

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ФИТОПЛАНКТОНА СРЕДНЕГО КАСПИЯ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

Т. Н. Зими́на¹, А. Г. Ардабьева², А. В. Котельников¹

¹Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Российская Федерация

²Волжско-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).

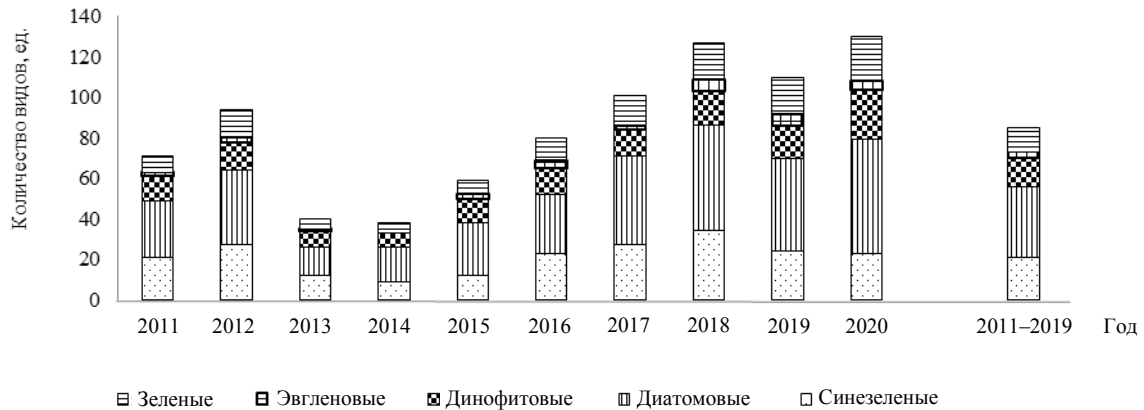


Рис. 1. Динамика видового разнообразия Среднего Каспия в 2011–2020 гг.

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 %).

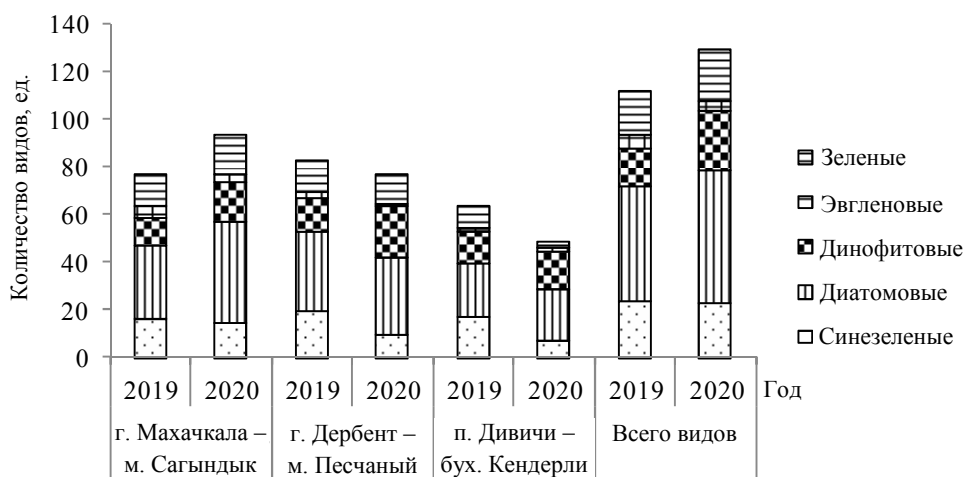


Рис. 2. Качественный состав фитопланктона Среднего Каспия в 2019–2020 гг.

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./м³, 142–48,69 мг/м³). 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./м³ и 1 570,8 мг/м³ соответственно) (рис. 3).

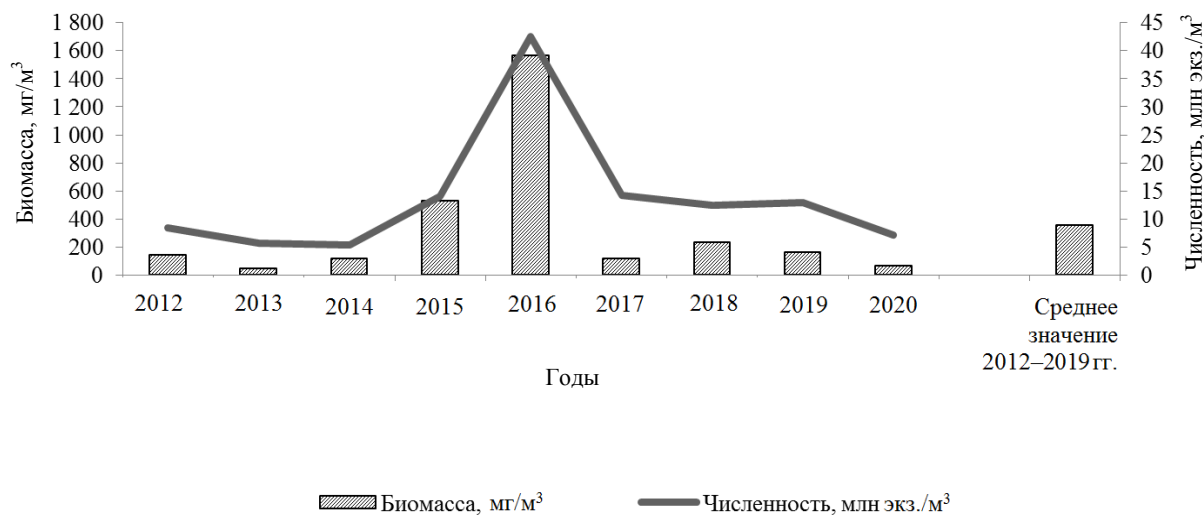


Рис. 3. Многолетние изменения количественных показателей Среднего Каспия

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./м³ и 202,50 против 75,39 мг/м³).

Биомасса по районам разреза была практически равной (западная часть разреза – 79,39 мг/м³, восточная часть разреза – 72,39 мг/м³). 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./м³, чему способствовало преобладание мелкоклеточных видов из синезеленых водорослей (*Merismopedia minima* и *Oscillatoria sp.*).

Эвгленовые водоросли встречались в малых количествах (0,1 млн экз./м³) 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./м³), а биомассы – незначительно увеличивались (0,54 мг/м³). 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./м³ и 46,28 мг/м³ против 20,9 млн экз./м³ и 192,17 мг/м³ 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./м³, биомасса 67,62 мг/м³. Наиболее благоприятные условия для развития фитопланктона наблюдались в восточной части разреза. Биомасса организмов здесь составляла 96,41 мг/м³. Численность восточной части (5,9 млн экз./м³) находилась приблизительно на одинаковом уровне с центральной (5,7 млн экз./м³).

Формировали основу показателей диатомовые водоросли (46,51 мг/м³ и 2,7 млн экз./м³). 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./м³ и 6,21–0,24 мг/м³). 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./м³, а биомасса – 0,01 мг/м³. 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./м³, биомасса 66,2 мг/м³, 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. *Зимина 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. *Катунин 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 Зимина – 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. Zimina¹, A. G. Ardabyeva², A. V. Kotelnikov¹

¹Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russian Federation

²Volga-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. Kolichestvennaia 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., Terletskaia O. V. Vidovoi sostav i kolichestvennye pokazateli razvitiia fitoplanktona Srednego i Iuzhnogo Kaspiia letom [Species composition and quantitative indicators of phytoplankton development in Middle and South Caspian in summer]. *Rybnokhoziaistvennye issledovaniia v nizov'iaxh reki Volgi i Kaspiiskom more: sbornik nauchnykh trudov*. Astrakhan', Izd-vo KaspNIRKh, 2012. Pp. 170-175.
4. Tatarintseva T. A. *Ekologicheskie osobennosti formirovaniia bioproduktivnosti vod Srednego Kaspiia*. Dissertatsiia ... 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., Kotel'nikov A. V. Otsenka fitoplanktona kak kormovoi bazy v akvatorii Srednego Kaspiia [Assessment of phytoplankton as food base in water area of Middle Caspian]. *Vestnik Astrakhanского gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 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.

