

Раздел 3

Section 3

УДК 574.5

ЭКОЛОГИЯ

ECOLOGY

ИСТОРИЯ АЛЬГОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В БАССЕЙНЕ ОБИ И ИРТЫША

Е.И. Калеева^{1,2}, А.Н. Шаров²¹Тюменский государственный университет, Тюмень,²Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, п. Борок, Ярославская обл.,

E-mail: sharov@ibiw.ru

В статье анализируются работы, посвящённые изучению водорослей в крупных реках Западной Сибири от первых публикаций в девятнадцатом веке до настоящего времени. Исследования разделены на три условных этапа. Первые два этапа исследования Сибирских рек были в основном описательными. Начиная с середины 90-х годов прошлого века, развиваются новые методы и технологии. Кроме того, цели самих работ в большей степени начинают концентрироваться не столько на описании альгофлоры, сколько на использовании фитопланктона для биоиндикации. Помимо актуальности работ по оценке экологического состояния рек Сибири на современном этапе также очень популярны исследования, направленные на переучёт или же ревизию видового состава альгофлоры. Данная тематика стала довольно актуальной из-за постоянно сменяющихся систематических положений многих таксонов. В работе сделано обобщение литературных данных, приведен анализ изменений видового состава в реках Обь, Иртыш и Новосибирском водохранилище, обобщены сведения по таксономическому составу с учетом современных таксономических преобразований. Наиболее богата альгофлора Оби: всего обнаружено 1058 внутривидовых таксонов, доминируют диатомовые и зеленые водоросли. Нынешнее состояние фитопланктона крупных рек Западной Сибири относительно данных прошлого века может говорить о начальном этапе эвтрофирования, спровоцированного растущим со временем антропогенным влиянием на водные объекты. Наиболее яркие изменения фитопланктона характерны для Новосибирского водохранилища, трофность которого повысилась от олиго-мезотрофной до эвтрофной и снизилось качество воды за 59 лет эксплуатации в результате возрастания антропогенной нагрузки в целом в Обь-Иртышском бассейне и изменения климата в регионе. Экосистема среднего течения Иртыша является относительно устойчивой. Однако увеличилась роль эвгленовых, динофитовых и золотистых водорослей в составе фитопланктона, что связывали с увеличением органических загрязнений Иртыша.

Ключевые слова: альгофлора; фитопланктон; микроводоросли; реки Обь и Иртыш; Новосибирское водохранилище.

DOI: 10.24412/2410-1192-2025-17805

Дата поступления: 14.08.2025. Принята к печати: 2.09.2025

Первые сведения по альгофлоре водоемов Сибири имеются в работе Х. Эренберга и относятся к 1832 г. [цит. по: Андреев и др., 1963], где приводится 30 видов водорослей, на основании изучения матери-

алов, собранного во время Сибирской экспедиции А. Гумбольдта. Пробы отбирали в верхнем, нижнем Иртыше и ряде других водоемов. Небольшие списки водорослей из Обь-Иртышского бассейна опубликова-

ны в работах Ф. Куртца [Kurtz et al., 1879] и С. Соммье [Sommier, 1896]. Первый исторический обзор исследования альгофлоры был сделан М.С. Куксн [1964].

Река Обь. Впервые данные о составе водорослей верхней Оби опубликованы в статье В.С. Порецкого [1931]. Он описал качественный состав водорослевых образований быков железнодорожного моста на нескольких участках реки в черте г. Новосибирска. Следующие исследования первого этапа были проведены Н.Д. Маминой в 1936–1939 годах, в работе которой приведен видовой состав альгофлоры Оби и оценена степень загрязнённости водотока и его притоков в районе г. Новосибирска [Мамина, 1940]. Подробные гидробиологические исследования были выполнены А.И. Якубовой в 1949 г. и М.С. Куксн с Г.Д. Левадной в 1956 г. При этом результаты экспедиций были опубликованы лишь в 1961 году [Левадная, 1961], и в обоих случаях сборы проводили в летний период [Куксн, 1964].

Исследование А.И. Якубовой [1961] летом 1949 г. в верховьях Оби в основном отражает качественный состав фитопланктона с учётом разных мест сбора и изменение состава в разные сезоны и месяцы. Также было отмечено, что притоки Тихая, Лапа и Старая имели богатый видовой состав, и наблюдалось «цветение» воды сине-зелеными водорослями *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend. Elenk., *Anabaena (Dolichospermum) scheremetieviae* Elenk., *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs. [Куксн, 1964].

Летом 1956 г. в ходе экспедиции Биологического института Западно-Сибирского филиала АН СССР Т.Г. Поповой было проведено повторное изучение состава альгофлоры этого же участка р. Оби, а также озер и рек будущего ложа Новосибирского водохранилища перед его заполнением. В результате обработки, собранных в ходе экспедиции проб, было обнаружено 174 таксона из 6 отделов: Cyanophyta (Cyanobacteria) – 20, Pyrrophyta – 6, Euglenophyta – 12, Chrysophyta – 3,

Bacillariophyta – 96 и Chlorophyta – 35. Численность фитопланктона колебалась в пределах от 0.3 тыс. до 13 млн кл./л [Савкин и др., 2014].

В средней Оби Т.Г. Поповой и Т.А. Сафоновой 13 августа 1958 г. было зарегистрировано цветение воды, продлившееся несколько часов. Оно было вызвано массовым развитием видов *Pandorina morum* (Müller) Bory и *Trachelomonas intermedia* Dangeard [Попова, Сафонова, 1961]. Возможно, это первое упоминание о массовом развитии водорослей в крупных сибирских реках.

Наиболее обстоятельные и структурированные данные второго этапа принадлежат Ю.В. Науменко, который по пробам 1979–1981 годов, взятых с десяти гидробиологических разрезов, обнаружил в Оби более 254 видов водорослей (представленных 338 формами и разновидностями) (принадлежащих к желтозеленым и динофитовым (по 1 таксону), синезелёным – 8, золотистым – 9, эвгленовым – 17, зелёным – 86, диатомовым – 132. Помимо определения видового состава он также условно отделил часть нижнего течения средней Оби, приурочив его к «болотному комплексу». Этот условный участок реки находится под большим влиянием притоков и наносов с болот [Науменко, 1985b].

Исследования Ю.В. Науменко по отдельным систематическим группам показали, что согласно литературным данным до 1992 года в Оби было обнаружено 11 видов жёлтозелёных водорослей: в грунте верхнего течения Оби был обнаружен *Ophiocytium capitatum* Wolle; в пробах из Новосибирского водохранилища – *Goniochloris sculpta* Geitl., *G. mutica* (Braun) Fott, *Pseudogoniochloris smithii* (Pascher, Krienitz, E. Hegewald, Raymond & Peschke), *Centrtractus belonophorus* (Schmidle, Lemmermann); пробы из среднего течения показали наличие *Tribonema minus* (Wille, Hazen), *T. affine* (Kützing, West), *T. vulgare* Pascher, *T. viride* Pascher; в Обской губе – *Tribonema depauperatum* (Wille), *Centrtractus africanus* (Fritsch

et Rich) [Науменко, 1992a]. Дальнейшие исследования в период с 1979 по 1989 годы дополнили эти данные видами: *Pseudopolyedriopsis skujae* Hollerbach, *Goniochloris irregularis* Pasch., *G. pulchra* Pasch., *Pseudogoniochloris tripus* (Pascher) Krienitz, E. Hegewald, Reymond & Peschke, *Pseudogoniochloris smithii*, *Ophiocytium parvulum* (Perty) Braun, *O. capitatum* Wolle, *O. gracillimum* Borzi [Науменко, 1992a]. Следует отметить, что представители родов *Goniochloris* и *Pseudostaurastrum* в современной систематике относятся к классу Eustigmatophyceae [Guiry, Guiry, 2023].

Сходные исследования были проведены для десмидиевых водорослей. На момент 1992 года для реки Оби было описано 52 вида десмидиевых водорослей. Из них ведущее место занимают роды *Closterium* Nitzsch ex Ralfs, *Staurastrum* Meyen. Согласно сезонным наблюдениям виды *Desmidiaceae* в основном встречаются с конца июня до конца сентября. Наибольшее число видов – 24 таксона (средний по водности 1986 г. и маловодный 1989 г.), наименьшее – 19 и 9 (многоводные 1985 и 1988 г.) [Науменко, 1992b]. Сводный список литературных и новых экспедиционных данных включал 87 видов, разновидностей и форм десмидиевых водорослей, принадлежащих к 13 родам и двум семействам – *Closteriaceae*, *Desmidiaceae*. Первое семейство представлено всего одним родом – *Closterium*, в состав которого входит 38 видов. Второе семейство представлено 12 родами. В Средней и Нижней Оби наиболее часто отмечали *Closterium pronum* Brebisson, *C. peracerosum* Gay, *C. aciculare* West, *C. moniliferum* Ehrenberg, *Staurastrum paradoxum* Meyen. Новыми для сибирской флоры были следующие виды и одна разновидность: *Closterium ehrenbergii* var. *percrassum* Grönblad, *Staurastrum teliferum* var. *gladiousum* (W.B.Turner) Coesel & Meesters, *Staurodesmus mucronatus* (Nägeli) Thomasson, *S. patens* (Nordstedt) Croasdale, *S. triangularis* Teiling, *Cosmarium cyclicum* Lundell, *Teilingia granulata* (Roy et Bisset) Bourrelly. Десмидиевые в основ-

ном были представлены одноклеточными формами. Среди колониальных и нитчатых форм встречались представители родов *Spondylosium*, *Teilingia*, *Desmidium*. При продвижении на север к Обской губе количество представителей *Desmidiaceae* увеличивалось [Науменко, 1992b].

В результате изучения водорослей фитопланктона р. Оби Ю.В. Науменко [Науменко, 1992c] найдено 37 видовых и внутривидовых таксонов золотистых водорослей из 10 родов и 5 семейств (согласно предыдущим исследованиям и собственными сборами автора). Материал для работы был представлен сборами автора, которые он проводил в летнее время ежегодно с 1985 по 1989 годы между устьями рек Томь и Полуй, а также во время маршрутных рейсов от г. Новосибирска до г. Салехарда в 1979–1982 и 1985–1989 годах в летне-осенний период. До этих исследований по литературным данным было отмечено 17 видов водорослей из 3 семейств и 6 родов. Наиболее многочисленными были роды *Dinobryon* – 14, *Kephyrion* и *Pseudokephyrion* – по 5 таксонов. *Mallomonas coronata* Bolochonzew отмечен единично в сборах у с. Белогорье в 1985 г., хотя литературные данные указывают на то, что ранее вид был широко распространён [Науменко, 1992c]. Район Верхней Оби был охарактеризован [Науменко, 1992c] как неблагоприятный для развития видов золотистых водорослей, в пробах обнаружили только 4 вида. Те же выводы были даны и для участка Новосибирского хранилища, но видов отмечено 12, что возможно связано с более богатым видовым составом альгофлоры на этом участке в целом.

В Средней же Оби, напротив, условия для жизнедеятельности данных видов более благоприятные, что сказалось и на результатах анализа – 31 вид и внутривидовой таксон хризомонад. А в пробах из Нижней Оби – 18 видов и таксонов золотистых. Обская Губа же охарактеризована 11 видами. Общим для всех участков реки был только один вид – *Dinobryon divergens* Imhof. Относительного сезонного появле-

ния данных видов в пробах – золотистые водоросли обычно появляются в начале мая и пропадают из них в начале октября. Анализ литературных данных за период до 1992 г. показал, что в сравнении с другими крупными реками Обь (в р. Оби было известно 11 видов) характеризуется большим видовым разнообразием золотистых водорослей. Представителей этой группы в Енисее – 19 таксонов, в Иртыше – 9 и 2 в Лене [Науменко, 1992с].

Сравнительные исследования эвгленовых водорослей были проведены Ю.В. Науменко в 1994 году на основании сборов в период с 1979 по 1989 г. Материал был отобран точно и маршрутно на участках Верхней, Средней и Нижней Оби. Помимо забора фитопланктона для последующего определения также были измерены температура, прозрачность и активная реакция воды (рН). Автор указывал, что до него централизованного сбора эвгленовых с разных участков реки не проводилось, и при сравнении он использовал свыше 60 источников [Науменко, 1994]. Появление видов в пробах было отмечено во 2-й декаде июня (исключения: 1-я декада июня 1988 и 1989 годов). Основная активность их продукции приходилась на август, при этом они составляли всего 1% от общего числа видов в пробах. Исчезновение из проб в основном происходило в 1-й декаде октября [Науменко, 1994]. Обобщенный список эвгленовых реки Оби (собственные и литературные данные) включал 46 таксонов рангом ниже рода отдела *Euglenophyta*.

Наиболее распространенными на всех участках исследования были виды *Trachelomonas hispida* (Perty) Stein, *T. intermedia* Dangeard, *T. patellifera* Popova, *T. planctonica* Svirenko, *T. volvocina* Ehrenberg. Преобладание же в большинстве проб представителей рода *Trachelomonas*, автор объяснял их наилучшей приспособленностью к обитанию в водах с высоким содержанием растворённого железа. Также в данном исследовании были впервые обнаружены: *Trachelomonas armata* (Ehrenberg) Stein, *T. granulosa*

Playfair, *T. spinulosa* (Skvortsov) Deflandre, *T. pavlovskoensis* (Poljanskij) Popova, *T. siberica* (Skvortsov) Popova, *Strombomonas planctonica* (Wołoszyńska) Popova и *Phacus orbicularis* Hübner [Науменко, 1994].

Существуют также исследования видового разнообразия рода *Eunotia* в Оби, в котором отмечено, что исследований эвноций ранее практически не проводилось, из-за чего сведения об их составе в альгофлоре были отрывочны и сильно разброшены по времени. Так, их количественный состав по данным разных исследователей (с 1934 по 1985 годы) колебался в пределах от 4 до 16 видовых и внутривидовых таксонов. Часть наименований дублировалась, и наиболее полная картина в исследованиях представляла 40 таксонов рангом ниже рода с учётом предыдущих наблюдений. В разные по водности годы количество встреченных таксонов варьировало. По течению реки виды распределяются неравномерно. Общими для Новосибирского водохранилища, Средней и Нижней Оби, а также Обской губы являлись три вида: *Eunotia lunaris* (Ehrenberg) Grunow, 1877, *E. praeurupta* Ehrenberg, 1843, *E. siberica* Cleve, 1880. Эвноции не встречались в пробах верхнего течения реки. Многие представители рода *Eunotia* являются характерными для большинства водоёмов России, за исключением ограниченно распространённых: *E. neocompacta* S. Mayama 1998, *E. microcephala* var. *tridentata* (Ant. Mayer) Hustedt (до этого исследования литературные данные указывали, что вид встречается только в водоёмах Эстонии), *E. major* (Smith) Rabenhorst 1864, *E. biconstricta* (Grunow) Lange-Bertalot 2011, *E. polydentula* Hustedt, *E. revoluta* Cleve, *E. veneris* var. *incisa* (Smith) Cleve-Euler [Науменко, 1995].

В результате многолетних исследований фитопланктона Оби, проведенных в 1978–1982 и 1985–1989 годах, Ю.В. Науменко [1996] установил, что уровень его видового разнообразия определяется 689 видами, представленными 905 видовыми и внутривидовыми так-

сонами, относящимися к 168 родам и 71 семейству из 8 отделов: *Bacillariophyta* – 394, *Chlorophyta* – 298, *Cyanobacteria* – 91, *Euglenophyta* – 46, *Chrysophyta* – 37, *Xanthophyta* – 17, *Dinophyta* – 18, *Cryptophyta* – 4. Наибольшим видовым разнообразием с учетом внутривидовых таксонов характеризуются рода: *Navicula* – 44 разновидности, *Scenedesmus* – 43, *Eunotia* – 40, *Closterium* – 38, *Nitzschia* – 29, *Pinnularia* – 28, *Trachelomonas* – 25, *Surirella* – 24, *Anabaena* – 22, *Fragilaria* – 20.

В работах Е.Ю. Митрофановой [1999, 2008, Mitrofanova, 2015] проанализированы результаты исследования фитопланктона на реках Обь и Томь с 1993 по 2006 гг. Исследование фитопланктона наиболее загрязненных участков рек в районе крупных промышленных центров по направлению от выше к нижележащим створам показало, что происходит увеличение численности и биомассы фитопланктона, индекса сапробности наряду с уменьшением видового разнообразия водорослей. В р. Томи ниже г. Томска было зарегистрировано массовое развитие *Monoraphidium contortum* (Thuret) Komárková-Legnerová 1969, которая составляла до 83% общей биомассы фитопланктона.

Л.А. Семенова [2009] проанализировала данные по фитопланктону Нижней Оби в XX в. и отметила, что, начиная с 1930-х гг. структура сообществ водорослей в реке на протяжении многих лет относительно стабильная – для всех лет наблюдений характерна главенствующая роль видов рода *Aulacosira*.

Работа Ю.В. Науменко [2014] является своего рода переучётом и сведением литературных данных по составу и количеству представителей криптофитовых в водоёмах Западной Сибири. Всего по данным разных исследователей в водоёмах обнаружено 23 вида криптофитовых, относящихся к семействам *Cryptomonadaceae* и *Cyathomonadaceae* и 5 родам. При этом общих для всех водоёмов видов отмечено не было, что исследователь связывает с

малой изученностью данной группы организмов. Распределение криптофитовых водорослей в водоёмах разных зон выглядит следующим образом: 12 видов в лесостепной, 11 видов в горах. В то же время в зонах тундры, лесотундры и северной тайге видов данной группы не обнаружено. При своей высокой степени распространения по разным климатическим зонам представители криптофитовых в больших реках обычно ограничены небольшим количеством до десятка видов. Так, например, в Оби отмечено 5 видов: *Komma caudata* (L. Geitler) D.R.A.Hill 1991, *Cryptomonas czosnowski* Kisselev, *C. erosa* Ehrenberg, *C. marssonii* Skuja, *C. pyrenoidifera* Geitler 1922.

О.Н. Скоробогатова с соавторами [2021] провели анализ эколого-флористического состава фитопланктона в акватории Оби около г. Сургута. Материалом послужили 27 проб, отобранных стационарным методом с июля по октябрь 2018 года. Всего в исследованном материале обнаружено 324 представителя из 111 родов, 57 семейств, 29 порядков и 9 отделов. Основу в альгофлоре реки составляли диатомовые (35.2%) и зелёные (25.9%) водоросли. Третье место по разнообразию представлено эвгленовыми, далее золотистые. По составу представленных семейств основную часть составляют: Scenedesmaceae (36 видов), Phacaceae (32), Dinobryaceae (31), Euglenidae (25), Bacillariaceae (15), Naviculaceae и Gomphonemataceae (по 12), Stephanodiscaceae (11), Hydrodictyaceae и Selenastraceae (по 10 видов). Доминирующие роды были представлены следующим образом: эвгленовые – 15.3%, зеленые – 7.4 и золотистые – 6.2%. В результате анализа сезонной динамики фитопланктона показано, что наиболее важную роль в сообществе играют эвгленовые, диатомовые, зелёные и золотистые водоросли. О средней степени загрязнённости может говорить состав видов-индикаторов, образованный на 55% мезосапробами. Авторы сравнили собственные результаты с литературными данными и выявили, что относительно

данных 1990-х годов появилось 239 новых видов [Скоробогатова и др., 2021].

Исследования зелёных водорослей Оби в районе г. Сургута [Ашурова, Скоробогатова, 2019] показало следующие данные: 89 видов и внутривидовых таксонов, из 38 родов, 17 семейств и 3 класса. Лидирующим был класс Chlorophyceae с 12 семействами, 27 родами и 70 видами, что составило 78.7% от всего числа определённых водорослей. Вторым был класс Conjugatophyceae (Zygnematomphyceae Charophyta), представленный 3 семействами, 7 родами и 14 видами, и составил 15.7%. Также были отмечены ранее не встреченные в реке 32 вида: *Actinastrum hantzschii* Lagerheim, *A. hantzschii* var. *subtile* Woloszynska, *Bambusina borrieri* (Ralfs) Cleve 1864, *Closterium acutum* var. *linea* Perty, *Chlamydocapsa planctonica* (West & G.S. West) Fott, *Coelastrum pulchrum* Schmidle, *Crucigenia lauterbornii* (Schmidle) Schmidle, *Desmodesmus brasiliensis* (Bohlin) E. Hegewald 2000, *D. communis* Hegewald, *D. elegans* (Hortobágyi) E.H. Hegewald & Vanormelingen 2007, *D. lefevrei* (Deflandre) An, Friedl et Hegewald, *D. magnus* (Meyen) Tsarenko, *D. microspina* (Chodat) Tsarenko, *D. perforatus* (Lemmermann) E. Hegewald 2000, *D. subspicatus* (Chodat) E. Hegewald & A.W.F. Schmidt 2000, *D. tropicus* (W.B. Crow) E. Hegewald 2000, *Desmatractum indutum* (Geitler) Pascher, *Euastrum dubium* Nägeli, *Hindakia tetrachotoma* (Printz) Bock, Pröschold et Krienitz, *Messastrum gracile* (Reinsch) Garcia, *Mychonastes jurisii* (Hindák) Krienitz, Bock, Dadheech et Proschold, *Neglectella solitaria* (Wittrock) Stenclová et Kastovsky, *Nephrochlamys willeana* (Printz) Korshikov, *Willea irregularis* (Wille) Schmidle, *Oocystis rhomboidea* Fott, *Pseudopediastrum subgranulatum* (Raciborski) Lenarczyk 2020, *Penium spirostriolatum* Barker, *Scenedesmus ellipticus* Corda, *S. semipulcher* Hortobágyi, *S. soli* Hortobágyi, *Sphaerocystis planctonica* (Korshikov) Bourrelly 1974, *Tetradesmus obliquus* (Turpin) M.J. Wynne 2016 [Ашурова, Скорбатова, 2019].

В результате исследования фитопланктона притоков Оби (Томь, Кеть, Васюган) в июле 2019 г. [Барсукова и др. 2022] идентифицировано 257 видовых и внутривидовых таксонов из 8 отделов: Cyanoprokaryota – 26, Dinophyta – 4, Chrysophyta – 8, Xanthophyta – 7, Euglenophyta – 41, Bacillariophyta – 32, Chlorophyta – 128, Charophyta – 11. Основу видового богатства во всех притоках составляют зеленые водоросли. По показателям биомассы фитопланктона трофический статус рек варьировал от мезотрофной до эвтрофной категории, качество воды соответствовало 3 классу «удовлетворительной чистоты».

В 2021 году О.П. Баженовой и Н.Н. Барсуковой был проведён сравнительный анализ собственных сборов из реки Оби за 2019 год со списком видов Ю.В. Наumenko за 1995 г. Объединенный таксономический состав фитопланктона р. Оби представлен в табл. 1. Авторами были обнаружены 153 новых внутривидовых таксона водорослей, принадлежащих к 8 отделам: Chlorophyta – 72, Euglenophyta – 34, Chrysophyta – 17, Cyanoprokaryota – 14, Charophyta – 6, Xanthophyta – 6, Dinophyta – 2, Bacillariophyta – 2. В доминирующей группе были выделены роды *Desmodesmus* и *Scenedesmus*. Единично были встречены виды *Chloromonas reticulata* (Goroschankin) Gobi, *Dictyochlorella globosa* (Korshikov) Silva, *Didymogenes anomala* (Smith) Hindak, *Polyedriopsis spinulosa* Schmidle, *Palmodictyon lobatum* Korschikov, *Pleurogaster anisodus* Pascher, *Tetradesmus wisconsinensis* f. *sibiricus* (Printz) Fott & Komárek. Эвгленовые представлены 22 новыми видами, их доля в структуре альгоценоза значительно увеличена, относительно предыдущих исследований, что авторы связали с повышенным антропогенным влиянием в регионе. Золотистые водоросли составили 11.1% от общего числа новых таксонов и найдены в составе 4 родов: *Chrysococcus*, *Dinobryon*, *Kephyrion* и *Pseudokephyrion*.

Таблица 1

Таксономический состав фитопланктона крупных водных объектов Западной Сибири

Table 1

Taxonomic composition of phytoplankton in large water bodies of Western Siberia

Таксоны	Объ ¹	Новосибирское водохранилище ²	Иртыш ³	Тобол ⁴
Cyanobacteria	105	18	34	27
Miozoa (Dinophyceae]	20	3	5	3
Heterocontophyta	54	10	17	7
Cryptophyta	4	-	2	3
Xanthophyta	23	6	3	3
Euglenozoa	80	20	51	7
Bacillariophyta	396	149	57	58
Chlorophyta	370	77	129	74
Charophyta	6	9	11	10
Всего	1058	292	309	192

Примечание: ¹Науменко, 1995 и Баженова, Барсукова, 2021; ²Михайлов, 2020; ³Гульченко, Баженова, 2016с; ⁴Семенова, Бондарь, 2023

Количество новых таксонов цианопрокариот составило 9.2%. Новые таксономические единицы были представлены видами *Dolichospermum circinale* (Rabenhorst et Flahault) Wacklin, Hoffmann et Komárek, *Aphanizomenon klebahnii* (Elenkin) Pechar, Kalina et Komárková, *Rhabdogloea elenkinii* (Roll) Komárek et Anagnostidis, *Romeria gracilis* Koczwara, *R. chlorina* Böcher и *Pleurocapsa minor* Hansgirg. Как редкие были отмечены: *Aphanocapsa nubila* Komárek et Kling, *Chroococcus dispersus* (Keissler) Lemmermann, *Limnolyngbya circumcreta* (West) X. Li et R. Li, *Merismopedia duplex* Playfair. Жёлтозеленые водоросли встречались единично и были представлены следующими видами: *Centritractus capillifer* Pascher, *Ophiocytium lagerheimii* Lemmermann, *Goniochloris laevis* Pascher, *G. triradiata* Pascher, *Pseudostaurastrum spinosum* (Pascher) Bourrelly [Баженова, Барсукова, 2021]. Как уже указывалось выше, *Goniochloris* и *Pseudostaurastrum* в современной систематике относятся к классу Eustigmatophyceae [Guiry, Guiry, 2023].

Относительно небольшое количество новых представителей альгофлоры Оби выявлено среди диатомовых (*Melosira undulata* (Ehrenberg) Kützing, *Nitzschia*

longissima (Brebisson) Ralfs, 1861, динофитовых (*Parvodinium umbonatum* (F. Stein) Carty 2008 и *Glochidinium penardiforme* (Er. Lemmermann) Boltovskoy 2000) и харовых (*Elakatothrix gelatinosa* Wille, *E. pseudogelatinosa* Korschikov) водорослей [Баженова, Барсукова, 2021].

Весной (март-апрель) 2021 г. Е.Ю. Митрофановой [2022] было исследовано таксономическое разнообразие и структура подледного фитопланктона Нижней Оби в районе Селехарда. Выявлен 71 таксон водорослей рангом ниже рода из пяти отделов: Cyanobacteria – 11, Chrysophyta – 4, Bacillariophyta – 39, Cryptophyta – 1 и Chlorophyta – 15. По числу таксонов преобладали диатомовые водоросли, наибольшую частоту встречаемости имели центрические диатомеи *Aulacoseira granulata* и *Stephanodiscus hantzschii* наряду с мелкими неидентифицированными цианобактериями.

В рамках экспедиции лаборатории AquaBioSafe Тюменского государственного университета в июле 2021 г. были собраны пробы фитопланктона на четырех створах среднего и нижнего течения реки в районах: гг. Нижневартовск и Сургут, с. Белогорье и пос. Приобье. В фитопланктоне с помощью сканирующей электронной микроскопии выявлено 23

вида и формы центрических диатомовых водорослей из восьми родов, в том числе ряд новых для флоры реки. Ревизия литературных и собственных данных позволила уточнить систематическое положение более 20 таксонов центрических диатомовых водорослей и сформировать новый видовой список, представленный 45 видами, разновидностями и формами из 19 родов [Генкал, Шаров, 2022]. В работе было отмечено, что в ряде публикаций *Aulacoseira italica* приводится в качестве вида, доминирующего или вегетирующего в течение всего вегетационного сезона [Науменко, 1996; Скоробогатова и др., 2021]. Вероятно, в данном случае вид неточно идентифицирован. Скорее всего, при определении этого вида с помощью световой микроскопии *Aulacoseira ambigua* принимают за *Aulacoseira italica*. Возможно, что в ранних исследованиях планктона реки Иртыш так-

же ошибочно была указана *A. italica* вместо *A. ambigua* (табл. 2).

Изучено распределение таксономической структуры и видового богатства чешуйчатых хризифитов нижнего течения Оби в конце половодья, июнь 2022 г. [Bessudova et al., 2023]. Методы сканирующей и трансмиссионной микроскопии позволили определить высокое таксономическое богатство этих организмов, всего 67 видов. Виды были распределены по станциям неравномерно, при этом максимальное количество видов (54) встречалось в мелководной стоячей бухте без течения, с минимальной мутностью и небольшим количеством диатомей. Видовое разнообразие в основном течении было представлено в основном повсеместно распространенными и космополитными видами. Падение уровня воды обычно совпадает с окончанием вегетации многих чешуйчатых хризифитов и образованием стоматоцист.

Таблица 2

Доминантные таксоны фитопланктона крупных водоёмов Западной Сибири
в разные периоды исследований

Table 2

Dominant phytoplankton taxa in large water bodies of Western Siberia
during different study periods

Водные объекты	Обь			Новосибирское водохранилище			Иртыш		
Периоды исследований	I ¹	II ^{6,5}	III ^{9,10,11}	I ^{2,3}	II ^{3,6}	III ¹⁴	I ^{4,13}	II ^{7,8}	III ¹²
Cyanobacteria									
Anathece clathrate	—	—	—	—	—	+	—	—	—
Aphanizomenon flos-aquae	—	+	—	—	+	+	—	—	—
Aphanocapsa holsatica	—	—	—	—	—	+	—	—	+
Dolichospermum flos-aquae	—	+	—	—	+	+	—	—	—
Gomphosphaeria aponina	—	—	—	—	—	—	—	—	+
Microcystis aeruginosa	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Phormidium sp.	—	—	—	—	—	+	—	—	—
Planktolyngbya limnetica	—	—	—	—	—	+	—	—	—
Woronichinia compacta	—	—	—	—	—	+	—	—	—
Snowella lacustris	—	—	—	—	—	+	—	—	—
Cryptophyta									
Cryptomonas czosnowskii	—	+	—	—	—	—	—	—	—
Bacillariophyta									
Asterionella formosa	+	+	+	—	—	+	—	+	—
Asterionella formosa var. gracillima	+	—	—	+	—	—	+	—	—
Aulacoseira ambigua	—	+	+	—	—	—	+	—	+

Водные объекты	Обь			Новосибирское водохранилище			Иртыш		
	I ¹	II ^{6,5}	III ^{9,10,11}	I ^{2,3}	II ^{3,6}	III ¹⁴	I ^{4,13}	II ^{7,8}	III ¹²
Периоды исследований									
<i>Aulacoseira granulata</i>	–	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Aulacoseira italica</i>	–	–	–	–	–	–	–	+	–
<i>Aulacoseira subarctica</i>	–	–	+	–	–	–	–	–	–
<i>Diatoma elongatum</i>	–	+	–	–	–	–	–	+	–
<i>Diatoma hyemale</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Fragilaria crotonensis</i>	–	+	–	–	–	–	–	+	–
<i>Fragilaria radians</i>	–	–	–	–	–	–	–	+	+
<i>Fragilaria</i> sp.	+	–	–	+	–	–	–	–	–
<i>Melosira varians</i>	–	+	–	–	–	–	–	+	–
<i>Pantocsekiella kuetzingiana</i>	–	–	–	–	+	–	–	–	–
<i>Stephanocyclus meneghiniana</i>	–	–	–	–	–	–	+	–	–
<i>Stephanodiscus astraea</i>	–	–	–	–	+	–	–	–	–
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	–	–	–	–	+	+	–	–	+
<i>Ulnaria acus</i>	–	–	–	–	–	–	+	–	–
<i>Ulnaria ulna</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	+
Heterocontophyta									
<i>Dinobryon divergens</i>	–	+	–	–	–	–	–	–	–
Chlorophyta									
<i>Chlorococcum</i> sp.	–	–	–	–	–	+	–	–	–
<i>Desmodesmus lefevrei</i>	–	–	+	–	–	–	–	–	–
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	–	–	–	+	–	–	–	–	–
<i>Lagerheimia genevensis</i>	–	–	+	–	–	–	–	–	–
<i>Mucidosphaerium pulchellum</i>	–	–	+	–	–	+	–	–	–
<i>Pandorina charkovicensis</i>	–	–	+	–	–	–	–	–	–
<i>Pandorina morum</i>	+	+	–	–	–	–	–	–	–
<i>Pediastrum boryanum</i>	–	+	–	+	–	–	+	+	–
<i>Pediastrum duplex</i>	–	+	–	+	–	–	+	+	–
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	–	+	–	–	–	–	–	+	–
<i>Tetradesmus lagerheimii</i>	–	–	–	–	–	–	–	+	–
<i>Tetrastrum elegans</i>	–	–	+	–	–	–	–	–	–
<i>Ulothrix zonata</i>	–	–	–	–	–	+	–	–	–
Charophyta									
<i>Closterium prorum</i>	–	–	+	–	–	–	–	–	–
<i>Spirogyra</i> sp.	–	–	–	–	–	+	–	–	–
Euglenozoa									
<i>Trachelomonas hispida</i>	–	–	+	–	–	–	–	–	–
<i>Trachelomonas volvocina</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	+

Примечание. 1 – [Куксн, 1964], 2 – [Якубова, 1961], 3 – [Куксн, 1965b], 4 – [Скабичевский, 1960], 5 – [Науменко, 1985a], 6 – [Науменко, 1996], 7 – [Науменко, 1985b], 8 – [Баженова и др., 2017], 9 – [Митрофанова, 2016], 10 – [Ашурова, Скоробогатова, 2019], 11 – [Скоробогатова и др., 2021], 12 – [Гульченко, Баженова, 2016b], 13 – [Скабичевский, Андреев, 1964], 14 – [Михайлов, 2020]. Этапы исследований: I – 1832–1970 гг., II – 1971–1999 гг., III – 2000–н.д.

Обская губа. Исследования альгофлоры Обской губы начаты в 30–60-х годах прошлого века [Киселев, 1970; Солоневская, 1972]. Изучение фитопланктона в период открытой воды посвящено много работ [Генкал, Семенова, 1989; Семенова, Алексюк, 1989; Семенова, 1995; Генкал, Семенова, 1999; Семенова, Науменко, 2001; Макаревич, 2007; Гаевский и др., 2009; Семенова, 2009, 2014; Гаевский и др., 2014]. Результаты исследований подледного фитопланктона 1982 и 2011–2019 гг. отражены в работах сотрудников Тюменского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («Госрыбцентр») [Семенова, Князева, 2018; Семенова и др., 2023].

Обско-Тазовская устьевая область характеризуется высоким уровнем продукции таких видов рыб как сиговые и осетровые. Также в регионе широко распространена добыча природного газа в морских месторождениях, что сказывается на состоянии водных объектов. В связи с этим данный участок является очень популярным для исследователей [Гаевский и др., 2010]. В работе Н.А. Гаевского с соавторами помимо непосредственного определения видового состава и количественных характеристик, задействованы методики определения концентрации хлорофилла «а» и оптических характеристик водной среды. На примере данной работы можно отметить, что современный третий этап изучения сибирских рек можно охарактеризовать как более разноплановый и обстоятельный относительно изучения, как условий среды, так и дополнительных факторов, влияющих на состояние и жизнедеятельность фитопланктона.

Исследования фитопланктона Нижней Оби, Обской и Гыданской губ 2015 г. были направлены на изучение экологического состояния водных объектов. В значительной степени для обработки результатов были задействованы статистические методы [Митрофанова, 2016]. Всего в пробах выявлено 138 внутривидовых таксонов из 7 отделов. Наибольшим разнообразием в исследованных точках отличались диатомо-

вые (48.5%) и зелёные (33.9%) водоросли. Далее, по уменьшению числа видов расположены цианобактерии – 6.9%, золотистые водоросли – 6.2%, криптофитовые – 3.1% и эвгленовые – 1.5%. Динофитовые были представлены одним родом *Peridinium*. Использование метода мер включения показало, что состав альгофлоры Обской губы наиболее разнообразен. Почти во всех исследованных зонах доминантами были диатомовые водоросли (97% численности и 94% биомассы). Наиболее частым абсолютным доминантом был вид *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen (табл. 2). Величина индекса сапробности воды была обозначена как не выходящая за пределы мезасапробной зоны. Автор отметила, что по новым данным классификации поверхностных вод Обская губа оценивается как олиго-мезотрофная, в то время как по литературным данным с 1980-х по 2000-е годы статус соответствовал мезотрофно-эвтрофному состоянию. Результаты анализа загрязнённости вод показал, что пробы из всех трёх участков можно отнести к «слегка загрязнённым» по одной классификации и «умеренно загрязнённым по другой» [Митрофанова, 2016].

Устьевая область реки Оби в результате разведки, обустройства и эксплуатации нефтегазовых месторождений испытывает многофакторное воздействие. В частности, влияние на фитопланктон строительства и функционирования Арктического терминала по отгрузке нефти «Ворота Арктики» посвящена работа Л.А. Семеновой с соавторами [2023]. В фитопланктоне Обской губы в районе Арктического терминала обнаружено 260 таксонов водорослей рангом ниже рода из 8 отделов. Все выявленные виды широко распространены в эстуарной зоне реки Оби. До начала строительства терминала фитопланктон характеризовался высокими количественными показателями развития (численность до 30087 тыс. кл./л, биомасса до 17.13 мг/л). В период строительства терминала количественные показатели развития фитопланктона в среднем составляли

15602 тыс. кл./л и 10.80 мг/л. Весной планктон был диатомовый с массовым развитием на отдельных станциях цианобактерий. Осенью интенсивно развивались цианобактерии и диатомовые водоросли. Зеленые водоросли максимального развития и разнообразия достигали летом. Доминировали виды родов *Aulacoseira*, *Aphanizomenon*. В подледный период происходило постепенное понижение количественных показателей от декабря к апрелю (численность до 30 тыс. кл./л, биомасса до 0.02 мг/л). Уровень развития водорослей находился в пределах многолетних данных. Разница в количественных показателях развития фитопланктона была обусловлена естественными процессами сезонной сукцессии фитопланктона. Строительство и работа Арктического терминала по круглогодичной отгрузке нефти «Ворота Арктики» не оказали отрицательного воздействия на растительный планктон Обской губы [Семенова и др., 2023].

Новосибирское водохранилище.

История альгологических исследований Новосибирского водохранилища подробно описана В.В. Михайловым [2020]. В период его заполнения (1957–1959 годы) и в течение первых четырех лет эксплуатации (1960–1964 годы) фитопланктон водоема активно изучался научными сотрудниками лаборатории низших растений Центрального Сибирского ботанического сада СО АН СССР в г. Новосибирске М.С. Куксн, Г.Д. Левадной, А.В. Солоневской и Т.С. Удиловой под руководством д.б.н. Т.Г. Поповой [Савкин и др., 2014]. В пробах фитопланктона водохранилища за 1957–1959 годы идентифицировано 262 таксона из 7 отделов: Cyanophyta – 25, Chrysophyta – 13, Bacillariophyta – 83, Xanthophyta – 4, Pyrrophyta – 9, Euglenophyta – 20 и Chlorophyta – 108 [Куксн, 1965b], среди которых обнаружены новые, ранее не встречавшиеся в СССР виды [Куксн, 1965a]. Таким образом, альгофлора водохранилища оказалась лучше изучена по сравнению с речной,

из-за систематического отбора и изучения проб, как в летний, так и зимний периоды [Куксн, 1964].

Исследования, проведенные в 1961 году А.В. Солоневской [1964] показали, что в период открытой воды численность водорослей Оби у г. Камень-на-Оби (выше Новосибирского вдхр.) не превышала 1.1 млн кл./л, в то время как у г. Новосибирска (ниже водохранилища) составляла 9.22 млн кл./л. Это может быть связано с пополнением водорослей Оби за счёт Новосибирского водохранилища [Куксн, 1964]. Эти данные можно отнести к началу второго условного этапа исследования акватории рек Западной Сибири. Основными в данный период становятся систематичность сбора данных, добавление изучаемых параметров и разнообразие используемых методов анализа проб.

В работе Ю.В. Науменко и М.С. Нечаевой [2000] представлены многолетние данные по видовому составу фитопланктона Новосибирского водохранилища. Показано, что диатомовые, зелёные и синезелёные (цианобактерии) водоросли составляют основу видового разнообразия водохранилища как в летний, так и зимний периоды. При этом зимой процентное соотношение видов выглядит следующим образом: Bacillariophyta – 57.4%; Chlorophyta – 33.7%; Cyanophyta – 5.9%; Dinophyta – 2%; Chrysophyta – 1%. Всего в зимнем фитопланктоне был обнаружен 101 вид водорослей, где ведущее место занимают семейства Flagellariaceae, Naviculaceae и Nitzschiaceae, представленные 12, 10 и 9 видами, соответственно. Представителей рода *Aulacosira* всего 3 вида, при этом именно они составляют основную численность фитопланктона в период открытой воды. Также исследователями был отмечен ряд видов, ранее не встречаемых ни в Новосибирском водохранилище, ни в реке Оби: *Dactylococcopsis raphidioides* f. *pannonica* (Hortobagyi) Hollerb., *D. raphidioides* f. *falciformis* (Printz), *Tetrastrum staurogeniiforme* var. *longispinum* Smith, *Fragilariforma virescens* (Ralfs) D.M.

Williams & Round 1988, *Nitzschia aquaea* Wislouch et Poretzky, *N. heufleriana* var. *elongata* Pantocsek [Науменко, Нечаева, 2000]. Для Новосибирского водохранилища отмечен всего один вид *Cryptomonas czosnowski*. При этом видовой состав в разнотипных озёрах богаче и представлен 15 видами из 4 родов [Науменко, 2014].

Обширные данные были представлены А.В. Пузановым с соавторами [2017] на основании многолетних (более 30 лет) исследований ИВЭП СО РАН. Полномасштабная экспедиция с использованием научно-исследовательских судов от г. Бийска до г. Салехарда, на территории Новосибирского водохранилища и Телецкого озера проведена в 2016 г. Целью экспедиции было изучение речной системы Оби и прилегающих к ней крупных водоёмов с использованием гидрологических, гидрохимических и гидробиологических данных, а также анализ стоков. Максимальные значения развития фитопланктона показаны ниже поступления стоков Новосибирска и впадения Томи, Чулыма и Иртыша, минимальные – в средней части Оби, и под влиянием заболоченных водосборов притоков Кети и Васюгана. Авторы [Пузанов и др., 2017] отмечают высокую антропогенную нагрузку в регионе исследований в связи с многолетней работой нефте- и газодобывающих комплексов, но высокий уровень самоочищения крупных водотоков локализует загрязнения и не даёт им уйти в нижележащие участки.

С момента заполнения Новосибирское водохранилище по данным развития фитопланктона характеризовалось как олиго-мезотрофное (в многоводные годы – олиготрофное, а маловодные – мезотрофное) [Куксн, Чайковская, 1985]. С 1981 по 2007 гг. по среднему содержанию хлорофилла «а» трофический статус водоема большую часть года оставался мезотрофным, и только в период максимального развития фитопланктона повышался до эвтрофного (20 мг/м³). Содержание хлорофилла «а» в июле–августе 2007–2018 гг. составляло 5–20 мг/м³. Трофический статус во-

дохранилища в верховье и средней части соответствовал мезотрофному уровню, а нижней озеровидной повышался до эвтрофного, достигая политрофного или гипертрофного в Бердском заливе [Кириллов, Чайковская, 1985; Кириллова, Котовщиков, 2009; Котовщиков, Яныгина, 2018; Михайлов, 2020].

По результатам исследования летнего фитопланктона Новосибирского водохранилища с 2016 по 2018 годы В.В. Михайловым [2020] выявлено ускорение процесса антропогенного эвтрофирования, последствиями которого являются изменение трофического статуса и снижение качества воды. Составлен аннотированный таксономический список водорослей и цианобактерий, проведен его сравнительный анализ с данными предыдущих исследований. В летнем фитопланктоне Новосибирского водохранилища в 2016–2018 годах было идентифицировано 292 видовых и внутривидовых таксона (в том числе 96 новых для водохранилища) из 7 отделов (табл. 1), в том числе: Cyanobacteria – 18, Miozoa (Dinophyceae) – 3, Ochrophyta – 16, Euglenophyta – 20, Bacillariophyta – 149, Chlorophyta – 77, Charophyta – 9 [Баженова, Михайлов, 2021]. Наибольшую долю в видовом составе фитопланктона составляли диатомовые и зеленые водоросли. По всей акватории водохранилища отмечено доминирование видов, являющихся индикаторами антропогенного эвтрофирования *Dolichospermum flos-aquae*, *Aphanizomenon flosaquae*, *Aphanocapsa holsatica*, *Aulacoseira granulata*, *Stephanodiscus hantzschii* [Трифенова, 1990; Анциферова, 2005; Баженова, 2005], а также массовое развитие безгетероцистных цианопрокариот (*Aphanocapsa holsatica*, *Anathece clathrata*, *Phormidium* sp., *Planktolynghya limnetica*, *Snowella lacustris*, *Woronichinia compacta*) [Баженова, Михайлов, 2021]. В среднем по водохранилищу качество воды летом 2016–2017 годов соответствовало 4 классу «загрязненная» и разряду «умеренно загрязненная», в 2018 г. качество воды улуч-

шилось до 3 класса «удовлетворительной чистоты» и разряда «слабозагрязненная» [Михайлов, 2020].

Возрастание антропогенной нагрузки в целом в Обь-Иртышском бассейне [Пузанов и др., 2017] и изменения климата в регионе [Савкин и др., 2014] привели к тому, что за 59 лет эксплуатации Новосибирского водохранилища трофность водоема повысилась от олиго-мезотрофной до эвтрофной [Михайлов, 2020]. Прогнозы [Куксн, Чайковская, 1985] стабилизации темпов антропогенного эвтрофирования Новосибирского водохранилища данные в конце прошлого века, не оправдались.

Река Иртыш. Первые сведения о водорослях Иртыша и некоторых его притоков отмечены в работах Х. Эренберга [Ehrenberg Chr. Y., 1832; цит. по: Сафонова, 1987], который обнаружил 30 видов из диатомовых, десмидиевых и хлорококковых, преимущественно доннопланктонных, видов водорослей. Небольшой список водорослей (16 видов) приводится в работе П. Куртца [Kurtz, 1879], с указанием времени сбора и количественного развития. Некоторые сведения о фитопланктоне Иртыша имеются в работах Б. Зыкова [Zykoff, 1908]. В 1937 г. опубликована работа Г.М. Фридмана, в которой описано «цветные» воды за счет массового развития диатомовых рода *Melosira* (*Aulacoseira*) и цианобактерий *Aphanizomenon flos-aquae*, *Microcystis pulvereae*, видов рода *Anabaena* и др. Исследования альгофлоры Иртыша А.П. Скабичевским в 1950-е годы выявили 28 таксонов центрических диатомей из родов *Melosira* (14 таксонов), *Cyclotella* (8), *Stephanodiscus* (4), *Coscinodiscus* (2) и *Chaetoceros* (1 таксон). Наиболее распространёнными видами на тот период были отмечены: *Melosira granulata* (Ehrenberg) Ralfs, *M. ambigua* (Grunow) Müller и *Cyclotella meneghiniana* Kützinger. Остальные виды были представлены с отметкой редко, очень редко и единично. Кроме того, было обнаружено 43 таксона бесшовных пеннатных диатомей, из родов *Synedra* (15 таксонов), *Fragilaria* (11),

Diatoma (7), *Asterionella* (5), *Ceratoneis* (3), *Tabellaria* (1), *Meridion* (1 вид) [Скабичевский, 1956; Скабичевский, Андреев, 1964].

Подробное исследование альгофлоры нижнего течения Иртыша было сделано в 1968–1970 гг. Э.И. Валеевой [1975], в котором отмечено высокое разнообразие диатомовых водорослей (163 таксона рангом ниже рода).

Устьевой участок Иртыша обследовался сотрудниками «СибрыбНИИпроекта» (с 2019 г. – Тюменский филиал ФГБНУ «ВНИРО») в 1978, 1980, 1981 гг., в начальный период развития нефтегазового комплекса Западной Сибири. Численность фитопланктона в поверхностном горизонте (1978 г.) изменялась от 0.09 до 7.18 млн кл./л, биомасса – от 0.03 до 4.61 мг/л, в толще воды (1980–1981 гг.) – от 1.00 до 3.72 млн кл./л и от 0.08 до 6.01 мг/л, соответственно. Основной структурирующей группой являлись диатомовые водоросли за счет крупноклеточных видов рода *Aulacoseira*, *Asterionella formosa* и *Diatoma elongatum*. В период максимального прогрева воды вегетировали цианопрокариоты: виды родов *Anabaena*, *Microcystis* и *Aphanizomenon flos-aquae* [Семенова, Бондарь, 2023].

Фитопланктон Нижнего Иртыша, его качественный и количественный состав подробно исследовали в 1979–1982 гг. [Науменко, 1985а, 1991; Генкал, Науменко, 1985b]. В фитопланктоне выявлено 316 видов, разновидностей и форм водорослей: Cyanophyta – 21, Pyrrophyta – 3, Chrysophyta – 5, Bacillariophyta – 163, Xanthophyta – 3, Euglenophyta – 14, Chlorophyta – 107. Основной удельный вес биомассы принадлежит диатомовым – *Asterionella formosa*, *Melosira italica*, *M. granulata*, *M. varians*, *Diatoma elongatum*, *Fragilaria crotonensis* и зеленым – *Pediastrum duplex*, *P. boryanum*, *Scenedesmus acuminatus*, *S. quadricauda*. Выявлены межгодовые различия по величине биомассы. Так, наиболее высокие ее значения отмечены в маловодные годы (в июле 1960 г. 0.35 мг/л и в 1981 г. – 0.40 мг/л). В 1979 г. – крайне многоводном

году при длительном половодье, низкой прозрачности и высоких скоростях течения воды фитопланктон слабо развит (0.09 мг/л) [Науменко, 1985а]. В дальнейшем ряд сведений по фитобентосу низовий Иртыша опубликован Н.А. Порхачевой [1986].

В 1999 г. впервые выполнено исследование морфологии створок центрических диатомей фитопланктона р. Иртыш в трансмиссионном электронном микроскопе (ЭМ-125). Однако в небольшом объеме исходного материала найдено всего четыре вида и одна внутривидовая форма рода *Stephanodiscus* (*S. hantzschii* Grunow, *S. hantzschii* f. *tenuis* Hustedt, *S. rotula* (Kützing) Hendey и *Cyclostephanos dubius* (Fricke) Round) [Баженова, Илинский, 2000].

Исследования О.В. Баженовой [2005] среднего течения Иртыша в период с 1998 по 2003 год с использованием световой и электронной микроскопии выявили 13 таксонов центрических диатомей, составлявшие большую часть биомассы и численности в пробах. Центрические диатомовые водоросли играют важную роль в фитопланктоне среднего участка р. Иртыш и водоемах его бассейна, однако видовой состав этого класса остается слабо изученным [Генкал и др., 2012].

Весной и осенью 2006 г. в альгофлоре Иртыша была отмечена активная вегетация следующих видов: *Fragilaria crotonensis* Kitton, *F. radians* (Kützing) D.M. Williams & Round 1988, *Asterionella formosa* Hassall, *Diatoma elongata* (Lyngbye) Agardh [Баженова и др., 2017].

Исследования С.И. Генкал с соавторами [2012] базировались на изучении проб из реки Иртыш в районе г. Омска и из притоков реки, собранных в период 2007–2009 годов. По результатам работы было обнаружено 19 таксонов класса Centrophyceae при помощи электронной и 2 при помощи световой микроскопии. Опираясь на литературные данные и собственные исследования, авторы опубликовали список 30 видов водорослей из 11 родов, из них 14 новых видов: *Aulacoseira islandica* (Müller) Simonsen,

Chaetoceros muelleri Lemmermann, *C. wighamii* Brightwell, *Conticribra weissflogii* (Grunow) Stachura-Suchoples et Williams, *Cyclostephanos invisitatus* (M.H. Hohn & Hellerman) 1988, *C. makarovae* (S.I. Genkal) K. Schultz 2021, *Cyclotella atomus* Hustedt, *Pantocsekiella ocellata* (Pantocsek) K.T. Kiss & Ács 2016, *Discostella pseudostelligera* (Hustedt) Houk; Klee, *Stephanodiscus alpinus* Hustedt, *S. minutulus* (Kützing) Cleve; Möller, *S. neoastreae* (Håkansson) Hickel, *Lineaperpetua lacustris* (Grunow) P. Yu, Q.-M. You, Kociolek & Wang 2023 и *Thalassiosira pseudonana* (Hasle) Heimdal [Генкал и др., 2012].

Современный этап исследования альгофлоры водоёмов Западной Сибири характеризуется работами по оценке состояния водной среды. Так, в работе Я.И. Гульченко и О.П. Баженовой (2016а) предложен способ вычисления составной переменной загрязнения реки на основе данных по расходу и температуре воды, ХПК и БПК среднего течения реки Иртыш, а также с учётом показателей гидрологических и гидрохимических исследований. Данные были обработаны при помощи канонического анализа соответствий и корреляционного анализа. Обнаруженные представители альгофлоры были разделены на группы индикаторов от обитателей чистых до очень загрязнённых водоёмов.

После возобновления систематического мониторинга среднего течения Иртыша были проведены исследования и сравнения литературных данных за предыдущий период с новыми данными [Гульченко, Баженова, 2016б, с]. За период исследований 2014–2015 годов на открытой воде в районе г. Омска были отмечены следующие показатели фитопланктона: численность – 14.51 ± 3.93 млн кл./л, биомасса – 5.08 ± 0.45 г/м³. При этом значимых различий с данными за период с 1998 по 2003 год обнаружено не было. В период исследований 2014–2015 годов в пробах было обнаружено 303 вида водорослей из 9 отделов. Выявлено 88 таксонов видового и внутривидового уровней, новых для фитоплан-

ктона изученного участка реки; большинство из них принадлежит Chlorophyta (31) и Euglenophyta (21). Доминанты представлены отделами Chlorophyta (126 таксонов), Bacillariophyta (54), Euglenophyta (51) и Cyanobacteria (34 таксона). Данные практически не имели отличий с исследованиями 1998–2003 годов. На основе приведённого анализа авторы пришли к выводу, что экосистема среднего течения Иртыша является устойчивой. При этом существенно увеличилась роль эвгленовых, динофитовых и золотистых водорослей в составе фитопланктона, что связывали с увеличением органического загрязнения водоёма [Гульченко, Баженова, 2016b].

О.П. Баженова с соавторами [2017] провела ревизию видов с использованием световой микроскопии. В ходе работы были обнаружены 16 новых видов, отнесённых к родам *Staurosira* (4), *Fragilaria* (4), *Ulnaria* (2), *Diatoma* (2), *Pseudostaurosira* (2), *Punctastriata* (1), *Asterionella* (1 вид) и впервые обнаруженный в России вид *Fragilaria grunowii* Lange-Bertalot; Ulrich.

В августе маловодного 2017 г. проведена съёмка в нижнем течении реки [Баженова, Барсукова, 2020]. В составе планктона идентифицировано 259 видовых и внутривидовых таксонов. Численность варьировала от 3.20 до 12.36 млн кл./л, биомасса – от 2.10 до 4.60 мг/л. Отмечено массовое развитие мелкоклеточных цианопрокариот.

Проведённые в 2019–2020 гг. исследования Л.А. Семеновой и М.С. Бондарь [2023] показали, что в фитопланктоне устьевого участка р. Иртыш зарегистрировано 368 таксонов водорослей рангом ниже рода из 7 отделов, в р. Тобол – 192 из 8 отделов (табл. 1). Сравнивая современные данные с результатами предыдущих исследований [Науменко, 1985а, 1991], можно отметить, что возросло разнообразие цианопрокариот и золотистых водорослей, отмечено появление криптоноад – видов рода *Cryptomonas*, а также *Croomonas acuta*, индикаторов органического загрязнения. В современный этап (с мая по сентябрь 2019 г.) в нижнем течении

Иртыша численность в поверхностном горизонте варьировала в широких пределах – от 0.67 до 6.11 млн кл./л, биомасса – от 0.19 до 3.73 мг/л. Для летнего периода характерно значительное развитие мелкоклеточных зеленых (порядок Chlorococcales) водорослей, что отразилось на летней биомассе. Отмечено появление криптоноад (до 21% биомассы), что свидетельствует об органическом загрязнении реки. Как и в прошлые годы, так и на современном этапе наиболее массовыми и обычными были диатомеи рода *Aulacoseira* (доминант *A. granulata*), весной и осенью – *Asterionella formosa* и *D. elongatum*. В реке Тобол в августе наблюдалась повышенная вегетация цианопрокариот (виды рода *Microcystis*, *Aphanizomenon flos-aquae*) и зеленых (порядок Chlorococcales) водорослей при абсолютном доминировании центрических диатомей по биомассе (виды рода *Aulacoseira*). За весь период наблюдений в р. Тобол отмечен довольно высокий уровень развития летнего фитопланктона: численность – до 55.41 млн кл./л, биомасса – до 7.87 мг/л [Семенова, Бондарь, 2023].

Заключение

Современное состояние фитопланктона крупных рек Западной Сибири относительно данных прошлого века может свидетельствовать о начальном этапе эвтрофирования, спровоцированного растущим со временем антропогенным влиянием на водные объекты.

Исследуя данные в хронологической ретроспективе, можно выделить наиболее характерные направления исследований разных временных периодов.

Первый этап исследований (1832–1970 гг.) характеризуется отрывочностью данных. Исследования были комплексными, а группы исследователей небольшими, поэтому собирали множество материала в полевых исследованиях для того, чтобы дать общую характеристику не только водному объекту, но и почвам, наземным экосистемам, зоологическому и ботаническому составу местообитания.

Данный этап исследований можно условно назвать первой волной исследования альгофлоры крупных сибирских рек. Также стоит упомянуть, что в силу технических ограничений, данный этап характеризуется в основном качественным описанием обнаруженных в пробах водорослей, с постепенно добавляющимся со временем количественным учётом, наблюдением сезонной изменчивости состава альгофлоры.

Второй этап (1971–1999 гг.) приобретает систематический характер в связи с созданием Новосибирского водохранилища в конце 1950-х. Кроме того, подход к анализу альгофлоры становится менее хаотичным, концентрация на одном конкретном объекте исследования позволяет глубже исследовать сообщества и собрать информацию о внешних и внутренних факторах среды, влияющих на развитие и жизнедеятельность водорослей. С 1980-х применяются методы электронной микроскопии.

Современный этап исследования водоёмов Западной Сибири характеризуется работами, сосредоточенными на оценке состояния водной среды и её влиянию на альгологические сообщества. Третий этап отражает весь тот спектр достижений в разных сферах естественных наук, которые теперь можно применить для комплексного анализа исследуемой зоны. Активно используются химические и физические методы исследований, которые были недоступны в прошлом из-за менее развитого технического оснащения. Последние десятилетия стала актуальна проблема изучения негативного влияния антропогенных факторов на экологическую обстановку.

Также из-за активного развития молекулярной биологии и электронной микроскопии стремительно меняются положения таксонов в систематике. Поэтому помимо актуальности работ по оценке экологического состояния рек Сибири на современном этапе также очень популярны исследования, направленные на переучёт или же ревизию видового состава альгофлоры.

Если первые два этапа исследования сибирских рек были в основном описательными, то начиная с середины-конца 90-х годов прошлого века, развиваются новые методы и технологии. Кроме того, цели самих работ в большей степени начинают концентрироваться не столько на описании альгофлоры, сколько использование фитопланктона для биоиндикации. Дополнительно можно отметить, что работы современного этапа отличаются сравнительными данными и использованием статистических методов.

Наиболее яркие изменения фитопланктона характерны для Новосибирского водохранилища, трофность которого повысилась от олиго-мезотрофной до эвтрофной в результате возрастания антропогенной нагрузки в целом в Обь-Иртышском бассейне и изменения климата в регионе. Кроме того, качество воды по показателям фитопланктона ухудшилось до 4 класса «загрязненная» и разряду «умеренно загрязненная». Существенное антропогенное влияние на речные экосистемы бассейна оказывают крупные промышленные центры: Новосибирск, Омск, Барнаул, Томск, Кемерово, Новокузнецк, Тюмень, Нижневартовск, Сургут.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки №124032100076-2 и при финансовой поддержке Правительства Тюменской обл. по проекту Западно-Сибирского межрегионального научно-образовательного центра № 89-ДОН (2).

Список литературы

Андреев Г.П., Горячева Г.И., Скабичевский А.П., Чернявская М.А., Чистяков Л.Д. Водоросли реки Иртыш и его бассейна // Труды Томского государственного университета. 1963. №152. С. 69–103.

Анциферова Г.А. Биоиндикация в геоэкологии: об эвтрофировании межледниковых, голоценовых и современных поверхностных водных экосистем бассейна Верхнего Дона // Вестник Воронеж. ун-та. Геология. 2005. № 1. С. 240–250.

Ашурова З.М., Скоробогатова О.Н. Зелёные водоросли планктона реки Обь в районе города Сургут // Бюллетень науки и практики. 2019. №5. С. 8–16.

Баженова О.П. Многолетняя динамика фитопланктона и состояние экосистемы Среднего Иртыша // Исследовано в России. 2005. № 8. С. 1953–1959.

Баженова О.П., Барсукова Н.Н. Современное состояние Российского участка реки Иртыш по данным биомониторинга // Экосистемные услуги и менеджмент природных ресурсов: Материалы междунар. научнопракт. конф. (28–30 ноября 2019 г., Россия). Тюмень: Вектор Бук, 2020. С. 25–28.

Баженова О.П., Барсукова Н.Н. Новые и редкие виды водорослей в планктоне реки Оби // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2021. Т. 20, №. 1. С. 41–44.

Баженова О.П., Илинский Ю.Ю. Центрические диатомовые водоросли как показатели эвтрофирования р. Иртыш // Экология и жизнь-2000: Тез. межд. конф. (26 – 28 апреля 2019 г., Россия). Великий Новгород: Изд-во: НГУ, 2000. С. 76.

Баженова О.П., Михайлов В.В. Фитопланктон как показатель современного экологического состояния Новосибирского водохранилища // Биология внутренних вод. 2021. №. 6. С. 564–573.

Баженова О.П., Школев Т.Э., Глущенко А.М. и др. Диатомовые водоросли (Fragilariophyceae) в планктоне среднего течения реки Иртыш // Ботанический журнал. 2017. Т. 102, №. 7. С. 901–908.

Барсукова Н.Н., Баженова О.П., Колесниченко Л.Г. Фитопланктон и качество воды некоторых притоков реки Оби // Вопросы современной альгологии. 2022. Т. 28, № 1. С. 35–41.

Валеева Э.И. Флора планктонных водоемов нижнего течения Иртыша: Автореф. дис ... канд. биол. наук. Свердловск, 1975. 18 с.

Гаевский Н.А., Семенова Л.А., Григорьев С.С. Показатели продукции и биомассы фитопланктона Обской губы в различных экологических условиях // Окружающая среда и менеджмент природных ресурсов: Тез. докл. V Международной конференции (1–3 октября 2014 г., Россия). Тюмень: Изд-во Тюм.гос. ун-та, 2014. С. 64–67.

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. 2010. №. 10. С. 170–179.

Генкал С.И., Баженова О.П., Митрофанова Е.Ю. Центрические диатомовые водоросли (Centrophyceae) водоемов и водотоков бассейна среднего участка реки Иртыш // Биология внутренних вод. 2012. №. 1. С. 5–14.

Генкал С.И., Науменко Ю.В. Новые данные к флоре диатомовых водорослей Оби и Иртыша // Биология внутренних вод: Информационный бюллетень. 1985. №. 65. С. 16–19.

Генкал С.И., Семенова Л.А. Материалы к флоре водорослей (Bacillariophyta) Обского Севера. Изучение реки Оби и ее притоков в связи с хозяйственным освоением Западной Сибири // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ, 1989. №. 305. С. 43–55.

Генкал С.И., Семенова Л.А. Новые данные к флоре Bacillariophyta Обского Севера // Биология внутренних вод. 1999. №. 1. С. 7–20.

Генкал С.И., Шаров А.Н. Центрические диатомовые водоросли Coscinodiscaceae (р. Обь, Россия) // Биология внутренних вод. 2022. № 5. С. 505–511.

Гульченко Я.И., Баженова О.П. Современные изменения обилия и структуры фитопланктона среднего течения реки Иртыш // Водные ресурсы: изучение и управление (лимнологическая школа-практика): Матер. V междунар. конф. молодых учёных (5–8 сентября 2016 г., Россия). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2016а. Т. 2. С. 98.

Гульченко Я.И., Баженова О.П. Выделение индикаторов загрязнения воды из состава массовых видов фитопланктона среднего течения реки Иртыш // Экологический мониторинг и биоразнообразие. 2016b. № 1. С. 156–160.

Гульченко Я.И., Баженова О.П. Многолетние изменения обилия и видового состава фитопланктона среднего течения реки Иртыш // Морские биологические исследования: достижения и перспективы. 2016с. С. 268–271.

Кириллов В.В., Чайковская Т.С. Пигментные характеристики фитопланктона Новосибирского водохранилища // Труды Сибирского регионального научно-исследовательского гидрометеорологического института. 1985. №. 70. С. 84–97.

Кириллова Т.В., Котовщиков А.В. Растительные пигменты как показатели экологического состояния Новосибирского водохранилища // Мир науки, культуры, образования. 2009. №. 1. С. 26–30.

Киселев И.А. О флоре водорослей Обской губы с приложением некоторых данных о водорослях Нижней Оби и Иртыша // Водоросли и грибы Западной Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск: Наука, 1970. Т. 1, №. 3. С. 41–54.

Котовщиков А.В., Яныгина Л.В. Пространственная неоднородность содержания хлорофилла а в Новосибирском водохранилище // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2018. №. 3. С. 46–53.

Куксн М.С., Левадная Г.Д., Попова Т.Г., Сафонова Т.А. Водоросли Оби и ее поймы // Водоросли и грибы Сибири и Дальнего Востока. 1972. №. 2. С. 3–44.

Куксн М.С. Обзор изученности альгофлоры реки Оби // Водоросли и грибы Западной Сибири. 1964. №. 8. С. 13–18.

Куксн М.С. Некоторые редкие виды водорослей, встреченные в планктоне р. Оби и Новосибирского водохранилища Ч. 2. // Водоросли и грибы Западной Сибири. Новосибирск: РИО СО АН СССР, 1965а. С. 57–61.

Куксн М.С. Фитопланктон Новосибирского водохранилища и его формирование: Автореф. дис...канд. биол. наук. Новосибирск, 1965b. 24 с.

Куксн М.С., Чайковская Т.С. Фитопланктон Новосибирского водохранилища (1981–1982 гг.) // Комплексные исследования Новосибирского водохранилища. М.: Гидрометеоиздат, 1985. С. 61–76.

Левадная Г.Д. Водоросли грунтов и обрастаний Новосибирского водохранилища в 1957–1958 гг // Материалы по изучению природы Новосибирского водохранилища. Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1961. С. 41–50.

Макаревич П.Р. Планктонные альгоценозы эстуарных экосистем. М: Наука, 2007. 221 с.

Мамина Н.Д. Биологическая характеристика р. Оби и ее притоков в зоне г. Новосибирска // Сб. работ Новосибирского НИИ гигиены и санитарии. 1940. №. 8. С. 66–75.

Митрофанова Е.Ю. Фитопланктон р. Оби как индикатор качества ее вод // Экология пойм Сибирских рек и Арктики. 1999. С. 57–62.

Митрофанова Е.Ю. Влияние городов и населенных пунктов на показатели обилия фитопланктона рек Обь и Томь // Мир науки, культуры, образования. 2008. №. 2. С. 11–14.

Митрофанова Е.Ю. Фитопланктон нижней Оби, Обской и Гыданской губ летом 2015 года // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2016. №. 3. С. 61–71.

Митрофанова Е.Ю. Таксономическое разнообразие и структура подледного фитопланктона Нижней Оби (март-апрель 2021 г.) // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2022. Т. 21, №. 1. С. 120–124.

Михайлов В.В. Оценка современного экологического состояния Новосибирского водохранилища по показателям развития фитопланктона: Автореф дис... канд. биол. наук. Омск, 2020. 135 с.

Науменко Ю.В. Фитопланктон Оби, Нижнего Иртыша и его изменения под воздействием антропогенных факторов: Дис... канд. биол. наук. Новосибирск, 1985а. 16 с.

Науменко Ю.В. Структура фитопланктона Средней Оби // Ботанический журнал. 1985b. Т. 70, №. 10. С. 1381–1385.

Науменко Ю.В. Фитопланктон Нижнего течения р. Тобол // Сибирский биологический журнал. 1991. №. 2. С. 34–38.

Науменко Ю. В. Видовой состав желтозеленых водорослей (Xanthophyta) реки Оби. // Ботанический журнал. 1992а. Т. 77, №. 5. С. 30–32.

Науменко Ю.В. Видовой состав десмидиевых водорослей (Desmidiaceae, Chlorophyta) реки Оби // Ботанический журнал. 1992b. Т. 77, №. 11. С. 89–93.

Науменко Ю.В. Видовой состав золотистых водорослей (Chrysophyta) реки Оби // Ботанический журнал. 1992с. Т. 77, №. 12. С. 65–69.

Науменко Ю.В. Видовой состав эвгленовых водорослей фитопланктона реки Оби // Ботанический журнал. 1994. Т. 79, №. 10. С. 65–68.

Науменко Ю.В. Виды рода Eunotia (Bacillariophyta) в Оби // Ботанический журнал, 1995. Т. 80, №. 11. С. 55–59.

Науменко Ю.В. Фитопланктон реки Оби: Автореф. дис...докт. биол. наук. Новосибирск, 1996. 33 с.

Науменко Ю.В. Крптофитовые водоросли в водотоках и водоемах западной Сибири // Растительный мир Азиатской России: Вестник Центрального сибирского ботанического сада СО РАН. 2014. №. 1. С. 3–8.

Науменко Ю.В., Нечаева М.С. Видовой состав зимнего фитопланктона Новосибирского водохранилища // Сибирский экологический журнал. 2000. Т. 7, №. 2. С. 173–176.

Попова Т.Г., Сафонова Т.А. О распространении эвгленовых водорослей в водоемах поймы среднего течения р. Оби и прилегающих участков тайги // Тр. биол. ин-та СО АН СССР. 1961. №. 7. С. 261–270.

Порецкий В.С. Материалы к изучению диатомовых обрастаний р. Оби // Записки Государственного гидрологического института. 1931. № 4. С. 29–35.

Порхачева Н.А. Фитобентос нижнего Иртыша // Новое о флоре Сибири. Новосибирск: Наука, 1986. С. 14–23.

Пузанов А.В., Безматерных Д.М., Винокуров Ю.И. и др. Современное состояние и экологические проблемы Обь-Иртышского бассейна // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2017. №. 6. С. 106–118.

Савкин В.М., Дзуреченская С.Я., Ермолаева Н.И. и др. Многолетняя динамика водно-экологического режима Новосибирского водохранилища. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. 393 с.

Сафонова Т.А. Эвгленовые водоросли Западной Сибири. Новосибирск: Наука, Сиб. отделение, 1987. 191 с.

Семенова Л.А. Фитопланктон Обской устьевой области и оценка его возможных изменений при изъятии части речного стока // Гидробионты Обского бассейна в условиях антропогенного воздействия. Л.: Изд-во ГосНИОРХ, 1995. №. 327. С. 113–119.

Семенова Л.А. Многолетние исследования фитопланктона нижней Оби // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2009. №. 9. С. 163–173.

Семенова Л.А. Фитопланктон Обской губы в районах хозяйственной деятельности // Международный гидробиологический конгресс: Тез. докл XI съезда Гидробиологического общества при РАН (22–26 сентября 2014 г., Россия). Красноярск, 2014. С. 146–147.

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

Семенова Л.А., Бондарь М.С. Флора водорослей Нижнего Иртыша и его притока-р. Тобол // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2023. Т. 22, №. 1. С. 335–348.

Семенова Л.А., Бондарь М.С., Ядуванкина М.А. Фитопланктон Обской губы (Карское море) в районе Арктического терминала // Актуальные проблемы освоения водных биологических ресурсов Российской Федерации. 2023. С. 542–548.

Семенова Л.А., Князева Н.С. Фитопланктон бухты Новый Порт (Обская губа, Карское море) в зимне-весенний период // Вопросы современной альгологии. 2018. №. 1. С. 13.

Семенова Л.А., Науменко 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. №. 1. С. 131–137.

Скабичевский А.П. Планктонные диатомовые водоросли пресных вод СССР. М., 1960. 350 с.

Скабичевский А.П. Фитопланктон р. Иртыша и влияние на него стоков г. Омска // Труды Омского мед. ин-та. 1956. №. 20. С. 191–192.

Скабичевский А.П., Андреев Г.П. Краткий обзор изученности растительности и флоры водорослей реки Иртыша Ч.1 // Водоросли и грибы Западной Сибири. 1964. №. 1. С. 9–12.

Скоробогатова О.Н., Гонтажевская Е.Н., Москалева А.С. Фитопланктон реки Обь в районе города Сургут // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. 2021. №. 7. С. 34–38.

Солоневская А.В. Динамика сезонного развития и сток фитопланктона верхней Оби на участке г. Камень – с. Дубровино. // Водоросли и грибы Западной Сибири. Ч. 1. Новосибирск: РИО СО АН СССР, 1964. С. 69–81.

Солоневская А.В. Продуктивность фитопланктона южной части Обской губы и низовья Оби // Водоросли и грибы Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск: СО Наука, 1972. С. 51–70.

Трифонов И.С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. Л.: Наука. Ленингр. отделение, 1990. 182 с.

Шаров А.Н., Генкал С.И., Калеева Е.И. Фитопланктон. Биоразнообразие и экология популяций и сообществ водных и околоводных организмов бассейна Средней и Нижней Оби. Волгоград: Перископ-Волга, 2024. С. 96–111.

Якубова А.И. Основные черты водорослевой растительности реки Оби в ее верхнем течении // Материалы по изучению природы Новосибирского водохранилища. Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1961. С. 65–79.

Bazhenova O.P., Gulchenko Y.I. Long-term succession of the phytoplankton of the Irtysh River middle flow (Omsk, Russia) // International Journal on Algae. 2017. Vol. 19, no. 1. P. 85–98.

Bessudova A., Likhoshway Y., Firsova A. et al. Small Organisms in a Large River: What Provides the High Diversity of Scaled Chrysophytes in the Ob River? // Water. 2023. Vol. 15, no. 17. P. 3054.

Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase / World-wide electronic publication, National university of Ireland, Galway. URL: <http://www.algaebase.org/>, 2010. (accessed: 6.08.2025).

Kurtz F. Aufzählung der von K. Graf von Waldburg-Zeil in Jahre 1876 in Westsibirien gesammelten Pflanzen. Diplomarbeit für den Grad des Kandidaten der Biowissenschaften. Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin, 1879. 76 p.

Mitrofanova E.Y. Seasonal patterns of Potamoplankton in a Large Lowland River of Temperate zone (Upper Ob as a case study, Russia) // International Journal of Environmental Research. 2015. Vol. 9, no. 2. P. 697–710.

Sommier S. Flora dell'Ob inferiore: studio di geografia botanica. Stabilimento di G. di G. Pellas, 1896. 236 p.

Zykoff W.P. Das Plankton des Flusses Irtysh und seiner Nebenflüsse Bukon and Tobol // Zool. Anz. 1908. Vol. 33. P. 103–112.

References

Andreev G.P., Gorjacheva G.I., Skabichevskij A.P., Chernjavskaja M.A., Chistjakov L.D. Vodorosli reki Irtysh i yego basseyna [Algae of the Irtysh River and its basin] // Trudy Tomskogo gosudarstvennogo universiteta [Works of the Tomsk State University]. 1963. No. 152. P. 69–103. (in Russian).

Anciferova G.A. Bioindikaciya v geoekologii: ob evtrofirovanii mezhdunarodnykh, golocenovykh i sovremennykh poverhnostnykh vodnykh ekosistem bassejna Verhnego Dona [Bioindication in geoecology: on the eutrophication of interglacial, Holocene and modern surface water ecosystems of the Upper Don basin] // Vestnik Voronezh. un-ta. Geologiya. [Proceedings of Voronezh State University. Geology]. 2005. No. 1. P. 240–250. (in Russian).

Ashurova Z.M., Skorobogatova O.N. Zelyonye vodorosli planktona reki Ob' v rajone goroda Surgut [Green plankton algae of the Ob River near the city of Surgut] // Byulleten' nauki i praktiki [Bulletin of Science and Practice]. 2019. No. 5. P. 8–16. (in Russian).

Bazhenova O.P. Mnogoletnyaya dinamika fitoplanktona i sostoyanie ekosistemy Srednego Irtysha [Long-term dynamics of phytoplankton and the state of the Middle Irtysh ecosystem] // Issledovano v Rossii [Researched in Russia]. 2005. No. 8. P. 1953–1959. (in Russian).

Bazhenova O.P., Barsukova N.N. Sovremennoe sostoyanie Rossijskogo uchastka reki Irtysh po dannym biomonitoringa [Current state of the Russian section of the Irtysh River according to biomonitoring data] // Ekosistemnye uslugi i menedzhment prirodnykh resursov: Materialy mezhdunar. nauchnoprakt. konf. (Nov. 28–30, 2019 g.) [Ecosystem services and natural resource management: Proceed. of the international. scientific practice conf. (Nov. 28–30, 2019)]. Tyumen: Vector Buk. 2020. P. 25–28. (in Russian).

Bazhenova O. P., Barsukova N. N. Novye i redkie vidy vodoroslej v planktone reki Obi [New and rare species of algae in the plankton of the Ob River] // Problemy botaniki Yuzhnoj Sibiri i Mongolii [Problems of Botany of Southern Siberia and Mongolia]. 2021. Vol. 20, no. 1. P. 41–44. (in Russian).

Bazhenova O. P., Ilinskij Yu. Yu. Centricheskie diatomovye vodorosli kak pokazateli evtrofirovaniya r. Irtysh [Centric diatoms as indicators of eutrophication of the river Irtysh] // Ekologiya i zhizn'-2000: Tez. mezhd. konf. (Aprel 26–28 2020 g.) [Ecology and Life-2000: Abst. of the international. scientific practice conf. (Aprel 26–28, 2020)]. Veliky Novgorod: Publishing house: NSU, 2000. P. 76. (in Russian).

Bazhenova O.P., Mihajlov V.V. Fitoplankton kak pokazatel' sovremennogo ekologicheskogo sostoyaniya Novosibirskogo vodohranilishcha // Biologiya vnutr. vod [Inland Water Biology]. 2021. No. 6. P. 564–573. (in Russian).

Bazhenova O.P., Shkolev T.Je, Glushhenko A.M., Gul'chenko Ja.I., Kulikovskij M.S. Diatomovye vodorosli (Fragilariophyceae) v planktone srednego techeniya reki Irtysh [Diatoms (Fragilariophyceae) in the plankton of the middle reaches of the Irtysh River] // Botanicheskii Zhurnal [Botanical journal]. 2017. Vol. 102, no. 7. P. 901–908. (in Russian).

Barsukova N.N., Bazhenova O.P., Kolesnichenko L.G. Fitoplankton i kachestvo vody nekotorykh pritokov reki Obi [Phytoplankton and water quality of some tributaries of the Ob River] // Voprosy sovremennoj al'gologii [Issues of modern algology]. 2022. Vol. 28, no. 1. P. 35–41. (in Russian).

Valeeva E.I. Flora planktonnyh vodoemov nizhnego techeniya Irtysha [Flora of planktonic reservoirs of the lower reaches of the Irtysh]: Summary of PhD (Cand. of Biol.) thesis. Sverdlovsk, 1975. 18 p. (in Russian).

Gaevskij N.A., Semenova L.A., Grigor'ev S.S. Pokazateli produkcii i biomassy fitoplanktona Obskoj guby v razlichnyh ekologicheskikh usloviyakh [Indicators of production and biomass of phytoplankton in the Gulf of Ob in various environmental conditions] // Okruzhayushchaya sreda i menedzhment prirodnih resursov: tez. dokl. V Mezhdunarodnoj konferencii (1–3 oktyabrya 2014 g.) [Environment and natural resource management: Abst. report V International Conference (Oct. 1–3, 2014)]. Tyumen: Tyumen State Publishing House University 2014. P. 64–67. (in Russian).

Gaevskij N.A., Semenova L.A., Matkovskij A.K. Troficheskiy status vod ekosistemy Obsko-Tazovskoj ust'evoj oblasti po pokazatelyam fitoplanktona [Trophic status of the waters of the ecosystem of the Ob-Taz estuary region according to phytoplankton indicators] // Vestnik ekologii, lesovedeniya i landshaftovedeniya [Bulletin of Ecology of Forestry and Landscape Science]. 2010. No. 10. P. 170–179. (in Russian).

Genkal S. I., Bazhenova O. P., Mitrofanova E. Yu. Centricheskie diatomovye vodorosli (Centrophyceae) vodoemov i vodotokov bassejna srednego uchastka reki Irtysh [Centric diatoms (Centrophyceae) of reservoirs and streams of the basin of the middle section of the Irtysh River] // Biologiya vnutrennih vod [Inland Water Biology]. 2012. No. 1. P. 5–14. (in Russian).

Genkal S.I., Naumenko Yu.V. Novye dannye k flore diatomovykh vodoroslej Obi i Irtysha [New data on the flora of diatoms of the Ob and Irtysh] // Biologiya vnutrennih vod: Informacionnyj byulleten' [Biology of inland waters. Newsletter]. 1985. No. 65. P. 16–19. (in Russian).

Genkal S.I., Semenova L.A. Materialy k flore vodoroslej (Bacillariophyta) Obskogo Severa. [Materials for the algae flora [Bacillariophyta] of the Ob North] // Izuchenie reki Obi i ee pritokov v svyazi s hozyajstvennym osvoeniem Zapadnoj Sibiri [Study of the Ob River and its tributaries in connection with the economic development of Western Siberia]. 1989. No. 305. P. 43–55. (in Russian).

Genkal S.I., Semenova L.A. Novye dannye k flore Bacillariophyta Obskogo Severa [New data on the Bacillariophyta flora of the Ob North] // Biologiya vnutrennih vod [Inland Water Biology]. 1999. No. 1. P. 7–20. (in Russian).

Genkal S.I., Sharov A.N. Centricheskie diatomovye vodorosli Coscinodiscaceae (r. Ob', Rossiya) [Centric diatoms Coscinodiscaceae (Ob River, Russia)] // Biologiya vnutrennih vod [Inland Water Biology]. 2022. No. 5. P. 505–511. (in Russian).

Gul'chenko Ya.I., Bazhenova O.P. Sovremennye izmeneniya obiliya i struktury fitoplanktona srednego techeniya reki Irtysh [Modern changes in the abundance and structure of phytoplankton in the middle reaches of the Irtysh River] // Vodnye resursy: izuchenie i upravlenie (limnologicheskaya shkola-praktika): Mat. V mezhdunarodnoj konferencii molodykh uchyonykh (5–8 sent. 2016 g.) [Water resources: study and management (limnological school-practice): Proceed. of the V int. conf. of Young Scientists (Sept. 5–8, 2016)]. 2016a. Vol. 2. P. 98. (in Russian).

Gul'chenko Ya.I., Bazhenova O.P. Vydelenie indikatorov zagryazneniya vody iz sostava massovykh vidov fitoplanktona srednego techeniya reki Irtysh [Isolation of indicators of water pollution from the composition of mass species of phytoplankton in the middle reaches of the Irtysh River] // Ekologicheskij monitoring i bioraznoobrazie [Environmental monitoring and biodiversity]. 2016b. No. 1. P. 156–160. (in Russian).

Gul'chenko Ya.I., Bazhenova O.P. Mnogoletnie izmeneniya obiliya i vidovogo sostava fitoplanktona srednego techeniya reki Irtysh [Long-term changes in the abundance and species composition of phytoplankton in the middle reaches of the Irtysh River] // Morskie biologicheskie

issledovaniya: dostizheniya i perspektivy [Marine Biological Research: Achievements and Perspectives]. 2016c. P. 268–271. (in Russian).

Kirillov V.V., Chajkovskaya T.S. Pigmentnye harakteristiki fitoplanktona Novosibirskogo vodohranilishcha [Pigment characteristics of phytoplankton in the Novosibirsk reservoir] // Trudy Sibirskogo regional'nogo nauchno-issledovatel'skogo gidrometeorologicheskogo instituta [Complex studies of the Novosibirsk reservoir. Moscow: Gidrometeoizdat]. 1985. No. 70. P. 84–97. (in Russian).

Kirillova T.V., Kotovshchikov A.V. Rastitel'nye pigmenty kak pokazateli ekologicheskogo sostoyaniya Novosibirskogo vodohranilishcha [Plant pigments as indicators of the ecological state of the Novosibirsk reservoir] // Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya [The world of science, culture and education]. 2009. No. 1. P. 26–30. (in Russian).

Kiselev I.A. O flore vodoroslej Obskoj guby s prilozheniem nekotorykh dannykh o vodoroslyah Nizhnej Obi i Irtysha [On the algae flora of the Ob Bay with the application of some data on the algae of the Lower Ob and Irtysh] // Vodorosli i griby Zapadnoj Sibiri i Dal'nego Vostoka. Novosibirsk [Algae and fungi of Western Siberia and the Far East. Novosibirsk]. 1970. Vol. 1, no. 3. P. 41–54. (in Russian).

Kotovshchikov A.V., Yanygina L.V. Prostranstvennaya neodnorodnost' sodержaniya hlorofilla a v Novosibirskom vodohranilishche [Spatial heterogeneity of chlorophyll a content in the Novosibirsk reservoir] // Izvestiya Altajskogo otdeleniya Russkogo geograficheskogo obshchestva [Bulletin of the Altai Branch of the Russian Geographical Society]. 2018. No. 3. P. 46–53. (in Russian).

Kuksn M.S., Levadnaya G.D., Popova T.G., Safonova T.A. Vodorosli Obi i ee pojmy [Algae of the Ob and its floodplains] // Vodorosli i griby Sibiri i Dal'nego Vostoka [Algae and fungi of Siberia and the Far East]. 1972. No. 2. P. 3–44. (in Russian).

Kuksn M.S. Obzor izuchennosti al'goflory reki Obi [Review of the study of the algoflora of the Ob River] // Vodorosli i griby Zapadnoj Sibiri [Algae and Fungi of Western Siberia]. 1964. No. 8. P. 13–18. (in Russian).

Kuksn M.S. Nekotorye redkie vidy vodoroslej, vstrechennye v planktone r. Obi i Novosibirskogo vodohranilishcha [Some rare species of algae found in the plankton of the river. Ob and Novosibirsk reservoir] // Vodorosli i griby Zapadnoj Sibiri. Chast' 2. Novosibirsk [Algae and fungi of Western Siberia. Part 2. Novosibirsk] 1965a. P. 57–61. (in Russian).

Kuksn M.S. Fitoplankton Novosibirskogo vodohranilishcha i ego formirovanie [Phytoplankton of the Novosibirsk Reservoir and its formation]: Summary of PhD (Cand. of Biol.) thesis. Novosibirsk. 1965b. 24 p. (in Russian).

Kuksn M.S., Chajkovskaya T.S. Fitoplankton Novosibirskogo vodohranilishcha (1981–1982 gg.) [Phytoplankton of the Novosibirsk reservoir (1981–1982 yy.)] // Kompleksnye issledovaniya Novosibirskogo vodohranilishcha [Comprehensive studies of the Novosibirsk reservoir]. Moscow: Hydrometeoizdat. 1985. P. 61–76. (in Russian).

Levadnaya G.D. Vodorosli gruntov i obrastaniy Novosibirskogo vodohranilishcha v 1957–1958 gg [Soil and fouling algae of the Novosibirsk Reservoir in 1957–1958] // Materialy po izucheniyu prirody Novosibirskogo vodohranilishcha [Materials on the study of the nature of the Novosibirsk reservoir]. Novosibirsk: Publishing House of the SB Academy of Sciences of the USSR, 1961. P. 41–50. (in Russian).

Makarevich P.R. Planktonnye al'gocenozы estuarnykh ekosistem [Planktonic algocenoses of estuarine ecosystems]. Moscow: Nauka, 2007. 221 p. (in Russian).

Mamina N.D. Biologicheskaya harakteristika r. Obi i ee pritokov v zone g. Novosibirska [Biological characteristics of the river. Ob and its tributaries in the area of Novosibirsk] // Sb. rabot Novosibirskogo NII gigieny i sanitarii [Sat. works on issues of communal sanitation Novosibirsk Scientific Research Institute of Hygiene and Sanitation]. 1940. No. 8. P. 66–75. (in Russian).

Mitrofanova E.Yu. Fitoplankton r. Obi kak indikator kachestva ee vod [Phytoplankton Ob River as an indicator of the quality of its waters] // Ekologiya pojm Sibirskih rek i Arktiki [Ecology of floodplains of Siberian rivers and the Arctic]. 1999. P. 57–62. (in Russian).

Mitrofanova E.Yu. Vliyanie gorodov i naselennykh punktov na pokazateli obiliya fitoplanktona rek Ob' i Tom' [The influence of cities and settlements on the abundance of phytoplankton in the Ob and Tom rivers] // Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya [The world of science, culture and education]. 2008. No. 2. P. 11–14. (in Russian).

Mitrofanova E.Yu. Fitoplankton nizhnej Obi, Obskoj i Gydanskoj gub letom 2015 goda [Phytoplankton of the Lower Ob, Ob and Gydan Bays in the summer of 2015] // Izvestiya Altajskogo otdeleniya Russkogo geograficheskogo obshchestva [Bulletin of the Altai Branch of the Russian Geographical Society]. 2016. No. 3. P. 61–71. (in Russian).

Mitrofanova E.Yu. Taksonomicheskoe raznoobrazie i struktura podlednogo fitoplanktona Nizhnej Obi (mart-aprel' 2021 g.) [Taxonomic diversity and structure of phytoplankton of the Lower Ob (March-April 2021)] // Problemy botaniki Yuzhnoj Sibiri i Mongolii [Problems of botany of Southern Siberia and Mongolia]. 2022. Vol. 21, no. 1. P. 120–124. (in Russian).

Mihajlov V.V. Ocenka sovremennogo ekologicheskogo sostoyaniya Novosibirskogo vodohranilishcha po pokazatelyam razvitiya fitoplanktona [Assessment of the current ecological state of the Novosibirsk reservoir based on phytoplankton development indicators]: PhD (Cand. of Biol.) thesis. Omsk. 2020. 135 p. (in Russian).

Naumenko Yu.V. Fitoplankton Obi, Nizhnego Irtysha i ego izmeneniya pod vozdejstviem antropogennykh faktorov [Phytoplankton of the Ob, Lower Irtysh and its changes under the influence of anthropogenic factors]: PhD (Cand. of Biol.) thesis. Novosibirsk. 1985a. 16 p. (in Russian).

Naumenko Yu.V. Struktura fitoplanktona Srednej Obi [The structure of phytoplankton in the Middle Ob] // Botanicheskij zhurnal [Botanical journal]. 1985b. Vol. 70, no. 10. P. 1381–1385. (in Russian).

Naumenko Yu.V. Fitoplankton Nizhnego techeniya r. Tobol [Phytoplankton of the lower reaches of the river] // Sibirskij biologicheskij zhurnal [Tobol Siberian Journal of Biology]. 1991. No. 2. P. 34–38. (in Russian).

Naumenko Yu.V. Vidovoj sostav zheltozelenykh vodoroslej (Xanthophyta) reki Obi [Species composition of yellow-green algae (Xanthophyta)] in the Ob River // Botanicheskij zhurnal [Botanical journal]. 1992a. Vol. 77, no. 5. P. 30–32. (in Russian).

Naumenko Yu.V. Vidovoj sostav desmidiyevykh vodoroslej (Desmidiaceae, Chlorophyta) reki Obi [Species composition of desmid (Desmidiaceae, Chlorophyta) algae from the Ob River] // Botanicheskij zhurnal [Botanical journal]. 1992b. Vol. 77, no. 11. P. 89–93. (in Russian).

Naumenko Yu.V. Vidovoj sostav zolotistyykh vodoroslej (Chrysophyta) reki Obi [Species composition of golden algae (Chrysophyta) algae from the Ob River] // Botanicheskij zhurnal [Botanical journal]. 1992. Vol. 77, no. 12. P. 65–69 (in Russian).

Naumenko Yu.V. Vidovoj sostav evglenovykh vodoroslej fitoplanktona reki Obi [Species composition of euglenophytoplankton algae in the Ob River] // Botanicheskij zhurnal [Botanical journal]. 1994. Vol. 79, no. 10. P. 65–68. (in Russian).

Naumenko Yu.V. Vidy roda *Eunotia* (Bacillariophyta) v Obi Species of the genus *Eunotia* (Bacillariophyta) in the Ob // Botanicheskij zhurnal [Botanical journal]. 1995. Vol. 80, no. 11. P. 55–59. (in Russian).

Naumenko Yu.V. Fitoplankton reki Obi [Phytoplankton of the Ob River]: Summary of DSc (Dr. of Biol.) thesis. Novosibirsk. 1996. 33 p. (in Russian).

Naumenko Yu.V. Kriptofitovykh vodorosli v vodotokakh i vodoemakh zapadnoj Sibiri [Cryptophyte algae in streams and reservoirs of Western Siberia] // Rastitel'nyj mir Aziatskoj Rossii: Vestnik Central'nogo sibirskogo botanicheskogo sada SO RAN [Flora of Asian Russia:

Bulletin of the Central Siberian Botanical Garden Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences]. 2014. No. 1. P. 3–8. (in Russian).

Naumenko Yu.V., Nechaeva M.S. Vidovoj sostav zimnego fitoplanktona Novosibirskogo vodohranilishcha [Species composition of winter phytoplankton in the Novosibirsk Reservoir] // Sibirskij ekologicheskij zhurnal [Contemporary Problems of Ecology]. 2000. Vol. 7, no. 2. P. 173–176. (in Russian).

Popova T.G., Safonova T.A. O rasprostranении evglenovykh vodoroslej v vodoemakh pojmy srednego techeniya r. Obi i prilgayushchih uchastkov tajgi [On the distribution of euglena algae in the reservoirs of the floodplain of the middle reaches of the river. Ob and adjacent areas of the taiga] // Tr. biol. in-ta SO AN SSSR [Proceedings of the Biological Institute Siberian Branch of the Academy of Sciences of the USSR]. 1961. No. 7. P. 261–270. (in Russian).

Poreckij V.S. Materialy k izucheniyu diatomovykh obrastaniy r. Obi [Materials for the study of diatom fouling of the river. Obi] // Zapiski Gosudarstvennogo gidrologicheskogo instituta [Notes of the State Hydrological Institute]. 1931. № 4. P. 29–35 (in Russian).

Porhacheva N.A. Fitobentos nizhnego Irtysha [Phytobenthos of the lower Irtysh] // Novoe o flore Sibiri [New information about the flora of Siberia]. Novosibirsk: Nauka, 1986. P. 14–23. (in Russian).

Puzanov A.V., Bezmaternyh D.M., Kirillov V.V., Krasnojarova B.A. Sovremennoe sostoyanie i ekologicheskie problemy Ob'-Irtyshskogo bassejna [Current state and environmental problems of the Ob-Irtysh basin] // Vodnoe hozyajstvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie [Water sector of Russia: problems, technologies, management]. 2017. No. 6. P. 106–118. (in Russian).

Savkin V.M., Dvurechenskaya S.Ya., Ermolaeva N.I., Kipriyanova L.M., Kirillov V.V., Romanov R.E. i dr. Mnogoletnyaya dinamika vodno-ekologicheskogo rezhima Novosibirskogo vodohranilishcha [Long-term dynamics of the water-ecological regime of the Novosibirsk reservoir. Russian Academy of Sciences, Siberian Branch] Novosibirsk: Publishing House of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2014. 393 p. (in Russian).

Safonova T.A. Evglenovye vodorosli Zapadnoj Sibiri [Euglena algae of Western Siberia]. Novosibirsk: Nauka, Siberian Branch, 1987. 191 p. (in Russian).

Semenova L.A. Fitoplankton Obskoj ust'evoj oblasti i ocenka ego vozmozhnykh izmenenij pri iz'yatii chasti rechnogo stoka [Phytoplankton of the Ob estuary region and assessment of its possible changes during the withdrawal of part of the river flow] // Gidrobionty Obskogo bassejna v usloviyah antropogennogo vozdejstviya [Hydrobionts of the Ob basin under conditions of anthropogenic impact]. L.: Publishing house GosNIIORKH. 1995. №. 327. P. 113–119. (in Russian).

Semenova L.A. Mnogoletnie issledovaniya fitoplanktona nizhnej Obi [Long-term studies of phytoplankton in the Lower Ob] // Vestnik ekologii, lesovedeniya i landshaftovedeniya [Bulletin of ecology, forestry and landscape science]. 2009. No. 9. P. 163–173. (in Russian).

Semenova L.A. Fitoplankton Obskoj guby v rajonah hozyajstvennoj deyatel'nosti [Phytoplankton of the Ob Bay in areas of economic activity] // Tez. dokl XI s'ezda Gidrobiologicheskogo obshchestva pri Rossijskoj akademii nauk (22–26 sent. 2014 g.) [XI Congress of the Hydrobiological Society of the Russian Academy of Sciences]. Krasnoyarsk. 2014. P. 146–147. (in Russian).

Semenova L.A., Aleksyuk V.A. Izuchennost' al'goflory Obskogo Severa [Study of the algal flora of the Ob North] // Gidrobiologicheskaya harakteristika vodoemov Urala. Sverdlovsk: Izd-vo UrO AN SSSR [Hydrobiological characteristics of the reservoirs of the Urals. Sverdlovsk: Uralsk Publishing House. dept. Academy of Sciences of the USSR]. 1989. P. 23–38. (in Russian).

Semenova L.A., Bondar' M.S. Flora vodoroslej Nizhnego Irtysha i ego pritoka-r. Tobol [Algae flora of the Lower Irtysh and its tributary - river. Tobol] // Problemy botaniki Yuzhnoj

Sibiri i Mongolii [Problems of botany of Southern Siberia and Mongolia]. 2023. Vol. 22, no. 1. P. 335–348. (in Russian).

Semenova L.A., Bondar' M.S., Yaduvankina M.A. Fitoplankton Obskoj guby (Karskoe more) v rajone Arkticheskogo terminala [Phytoplankton of the Ob Bay (Kara Sea) in the area of the Arctic terminal] // Aktual'nye problemy osvoeniya vodnyh biologicheskikh resursov Rossijskoj Federacii [Current problems in the development of aquatic biological resources of the Russian Federation]. 2023. P. 542–548. (in Russian).

Semenova L.A., Knyazeva N.S. Fitoplankton buhty Novyj Port (Obskaya guba, Karskoe more) v zimne-vesennij period [Phytoplankton of Novy Port Bay (Ob Bay, Kara Sea) in the winter-spring period] // Voprosy sovremennoj al'gologii [Questions of modern algology]. 2018. No. 1. P. 13. (in Russian).

Semenova L.A., Naumenko Yu.V. Novye dannye k al'goflore Nizhnej Obi i ee estuariya [New data on the algal flora of the Lower Ob and its estuary] // Vestnik ekologii lesovedeniya i landshaftovedeniya [Bulletin of ecology, forestry and landscape science]. Tyumen': In-t problem osvoeniya Severa SO RAN, 2001. No. 1. P. 131–137. (in Russian).

Skabichevskij A.P. Planktonnye diatomovye vodorosli presnyh vod SSSR [Planktonic diatoms of fresh waters of the USSR]. Moscow: 1960. 350 p. (in Russian).

Skabichevskij A.P. Fitoplankton r. Irtysha i vliyanie na nego stokov g. Omska [Phytoplankton of the Irtysh River and the impact of Omsk city runoff on it] // Trudy Omskogo med. in-ta [Proceedings of the Omsk Medical Institute]. 1956. No. 20. P. 191–192. (in Russian).

Skabichevskij A.P., Andreev G.P. Kratkij obzor izuchennosti rastitel'nosti i flory vodoroslej reki Irtysha Ch.1 [Brief review of the study of vegetation and flora of the algae of the Irtysh River Part 1] // Vodorosli i griby Zapadnoj Sibiri [Algae fungi of Western Siberia]. 1964. No. 1. P. 9–12. (in Russian).

Skorobogatova O.N., Gontazhevskaya E.N., Moskaleva A.S. Fitoplankton reki Ob' v rajone goroda Surgut [Phytoplankton of the Ob River near the city of Surgut] // Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: Estestvennye i Tekhnicheskie Nauki [Modern Science: Actual Problems of Theory and Practice. Series: Natural and technical sciences]. 2021. No. 7. P. 34–38. (in Russian).

Solonevskaya A.V. Dinamika sezonnogo razvitiya i stok fitoplanktona verhnjej Obi na uchastke g. Kamen' – s. Dubrovino [Dynamics of seasonal development and runoff of phytoplankton of the upper Ob in the area of the city of Kamen - with. Dubrovino] // Vodorosli i griby Zapadnoj Sibiri [Algae and fungi of Western Siberia]. 1964. P. 69–81. (in Russian).

Solonevskaya A.V. Produktivnost' fitoplanktona yuzhnoj chasti Obskoj guby i nizov'ya Obi [Phytoplankton productivity in the southern part of the Ob Bay and the lower reaches of the Ob] // Vodorosli i griby Sibiri i Dal'nego Vostoka [Algae and fungi of Western Siberia and the Far East]. Novosibirsk: Sib Publishing House, 1972. P. 51–70. (in Russian).

Trifonova I.S. Ekologiya i sukcessiya ozernogo fitoplanktona. Nauka. Leningr. otd-nie [Ecology and succession of lake phytoplankton Leningrad: Science]. 1990. 182 p. (in Russian).

Sharov A.N., Genkal S.I., Kaleeva E.I. Fitoplankton. Bioraznoobrazie i ekologiya populyacij i soobshchestv vodnyh i okolovodnyh organizmov bassejna Srednej i Nizhnej Obi [Phytoplankton. Biodiversity and ecology of populations and communities of aquatic and near-water organisms of the Middle and Lower Ob basin]. Volgograd: Periskop-Volga, 2024. P. 96–111. (in Russian).

Yakubova A.I. Osnovnye cherty vodoroslevoj rastitel'nosti reki Obi v ee verhnem techenii [The main features of the algal vegetation of the river. Ob in its upper reaches] // Materialy po izucheniyu prirody Novosibirskogo vodohranilishcha. [Materials on the study of the nature of the Novosibirsk reservoir]. Novosibirsk: Izd-vo SO AN SSSR, 1961. P. 65–79. (in Russian).

Bazhenova O.P., Gulchenko Y.I. Long-term succession of the phytoplankton of the Irtysh River middle flow (Omsk, Russia) // International Journal on Algae. 2017. Vol. 19, no. 1. P. 85–98.

Bessudova A., Likhoshway Y., Firsova A. et al. Small Organisms in a Large River: What Provides the High Diversity of Scaled Chrysophytes in the Ob River? // Water. 2023. Vol. 15, no. 17. P. 3054.

Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase / World-wide electronic publication, National university of Ireland, Galway. URL: <http://www.algaebase.org/>, 2010. (accessed: 6.08.2025).

Kurtz F. Aufzählung der von K. Graf von Waldburg-Zeil in Jahre 1876 in Westsibirien gesammelten Pflanzen. Diplomarbeit für den Grad des Kandidaten der Biowissenschaften. Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin, 1879. 76 p.

Mitrofanova E.Y. Seasonal patterns of Potamoplankton in a Large Lowland River of Temperate zone (Upper Ob as a case study, Russia) // International Journal of Environmental Research. 2015. Vol. 9, no. 2. P. 697–710.

Sommier S. Flora dell'Ob inferiore: studio di geografia botanica. Stabilimento di G. di G. Pellas, 1896. 236 p.

Zykoff W.P. Das Plankton des Flusses Irtysh und seiner Nebenflüsse Bukon and Tobol // Zool. Anz. 1908. Vol. 33. P. 103–112.

HISTORY OF ALGOLOGICAL RESEARCH IN THE OB AND IRTYSH BASIN

E.I. Kaleeva^{1,2}, A.N. Sharov²

¹Tyumen State University, Tyumen,

²Papanin Institute of Biology of Inland Waters, RAS, Borok, Yaroslavl region,

E-mail: sharov@ibiw.ru

The article analyzes works devoted to the study of algae in large rivers of Western Siberia from the first publications in the nineteenth century to the present. The research is divided into three stages. The first two periods of research on Siberian rivers were mainly descriptive. Since the mid-90s of the last century, new methods and technologies have been developed. In addition, the goals of the work themselves are increasingly beginning to concentrate not so much on the description of algal flora, but on the use of phytoplankton for bioindication. In addition to the relevance of work on assessing the ecological state of Siberian rivers, studies aimed at re-counting or revising the species composition of algal flora are also very popular at the present stage. This topic has become quite relevant due to the constantly changing systematic positions of many taxa. The work summarizes the literature data, provides an analysis of changes in species composition in the Ob, Irtysh rivers and the Novosibirsk reservoir, and summarizes information on the taxonomic composition taking into account modern taxonomic transformations. The algal flora of the Ob is the richest: a total of 1058 taxa were discovered, dominated by diatoms and green algae. The current state of phytoplankton in large rivers of Western Siberia relative to the data of the last century may indicate the initial stage of eutrophication, provoked by the growing anthropogenic influence on water bodies over time. The most striking changes in phytoplankton are characteristic of the Novosibirsk reservoir, the trophicity of which has increased from oligo-mesotrophic to eutrophic and the water quality has decreased over 59 years of operation as a result of an increase in anthropogenic load in general in the Ob-Irtysh basin and climate change in the region. The ecosystem of the middle reaches of the Irtysh is relatively stable. However, the role of euglena, dinophyte and golden algae in the composition of phytoplankton has increased, which was associated with an increase in organic pollution of the Irtysh.

Key words: algal flora; phytoplankton; microalgae; Ob and Irtysh rivers; Novosibirsk reservoir.

Received August 14, 2025. Accepted: September 2, 2025

Сведения об авторах

Калеева Елизавета Игоревна – младший научный сотрудник лаборатории AquaBioSafe Тюменского государственного университета. Россия, 625003, г. Тюмень, ул. Володарского, 6. Старший лаборант лаборатории альгологии Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. Россия, 152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, п. Борок. ORCID: 0000-0001-5940-9669. E-mail: e.i.kaleeva@utmn.ru.

Шаров Андрей Николаевич – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории альгологии Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. Россия, 152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, п. Борок. ORCID: 0000-0001-7581-2538. E-mail: sharov@ibiw.ru.

Information about the authors

Kaleeva Elizaveta Igorevna – Junior research scientist at the AquaBioSafe Laboratory of the Tyumen State University. 6, Volodarskogo St., 625003 Tyumen, Russia. Senior laboratory assistant at the Laboratory of algology of the Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences. Borok settlement, Nekouzsky district, Yaroslavl region, 152742, Russia. ORCID: 0000-0001-5940-9669. E-mail: e.i.kaleeva@utmn.ru.

Sharov Andrey Nikolaevich – Dr Sc. in Biology, Leading Researcher at the Laboratory of algology of the Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences. Borok settlement, Nekouzsky district, Yaroslavl region, 152742, Russia. ORCID: 0000-0001-7581-2538. E-mail: sharov@ibiw.ru.