

Фитопланктон Нижней Оби

Phytoplankton of the Lower Ob

Семенова Л. А., Шевчук Л. С.

Semenova L. A., Shevchuk L. S.

Тюменский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»,
г. Тюмень, Россия. E-mail: ecology@gosrc.vniro.ru
Tyumen branch of the FGBNU "Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography", Tyumen, Russia

Реферат. Приведены результаты изучения фитопланктона Нижней Оби. По исследованиям 2000-х гг. фитопланктон представлен 243 таксонами видового и внутривидового рангов из 75 родов и 8 отделов при наибольшем разнообразии диатомовых (46 %), зеленых (34 %), эвгленовых (12 %) и цианопрокариот (8 %). В альгофлоре на период 1934–2023 гг. идентифицировано 789 таксонов из 8 отделов. Речной фитоценоз диатомовый, ценотическая значимость цианопрокариот проявляется в летний период и начале осени, зеленых – в позднелетний и осенний. Трофический статус по биомассе был ограничен олиготрофно-мезотрофным диапазоном, в период повышенной вегетации цианобактерий, соответствовал эвтрофному состоянию вод, что совпало с летними пиками численности (до 68 млн кл./л) и биомассы (до 14 мг/л). Санитарно-биологическое состояние речной воды по биомассе фитопланктона соответствовало II–IV классу чистоты вод, по индексу сапробности – II–III классу чистоты вод. Типичная для реки структура фитопланктона, сапробное состояние водных масс свидетельствуют о том, что река еще не потеряла способность к самоочищению, несмотря на постоянный антропогенный пресс.

Ключевые слова. Альгофлора, видовой состав, обилие, река, структура.

Summary. The results of studying the phytoplankton of the Lower Ob are presented. According to studies in the 2000s, phytoplankton is represented by 243 taxa of species and infraspecific ranks from 75 genera and 8 divisions, with the greatest diversity being diatoms (46 %), greens (34 %), euglena (12 %) and cyanoprokaryotes (8 %). In the algal flora for the period 1934–2023. 789 taxa from 8 divisions were identified. The river phytocenosis is diatom, the coenotic significance of cyanoprokaryotes is manifested in summer and early autumn, green – in late summer and autumn. The trophic status in terms of biomass was limited to the oligotrophic-mesotrophic range; during the period of increased vegetation of cyanobacteria, it corresponded to the eutrophic state of waters, which coincided with summer peaks in abundance (up to 68 million cells/l) and biomass (up to 14 mg/l). The sanitary and biological state of the river water in terms of phytoplankton biomass corresponded to classes II–IV of water purity, and in terms of the saprobity index, it corresponded to classes II–III of water purity. The structure of phytoplankton typical for the river and the saprobic state of the water masses indicate that the river has not yet lost its ability to self-purify, despite the constant anthropogenic pressure.

Key words. Algal flora, abundance, river, species composition, structure.

Введение. Река Обь – одна из крупнейших рек земного шара, третья по водности река России. Образуется на Алтае, пересекает с юга на север Западную Сибирь и впадает в Обскую губу. Ее экологическое благополучие имеет исключительно большое значение для состояния Обско-Тазовской устьевой области – уникальной водной системы, требующий самого пристального внимания к ее охране. Длина Оби 3650 км, величина водосборного бассейна – 2,99 млн км², средний многолетний расход воды в устье – 12700 м³/с (Лезин, 1995). По характеру речной сети, условиям питания и формирования водного режима Обь делится на три участка: верхний до устья Томи (около 1020 км), средний – до устья Иртыша (около 1500 км) и нижний до Обской губы (около 1160 км), после впадения Иртыша поворачивает на север. Нижняя Обь близ пос. Перегребное разделяется на два рукава: правый – Большую Обь (456 км) и левый – Малую Обь (456 км), которые соединены между собой сетью протоков. Близ полярного круга оба рукава сливаются в один поток. От о. Большие Яры Обь образует обширную, но мелководную дельту. (Москаленко, 1958). По химическому составу вода района исследования гидрокарбонатного класса, кальциевой группы, преимущественно маломинерализованная. Повышенное со-

держание железа, нефтепродуктов, органических соединений обусловлено в большей мере естественными природными процессами.

Бассейн Оби находится под постоянным антропогенным воздействием, поэтому изучение фитопланктона, одного из важных биологических компонентов водной среды, является актуальной задачей. Фитопланктону зачастую отводится определяющая роль в оценке состояния водоема. Результаты изучения растительного планктона Нижней Оби были обобщены ранее в серии работ (Семенова, Алексюк, 1983, 1989; Семенова и др., 1989, 2000; Семенова, 1995, 2008а, 2008б, 2008в). Однако в эти обобщения вошли в основном данные до 90-х гг. включительно и лишь в незначительной степени информация, накопленная в 2000-е гг. (Семенова, Алексюк, 2010; Гаевский и др., 2016; Семенова, 2018). Поэтому в настоящей работе основное внимание уделяется экологическому состоянию Оби, оценке ее трофического статуса и качеству воды, характерному именно для 2000-х гг.

Материалы и методы. Материалом для настоящей статьи послужили данные комплексных исследований в период открытой воды с 2008 по 2023 гг.: в Малой Оби в 10 км ниже пос. Азовы (МО, 64°58' с. ш., 64°57' в. д.); в Большой Оби у пос. Лопхари (БО, 64°50' с. ш., 65°31' в. д.) и у пос. Казым Мыс (ОКМ, 64°39' с. ш., 65°37' в. д.); в Оби у пос. Катровож (ОК, 66°14' с. ш., 65°59' в. д.), у м. Ангальский в 12 км ниже г. Салехард (ОА, 66°35' с. ш., 66°31' в. д.), у пос. Харсайм (ОХ, 66°35' с. ш., 67°15' в. д.) и у пос. Ямбура (ОЯ, 66°46' с. ш., 68°47' в. д.). Пробы отбирали батометром Рутнера в поверхностном слое воды (объемом 0,5–1,0 л) на поперечном разрезе реки на трех станциях (правый и левый берег, середина). Консервация, концентрация проб и количественный учет водорослей проводился в камере Нажотта по общепринятой в альгологии методике (Руководство по методам..., 1983). Идентификация водорослей проведена по отечественным определителям из серии «Определитель пресноводных водорослей СССР» с использованием монографий специалистов. Всего собрано и обработано 144 пробы фитопланктона.

Для более достоверного суждения об изменениях в биоценозах выполнена оценка сапробности вод (Оксиюк и др., 1993) по сапробному индексу (S), рассчитанному по численности методом Пантле и Букка в модификации Сладечека (Руководство по методам..., 1983), за основу взяты списки индикаторных видов (n^*) – показателей сапробности (Унифицированные методы..., 1977). Наряду с видовым составом (n), численностью (N), биомассой (B) в качестве показателей загрязнения вод, перспективными могут быть коэффициент видового сходства по Серенсену (K_s) и индекс Шеннона (H_N), рассчитанный по численности (Константинов, 1979). При возрастающей антропогенной нагрузке происходит смена видов с крупными размерами клеток на виды с мелкими размерами клеток. Для выявления этого процесса рассчитан коэффициент пропорциональности между численностью и биомассой (N/B) – показатель естественного эвтрофирования (Семенова, 2023). Оценка уровня трофности рассматриваемых участков Нижней Оби по биомассе (B) выполнена по классификации трофического статуса (ТС) вод для Обско-Тазовского района, разработанная по результатам многолетних исследований (Гаевский и др., 2009). Годы наблюдений различались водностью: 2008, 2011, 2012, 2022, 2023 гг. были маловодными; 2009, 2013, 2014, 2017–2021 гг. – средние по водности; 2015, 2016 гг. – многоводные.

Результаты и обобщения. Фитопланктон русла Оби представляет своеобразный комплекс альгологического населения, подвергнувшегося отбирающему действию течения, турбулентности и других факторов речного потока. Альгофлора Нижней Оби изучена сравнительно хорошо. В фитопланктоне на период до 2000-х гг. идентифицировано 706 таксонов видового и внутривидового рангов из 8 отделов (Семенова, Науменко, 2001), причем списки видов постоянно пополняются в ходе исследований (Семенова, 2018). К настоящему времени по имеющимся фондовым данным в планктоне Нижней Оби на период с 1934 по 2023 гг. зарегистрирован 781 таксон рангом ниже рода из 8 систематических отделов. Преобладающими группами являются Bacillariophyta (Bac) – 358 таксонов, Chlorophyta (Chl) – 263, Cyanoprokariota (Cya) – 76, Euglenophyta (Eug) – 46, составляющие до 95 % от всего состава. Прочие водоросли: Chrysophyta (Chr) – 20, Xantophyta (Xan) – 17, Cryptophyta (Cry) – 6, Dinophyta (Din) – 3 немногочисленны по составу, на них приходится только 5 %. По сравнению с последней сводкой (до 2000 г.) видовой состав расширился на 75 таксонов, из них 72 впервые обнаружены в фитопланктоне нижнего течения р. Обь: **Cyanoprokariota:** *Anabaena contorta* Bachm., *Chroococcopsis gigantea* Geitl., *Cylindrospermum michailovsköense* Elenk., *Gloeocapsa minor* (Kütz) Hollerb., *Oscillatoria granulata* Gardner, *O. ornata* (Kütz) Gom., *O. planctonica* Wolosz.; **Bacillariophyta:** *Aulacoseira crenulata* (Ehr.) Sim., *Asterionella formosa* f. *acaroides* Lemm., *Cyclotella bodanica* Eulenst., *Melosira undulata* (Ehr.) Kütz., *Navicula americana*

Ehr., *N. tridentula* Krasske, *Nitzschia communis* Rabenh., *Pinnularia major* var. *lacustris* Meist., *Stephanodiscus astraea* (Ehr.) Grun., *S. astraea* var. *intermedius* Fricke, *S. tenuis* ssp. *radiolaria* Skabitsch., *Synedra actinastroides* Lemm., *S. berolinensis* Lemm., *S. ulna* var. *aequalis* (Kütz.) Hust.; **Xantophyta**: *Tribonema aequale* Pasch., *T. affine* West, *T. ambiguum* Skuja, *T. angustissimum* Pasch., *T. elegans* Pasch., *T. minus* Hazen, *T. subtilissimum* Pasch., *T. vulgare* Pasch. **Euglenophyta**: *Euglena acus* var. *minor* Hansg., *E. limnophila* Lemm., *E. tinophyla* Skuja, *Strombomonas giberrosa* var. *longicollis* Playf., *Trachelomas caudata* (Ehr.) Stein, *T. cicnkowskii* Roll, *T. cingeri* f. *urna* Popova, *T. citrififormis* Drez., *T. coronata* Swir., *T. granulosa* Playf., *T. intermedia* var. *chachinae* Skv., *T. komarovii* Skv., *T. oblonga* var. *australica* Playf., *T. oblonga* var. *pulcherrima* (Playf.) Popova, *T. oblonga* var. *punctata* Lemm., *T. ornata* (Swir.) Skv., *T. planctonica* var. *oblonga* Drez., *T. scabra* Playf., *T. scabra* var. *borealis* Safon, *T. sibirica* (Skv.) Popova, *T. skujae* Skv.; **Chlorophyta**: *Closterium acutum* var. *variabilis* (Lemm.) W. Krieg., *C. limneticum* Ehr., *C. pronum* var. *gracile* Breb., *Cosmarium pachydermum* Lund, *Coenocystis planctonica* Korsch., *Coenococcus planctonicus* Korsch., *Hyaloraphidium arcuatum* Korsch., *H. contortum* var. *tenuissimum* Korsch., *Kirchneriella lunaris* var. *dianae* Bohl., *Oocystis crassa* Wittrock, *O. elliptica* W. West, *O. solitaria* Wittrock, *Pediastrum duplex* var. *clathratum* (Schroed.) Lemm., *Scenedesmus acutiformis* Schroed., *S. incrassatus* Bohl., *S. protuberans* Fritsch., *Schroederiella papillata* Korsch., *Schaerocystis schroeteri* Chod., *Staurostrum connatum* (Lund) Rov et Biss., *S. margaritaceum* (Ehr.) Menegh., *S. paradoxum* var. *prorum* West, *Tetraspora lacustris* Lemm.

В период выполнения экспедиционных исследований (с 2008 по 2023 гг.) на обследованных участках Нижней Оби (64°–66° с. ш. 64°–68° в. д.) фитопланктон был представлен 243 таксонами видового и внутривидового рангов из 75 родов, относящихся к 8 отделам: цианопрокариоты (Cyanoprokariota) – 20, золотистые (Chrysophyta) – 4, диатомовые (Bacillariophyta) – 97, желто-зеленые (Xantophyta) – 8, криптофитовые (Cryptophyta) – 6, динофитовые (Dinophyta) – 2, эвгленовые (Euglenophyta) – 28, зеленые (Chlorophyta) – 78. Подавляющее большинство водорослей относится к истинно-планктонным формам, широко распространенным в водоемах, обитающим при довольно широком диапазоне температур. Наибольшее значение в планктоне имеет группа диатомовых водорослей (40 % от общего состава). Наиболее обильны диатомеи весной и осенью. В отдельные годы они достигают численности до 17,8 млн кл./л и биомассы до 9,9 мг/л. В структурообразующий комплекс в период открытой воды входят виды рода *Aulacoseira* Thw. (*A. subarctica* (O. Müll.) Haworth, *A. granulata* (Ehr.) Sim., *A. ambigua* (Grun.) Sim., *A. italica* (Ehr.) Sim., *A. alpigena* (Grun.) Kram., *A. islandica* (O. Müll.) Sim.) весной в массе вегетирует пенная водоросль *Asterionella formosa* Hass. и мелкоклеточные центрические диатомеи рода *Stephanodiscus* Ehr. и *Cyclotella* Kütz., поздней осенью иногда пенная водоросль – *Diatoma elongatum* (Lyngb.) Ag. Диатомовые водоросли в планктоне Нижней Оби в разные по водности годы являются основными продуцентами биомассы (34–99,8 %). В маловодные и средневодные годы в создании общей численности отмечено сокращение доли диатомей (до 7–25 %) и повышение роли синезеленых и зеленых. Развитие диатомовых сопровождается зелеными водорослями (32 %), но по численности и биомассе они уступают диатомовым из-за мелких размеров клеток. Из зеленых на первом месте по числу видовых и внутривидовых таксонов стоят хлорококковые водоросли. Наибольшего разнообразия и обилия зеленые достигают летом (до 27 % N) и осенью (до 56 % N и до 21 % B). Постоянными спутниками диатомовых и зеленых водорослей в толще воды являются цианопрокариоты (8 %). Значение их заметно возрастает летом – начале осени (до 95 % N и до 64 % B), лидирующего развития достигает в первую очередь *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs, в меньшей степени виды родов *Anabaena* Borg, *Microcystis* Lemm. Следует отметить, что летом в маловодные годы у цианобактериот наблюдается максимальная вегетация – (численность до 63,2 млн кл./л и биомасса до 2,6 мг/л) для Нижней Оби. Из других отделов водорослей наиболее значимы в сообществе криптомонады (роды *Cryptomonas* Ehr. и *Chroomonas* Hansg.), эвгленовые (род *Trachelomonas* Ehr.) и золотистые (род *Dinobryon* Ehr.). Количество таксонов по месяцам варьировало в пределах 35–113. Наибольшим видовым разнообразием выделяется устьевой участок (133–153 таксонов). Коэффициент видового сходства (K_s) между месяцами составил 0,60–0,75. Индекс видового разнообразия (H_N) изменялся от 2,17 до 4,79. Виды, входящие в состав фитопланктонного сообщества, характеризуются разной частотой встречаемости. Наиболее распространены виды родов *Aulacoseira* Thw., *Scenedesmus* Meyen, *Tetrastrum* Chod., *Ankistrodesmus* Corda, *Dictyosphaerium* Näg.

Качественные и количественные показатели развития фитопланктонного сообщества приводятся в таблице 1.

Таблица 1

Некоторые показатели фитопланктона Нижней Оби

Год	Разрез (Ks)	Месяц (ТС)	n (n*)	N, млн кл./л.	B, мг/л	N/B	S	Доминанты, % от N и от B
2008	ОЯ	VI (м)	84 (53)	<u>4,14–10,5</u> 6,31	<u>2,53–8,24</u> 4,26	1,5	<u>1,49–1,59</u> 1,53	Вас 78–95 N и 92–99 B,
2008	ОА (0,75)	VI (о)	71 (49)	<u>3,86–5,17</u> 4,35	<u>1,08–2,87</u> 1,87	2,3	<u>1,49–1,75</u> 1,61	Вас 46–78 N и 64–94 B, Cry до 16 N и до 20 B, Chl до 18 N, Cya до 14 N.
		VII (м)	91 (61)	<u>7,41–11,6</u> 10,1	<u>2,35–3,53</u> 3,04	3,3	<u>1,49–1,52</u> 1,50	Вас 46–52 N и 85–89 B, Chl 15–27 N, Cya 24–37 N.
		VIII (э)	111 (63)	<u>9,32–22,1</u> 16,3	<u>3,36–11,1</u> 7,29	2,2	<u>1,56–1,71</u> 1,64	Вас 34–44 N и 78–89 B, Chl 11–25 N, Cry до 11 B, Cya 24–54 N.
		X (м)	71 (49)	<u>4,40–5,58</u> 4,99	<u>2,24–2,72</u> 2,48	2,0	<u>1,43–1,51</u> 1,47	Вас 81–99 N и 87–93 B, Chl до 13 N, Cry до 8 B.
2008	ОКМ	VIII (о)	80 (53)	<u>7,17–7,18</u> 7,17	<u>2,02–2,23</u> 2,12	3,4	<u>1,45–1,50</u> 1,48	Вас 54–70 N и 84–94 B, Chl 10–25 N, Cya до 35 N.
2009	ОЯ (0,60)	VI (о)	62 (39)	<u>0,27–3,33</u> 1,19	<u>0,08–2,02</u> 0,77	1,5	<u>1,39–1,65</u> 1,50	Вас 66–94 N и 79–99,7 B, Cry до 12 N и до 16 B, Chl до 22 N, Cya до 8 N.
		VIII (э)	98 (47)	<u>0,22–26,1</u> 23,9	<u>10,3–13,7</u> 11,6	2,1	<u>1,47–1,52</u> 1,49	Вас 76–85 N и 97 B, Cya 10–18 N, Chl до 8 N.
2009	ОА (0,66)	VI (о)	55 (36)	<u>0,31–0,60</u> 0,40	<u>0,10–0,22</u> 0,15	2,7	<u>1,56–1,60</u> 1,59	Вас 62–85 N и 81–97 B, Cry 11 N и 9–12 B, Chl до 13 N, Cya до 19 N.
		VIII (э)	80 (45)	<u>17,3–25,6</u> 21,4	<u>7,37–9,11</u> 8,24	2,6	<u>1,48–1,53</u> 1,50	Вас 62–81 N и 94–95 B, Cya 11–35 N, Chl до 8 N.
		IX (м)	101 (58)	<u>4,73–10,2</u> 7,50	<u>1,35–4,16</u> 2,73	2,7	<u>1,37–1,80</u> 1,43	Вас 25–67 N и 75–83 B, Chl 15–46 N и до 14 B, Cya 9–24 N, Cry до 11 B.
		X (о)	57 (31)	<u>1,31–6,41</u> 4,11	<u>0,32–2,58</u> 1,53	2,7	<u>1,46–1,95</u> 1,60	Вас 38–72 N и 57–79 B, Chl 15–56 N и 13–21 B, Cya 11–25 N, Cry до 22 B.
2010	ОЯ	VI (о)	74 (42)	<u>0,87–4,86</u> 3,91	<u>0,48–2,98</u> 2,19	1,8	<u>1,35–1,64</u> 1,45	Вас 83–98 N и 96–99 B, Cya до 13 N.
2011	ОЯ	V (м)	66 (44)	<u>1,89–7,01</u> 3,39	<u>1,31–7,38</u> 3,27	1,0	<u>1,47–1,64</u> 1,52	Вас 93 N и 96 B.
		VI (о)	50 (40)	<u>1,38–3,63</u> 2,57	<u>0,51–1,78</u> 1,19	2,2	<u>1,58–1,73</u> 1,66	Вас 80 N и 94 B, Chl до 12 N.
2011	ОА (0,69)	VII (м)	69 (44)	<u>6,93–68,4</u> 28,0	<u>2,47–5,09</u> 3,98	7,0	<u>1,50–1,55</u> 1,55	Вас 7–89 N и 64–98 B, Cya до 92 N и до 36 B, Chl до 14 N.
		VIII (м)	91 (57)	<u>8,62–59,1</u> 27,6	<u>1,69–4,45</u> 3,41	8,1	<u>1,52–1,64</u> 1,62	Вас 34 N и 34–84 B, Cya 59–95 N и 9–64 B, Chl до 13 N.
2012	ОХ	VII (о)	87 (52)	<u>5,55–11,6</u> 8,33	<u>1,16–2,11</u> 1,65	5,0	<u>1,39–1,64</u> 1,53	Вас 19–48 N и 65–84 B, Cya 34–69 N и до 24 B, Chl 9–20 N.
2012	ОЯ	VI (м)	82 (47)	<u>0,56–10,6</u> 5,01	<u>0,44–7,77</u> 4,01	1,3	<u>0,94–1,60</u> 1,37	Вас 62–93 N и 76–99,8 B, Chl до 30 N, Cya до 15 N.

Продолжение табл. 1

Год	Разрез (Ks)	Месяц (ТС)	n (n*)	N, млн кл./л.	B, мг/л	N/B	S	Доминанты, % от N и от B
2013	ОЯ	VI (o)	91 (56)	<u>1,08–4,62</u> 3,05	<u>0,52–3,37</u> 1,81	1,7	<u>1,48–1,56</u> 1,52	Вас 76–89 N и 81–99 B, Chl до 22 N, Cya до 9 N.
2014	ОЯ	VI (o)	55 (34)	<u>1,90–3,90</u> 2,89	<u>0,85–1,22</u> 1,17	2,5	<u>1,38–1,40</u> 1,39	Вас 63–95 N и 91–99 B, Chl до 20 N, Cya до 14 N.
2015	ОЯ	V (o)	51 (45)	<u>1,15–2,03</u> 1,64	<u>0,84–1,23</u> 1,03	1,6	1,45	Вас 79–92 N и 83–99 B, Chl до 12 N, Cry до 11 B.
		VI (o)	57 (48)	<u>1,65–2,86</u> 2,29	<u>0,76–1,22</u> 1,04	2,2	1,54	Вас 81–87 N и 81–95 B, Chl до 14 N, Din до 10 B.
2016	ОЯ	VI (o)	52 (43)	<u>1,92–4,46</u> 2,77	<u>1,18–2,75</u> 1,91	1,5	<u>1,46–1,62</u> 1,57	Вас 77–96 N и 93–98 B, Chl до 17 N.
2017	ОЯ	VI (o)	61 (36)	<u>2,53–5,04</u> 3,59	<u>1,33–4,01</u> 2,28	1,6	<u>1,28–1,52</u> 1,38	Вас 78–90 N и 85–96 B, Chl до 17 N, Cry до 12 B.
2018	ОЯ	VI (o)	67 (40)	<u>1,74–6,69</u> 4,01	<u>0,97–3,25</u> 1,90	2,1	<u>1,43–1,66</u> 1,50	Вас 89–96 N и 90–97 B.
2019	ОЯ	VI (o)	47 (33)	<u>0,47–3,14</u> 2,24	<u>0,26–2,01</u> 1,39	1,6	<u>1,31–1,54</u> 1,38	Вас 67–94 N и 64–98 B, Chr до 20 N и до 18 B, Cry до 12 N и до 18 B.
2021	ОЯ (0,73)	V (o)	67 (48)	<u>1,79–2,59</u> 2,12	<u>0,67–1,98</u> 1,51	1,4	<u>1,27–1,29</u> 1,28	Вас 97–99 N и 99–99,9 B.
		VI (o)	64 (40)	<u>0,92–2,40</u> 1,87	<u>0,74–1,85</u> 1,41	1,3	<u>1,11–1,28</u> 1,21	Вас 93–99,6 N и 97–99,8 B.
2022	ОЯ	VI (o)	72 (49)	<u>2,00–3,68</u> 2,64	<u>1,76–2,70</u> 2,11	1,3	<u>1,12–1,38</u> 1,25	Вас 93–98 N и 96–99,8 B.
2022	МО	VII (o)	104 (63)	<u>1,32–5,02</u> 3,03	<u>0,49–1,69</u> 1,21	2,5	<u>1,70–1,81</u> 1,74	Вас 26–57 N и 53–86 B, Cya 30–50 N и 70–25 B, Chl 10–15 N, Eug до 17 B.
2022	БО	VII (м)	113 (71)	<u>6,29–6,43</u> 6,43	<u>2,23–2,71</u> 2,52	2,6	<u>1,65–1,72</u> 1,69	Вас 49–64 N и 84–94 B, Cya 16–42 N и до 10 B, Chl 8–20 N.
2022	ОК	VII (o)	108 (71)	<u>1,89–3,07</u> 2,45	<u>0,85–1,45</u> 1,07	2,3	<u>1,58–1,68</u> 1,63	Вас 53–58 N и 75–92 B, Cya 19–30 N и до 14 B, Chl 12–23 N.
2023	ОЯ	VI (м)	88 (56)	<u>1,39–5,86</u> 4,24	<u>0,95–4,20</u> 3,08	1,4	<u>1,39–1,63</u> 1,48	Вас 66–88 N и 87–93 B, Cry до 15 N и до 10 B, Chl до 14 N.

Примеч.: категория трофности: о – олиготрофная; м – мезотрофная; э – эвтрофная.

Различие в видовом составе разных лет обусловлены особенностями гидрохимического и гидрологического режимов в каждом конкретном году, а также зависят от сроков ледохода, скорости прогрева воды и частично разными сроками отбора проб, что оказывает влияние на уровень и динамику развития фитопланктонного сообщества. Развитие фитопланктона Нижней Оби характеризуется тремя пиками численности и биомассы – весенним, летним и осенним, с соответствующими периодами депрессии и обилия (Семенова, 1995).

Весной в фитопланктоне устьевого участка Нижней Оби (пос. Ямбура) обнаружено от 47 до 91 таксона рангом ниже рода из 8 отделов. Планктон в мае и первой половине июня при температуре воды до 10 °C характеризуется диатомовым типом развития (62–98 % N и 64–99,8 % B) с присутствием в маловодные годы зеленых (до 30 % N) и цианобактерий (до 15 % N). В толще воды встречались золотистые (до 20 % N и до 18 % B) и представители органического загрязнения – криптомонады (до 12 % N и до 18 % B). Для речного планктона наблюдалась значительная изменчивость количественных показате-

телей развития альгоценоза, так как вегетация в отдельные годы сдерживалась высокими скоростями и мутностью воды во время весеннего паводка. Средняя численность водорослей по месяцам изменялась от 1,19 до 6,31 млн кл./л, средняя биомасса – от 0,77 до 4,26 мг/л. Минимальные количественные показатели фитопланктона отмечены в среднем по водности 2009 г. – численность 0,27 млн кл./л и биомасса 0,08 мг/л, а максимальные (весенний пик) в маловодном 2008 г. – 6,31 млн кл./л и 4,26 мг/л соответственно. Состав доминирующих комплексов по годам практически сходен: *Asterionella formosa*, виды рода *Aulacoseira* (*A. subarctica*, *A. ambigua*) и частично *Stephanodiscus*, *Cyclotella*. В прибрежной зоне у берегов отмечены криптомонады – виды родов *Cryptomonas*, *Croomonas*. Показатель естественного эвтрофирования (N/B) находился в пределах 1,0–1,8, в конце весны повысился до 2,1–2,5. Средние значения плотности и фитомассы для устьевого участка Оби в зависимости от водности года составили: в маловодные годы – 4,03 млн кл./л и 2,99 мг/л, в средние по водности – 2,62 млн кл./л и 1,53 мг/л, в многоводные – 2,23 млн кл./л и 1,33 мг/л. Среднегодовые показатели за весенний период не превышали 3,10 млн кл./л и 2,02 мг/л соответственно. Наиболее продуктивными оказались маловодные годы. Трофический статус по показателям биомассы в большинстве был ограничен олиготрофно-мезотрофным диапазоном.

Для летнего периода отмечается наибольшее развитие водорослей и вегетация всех групп. В планктоне обнаружены представители 8 отделов: цианобактерии, золотистые, диатомовые, желто-зеленые, криптофитовые, динофитовые, эвгленовые и зеленые водоросли. Преобладание в планктоне цианопрокариот считается отличительной чертой его летней фазы развития (Семенова, 1989), которая характеризуется плавным спадом уровня и повышением средней температуры воды (от 15 до 23 °C). В летние месяцы количество таксонов по обследованным участкам реки варьировало от 52 до 113. В маловодные годы в устье реки было определено 133–137 (м. Ангальский). В начале лета, при повышении температуры воды до 15 °C, произошла смена зимне-весеннего комплекса летним. В фитопланктоне реки основу биомассы в разные по водности годы, как и весной, формировали диатомовые водоросли (до 84–98 %). В маловодные годы отмечены криптомонады (до 11–16 %) и эвгленовые (до 17 %). В планктоне в массе вегетировали центрические диатомеи (*A. ambigua*, *A. subarctica*), у берегов отмечены жгутиковые криптомонады (*Cryptomonas*, *Croomonas*). В середине лета в образовании суммарной численности значительно увеличивается ценотическая значимость цианопрокариот и зеленых водорослей в маловодные (до 14–95 % и до 9–25 % соответственно) и средние по водности (до 10–35 % и до 8–13 % соответственно) годы при снижении доли диатомей (до 7–34 %). Такая же тенденция отмечена и для биомассы (2011 г.). В планктоне из цианобактерий доминировала нитчатая водоросль *A. flos-aquae* et var. с присутствием видов родов *Microcystis* и *Anabaena*, из диатомей – виды рода *Aulacoseira* (*A. subarctica*, *A. ambigua*, *A. granulata*) и представители хлорококковых из зеленых. Для летнего периода характерна значительная изменчивость количественных показателей развития фитопланктона. Средняя численность изменялась от 0,4 до 28,0 млн кл./л, составляя в среднем 12,3 млн кл./л, средняя биомасса – от 0,15 до 8,24 мг/л, составляя в среднем 3,68 мг/л. В устье реки (м. Ангальский) минимальные показатели численности (0,31 млн кл./л) и биомассы (0,10 мг/л) были отмечены в июне среднего по водности 2009 г., максимальные (летний пик) – в августе маловодного 2011 года (68,0 млн кл./л и 13,7 мг/л соответственно). Показатель естественного эвтрофирования (N/B) изменялся от 2,1 до 3,4 при пышной вегетации цианопрокариот от 5,0 до 8,1. Оценки категории трофности в летний период по показателям биомассы варьировали в олиготрофно-эвтрофном диапазоне с максимумом в августе.

В начале осени в устье Оби (м. Ангальский) происходит еще значительное развитие водорослей, обусловленное плавным спадом уровня воды и выходом водорослей в р. Обь из соровой системы. В альгоценозе определен 101 таксон. Продолжалась вегетация цианобактерий (до 25 % N и до 11 % B), значительно увеличилась доля зеленых (до 56 % N). Однако диатомеи по-прежнему оставались основными продуцентами растительного планктона (25–81 % N и 57–93 % B). В доминирующий комплекс входили виды рода *Aulacoseira* (*A. subarctica*, *A. ambigua*, *A. alpigena*), синезеленая водоросль *A. flos-aquae* et var. и хлорококковые зеленые водоросли. Показатель естественного эвтрофирования не превышал 2,7. С уменьшением светового дня и понижением температуры воды начинается спад в развитии фитоценоза. Период снижения обилия приходился на октябрь и сопровождался формированием гипноспор (споры покоя) у ряда диатомовых водорослей. Видовое разнообразие падает до 57 таксонов. В фитопланктоне лидировали (81–99 % N и 87–93 % B) диатомеи (*A. subarctica*, *A. ambigua*) с присутствием зеленых водорослей (до 13 % N). Отмечено появление криптомонад (до 21 % B), что свидетельствует о

повышении органическим загрязнением речных вод. Из ведущего комплекса исчезли теплолюбивые водоросли – *A. granulata*, *A. fos-aquae* et var. Показатель естественного эвтрофирования понизился до 2,0. Средняя численность в устье Оби изменялась от 4,1 до 7,5 млн кл./л., составляя в среднем 5,5 млн кл./л., средняя биомасса – от 1,53 до 2,73 мг/л и 2,25 мг/л соответственно. Трофический статус по показателям биомассы в осенний период соответствовал олиготрофно-мезотрофной категории с максимумом в сентябре.

Проведена ориентированная оценка качества воды Нижней Оби по средним показателям биомассы и сапробным индексом (табл. 2). Количество индикаторных видов (n*) варьировало от 31 до 71.

Таблица 2

Уровень качества воды Нижней Оби (НО), средние показатели

Период	Участок (n*)	Биомасса, мг/л			Индекс сапробности		
		показатель	класс	разряд	показатель	класс	разряд
Весна	ОЯ (33–56)	0,77–4,01	II–III	2в–3в	1,21–1,66	II–III	2в–3а
Лето	НО (52–71)	0,15–7,29	II–IV	2а–4а	1,48–1,74	II–III	2в–3а
Осень	ОА (31–58)	1,53–2,73	III	3а–3в	1,43–1,60	II–III	2в–3а

По степени сапробности водоросли варьировали в довольно широких пределах от ксеносапробных до поли-альфа-мезосапробных. Формы, приуроченные к полисапробной зоне, не отмечены. Большинство показательных водорослей относятся к индикаторам бета-мезосапробных (умеренно загрязненных) условий в водоеме. В весенний период водные массы по показателям биомассы и индексу сапробности отнесены к II–III классу чистоты вод. Разряд качества по биомассе соответствовал 2в–3в («вполне чистая» – «слегка загрязненная»), по сапробному индексу – 2в–3а («вполне чистая» – «достаточно чистая»). Наибольший уровень сапробности вод в устье реки (пос. Ямбура) отмечен в маловодные годы (по биомассе в 2008 г., по индексу сапробности в 2011 г.). В летний период в Нижней Оби в маловодные годы наблюдался рост средних показателей биомассы (до 7,29, м. Ангальский) и сапробного индекса (до 1,74, пос. Азовы), что связано с повышенной вегетацией индикаторных видов (бета-мезосапробов) из группы диатомовых и цианопрокариот, а также с присутствием в планктоне представителей загрязненных вод – криптонад – и поступлением органических соединений с площади водосбора, как с водами весеннего паводка, так и со стоками крупных населенных пунктов. Качество воды Нижней Оби в летний период соответствовало по показателям биомассы II–IV классу чистоты вод разряд 2а–4а («очень чистая» – «умеренно загрязненная»), по индексу сапробности – II–III класс чистоты вод разряд 2в–3а («вполне чистая» – «достаточно чистая»). Наибольший уровень сапробности речных вод, как и в весенний период, наблюдался в маловодные годы. Наиболее загрязнена была река у населенных пунктов (г. Салехард, 2008 и пос. Азовы, 2022 г.). Осенний период характеризуется улучшением качества водных масс по показателю биомассы до III класса чистоты вод разряд 3а–3в («достаточно чистая» – «слегка загрязненная»). По сапробному индексу вода в устье реки (м. Ангальский) соответствовала II–III классу чистоты вод разряд 2в–3а («вполне чистая» – «достаточно чистая») с максимумом в октябре 2009 г. (средний по водности). Уровень сапробности вод осенью находился в зависимости от поступления дополнительных количеств легкоусвояемого органического вещества за счет разложения летнего планктона и тем самым сдерживало снижение сапробного индекса.

Заключение. По имеющимся фондовым данным и обширным исследованиям в 2000-х гг. в планктоне Нижней Оби на период 1934–2023 гг. зарегистрировано 789 таксонов видового и внутривидового рангов из 8 отделов: цианопрокариоты (синезеленые), золотистые, диатомовые, желто-зеленые, криптофитовые, динофитовые и зеленые водоросли. Впервые идентифицировано 72 вида. По результатам экспедиционных исследований с 2008 по 2023 гг. в альгофлоре нижнего течения Оби обнаружено 243 таксона из 75 родов и 8 отделов при наибольшем разнообразии диатомовых (46 %), зеленых (34 %), эвгленовых (12 %) и цианобактерий (8 %). Наибольшим разнообразием и уровнем количественного развития выделяется устьевой участок. По структуре и обилию речной фитопланктон на период исследований диатомовый, ценотическая значимость цианопрокариот проявляется в более теплый летний период и начале осени, зеленых – в позднелетний и осенний, что характерно для Нижней Оби. В фитоценозе устьевого участка в маловодные (2008, 2011, 2012 гг.) и средние по водности (2009 г.) годы отме-

чается повышение роли синезеленых и зеленых при снижении доли диатомей, что обусловлено плавным спадом уровня и выходом водорослей и биогенов в р. Обь из соровой системы. Это совпадает с сезонной динамикой фитопланктона, характерной для равнинных рек с богатой пойменной системой. Показатель естественного эвтрофирования (N/B) при повышенной вегетации цианобактерий варьировал от 5,0 до 8,1 (максимальные значения), что отражает мелкоклеточный характер фитопланктона. Период снижения обилия приходится на октябрь.

По классификации (Гаевский и др., 2009) трофический статус Нижней Оби по биомассе в большинстве случаев был ограничен олиготрофно-мезотрофным диапазоном. Сделанные оценки в период усиленной вегетации синезеленых водорослей соответствовали эвтрофному состоянию вод, что совпадало с интенсивным летним развитием фитопланктона с численностью до 59–68 млн кл./л и с биомассой до 9–11 мг/л (маловодные годы). По классификации (Оксиюк и др., 1993) санитарно-биологическое состояние речной воды по биомассе соответствовало II–IV классу чистоты вод, разряд качества от «очень чистая» до «умеренно загрязненная», по сапробному индексу – II–III класс чистоты вод разряд качества от «вполне чистая» до «достаточно чистая».

Самоочищающаяся способность в реках намного выше, чем в стоячих водоемах. Это связано со скоростью течения, перемешиванием водных масс, их разбавлением. Река Обь в нижнем ее участке в рассматриваемый период, как показали результаты исследований, пока не потеряла способность к самоочищению, несмотря на постоянный антропогенный пресс, о чем свидетельствуют разнообразие альгофлоры, относительно стабильная на протяжении многих лет структура фитопланктонного сообщества и сравнительно низкие величины сапробных индексов.

ЛИТЕРАТУРА

- Гаевский Н. А., Семенова Л. А., Григорьев С. С.** Отношение валовой первичной продукции и биомассы фитопланктона в устье р. Оби в весенний период при доминировании диатомовых водорослей // *Окружающая среда и менеджмент природных ресурсов: тез. докл. VI Междунар. конф.* (Тюмень – Ишим, 19–22 сентября 2016 г.). – Тюмень: Изд-во Тюменского гос. ун-та, 2016. – С. 57–59.
- Гаевский Н. А., Семенова Л. А., Матковский А. К.** Трофический статус вод экосистемы Обско-Тазовской устьевой области по показателям фитопланктона // *Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения*. – Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2009. – Вып. 10. – С. 170–179.
- Константинов А. С.** Общая гидробиология. – М.: Высшая школа, 1979. – С. 85–116.
- Лезин В. А.** Реки и озера Тюменской области (словарь-справочник). – Тюмень: Экогеос – 1, 1995. – 298 с.
- Москаленко Б. К.** Биологические основы эксплуатации и воспроизводства сиговых рыб Обского бассейна // *Тр. Обь-Тазовского отделения ВНИОРХ. Новая серия*. – Тюмень: Тюменское книжное изд-во, 1958. – Т. 1. – 251 с.
- Оксиюк О. П., Жукин В. Н., Брагинский Л. П., Линник П. Н., Кузьменко М. И., Кленус В. Г.** Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // *Гидробиол. журн.* 1993. – Т. 29, № 4. – С. 62–77.
- Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений*. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 239 с.
- Семенова Л. А.** Многолетние исследования фитопланктона Нижней Оби // *Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения*. – Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2008а. – Вып. 9. – С. 163–173.
- Семенова Л. А.** Фитопланктон Нижней Оби в условиях антропогенного воздействия // *Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы: материалы докл. III Всеросс. конф. по водной токсикологии, посвященной памяти Б. А. Флерова* (п. Борок, 11–16 ноября 2008 г.). – Борок: РАН ИБВВ, 2008б. – С. 324–327.
- Семенова Л. А.** Современное состояние фитопланктона Нижней Оби // *Современное состояние водных биоресурсов* (Новосибирск, 26–28 марта 2008 г.): материалы Междунар. конф. – Новосибирск: Изд-во Новосибирский гос. аграрный ун-т, 2008в. – С. 347–353.
- Семенова Л. А.** Фитопланктон Обской устьевой области и оценка его возможных изменений при изъятии части речного стока // *Гидробионты Обского бассейна в условиях антропогенного воздействия: сб. науч. тр.* – Л.: Изд-во ГосНИОРХ, 1995. – Вып. 327. – С. 113–119.
- Семенова Л. А.** Многолетние исследования фитопланктона в устье реки Оби // *Человек и север: антропология, археология, экология: материалы Всеросс. конф.* (Тюмень, 2–6 апреля 2018 г.). – Тюмень: Изд-во ФИЦ Тюменский науч. Центр СО РАН, 2018. – С. 565–570.
- Семенова Л. А.** Фитопланктон Средней Оби в условиях антропогенного воздействия // *Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы: сб. материалов VIII Всеросс. конф. по водной экотоксикологии / отв. ред. И. И. Томилина* (п. Борок, 17–20 октября 2023 г.). – Ярославль: Филигрань, 2023. – С. 179–182.
- Семенова Л. А., Алексюк В. А.** Фитопланктон нижнего течения Оби // *Биология и экология гидробионтов экосистемы Нижней Оби*. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1983. – С. 32–42.

Семенова Л. А., Алексюк В. А. Изученность альгофлоры Обского Севера // Гидробиологическая характеристика водоемов Урала. – Свердловск: Изд-во Уральск. отд. АН СССР, 1989. – С. 23–38.

Семенова Л. А., Алексюк В. А. Результаты исследований планктона Нижней Оби // Экологические проблемы речных экосистем (Минск, 21–23 сентября 2010 г.): тез. Междунар. науч.-практ. конф. – Минск: Изд-во Белорусского гос. ун-та, 2010. – С. 61–62.

Семенова Л. А., Князева Н. С., Степанова В. Б., Дергач С. М., Алексюк В. А. Среда обитания рыб в низовьях р. Оби и эстуариях // Биологические ресурсы побережья Российской Арктики: материалы к симпозиуму (Беломорск, апрель 2000 г.). – М.: ВНИРО, 2000. – С. 133–136.

Семенова Л. А., Лелеко Т. И., Алексюк В. А. Сток планктона Нижней Оби // Изучение реки Оби и ее притоков в связи с хозяйственным освоением Западной Сибири: сб. науч. тр. – Л.: Изд-во ГосНИОРХ, 1989. – Вып. 305. – С. 56–65.

Семенова Л. А., Наumenко Ю. В. Новые данные к альгофлоре Нижней Оби и ее эстуария // Вестник экологии лесоведения и ландшафтоведения. – Тюмень: Ин-т проблем освоения Севера СО РАН, 2001. – Вып. 1. – С. 131–137.

Унифицированные методы исследования качества вод. Часть 3. Методы биологического анализа вод. Приложение 2. Атлас сапробных организмов. – М.: СЭВ, 1977. – 227 с.