

## ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ФИТОПЛАНКТОНА СРЕДНЕГО КАСПИЯ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

Т. Н. Зими́на<sup>1</sup>, А. Г. Ардабьева<sup>2</sup>, А. В. Котельников<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Астраханский государственный технический университет,  
Астрахань, Российская Федерация

<sup>2</sup>Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института  
рыбного хозяйства и океанографии,  
Астрахань, Российская Федерация

Исследована количественная и качественная характеристика фитопланктонных организмов на акватории Среднего Каспия за 2019–2020 гг. по разрезам: г. Махачкала – м. Сагындык, г. Дербент – м. Песчаный, п. Дивичи – бух. Кендерли. Определен индекс сапробности и соответствующая зона сапробности исследованных районов. Установлено, что доминирующей группой были диатомовые водоросли – 43 % от общего состава. Субдоминантами выступали динофитовые водоросли. Основу экологического комплекса 2019–2020 гг. составили представители пресноводных групп водорослей. Лишь на разрезе п. Дивичи – бух. Кендерли преобладали виды морского происхождения. Количественные показатели фитопланктона в целом по Среднему Каспию и по разрезам в 2020 г. сократились по отношению к предыдущему году. Основу биомассы формировала крупная диатомовая водоросль *Pseudosolenia calcar-avis* и представители группы динофитовых водорослей. Ведущую роль в показателях численности Среднего Каспия в 2020 г. играл мелкоклеточный фитопланктон, главным образом из диатомовых водорослей – *Thalassiosira hustedtii*, *Thalassionema nitzschioides*, *Aulacoseira granulate*, виды рода *Fragilaria*. Наибольшие количественные показатели 2020 г. отмечены на разрезе г. Махачкала – м. Сагындык в продуктивном слое 0–25 м. В 2019–2020 гг. сапробиологическое состояние вод Среднего Каспия характеризовалось как умеренно загрязненное.

**Ключевые слова:** фитопланктон, Средний Каспий, диатомовые водоросли, численность, биомасса, сапробность.

**Для цитирования:** Зими́на Т. Н., Ардабьева А. Г., Котельников А. В. Особенности развития фитопланктона Среднего Каспия в летний период // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2021. № 3. С. 28–34. DOI: 10.24143/2073-5529-2021-3-28-34.

### Введение

Изучение состояния Каспийского моря является важной задачей, т. к. его своеобразный, уникальный ресурсный состав играет значительную роль для экономики Прикаспийского региона [1]. Фитопланктонные сообщества относятся к наиболее показательным живым организмам при оценке изменений, протекающих в экосистеме водоема. В связи с этим при мониторинге окружающей среды одной из важных составляющих является наблюдение за биологическими объектами, в частности исследование водорослей, их таксономического состава, численности и биомассы.

### Объект и методы исследования

Исследованы видовой и количественный составы фитопланктона Среднего Каспия в летний период 2020 г. по разрезам: г. Махачкала – м. Сагындык, г. Дербент – м. Песчаный, п. Дивичи – бух. Кендерли. Материал отбирался гидрозондом Seabird SBE 19 с горизонтов 0, 10, 25, 50, 100, 200 м. Всего собрано и обработано в соответствии с общепринятой методикой П. И. Усачева 105 проб [2]. Полученные данные сопоставлены с результатами предыдущих лет.

### Результаты исследований и их обсуждение

Видовое разнообразие фитоценоза Среднего Каспия 2020 г. представлено 130 таксономическими единицами, что выше показателей предыдущего года (112 видов) и среднемноголетней величины (85 видов). Из анализа многолетних данных по фитопланктону Среднего Каспия следует, что качественный состав изменялся неравномерно [3]. Так, с 2011 до 2014 гг. наблюдались колебания количества видов. С 2014 до 2020 гг. наблюдалось плавное увеличение разнообразия фитопланктона (рис. 1).

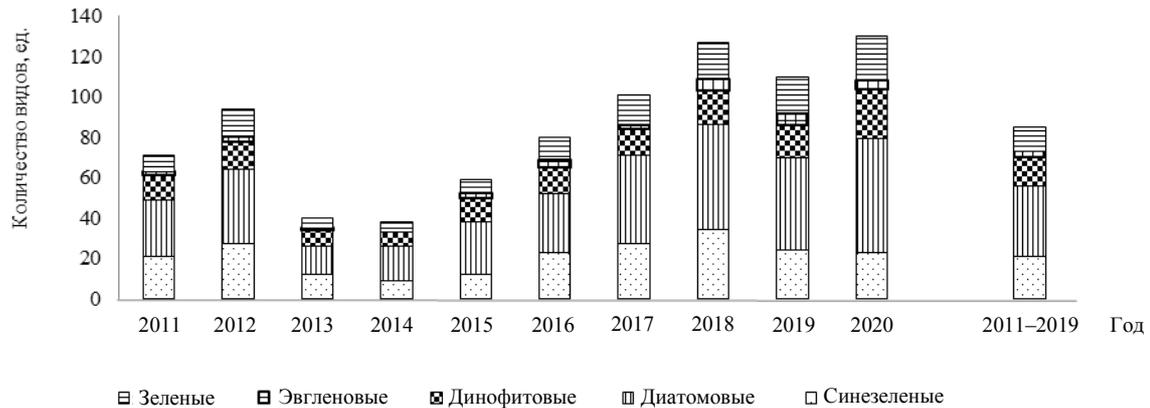


Рис. 1. Динамика видового разнообразия Среднего Каспия в 2011–2020 гг.

Доминировали диатомовые водоросли [4], их доля составила 43 % от общего состава фитопланктона. Доли динофитовых, зеленых и синезеленых были примерно равны (20 %). Самая незначительная группа, всего 3 %, была представлена эвгленовыми водорослями.

Рассматривая развитие фитоценоза по разрезам, отмечаем, что наибольшее качественное разнообразие в 2020 г. было обнаружено на м. Сагындык: 94 вида против 77 в 2019 г. Преобладающей группой, как и в предыдущий год, являлась группа диатомовых водорослей, которая составляла 45 % от общего количества видов. Второстепенную роль играли зеленые и динофитовые. Их доля в качественном фитоценозе составила по 18 %. Количество синезеленых водорослей не превышало 16 %. Наименьшая доля (3 %) приходилась на группу эвгленовых водорослей.

Наибольшим количеством таксонов отличался восточный район вблизи м. Сагындык, где было отмечено увеличение количества видов с 54 в 2019 г. до 77 в 2020 г. Западный район оставался на уровне предыдущего года (60 видов).

Качественный состав фитопланктона на разрезе г. Дербент – м. Песчаный был представлен 77 видами против 83 в 2019 г. Основу качественного разнообразия формировали диатомовые водоросли (41,6 % от общего количества видов). По сравнению с предыдущим годом в группе динофитовых водорослей наблюдалось увеличение видов с 22 до 14, а у синезеленых – уменьшение с 20 до 10. Качественный состав зеленых (15,6 %) и эвгленовых (1,3 %) водорослей относительно прошлого года изменялся незначительно. В западной и восточной частях разреза г. Дербент – м. Песчаный количество видов осталось практически на уровне прошлого года. Акватория центральной глубоководной части характеризовалась значительным снижением разнообразия видов – с 67 до 47 ед.

Качественное разнообразие фитопланктона на разрезе п. Дивичи – бух. Кендерли в 2020 г. уменьшилось по отношению к 2019 г. и составило 49 против 64 видов соответственно (рис. 2).

Основу флористического разнообразия по-прежнему составляли диатомовые водоросли (44,9 %) [5]. Не менее разнообразно была представлена группа динофитовых водорослей (32,7 %). Далее, по мере значимости, встречались синезеленые (14,3 %), зеленые (6,1 %) и эвгленовые (2 %).

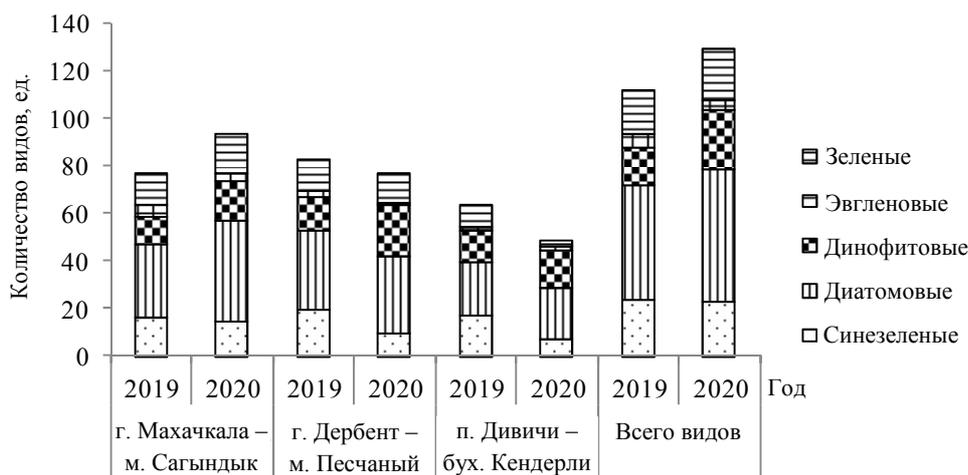


Рис. 2. Качественный состав фитопланктона Среднего Каспия в 2019–2020 гг.

За исследованный период альгофлора была представлена всеми экологическими группами, характерными для Каспийского моря [6], с преобладанием представителей пресноводного происхождения. Исключение составил фитопланктон разреза п. Дивичи – бух. Кендерли, где доминировали морские виды, в большей мере диатомовые водоросли.

По многолетним данным [3], развитие количественных показателей носило скачкообразный характер. Так, в 2012–2014 гг. они находились на низком уровне (8,4–5,4 млн экз./м<sup>3</sup>, 142–48,69 мг/м<sup>3</sup>). Начиная с 2015 г. отмечено значительное увеличение как численности, так и биомассы, и в 2016 г. количественные показатели достигали максимальных величин (42,6 млн экз./м<sup>3</sup> и 1 570,8 мг/м<sup>3</sup> соответственно) (рис. 3).

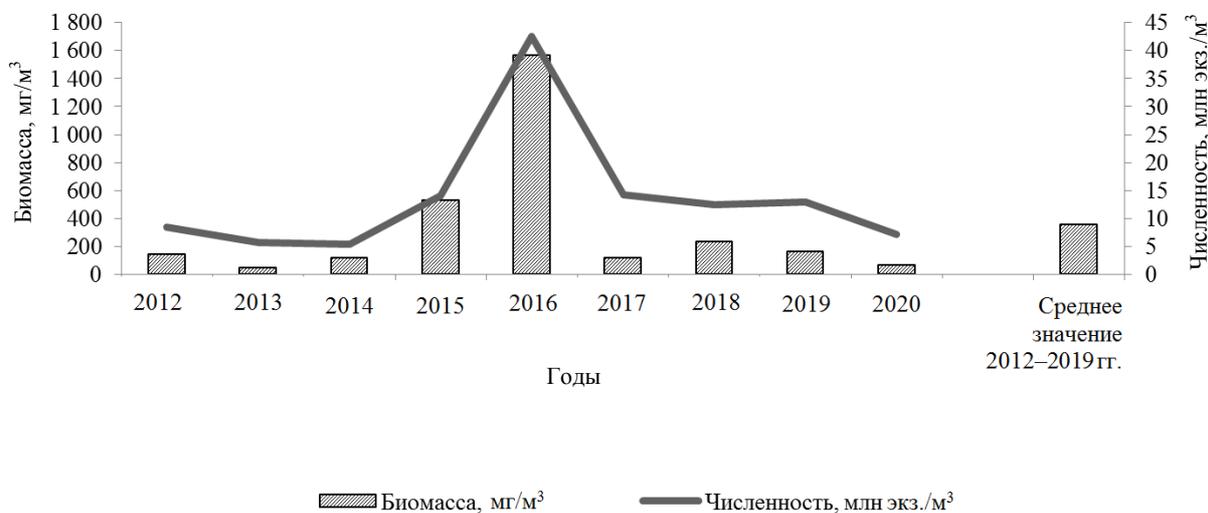


Рис. 3. Многолетние изменения количественных показателей Среднего Каспия

На разрезе г. Махачкала – м. Сагындык количественные показатели фитопланктона в слое в 0–25 м были значительно ниже прошлогодних величин как по районам, так и в целом по разрезу (36,2 против 17,7 млн экз./м<sup>3</sup> и 202,50 против 75,39 мг/м<sup>3</sup>).

Биомасса по районам разреза была практически равной (западная часть разреза – 79,39 мг/м<sup>3</sup>, восточная часть разреза – 72,39 мг/м<sup>3</sup>). Формировали ее главным образом диатомовые водоросли, а среди них *P. calcar-avis.*, на долю которой приходился 71 % всех диатомовых и почти 52 % общей биомассы водорослей. Дополняли массу динофитовые водоросли, а именно *Goniaulax apiculata*, *G. polyedra*, *Prorocentrum micans*.

Наибольшая численность наблюдалась в восточном районе – 25,8 млн экз./м<sup>3</sup>, чему способствовало преобладание мелкоклеточных видов из синезеленых водорослей (*Merismopedia minima* и *Oscillatoria sp.*).

Эвгленовые водоросли встречались в малых количествах (0,1 млн экз./м<sup>3</sup>) на западе, в восточной части разреза они не обнаружены.

Количественные показатели группы зеленых водорослей в 2020 г. оставались на невысоком уровне. При этом показатели численности снижались (0,9 млн экз./м<sup>3</sup>), а биомассы – незначительно увеличивались (0,54 мг/м<sup>3</sup>). Преобладали виды *Binuclearia lauterbornii*, *Ankistrodesmus pseudomirabilis var spiralis*.

На разрезе г. Дербент – м. Песчаный относительно 2019 г. средние количественные показатели развития фитопланктона в продуктивном слое 0–25 м существенно снизились, составив 6,1 млн экз./м<sup>3</sup> и 46,28 мг/м<sup>3</sup> против 20,9 млн экз./м<sup>3</sup> и 192,17 мг/м<sup>3</sup> в 2019 г. Основу численности фитопланктона на разрезе формировали диатомовые водоросли (59 % общей численности), биомассу – динофитовые (60 % общей биомассы). Резкое снижение как биомассы, так и численности произошло вследствие сокращения развития диатомовых и динофитовых водорослей.

Наиболее высокие показатели биомассы были отмечены в восточной части разреза за счет развития диатомовых (*Fragilaria*, *T. hustedtii*, *T. nitzschoides*, *A. granulate*) и динофитовых (*G. digitale*, *G. polyedra*, *P. micans*) водорослей. Показатели численности преобладали в западной части разреза.

Пониженная соленость в западной части разреза, по данным лаборатории водных проблем и токсикологии, отразилась на биомассе диатомовых водорослей, в основном морских по происхождению видов, а пониженные температуры восточной части разреза – на биомассе теплолюбивых динофитовых водорослей.

Следует отметить, что в западной и центральной частях разреза морская водоросль псевдосоления практически отсутствовала, и лишь в восточной части наблюдалась ее интенсивная вегетация, чему способствовал апвеллинг в этой части моря [7]. Все это могло отразиться на биомассе диатомовых и всего фитопланктона в целом.

Среди синезеленых водорослей доминировала по всей акватории разреза, как и в прошлом году, *Oscillatoria sp.* (73 % численности и биомассы синезеленых).

Количественные показатели зеленых водорослей изменялись незначительно, снижаясь как по численности, так и по биомассе. Основу их формировали *B. lauterbornii*, *Pediastrum boryanum var. longicorne*.

Эвгленовые водоросли не были обнаружены ни в одной части разреза. На разрезе п. Дивичи – бух. Кендерли средние количественные показатели развития фитопланктона в продуктивном слое (0–25 м) уменьшились относительно 2019 г. и составили: численность 5,8 млн экз./м<sup>3</sup>, биомасса 67,62 мг/м<sup>3</sup>. Наиболее благоприятные условия для развития фитопланктона наблюдались в восточной части разреза. Биомасса организмов здесь составляла 96,41 мг/м<sup>3</sup>. Численность восточной части (5,9 млн экз./м<sup>3</sup>) находилась приблизительно на одинаковом уровне с центральной (5,7 млн экз./м<sup>3</sup>).

Формировали основу показателей диатомовые водоросли (46,51 мг/м<sup>3</sup> и 2,7 млн экз./м<sup>3</sup>). На всей акватории разреза преобладал морской вид *P. calcar-avis* (около 90 % всех диатомовых и 79 % общей численности фитопланктона). Дополняли количественные *Cyclotella meneghiniana*, *T. caspica*, а также представители динофитовых – *G. spinifera*, *G. polyedra*, *P. micans*. Количественные показатели синезеленых водорослей снижались от глубоководного центрального района к восточному побережью (2,0–0,2 млн экз./м<sup>3</sup> и 6,21–0,24 мг/м<sup>3</sup>). Интенсивная вегетация синезеленых была отмечена в западной части разреза. Основу численности и биомассы формировала *Oscillatoria sp.*

Показатели группы зеленых водорослей находились на низком уровне. Их численность составляла 0,4 млн экз./м<sup>3</sup>, а биомасса – 0,01 мг/м<sup>3</sup>. Основное количество зеленых водорослей концентрировалось в центральной глубоководной зоне разреза. Преобладали виды *B. lauterbornii*, *Scenedesmus quadricauda*.

Эвгленовые водоросли не встречались на разрезе в 2020 г. в продуктивном поверхностном слое.

### Исследование сапробности

Среди представителей фитопланктона было выявлено 42 вида-индикатора в 2019 г. и 46 видов в 2020 г. Рассчитанный индекс сапробности 2019 г. составил 1,9, а в 2020 г. – 1,8. Это свидетельствует о том, что исследуемый район относится к β-мезосапробной зоне, класс качества вод третий – умеренно загрязненные.

Доминирующими видами-индикаторами за период исследования были *C. meneghiniana*, *T. nitzschoides*, *Exuviaella cordata* – β-мезосапробы. Эти виды не так требовательны к окружающим условиям. Немалая численность у представителя синезеленых *Oscillatoria sp.* (α-мезосапробная зона). Организмы олигосапробной зоны встречались редко, наиболее значимые показатели у *P. calcar-avis*.

### Заключение

Таким образом, в фитопланктоне Среднего Каспия наблюдалось качественное разнообразие. Основу фитоценоза формировали диатомовые водоросли. В экологическом комплексе ведущее положение занимали таксоны пресноводного происхождения, за исключением разреза п. Дивичи – бух. Кендерли, где преобладали морские водоросли.

Численность фитопланктонных организмов Среднего Каспия составила 7,2 млн экз./м<sup>3</sup>, биомасса 66,2 мг/м<sup>3</sup>, что ниже величин прошлого года. Уменьшение количественных показателей отмечалось и по всем исследованным разрезам. Основу биомассы составляли диатомовые и динофитовые водоросли. По численности, кроме вышеперечисленных групп, в больших количествах встречались синезеленые водоросли.

Наиболее высокие показатели – как численности, так и биомассы – наблюдались на разрезе г. Махачкала – м. Сагындык.

В целом на всей исследованной акватории в количественном отношении преобладали мелкоклеточные водоросли, являющиеся излюбленным кормом для беспозвоночных животных, что создает условия для развития планктонных и бентосных организмов.

Проведенные исследования фитопланктона позволили установить, что Средний Каспий является бета-мезосапробным водоемом, его воды характеризуются как умеренно загрязненные.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гидрометеорология и гидрохимия морей*. СПб.: Гидрометеиздат, 1996. Т. 4. Каспийское море. Вып. 2. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности. С. 249–254.
2. *Усачев П. И.* Количественная методика сбора и обработки фитопланктона // Тр. Всесоюз. гидробиолог. о-ва Акад. наук СССР. 1961. Т. 11. С. 411–415.
3. *Татаринцева Т. А., Терлецкая О. В.* Видовой состав и количественные показатели развития фитопланктона Среднего и Южного Каспия летом // Рыбохозяйственные исследования в низовьях реки Волги и Каспийском море: сб. науч. тр. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2012. С. 170–175.
4. *Татаринцева Т. А.* Экологические особенности формирования биопродуктивности вод Среднего Каспия: дис. ... канд. биол. наук. Махачкала, 2009. 157 с.
5. *Зими́на Т. Н., Ардабьева А. Г., Котельников А. В.* Оценка фитопланктона как кормовой базы в акватории Среднего Каспия // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2020. № 3. С. 96–102.
6. *Татаринцева Т. А., Терлецкая О. В.* Формирование фитопланктонных сообществ в восточном районе Среднего Каспия в разные сезоны года // Некоторые аспекты гидроэкологических проблем Казахстана: сб. науч. тр. Алматы: Каганат, 2011. С. 102–110.
7. *Кату́нин Д. Н.* Гидроэкологические основы формирования экосистемных процессов в Каспийском море и дельте реки Волги. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2014. 478 с.

Статья поступила в редакцию 18.06.2021

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Татьяна Николаевна Зими́на** – аспирант кафедры гидробиологии и общей экологии; Астраханский государственный технический университет; Россия, 414056, Астрахань; tanyshka\_0704@mail.ru.

**Алевтина Георгиевна Ардабьева** – канд. биол. наук; ведущий специалист лаборатории гидробиологии; Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии; Россия, 414056, Астрахань; ardabeva202@mail.ru.

Андрей Вячеславович Котельников – д-р биол. наук, доцент; профессор кафедры гидробиологии и общей экологии; Астраханский государственный технический университет; Россия, 414056, Астрахань; kotas@inbox.ru.



## CHARACTERISTICS OF PHYTOPLANKTON DEVELOPMENT IN MIDDLE CASPIAN IN SUMMER PERIOD

T. N. Zimina<sup>1</sup>, A. G. Ardabyeva<sup>2</sup>, A. V. Kotelnikov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Astrakhan State Technical University,  
Astrakhan, Russian Federation

<sup>2</sup>Volga-Caspian branch of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography,  
Astrakhan, Russian Federation

**Abstract.** The article highlights the quantitative and qualitative characteristics of phytoplankton organisms in the water area of the Middle Caspian Sea studied by sections: the city of Makhachkala-cape Sagyndyk, the city of Derbent - cape Sandy, Divichi village - Kenderli bay in 2019-2020. The saprobity index and the corresponding saprobity zone of the studied areas have been determined. It has been found that the dominant group was presented by diatoms (43% of the total composition). The subdominants were dinophytic algae. The basis of the ecological complex of 2019-2020 was made up of representatives of freshwater groups of algae. Only on the section of Divichi village - Kenderli bay there dominated the species of marine origin. Quantitative indicators of phytoplankton, both in the Middle Caspian as a whole and by sections, in 2020 decreased compared to the previous year. The general part of the biomass was formed by a large diatom *Pseudosolenia calcar-avis* and representatives of the group of dinophytic algae. The leading role in the abundance figures of the Middle Caspian in 2020 was played by small-cell phytoplankton, mainly from diatoms - *Thalassiosira hustedtii*, *Thalassionema nitzschioides*, *Aulacoseira granulate*, species of the genus *Fragilaria*. The highest quantitative indicators of 2020 were noted in the section of the city of Makhachkala-cape Sagyndyk in the productive layer of 0-25 m. In 2019-2020, the saprobiological state of the waters of the Middle Caspian was characterized as moderately polluted.

**Key words:** phytoplankton, Middle Caspian, diatoms, abundance, biomass, saprobicity.

**For citation:** Zimina T. N., Ardabyeva A. G., Kotelnikov A. V. Characteristics of phytoplankton development in Middle Caspian in summer period. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2021;3:28-34. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-5529-2021-3-28-34.

### REFERENCES

1. *Gidrometeorologiya i gidrokhimiya morei* [Hydrometeorology and hydrochemistry of seas]. Saint-Petersburg, Gidrometeoizdat, 1996. Vol. 4. Kaspiiskoe more. Iss. 2. Gidrokhimicheskie usloviya i okeanologicheskie osnovy formirovaniya biologicheskoi produktivnosti. Pp. 249-254.
2. Usachev P. I. Kolichestvennaya metodika sbora i obrabotki fitoplanktona [Quantitative methods of collecting and processing phytoplankton]. *Trudy Vsesoiuznogo gidrobiologicheskogo obshchestva Akademii nauk SSSR*, 1961, vol. 11, pp. 411-415.
3. Tatarintseva T. A., Terletskaya O. V. Vidovoi sostav i kolichestvennye pokazateli razvitiya fitoplanktona Srednego i Iuzhnogo Kaspiya letom [Species composition and quantitative indicators of phytoplankton development in Middle and South Caspian in summer]. *Rybnokhoziaistvennye issledovaniya v nizov'iyakh reki Volgi i Kaspiiskom more: sbornik nauchnykh trudov*. Astrakhan', Izd-vo KaspNIRKh, 2012. Pp. 170-175.
4. Tatarintseva T. A. *Ekologicheskie osobennosti formirovaniya bioproduktivnosti vod Srednego Kaspiya*. Dissertatsiya ... kand. biol. nauk [Ecological features of forming bioproductivity of waters of Middle Caspian. Diss.... Cand.Bio.Sci.]. Makhachkala, 2009. 157 p.
5. Zimina T. N., Ardab'eva A. G., Kotelnikov A. V. Otsenka fitoplanktona kak kormovoi bazy v akvatorii Srednego Kaspiya [Assessment of phytoplankton as food base in water area of Middle Caspian]. *Vestnik Astrakhanского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство*, 2020, no. 3, pp. 96-102.

6. Tatarintseva T. A., Terletskaia O. V. Formirovanie fitoplanktonnykh soobshchestv v vostochnom raione Srednego Kaspiia v raznye sezony goda [Formation of phytoplankton communities in eastern region of Middle Caspian in different seasons]. *Nekotorye aspekty gidroekologicheskikh problem Kazakhstana: sbornik nauchnykh trudov*. Almaty, Kaganat Publ., 2011. Pp. 102-110.

7. Katunin D. N. *Gidroekologicheskie osnovy formirovaniia ekosistemnykh protsessov v Kaspiiskom more i del'te reki Volgi* [Hydroecological foundations of formation of ecosystem processes in Caspian Sea and Volga River delta]. Astrakhan', Izd-vo KaspNIRKh, 2014. 478 p.

The article submitted to the editors 18.06.2021

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Tatiana N. Zimina** – Postgraduate Student of the Department of Hydrobiology and General Ecology; Astrakhan State Technical University; Russia, 414056, Astrakhan; tanyshka\_0704@mail.ru.

**Alevtina G. Ardabyeva** – Candidate of Biology; Leading Specialist of the Laboratory of Hydrobiology; Volga-Caspian branch of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography; Russia, 414056, Astrakhan; ardabeva202@mail.ru.

**Andrey V. Kotelnikov** – Doctor of Biology, Assistant Professor; Professor of the Department of Hydrobiology and General Ecology; Astrakhan State Technical University; Russia, 414056, Astrakhan; kotas@inbox.ru.

