинство обнаруженных видов – космополиты.

Весной диатомовые водоросли преобладали на ст. 1. Они составляли 96% сообщества фитопланктона. *Melosira varians* доминировала как по численности (45%), так и по биомассе (53%).

Снижение количественных показателей фитопланктона наблюдали ниже по течению от ст. 1, при этом происходила смена доминирующих групп водорослей. Цианобактерии преобладали на станциях 3 и 4: наиболее многочисленными видами были *Microcystis aeruginosa* и *Aphanothece clathrata*, соответственно. Кроме того, весной на исследуемых участках были обнаружены представители Chlorophyta и Euglenophyta.

Как количественные, так и качественные показатели микроводорослей летом увеличивались по сравнению с весной (Рис. 6, 7). Однако диатомовые водоросли по-прежнему доминировали на ст. 1 и 2 и были представлены в основном *Melosira varians* и *Rhoicosphenia curvata*, соответственно.

Существенный рост численности Суанопхита, связанный с увеличением концентрации биогенов, отмечен на станциях 3 и 4. Наблюдалось цветение видов *Oscillatoria* (*O. limnetica* и *O. chlorina*): они составляли 77% от общей численности и 59% от общей биомассы водорослей на ст. 3, на ст. 4 – 75% и 59%, соответственно.

Виды рода *Oscillatoria* достигают значительного обилия в естественно эвтрофных и загрязненных водотоках и озерах (Бабаназарова и др., 2013; Prowse, 1969). Обычно они являются бентосными организ-

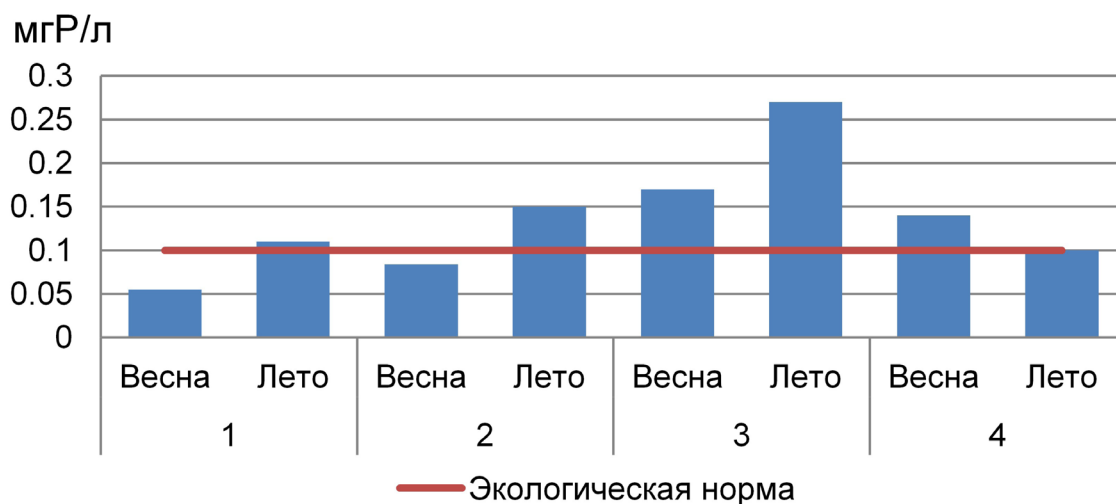


Рис. 5. Концентрация фосфатов в местах отбора проб.

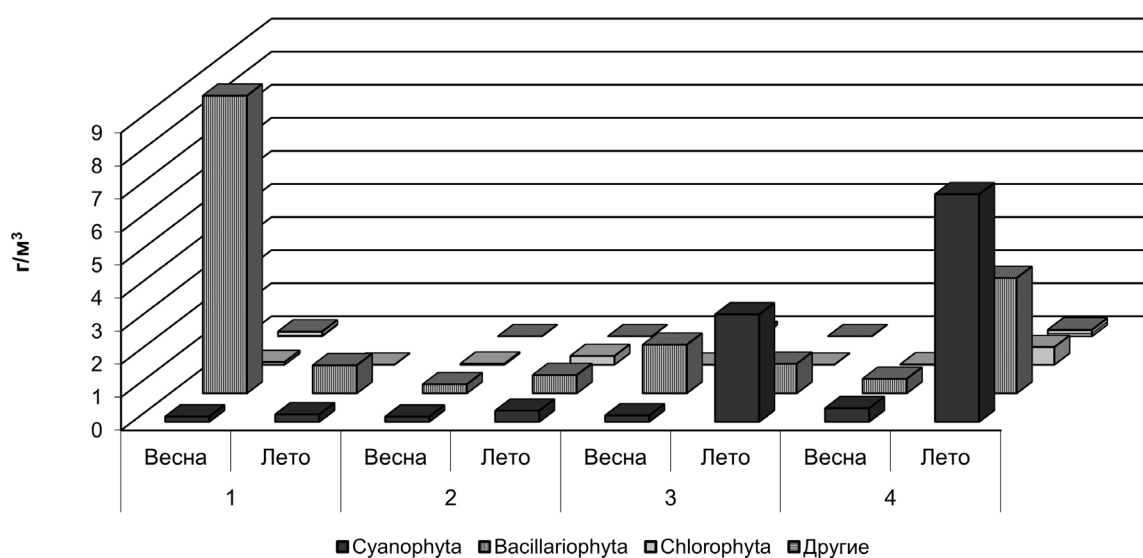


Рис. 6. Сезонная динамика численности фитопланктона в местах отбора проб.

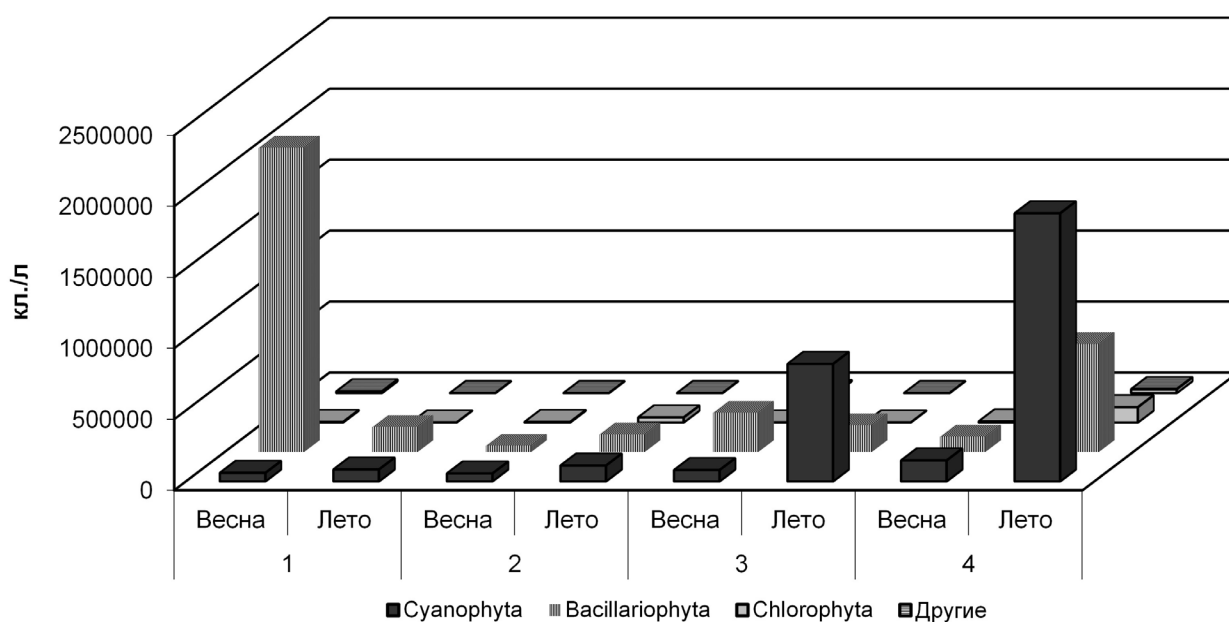


Рис. 7. Сезонная динамика биомассы фитопланктона в местах отбора проб.

мами, но могут активно развиваться и в планктонных сообществах. Оба отмеченных в р. Раздан вида этого рода являются индикаторами органического загрязнения (Табл. 2) (Баринаова, 2006).

Способность Cyanophyta продуцировать токсины привлекает большое внимание, особенно когда эти виды доминируют в эвтрофных водах и вызывают озабоченность по поводу качества воды (Codd, 2000). Виды *Oscillatoria* являются наиболее частой причиной токсичного цветения в пресной воде. Они производят гепатотоксин микроцистин (Chia et al., 2018). Сообщается, что микроцистин вызывает гибель диких и сельскохозяйственных животных (Carmichael, 1988); он также признан потенциальной угрозой для здоровья человека в странах, где водные ресурсы загрязнены цианобактериями (Banerjee, 2020; Gkelis and Zaoutsos, 2014; Yu, 1989). Таким образом, цветение видов *Oscillatoria* может нанести серьезный ущерб экономике сельского хозяйства и рекреационным возможностям района, поскольку эти отрасли экономики являются основными потребителями воды.


Высокое обилие азотфиксирующей *Anabaena sphaerica* (148000 кл/л) отмечено на ст. 4. Наши наблюдения, проведенные на Ереванском водохранилище летом 2019 г., свидетельствуют о доминировании *Oscillatoria chlorina* и *Anabaena sphaerica*. Это доказывает влияние водохранилища на р. Раздан (Annual Report..., 2019).

## Заключение

Необходимо отметить, что высокое содержание фосфатов и азота приводит к увеличению скорости роста водорослей и в конечном итоге снижает концентрацию растворенного кислорода в воде. Обогащение биогенами на станциях 3 и 4 значительно выше, чем на участках, расположенных выше по течению. Цветение *Oscillatoria* зарегистрировано на станциях 3 и 4 летом. Влияние Ереванского водохранилища на фитопланктонное сообщество этих станций очевидно. По этой причине необходимо более эффективное управление водными ресурсами и строгий контроль за биогенами, поступающими в р. Раздан из г. Ереван.

## ORCID

Л.Г. Степанян  [0000-0002-0960-7234](https://orcid.org/0000-0002-0960-7234)

Э.Х. Гукасян  [0000-0001-8866-9785](https://orcid.org/0000-0001-8866-9785)

## Список литературы

- Абакумов, В.А., 1983. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Гидрометеиздат, Ленинград, СССР. 240 с.
- Баринаова, С.С., Медведева, Л.А., Анисимова, О.В., 2006. Биоразнообразие водорослей – индикаторов окружающей среды. Pilies Studio, Тель-Авив, Израиль, 497 с.
- Никаноров, А.М., 2001. Гидрохимия. Гидрометеиздат, Санкт-Петербург, Россия, 447 с.
- Прошкина-Лавренко, А.И., Макарова, И.В., 1968. Водоросли планктона Каспийского моря. Наука, Ленинград, СССР, 295 с.
- Царенко, П.М., 1990. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР. Наукова Думка, Киев, СССР, 106 с.
- Adeyemo, O.K., Adedokun, O.A., Yusuf, R.K., Adeleye, E.A., 2008. Seasonal changes in physico-chemical parameters and nutrient load of river sediments in Ibadan city, Nigeria. *Global NEST Journal* 10 (3), 326–336.
- Annual Reports of the Institute of Hydroecology and Ichthyology of Scientific Center of Zoology and Hydroecology NAS RA 2019. Report on major research outcomes for 2019, issued by decision of the Presidium of NAS RA, N1 (1768) on 18 March of 2020. 66–69. (In Armenian).
- Babanazarova, O., Sidelev, S., Schischeleva, S., 2013. The structure of winter phytoplankton in Lake Nero, Russia, a hypertrophic lake dominated by *Planktothrix*-like Cyanophyta. *Aquatic Biosystems* 9 (18). <https://doi.org/10.1186/2046-9063-9-18>
- Badalyan, K., Stepanyan, L., Hambaryan, L., 2005. Study of some species of Cyanophyta in the phytoplankton of the River Hrazdan. *Abstract's book of 3<sup>rd</sup> Young Medics' International Conference*. Armenian medical association, Yerevan, 37.
- Banerjee, A., 2020. Liver toxicity of chemical warfare agents. In: Gupta, R. (ed.), *Handbook of Toxicology of Chemical Warfare Agents*. Academic Press, Cambridge, USA, 659–671. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819090-6.00040-4>
- Carmichael, W.W., 1988. Toxins of freshwater algae. In: Tu, A.T. (ed.), *Handbook of Natural Toxins, Marine Toxins and Venoms*. Marcel Dekker, New York, USA, 121–157.
- Chia, M.A., Jankowiak, J.G., Kramerb, B.J., Golekib, J.A., Huang, I-Sh., Zimbac, P.V., Bittencourt-Oliveiraa, M. do Ca., Gobler, C.J., 2018. Succession and toxicity of *Microcystis* and *Anabaena (Dolichospermum)* blooms are controlled by nutrient-dependent allelopathic interactions. *Harmful Algae* 74, 67–77.

- Chilingaryan, L.A., Mnasakanyan, B.P., Axababyan, K.A., Tokmajyan, H. V., 2002. Hydrography of rivers and lakes of Armenia. Agropress, Yerevan, Armenia, 49 p. (In Armenian).
- Codd, G.A., 2000. Cyanophytoplankton toxins, the perception of water quality, and the prioritisation of eutrophication control. *Ecological Engineering* 16, 51–60.
- Gkelis, S., Zaoutsos, N., 2014. Cyanotoxin occurrence and potentially toxin producing Cyanophyta in freshwaters of Greece: a multidisciplinary approach. *Toxicon* 78, 1–9.
- Hambaryan, L., Shahazizyan, I., 2014. Brief decisive, educational manual for genera of freshwater algae. YSU Press, Yerevan, Armenia, 61 p. (In Armenian).
- Prowse, G.A., 1969. The role of cultured pond fish in the control of eutrophication in lakes and dams. *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie: Verhandlungen* 17 (2), 714–718.
- Reynolds, C.S., Huszar, V., Kruk, C., Naselli-Flores, L., Melo, S., 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 24, 417–428.
- Stepanyan, L.G., 2009. Hydrobiological and hydrochemical study of Hrazdan hydro ecosystem in the territory of Yerevan district. *Biological sciences PhD thesis*. Yerevan, Armenia, 142 p. (In Armenian).
- Stepanyan, L.G., Hambaryan, L.R., Hovhannisyan, R.H., 2005. Study of phytoplankton community dynamics of the Hrazdan River in Yerevan area. *Biological Journal of Armenia* 57 (3-4), 257–264.
- Streble, H., Krauter, D., 2001. Das Leben im Wassertropfen. Kosmos, Stuttgart, Germany, 415 p. (In German).
- Swaminathan, M.S., 2003. Biodiversity: an effective safety net against environmental pollution. *Environmental Pollution* 126, 287–291.
- Yu, S.Z., Tang, Z.Y., Wu, M.C., Xia, S.S., 1989. Drinking water and primary liver cancer. In: Tang, Z.Y., Wu, M.C., Xia, S.S. (eds.), *Primary Liver Cancer*. China Academic Publisher, Beijing, China, 30–37.

## Article

# Nutrient enrichment and its effect on the phytoplankton community of Hrazdan River in the Yerevan District, Republic of Armenia

Lilit G. Stepanyan\*<sup>id</sup>, Evelina Kh. Ghukasyan<sup>id</sup>

*Institute of Hydroecology and Ichthyology of the Scientific Center of Zoology and Hydroecology, National Academy of Sciences of the Republic of Armenia, P. Sevak str. 7, 0014, Yerevan, Armenia*

\*[listeus@mail.ru](mailto:listeus@mail.ru)

**Abstract.** The phytoplankton community and nutrient enrichment of Hrazdan River have been studied in the Yerevan District, Republic of Armenia. Water was sampled in spring and summer of 2019. The content of phosphate, ammonium, and nitrite ions were significantly higher downstream of the Yerevan District compared to the stations located upstream. The latter were characterized by higher abundance of diatoms (*Melosira varians* and *Rhoicosphenia curvata*), while *Oscillatoria limnetica*, *O. chlorina*, and *Anabaena sphaerica* dominated downstream, reflecting different eutrophic state of the river parts.

**Key words:** Hrazdan River, phytoplankton community, nutrient enrichment.