

ОЦЕНКА ФИТОПЛАНКТОНА КАК КОРМОВОЙ БАЗЫ В АКВАТОРИИ СРЕДНЕГО КАСПИЯ

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

Рассматриваются особенности развития качественного состава, экологических групп водорослей планктона Среднего Каспия в летний период 2019 г. Рассмотрена межгодовая динамика биомассы и численности водорослей на разрезах г. Махачкала – м. Сагындык, г. Дербент – м. Песчаный, п. Дивичи – залив Кендерли. За исследуемый период собрано и изучено 109 проб и обнаружено 110 таксономических единиц водорослей, при этом отмечается преобладание диатомовых водорослей. Структурообразующая роль принадлежала водорослям пресноводного комплекса (37 %), что стало характерной особенностью этой части моря. Биомасса и численность фитопланктона Среднего Каспия составила 12,9 млн экз./м³ и 166,56 мг/м³ соответственно. Послойное распределение биомассы в целом было обусловлено интенсивностью развития диатомовой водоросли *Pseudosolenia calcar-avis*. Наиболее благоприятные условия для вегетации кормовых динофитовых организмов складывались в западной (г. Махачкала – м. Сагындык, г. Дербент – м. Песчаный) и центральной (п. Дивичи – залив Кендерли) частях разреза в слое 0–25 м, что предположительно оказывает позитивное влияние на развитие планктонных организмов. Преобладающими по численности были мелкоклеточные формы водорослей – важный аспект в формировании кормовой базы рыб.

Ключевые слова: фитопланктон, диатомовые водоросли, численность, биомасса, пресноводный.

Для цитирования: Зими́на Т. Н., Ардабьева А. Г., Котельников А. В. Оценка фитопланктона как кормовой базы в акватории Среднего Каспия // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2020. № 3. С. 96–102. DOI: 10.24143/2073-5529-2020-3-96-102.

Введение

В рамках мониторинга биологического и химического режима Каспийского моря Волжско-Каспийским филиалом Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии проводятся исследования водорослей, их таксономического состава, численности и биомассы.

Основная роль в образовании органического вещества в водоемах принадлежит водорослям планктона. Видовой состав, уровень развития фитопланктона позволяют охарактеризовать интенсивность продукционных и деструкционных процессов экосистемы, оценить состояние кормовой базы. Регулярное изучение фитопланктона позволяет отслеживать изменения кормовой базы, а также выявлять новых для Каспийского моря видов-вселенцев. Диатомовые являются наиболее широко используемой группой кормовых водорослей [1].

Фитопланктон – неотъемлемая часть экосистемы моря, он служит источником его первичной продукции, за счет которого существуют все стоящие выше по трофической цепи организмы. Проведение регулярных исследований в режиме мониторинга за состоянием фитопланктонных водорослей Среднего Каспия является важнейшим условием при определении кормовой базы [2].

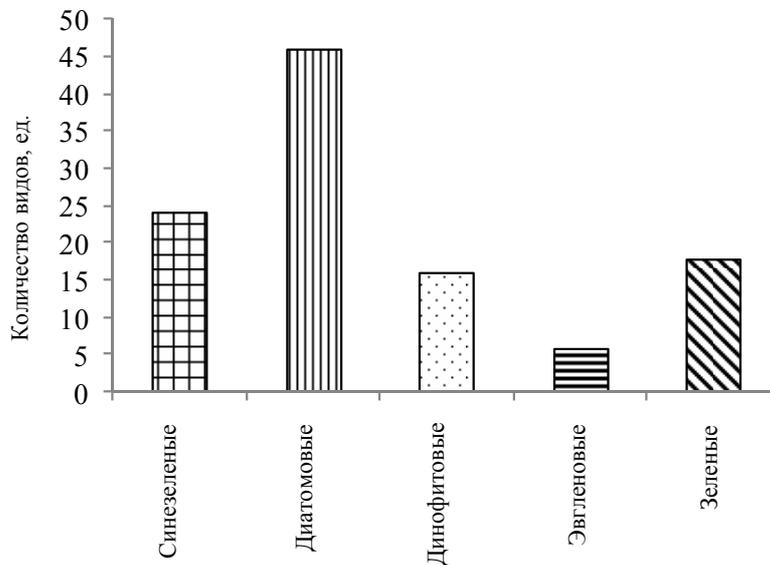
Объекты и методы исследования

Исследованы видовой и количественный состав фитопланктона Среднего Каспия в летний период 2019 г. в целом и по трем разрезам: г. Махачкала – м. Сагындык, г. Дербент – м. Песчаный, п. Дивичи – залив Кендерли. Материал отбирался гидрозондом «Seabird SBE 19» со стандартных горизонтов 0, 10, 25, 50, 100, 200 м.

Сбор и обработка материала проводились в соответствии с методикой П. И. Усачева [3].

Результаты исследований и их обсуждение

В количественный состав видового разнообразия фитопланктона в 2019 г. на исследуемых участках вошли 110 таксономических единиц. Основу фитопланктона составили синезеленые, диатомовые, динофитовые, эвгленовые и зеленые водоросли (рис.).



Таксономический состав фитопланктона Среднего Каспия

В сравнении с предыдущими годами исследований [2] в 2019 г. количество видов фитопланктона было ниже прошлогодней (127), но выше среднемноголетней величины (76).

Характеристика фитопланктона по разрезам. Из результатов исследований на разрезах следует, что в 2019 г. число таксономических единиц оставалось на высоком уровне (табл. 1).

Таблица 1

Таксономический состав фитопланктона Среднего Каспия

Группы водорослей	Разрез			Всего по Среднему Каспию
	г. Махачкала – м. Сагындык	г. Дербент – м. Песчаный	п. Дивичи – залив Кендерли	
	экз.			
Синезеленые	15	20	17	24
Диатомовые	29	33	23	46
Динофитовые	12	14	13	16
Эвгленовые	5	3	2	6
Зеленые	12	13	9	18
<i>Всего</i>	<i>73</i>	<i>83</i>	<i>64</i>	<i>110</i>

На разрезе г. Махачкала – м. Сагындык было выявлено 73 вида, на разрезе г. Дербент – м. Песчаный – 83 вида водорослей. Южнее, на разрезе п. Дивичи – зал. Кендерли, обнаружено 64 вида таксономических единиц.

Основу флористического разнообразия, как правило, составляли диатомовые водоросли (35–43 % от общего состава), что согласуется с полученными ранее данными [4, 5]. Доля синезеленых и зеленых водорослей составляла 21 и 16 % соответственно.

Альгофлора Среднего Каспия была сформирована всеми экологическими группами водорослей (табл. 2).

Таблица 2

Экологические группы водорослей Среднего Каспия

Группы водорослей	Число видов, экз.	% от общего состава
Пресноводные	41	37
Солоноватоводно-пресноводные	17	15
Солоноватоводные	14	13
Морские	27	25
Прочие	11	10

Структурообразующая роль принадлежала водорослям пресноводного комплекса (37 %). Также немалое число видов было в группе морских водорослей.

Структура и динамика показателей фитопланктона в Среднем Каспии. Имеются данные [1], что развитие фитопланктона в Среднем Каспии за последние годы носило циклический характер и зависело от активности гидрохимических процессов. В табл. 3 представлены данные о динамике численности и биомассы фитопланктона с 2013 по 2019 гг.

Таблица 3

Динамика показателей фитопланктона Среднего Каспия

Показатель	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее значение
Численность, млн экз./м ³	5,7	5,4	14,1	42,6	14,2	12,4	12,9	15,3
Биомасса, мг/м ³	48,69	115,23	533,52	1 570,80	117,55	237,41	166,56	398,54

Самая низкая биомасса – 48,69 мг/м³ – была отмечена в 2013 г. Начиная с 2014 г. масса фитопланктонных организмов начала увеличиваться и достигла максимальных показателей в 2016 г. (1,6 г/м³). В 2019 г. биомасса была почти в 2 раза ниже среднееголетней величины.

Численность растительных клеток фитопланктонных сообществ формировали мелкоразмерные динофитовые и диатомовые водоросли. Их доля составляла около 82 %. В современных условиях в фитопланктоне важнейшую роль играет мелкоклеточный фитопланктон, который является ценным в кормовом отношении, что, в свою очередь, благоприятно должно влиять на развитие последующих звеньев трофической цепи.

Наиболее благоприятные условия для развития всех групп фитопланктона наблюдались в продуктивном слое 0–25 м.

Количественные показатели развития растительных клеток в Среднем Каспии на разрезе г. Махачкала – м. Сагындык в 2019 г. составили 36,2 млн экз./м³ и 202,5 мг/м³ (табл. 4).

Таблица 4

Количественные показатели развития фитопланктона по районам моря на разрезе г. Махачкала – м. Сагындык (слой 0–25 м)

Группы водорослей	Западная часть		Восточная часть		Всего на разрезе	
	Биомасса, мг/м ³	Численность, млн экз./м ³	Биомасса, мг/м ³	Численность, млн экз./м ³	Биомасса, мг/м ³	Численность, млн экз./м ³
Синезеленые	2,64	2,9	3,09	2,9	2,9	2,9
Диатомовые	145,63	10,6	60,48	1,9	96,97	5,6
Динофитовые	95,62	37,4	107,48	15,7	102,4	25
Эвгленовые	0,11	0,1	0,08	0,1	0,09	0,1
Зеленые	0,28	5,7	0,04	0,3	0,14	2,6
<i>Всего</i>	<i>244,28</i>	<i>56,7</i>	<i>171,17</i>	<i>20,9</i>	<i>202,5</i>	<i>36,2</i>

Так, численность в рассматриваемый период исследования, по сравнению с прошедшим годом, сократилась в 1,3, а биомасса – в 1,6 раза, что, вероятно, было вызвано резким снижением развития диатомовых водорослей. Основу численности формировала группа динофитовых с преобладанием вида *Exuviaella cordata*. Из диатомовых число клеток определяли мелкоклеточные виды – *Cyclotella meneghiniana*, *Fragilaria capucina*, *Actinocyclus ehrenbergii*. Основу биомассы составляли диатомовые и динофитовые водоросли, в основном *Pseudosolenia calcar-avis*, *E. cordata*, *Prorocentrum micans*, *Gymnodinium variable* и *Glenodinium lenticula f. lenticula*. Уровень развития синезеленых, зеленых и эвгленовых был невысоким.

На разрезе г. Дербент – м. Песчаный в 2019 г. по сравнению с предыдущим годом отмечалось снижение числа клеток фитопланктона и существенное снижение биомассы (табл. 5).

Таблица 5

Количественные показатели фитопланктона по районам моря на разрезе г. Дербент – м. Песчаный (слой 0–25 м)

Группы водорослей	Западная часть		Восточная часть		Всего на разрезе	
	Биомасса, мг/м ³	Численность, млн экз./м ³	Биомасса, мг/м ³	Численность, млн экз./м ³	Биомасса, мг/м ³	Численность, млн экз./м ³
Синезеленые	3,35	3,2	4,06	2,0	3,55	2,3
Диатомовые	74,22	6,2	70,26	4,2	78,34	4,8
Динофитовые	119,20	16,3	78,05	8,2	109,49	12,5
Эвгленовые	–	–	–	–	0,03	0,1
Зеленые	0,44	0,9	1,79	2,4	0,76	1,2
<i>Всего</i>	<i>197,21</i>	<i>26,6</i>	<i>154,16</i>	<i>16,8</i>	<i>192,17</i>	<i>20,9</i>

Уменьшение численности и биомассы отмечалось во всех частях разреза, за исключением восточной части.

Основу численности, как и на предыдущем разрезе, формировали динофитовые водоросли. Среди них преобладала *E. cordata*, также встречались *Gonyaulax spinifera*, *P. micans*. Наиболее благоприятные условия для вегетации кормовых динофитовых организмов складывались в западной части разреза в слое 0–25 м, что, предположительно, благоприятно влияет на развитие зоопланктонных организмов.

В группе синезеленых водорослей по численности доминировали мелкокоразмерные колониальные виды рода *Merismopedia*, *Oscillatoria sp.*, в группе зеленых – *Ankistrodesmus pseudomirabilis v. spiralis*, *Ankistrodesmus pseudomirabilis v. spiralis*.

На разрезе п. Дивичи – залив Кендерли общая численность фитопланктона в 2019 г. составила 12,9 млн экз./м³, биомасса – 116,56 мг/м³, в основном за счет развития диатомовых (главным образом, *P. calcar-avis*) и динофитовых водорослей. Наиболее высокий уровень развития данных водорослей отмечен в центральной части разреза.

Таблица 6

Количественные показатели фитопланктона на разрезе п. Дивичи – залив Кендерли (слой 0–25 м)

Группы водорослей	Центральная часть		Восточная часть		Всего на разрезе	
	Биомасса, мг/м ³	Численность, млн экз./м ³	Биомасса, мг/м ³	Численность, млн экз./м ³	Биомасса, мг/м ³	Численность, млн экз./м ³
Синезеленые	1,31	1,3	1,46	1,4	1,39	1,4
Диатомовые	80,16	2,9	53,5	2,2	66,82	2,6
Динофитовые	146,67	12,0	49,87	5,2	48,27	8,5
Эвгленовые	–	–	–	–	–	–
Зеленые	0,04	0,3	0,13	0,6	0,08	0,4
<i>Всего</i>	<i>228,18</i>	<i>16,5</i>	<i>104,96</i>	<i>9,4</i>	<i>116,56</i>	<i>12,9</i>

Послойное распределение биомассы фитопланктона в 2019 г. определялось главным образом интенсивностью развития диатомовой водоросли *P. calcar-avis* и динофитовой *E. cordata*. На разрезе г. Махачкала – м. Сагындык была заселена практически вся толща воды (табл. 7).

Таблица 7

Послойное распределение биомассы фитопланктона Среднего Каспия

Послойное распределение биомассы фитопланктона, мг/м ³						
Группа водорослей	Поверхность	0–10 м	10–25 м	25–50 м	50–90 м	100–200 м*
г. Махачкала – м. Сагындык						
Синезеленые	1,65	2,33	3,28	2,75	0,7	–
Диатомовые	108,11	113,8	86,42	57,06	37,94	–
Динофитовые	114,1	110,72	96,85	66,33	182	–
Эвгленовые	0,23	0,14	0,06	0,07	0,05	–
Зеленые	0,4	0,25	0,07	0,02	0,01	–
г. Дербент – м. Песчаный						
Синезеленые	4,54	3,93	3,22	2,91	2,49	2,63
Диатомовые	104,92	88,92	71,38	67,64	57,44	63,36
Динофитовые	92,93	90,76	124,62	99,46	59,15	48,52
Эвгленовые	–	–	0,01	0,05	–	0,05
Зеленые	0,44	0,45	0,96	0,88	0,35	0,53
п. Дивичи – залив Кендерли						
Синезеленые	1,29	1,14	1,56	2,57	2,24	0,72
Диатомовые	68,17	64,6	68,31	82,66	77,28	51,79
Динофитовые	62,26	67,18	118,99	108,07	40,09	18,13
Эвгленовые	–	–	–	1	0,08	0,05
Зеленые	0,07	0,1	0,07	1,05	1,87	0,78

* На разрезе г. Махачкала – м. Сагындык максимальная глубина составила 92 м.

На двух других разрезах фитопланктон активно развивался в слое 0–50 м, где концентрировались зоопланктонные организмы. На разрезе г. Дербент – м. Песчаный послойное распределение имело несколько иной характер. Основная масса диатомовых водорослей концентрировалась в слое 0–10 м, доминирующим видом на всех горизонтах являлась *P. calcar-avis*, а динофитовые – в слоях 10–25 и 25–50 м. По мере увеличения глубины количественные показатели водорослей снижались. На разрезе п. Дивичи – залив Кендерли диатомовые водоросли равномерно распределялись во всей толще воды; динофитовые, в частности *E. cordata*, предпочитали более глубоководные слои – 25–50 м.

Заключение

Таким образом, основу видового состава фитоценоза Среднего Каспия в 2019 г. формировали диатомовые водоросли. В сравнении с предыдущими годами (2013–2018 гг.) исследования в качественном составе фитопланктона Среднего Каспия существенных изменений не отмечено. В экологическом комплексе отмечалось преимущество видов пресноводного происхождения. Основой численности являлись мелкоклеточные формы водорослей, основой биомассы – крупноклеточный вид водорослей *P. calcar-avis*, который используется зоопланктоном и бактериями в виде детрита, принимает участие в круговороте веществ в море, при этом увеличивая кормовую базу исследуемой акватории. Толща вод была заселена фитопланктоном до предельно исследуемых глубин (200 м), плотные скопления водорослей концентрировались в слое 0–25 м.

Наиболее высокие количественные показатели отмечались в западной и центральной частях моря. Преобладание мелкоклеточного фитопланктона является положительным моментом в формировании кормовой базы рыб. На основании проведенных исследований и полученных данных можно сделать вывод о достаточном развитии кормовой базы Среднего Каспия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тюлин Д. Ю. Состояние естественной кормовой базы средней зоны Волгоградского водохранилища и ее влияние на воспроизводство рыб: дис. ... канд. биол. наук. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2019. 157 с.
2. Татаринцева Т. А., Терлецкая О. В. Динамика развития фитопланктона Среднего Каспия в современных условиях // Биологическое разнообразие Кавказа и юга России: материалы юбил. XX Междунар. науч. конф. (Махачкала, 6–8 ноября 2018 г.). Махачкала: Тип. ИПЭ Респ. Дагестан, 2018. С. 608–611.
3. Усачев П. И. Количественная методика сбора и обработки фитопланктона // Тр. ВГБО АН СССР. 1961. Т. 11. С. 411–415.
4. Татаринцева Т. А. Экологические особенности формирования биопродуктивности вод Среднего Каспия: дис. ... канд. биол. наук. Махачкала, 2009. 23 с.
5. Татаринцева Т. А. Распределение биомассы фитопланктона в поверхностном слое Среднего Каспия в летний период // Проблемы изучения, сохранения и восстановления водных биологических ресурсов в XXI веке: материалы докл. Междунар. науч.-практ. конф. (Астрахань, 16–18 октября 2007 г.). Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2007. С. 199–202.

Статья поступила в редакцию 17.03.2020

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Зими́на Татьяна Николаевна – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; аспирант кафедры гидробиологии и общей экологии; tanyshka_0704@mail.ru.

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

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



ASSESSMENT OF PHYTOPLANKTON AS FOOD RESERVE IN MIDDLE CASPIAN

T. N. Zimina¹ A. G. Ardabyeva², A. V. Kotelnikov²

¹ Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russian Federation

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

Abstract. The paper considers the specific features of development of the qualitative composition and ecological groups of plankton algae in the Middle Caspian in the summer of 2019. The yearly dynamics of biomass and the number of algae in the sections of Makhachkala - Cape Sagyndyk, Derbent - Cape Peschanny, Divichi - Kenderly Bay has been examined. During the study period 109 samples were collected and examined and 110 taxonomic units of algae were found, with diatoms always prevailing. The structure-forming role belonged to freshwater algae (37 %), which became characteristic of this part of the sea. The biomass and number of phytoplankton in the Middle Caspian made 12.9 million copies/m³ and 166.56 mg/m³, respectively. The layer-by-layer distribution of biomass was determined by the intensity of development of the diatomaceous alga *Pseudosolenia calcar-avis*. The most favorable conditions for vegetation of dinophytic feed organisms were formed in the western (sections of Makhachkala - Cape Sagyndyk, Derbent - Cape Peschanny) and central (Divichi - Kenderly Bay) parts of the section in a layer of 0-25 m, which presumably has a positive effect on the development of planktonic organisms. Small-cell forms of algae dominated, which is an important aspect in the formation of the fish food reserve.

Key words: phytoplankton, diatoms, abundance, biomass, freshwater.

For citation: Zimina T. N., Ardabyeva A. G., Kotelnikov A. V. Assessment of phytoplankton as food reserve in Middle Caspian. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2020;3:96-102. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-5529-2020-3-96-102.

REFERENCES

1. Tiulin D. Iu. *Sostoianie estestvennoi kormovoi bazy srednei zony Volgogradskogo vodokhranilishcha i ee vliianie na vosproizvodstvo ryb. Dissertatsiia ... kand. biol. nauk* [State of natural food reserve in middle zone of Volgograd Reservoir and its impact on fish reproduction. Diss ... Cand.Biol.Sci.]. Astrakhan', Izd-vo AGTU, 2019. 157 p.
2. Tatarintseva T. A., Terletskaya O. V. *Dinamika razvitiia fitoplanktona Srednego Kaspiia v sovremennykh usloviakh* [Dynamics of phytoplankton development in Middle Caspian in modern conditions]. *Biologicheskoe raznoobrazie Kavkaza i iuga Rossii: materialy iubileinoi KhKh Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii (Makhachkala, 6–8 noiabria 2018 g.)*. Makhachkala, Tip. IPE Resp. Dagestan, 2018. Pp. 608-611.
3. Usachev P. I. *Kolichestvennaia metodika sbora i obrabotki fitoplanktona* [Quantitative method for collecting and processing phytoplankton]. *Trudy VGO AN SSSR*, 1961, vol. 11, pp. 411-415.
4. Tatarintseva T. A. *Ekologicheskie osobennosti formirovaniia bioproduktivnosti vod Srednego Kaspiia. Dissertatsiia ... kand. biol. nauk* [Ecological features of formation of bioproductivity in waters of Middle Caspian. Diss. ... Cand.Biol.Sci.]. Makhachkala, 2009. 23 p.
5. Tatarintseva T. A. *Raspredelenie biomassy fitoplanktona v poverkhnostnom sloe Srednego Kaspiia v letnii period* [Distribution of phytoplankton biomass in surface layer of Middle Caspian in summer]. *Problemy izucheniia, sokhraneniia i vosstanovleniia vodnykh biologicheskikh resursov v KhKh1 veke: materialy докладov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Astrakhan', 16–18 oktiabria 2007 g.)*. Astrakhan', Izd-vo KaspNIRKh, 2007. Pp. 199-202.

The article submitted to the editors 17.03.2020

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Zimina Tatyana Nikolaevna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Postgraduate Student of the Department of Hydrobiology and General Ecology; tanyshka_0704@mail.ru.

Ardabyeva Alevtina Georgievna – Russia, 414056, Astrakhan; Volga-Caspian Branch of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography; Candidate of Biology; Leading Researcher of the Laboratory of Hydrobiology; nisa@astu.org.

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

