

Первые сведения о фитопланктоне и экологическом состоянии реки Васюган (Томская область)

О. П. БАЖЕНОВА, Н. Н. БАРСУКОВА

Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина
644008, Омск, Институтская пл., 1
E-mail: olga52@bk.ru

Статья поступила 13.05.2022

После доработки 15.06.2022

Принята к печати 16.06.2022

АННОТАЦИЯ

По результатам исследований р. Васюган в июле 2019 и 2021 гг. впервые установлены видовой состав, таксономическая структура, доминирующий комплекс, численность, биомасса и индексы биоразнообразия фитопланктона. Идентифицировано 166 видовых и внутривидовых таксонов водорослей из 8 отделов, основу видового богатства создают зеленые водоросли (отдел Chlorophyta). В доминирующий комплекс фитопланктона входят центрические диатомовые, зеленые водоросли и безгетероцистные цианопрокариоты. Индексы биоразнообразия указывают на высокое видовое богатство, близкую к средней сложности и выравненную структуру фитопланктоценоза. Трофический статус реки соответствует эвтрофной категории вод, качество воды колеблется от 3-го класса “удовлетворительной чистоты” до 4-го класса “загрязненная”.

Ключевые слова: фитопланктон, видовой состав, таксономическая структура, индексы биоразнообразия, трофический статус, качество воды, река Васюган, Западная Сибирь.

ВВЕДЕНИЕ

Река Васюган – крупный левый приток р. Оби, впадающий в нее на расстоянии 2169 км от устья. Длина реки 1082 км, площадь водосбора 61800 км², среднегодовой объем стока 345 м³/с, или 10,9 км³ [Доманицкий и др., 1971]. Река имеет равнинный характер, ее исток находится в Васюганских болотах, образующих самый крупный в мире болотный массив. В декабре 2017 г. здесь был создан государственный природный заповедник “Васюганский”, а сами болота с 2007 г. являются кандидатом на включение в список Всемирного наследия ЮНЕСКО [Государственный природный заповедник, 2022]. В верховьях Васюган течет среди низких за-

болоченных берегов, в пойме находится множество озер и стариц. В среднем течении берега выше, местами до 50 м. В нижнем течении река становится многоводной, ширина ее увеличивается до 200 м, пойма становится широкой, с большим количеством отмелей, проток, озер и перекатов. Русло реки отличается высокой степенью меандрирования, скорость течения редко превышает 1 м/с [Ресурсы..., 1967].

Почти вся площадь водосборного бассейна р. Васюган покрыта лиственными и хвойными лесами. Река судоходна почти на всем протяжении, территория ее бассейна мало населена, на самой реке находится несколько небольших сел. В бассейне реки разведана

ны и разрабатываются богатые месторождения нефти и природного газа [Евсеева, 2001].

В настоящее время проблема сохранения водно-болотных угодий Западной Сибири, имеющих огромное значение в поддержании биоразнообразия и выполняющих ресурсную и социально-экономическую функции [Булатов, 2009], значительно обострилась в связи с высоким уровнем антропогенного воздействия в Обь-Иртышском бассейне и глобальными изменениями климата [Пузанов и др., 2017]. Это определяет необходимость изучения и оценки современного состояния водных объектов региона с использованием данных об уровне развития их биоценозов и учетом природных особенностей водосборов. Фитопланктон как первое звено трофической структуры водных объектов имеет первостепенное значение в оценке их экологического состояния [Абакумов, 1977; Барина и др., 2006]. Значительную роль при этом играют такие структурные показатели фитопланктона, как видовой состав и таксономическая структура, особенно в рамках концепции экологических модификаций [Абакумов, 1991]. Европейской Водной рамочной директивой с целью сохранения и восстановления водных экосистем также предложено оценивать экологический статус водоемов по структурным показателям фитопланктона [Directive..., 2000]. Индекс сообществ (Q), основанный на изменении соотношения функциональных групп фитопланктона, различающихся по физиологическим, морфологическим и экологическим признакам [Padisak et al., 2006], успешно применяется для оценки экологического состояния рек по всему миру [Devercelli, 2010; Piirsoo, 2010].

Опубликованные сведения о фитопланктоне и экологическом состоянии р. Васюган к настоящему времени отсутствуют.

Цель работы – оценить экологическое состояние, трофический статус и качество воды р. Васюган по структурным показателям фитопланктона.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В статье использованы материалы обработки проб фитопланктона, отобранных в июле 2019 и 2021 гг. в устье р. Васюган. Количественные пробы фитопланктона объемом

0,5 дм³ отбирали батометром из поверхностного слоя воды, фиксировали формалином, концентрировали осадочным методом. Качественные пробы получали путем интегрирования количественных проб. Обработку проб проводили общепринятыми методами [Федоров, 1979]. Численность клеток водорослей учитывали в счетной камере Горяева в двух повторностях. Биомассу рассчитывали счетно-весовым методом, исходя из численности и объема клеток, определенного по формулам геометрического подобия [Кольцова, 1970]. К доминантам относили виды, численность которых составляла не менее 10 % от общей [Корнева, 2009]. Трофический статус и качество воды оценивали по биомассе фитопланктона [Оксиук и др., 1993].

При отборе проб измеряли скорость течения, глубину, температуру воды в поверхностном слое, прозрачность воды по диску Секки, удельную электропроводность, а также отбирали пробы на гидрохимический анализ (рН, БПК₅, общая минерализация, содержание O₂, CO₂).

Идентификацию видов проводили на световом микроскопе Euler Professor 770T с использованием современных определителей, монографий и сводок.

Таксономический список водорослей составляли с учетом современных систем классификации, видовые названия уточнялись с использованием международной базы данных Algaebase [Guiry, Guiry, 2022].

Для изучения параметров альфа-разнообразия фитопланктоценоза в программе Past (Paleontological Statistics Software for Education and Data Analysis) [Past 4] были рассчитаны индексы Шеннона (H), Маргалефа (d), выравненности сообщества Симпсона (S) и доминирования Симпсона (D) по следующим формулам:

– индекс доминирования Симпсона

$$D = \sum_i \left(\frac{n_i}{n} \right)^2, \quad (1)$$

где n – общая численность всех видов; n_i – количество особей i -го таксона;

– индекс выравненности сообщества Симпсона

$$S = 1 - D; \quad (2)$$

– индекс Шеннона

$$H = - \sum_i \left(\frac{n_i}{n} \right) \ln \left(\frac{n_i}{n} \right), \quad (3)$$

– индекс Маргалефа

$$d = (S - 1) / \ln(n), \quad (4)$$

где S – число таксонов рангом ниже рода;
 n – численность сообщества.

Статистическую обработку данных осуществляли в программе Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Вода р. Васюган слабоминерализованная (79,3 мг/дм³), удельная электропроводность (УЭП) относительно низкая и колеблется в пределах 113,0–167,4 мСм/см, активная реакция среды слабощелочная (7,6). Температура воды в поверхностном слое воды во время отбора проб колебалась в пределах 18,9–22,5 °С, прозрачность воды низкая (0,52–0,67 м), скорость течения 0,67 м/с, глубина реки в точках отбора достигала 5 м. Содержание кислорода достаточное (77,6 %), содержание СО₂ колебалось от 2000 ppm в 2019 г. до 3327 ppm в 2021 г. По величине БПК₅ (2,24 мг О₂/дм³) вода реки относится к умеренно загрязненной [Гидрохимические показатели..., 2000].

К настоящему времени в фитопланктоне р. Васюган идентифицировано 166 видовых и внутривидовых таксонов (BBT), включая номенклатурный тип вида, из 8 отделов: Chlorophyta – 69, Bacillariophyta – 34, Euglenophyta – 25, Cyanoprokaryota – 15, Chrysophyta – 9, Dinophyta – 5, Xanthophyta – 5, Charophyta – 4.

Основа видового богатства фитопланктона составляют зеленые водоросли, формирующие около половины (41,57 %) таксономического списка, значительно уступают им диатомовые (20,48 %) и эвгленовые (15,06 %) водоросли и цианопрокариоты (9,04 %). Остальные отделы водорослей не играют значимой роли в формировании видового богатства фитопланктоценоза р. Васюган.

Большинство представителей отдела Chlorophyta относится к группе мелкоклеточных видов (*Monoraphidium* Kom.-Legn., *Raphidocelis* Hind., *Siderocelis* (Naum.) Fott, *Coenocystis* Korsch., *Coenococcus* Korsch., *Coenochlo-*

ris Korsch., *Pseudodidymocystis* Hegew. et Deason, *Tetrastrum* Chod. и др.). По видовому богатству среди зеленых водорослей р. Васюган выделяются роды *Desmodesmus* (Chod.) An, Friedl et Hegew. (11 BBT) и *Monoraphidium* (6 BBT). К числу редких видов зеленых водорослей, встречаемых единично, относятся *Dictyochlorella globosa* (Korsch.) Silva, *Polyedriopsis spinulosa* (Schmidle) Schmidle, *Ankistrodesmus fusiformis* Corda, *Pseudopediastrium boryanum* (Turp.) Hegew., *Scenedesmus costatus* Schmidle.

Состав диатомовых водорослей р. Васюган формируют две экологические группы – истинно планктонных и случайно-планктонных видов. Первые создают наибольшую долю численности фитопланктона и основу его биомассы, среди них преобладают представители центрических диатомей – виды родов *Aulacoseira* Thw., *Stephanodiscus* Ehr., *Cyclotella* (Kütz.) Bréb., изредка встречаются широко распространенные виды пеннатных диатомей – *Asterionella formosa* Hass., *Nitzschia holsatica* Hust., *Ulnaria acus* (Kütz.) Aboal.

Видовое богатство диатомовых водорослей Васюгана обусловлено в основном разнообразием случайно-планктонных видов диатомей, попадающих в водную толщу из фитобентоса и обрастаний с турбулентным движением потока воды. К ним относятся широко распространенные виды из родов *Cocconeis* Ehr., *Encyonema* Kütz., *Gomphonema* Ehr., *Navicula* Bory, *Nitzschia* Hass., *Surirella* Turp. и др. Среди них был найден редко встречающийся вид *Eunotia sibirica* Cl. Видовой состав диатомей к настоящему времени изучен недостаточно полно, планируемые электронно-микроскопические исследования помогут уточнить их таксономический состав.

Максимальным видовым богатством среди эвгленовых водорослей р. Васюган характеризуется род *Trachelomonas* Ehr. (18 BBT). Другие роды эвгленид представлены небольшим числом BBT: *Strombomonas* Defl. – 1, *Euglena* Ehr. – 2, *Lepocinclis* Perty – 1, *Phacus* Duj. – 3. Наиболее часто среди эвгленид встречаются *Trachelomonas volvocinopsis* Swir., *T. volvocina* (Ehr.) Ehr., *T. intermedia* Dang., *T. planctonica* (Swir.) Swir.

Цианопрокариоты представлены в планктоне Васюгана небольшим числом (15 BBT) таксонов рангом ниже рода. Характерно при-

сутствие, а в отдельных случаях интенсивная вегетация мелкоклеточных безгетероцистных цианопрокариот *Aphanocapsa incerta* (Lemm.) Cronb. et Komárek, *A. holsatica* (Lemm.) Cronb. et Komárek, *Chroococcus minimus* (Keissl.) Lemm., *Ch. minor* (Kütz.) Näg., *Coelosphaerium kuetzingianum* Näg., *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz., *Phormidium* Kütz. ex Gomont sp., *Planktolyngbya limnetica* (Lemm.) Kom.-Legn. et Cronb. Кроме того, в планктоне достаточно часто встречаются нити *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Born. et Flah. и обрывки трихомов *Dolichospermum* (Ralfs ex Born. et Flah.) Wacklin, Hoffm. et Komárek sp.

Из числа редких для Западной Сибири видов цианопрокариот найден *Cuspidothrix elenkinii* (Kisselev) Rajanien, Komárek, Willame, Hrouzek, Kastovská, Hoffmann et Sivonen.

Из хризодитовых водорослей наиболее часто в планктоне Васюгана встречаются *Chrysococcus biporus* Skuja, *Dinobryon suecicum* Lemm., *Kephyrion rubri-claustri* Conr.

Отделы Xanthophyta, Charophyta и Dinophyta представлены в фитопланктоне Васюгана небольшим числом (4–5) широко распространенных в планктоне водных объектов Западной Сибири видов и разновидностей.

Обилие фитопланктона р. Васюган в разные годы исследований значительно отличается (таблица). Максимальные показатели биомассы и численности фитопланктона (соответственно в 2–3 раза выше, чем в 2019 г.) наблюдались в 2021 г. и обусловлены интенсивной вегетацией центрической диатомеи *Aulacoseira italica* (Ehr.) Simons. и мелкоклеточной безгетероцистной цианопрокариоты *Aphanocapsa incerta*. Диатомовые водоросли в совокупности формировали около половины (49,01–62,24 %) общей численности фитопланктона и создавали основу его биомассы (93,60–95,67 %).

Заметно отличается по годам исследований вклад в общую численность фитоплан-

ктона Васюгана зеленых водорослей и цианопрокариот. В 2019 г. интенсивная вегетация мелкоклеточных зеленых водорослей (доминант *Mucidosphaerium pulchellum* (Wood) Bock, Proschold et Krienitz) обусловила им второе место по численности, а в 2021 г. их место заняли цианопрокариоты (доминант *Aphanocapsa incerta*). Доля цианопрокариот и зеленых водорослей в общей биомассе фитопланктона из-за преобладания мелкоклеточных видов незначительна и даже ниже, чем вклад эвгленовых водорослей, найденные виды которых отличаются крупными размерами (см. таблицу).

Параметры альфа-разнообразия фитопланктоценоза р. Васюган имеют достаточно высокие показатели. Индекс Маргалефа достигает $4,02 \pm 0,43$, индекс Шеннона варьируется в пределах 1,58–2,72, в среднем составляя $1,98 \pm 0,27$. Индекс выравненности Симпсона колеблется в пределах 0,60–0,88 (в среднем $0,71 \pm 0,08$), индекс доминирования Симпсона – $0,29 \pm 0,07$.

Трофический статус р. Васюган в годы исследований соответствует эвтрофной категории вод. Класс качества воды варьировал от 3-го класса “удовлетворительной чистоты” (разряд “слабо загрязненная”) до 4-го класса “загрязненная” (разряд “умеренно загрязненная”).

ОБСУЖДЕНИЕ

Летом в устье р. Васюган наблюдаются благоприятные для развития фитопланктона условия – достаточная глубина и температура воды, низкая скорость течения, слабая минерализация воды, слабощелочная среда.

Таксономическая структура фитопланктона реки в целом соответствует таковой Оби, включая отсутствие криптофитовых водорослей [Barsukova et al., 2021], и имеет большое сходство с правобережными притоками

Численность и биомасса летнего фитопланктона в устье р. Васюган

Месяц, год	Общая численность, млн кл./дм ³	Общая биомасса, г/м ³	Численность, % биомасса, %				
			Cyanoprokaryota	Bacillariophyta	Euglenophyta	Chlorophyta	Прочие
Июль, 2019	$3,55 \pm 0,31$	$4,51 \pm 0,19$	$\frac{16,91}{0,07}$	$\frac{49,01}{93,60}$	$\frac{1,40}{2,99}$	$\frac{31,55}{3,11}$	$\frac{1,13}{0,23}$
Июль, 2021	$11,60 \pm 1,40$	$9,63 \pm 1,30$	$\frac{25,30}{0,13}$	$\frac{62,24}{95,67}$	$\frac{0,68}{1,97}$	$\frac{10,71}{1,81}$	$\frac{1,07}{0,42}$

среднего течения р. Иртыш болотного происхождения, бассейн которых лежит в лесной зоне, – реками Тара и Уй. В таксономической структуре фитопланктона этих рек, как и в Васюгане, преобладают зеленые водоросли и значительную долю составляют эвгленовые [Барсукова, Баженова, 2012].

Установленное ведущее положение зеленых водорослей в таксономической структуре фитопланктона Васюгана характерно для многих рек и водохранилищ из различных физико-географических зон России: северо-запада Европейской части [Никулина, 2019], бассейна Волги [Корнева, 2009, 2015], Западной Сибири [Баженова, 2005; Барсукова, Баженова, 2012; Фитопланктон Омского Прииртышья, 2019; Barsukova et al., 2021], Восточной Сибири [Приймаченко и др., 1993; Воробьева, 1995; Шевелева, Воробьева, 2009], Якутии [Копырина, 2014; Габышев, Габышева, 2018].

Следует отметить, что преобладание в составе зеленых водорослей мелкоклеточных видов и их интенсивная вегетация, как это установлено в Васюгане, являются характерной особенностью фитопланктона, возникающей при антропогенном эвтрофировании водных объектов [Корнева, 2015], и наблюдаются в Иртыше [Баженова, 2005], во многих реках и озерах бассейна его среднего течения [Фитопланктон Омского Прииртышья, 2019], Оби [Barsukova et al., 2021], Енисее [Кожевникова, 2001]. Известно также, что мелкоклеточные водоросли характеризуются высокими продукционными показателями и способны активно потреблять низкомолекулярное растворенное органическое вещество [Садчиков, Макаров, 2000], проявляя тем самым гетеротрофную активность и способствуя самоочищению водных объектов от растворенной органики.

Диатомовые водоросли в фитопланктоне сибирских рек часто занимают ведущее положение как по видовому богатству, так и по обилию. В их составе необходимо различать экологические группы истинно планктонных видов, формирующих, как правило, основную долю численности и биомассы, и группу случайно-планктонных видов, попадающих в потамопланктон из фитобентоса и обрастающих с турбулентным движением потока воды. Последние часто создают в потамопланктоне наибольшую долю видового богатства диатомей, но в формировании его численности,

биомассы, а также продукционных возможностей большой роли не играют [Приймаченко и др., 1993].

Эвгленовые водоросли являются характерным компонентом фитопланктона многих водных объектов Западной Сибири [Сафонова, 1987], а род *Trachelomonas* имеет наиболее широкое распространение в различных водных объектах Обь-Иртышского бассейна [Сафонова, 1972; Фитопланктон Омского Прииртышья, 2019]. Для фитопланктона Васюгана видовое богатство эвгленид связано, в первую очередь, с болотным происхождением реки. Необходимо отметить, что в настоящее время широкое распространение эвгленид в водных объектах Западной Сибири связывают также с повышенным антропогенным эвтрофированием рек и озер [Сафонова, 1987; Баженова, 2005; Фитопланктон Омского Прииртышья, 2019]. Поэтому для выяснения значимости эвгленовых водорослей в таксономической структуре фитопланктона р. Васюган необходим дальнейший мониторинг его структурных показателей.

Большинство цианопрокариот, найденных в планктоне Васюгана, широко распространены в различных водных объектах Западной Сибири, в их составе преобладают мелкоклеточные безгетероцистные виды, массовое развитие которых свидетельствует об увеличении трофического статуса вод [Корнева, 2015; Корнева, Глущенко, 2020]. Эти виды часто являются причиной “цветения” водоемов различных физико-географических зон и относятся к числу потенциально-токсичных видов, способных продуцировать нейротоксины [Sivonen et al., 1990; Chorus, Bartram, 1999].

Хризифитовые водоросли, найденные в Васюгане, характерны и для планктона других рек Западной Сибири – Оби, Иртыша и их притоков [Науменко, 1992, 1995; Барсукова, Баженова, 2012; Фитопланктон Омского Прииртышья, 2019]. Кроме того, в Васюгане обнаружены впервые найденные нами в планктоне среднего течения Оби хризифиты *Kephyrion impletum* Nyg. и *Pseudokephyrion pseudospirale* Bourr. [Баженова, Барсукова, 2021].

В среднем течении р. Оби принимает около 15 притоков, некоторые из них по своей длине, площади водосбора и другим параметрам относятся к категории крупных рек

и, кроме Иртыша, сравнимого по водности с Обью, являются самыми значимыми притоками. К их числу относятся Томь, Кеть, Чулым, Чая, Парабель, Васюган и др. Большинство этих рек совершенно не изучено в альгологическом отношении, за исключением Томи, фитопланктон и экологическое состояние которой изучались с середины XX в. [Иоганзен и др., 1951; Якубова 1951; Новикова, 1991; Науменко, 1993; Голубых, 1996, 2007; Митрофанова, 2007, 2008].

Река Томь берет начало на западных склонах Абаканского хребта и испытывает наиболее сильное антропогенное воздействие среди притоков среднего течения Оби, собирая основную массу водосбора крупного промышленного региона – Кемеровской области. Величина среднегодового стока Томи (35 км³) превышает сток Васюгана в 3 раза. В своем нижнем течении Томь, как и Васюган, имеет равнинный характер [Евсеева, 2001].

В таксономической структуре фитопланктона Томи, как и в Васюгане, преобладают зеленые водоросли, но значительно меньше доля участия эвгленид. Видовое разнообразие фитопланктона Томи также высокое, значения индекса Шеннона (3,57–4,16) выше, чем в Васюгане, что указывает на среднюю сложность структуры фитопланктоценоза. Основную долю биомассы фитопланктона в Томи формируют зеленые водоросли, в то время как в Васюгане – диатомеи. Трофический статус обеих рек одинаков.

Таким образом, фитопланктон Томи и Васюгана имеет черты сходства и различия, что связано, прежде всего, с различным происхождением этих притоков и разным уровнем антропогенной нагрузки в их бассейнах.

Наибольшее сходство фитопланктон Васюгана имеет с правобережными притоками Иртыша, также берущими начало в болотах, протекающими в основном по лесной зоне и имеющими сходные гидрологические характеристики, – реками Тара и Уй. Видовое богатство фитопланктона в этих реках и Васюгане находится на одном уровне (Тара – 203, Уй – 146 BBT), а таксономическая структура имеет большое сходство. Трофический статус этих рек в 2007–2009 гг. соответствовал мезотрофной категории [Барсукова, Баженова, 2012], что ниже, чем у Васюгана. Учитывая возрастающий уро-

вень антропогенного воздействия в Обь-Иртышском бассейне [Пузанов и др., 2017] и глобальные изменения климата, категория трофности указанных притоков в настоящее время могла возрасти, что, несомненно, вызывает необходимость возобновления их биомониторинга.

Параметры альфа-разнообразия фитопланктоценоза р. Васюган достаточно высокие, но ниже, чем в Оби летом 2019 г. [Barsukova et al., 2021]. Значение индекса Маргалефа указывает на высокую плотность видов, а значение индекса Шеннона – на близкую к средней сложности структуру фитопланктоценоза. Значения индексов Симпсона характерны для сообщества с невыраженными доминантами и равенностью структуры, что соответствует благополучному состоянию фитопланктоценоза.

Трофический статус и класс качества вод р. Васюган совпадают с показателями реки Оби на всем ее течении в 2019 г. [Barsukova et al., 2021].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фитопланктон р. Васюган богат и разнообразен, его видовой состав составляют 166 видовых и внутривидовых таксонов водорослей из восьми отделов: Chlorophyta – 69, Bacillariophyta – 34, Euglenophyta – 25, Cyanoprokaryota – 15, Chrysophyta – 9, Dinophyta – 5, Xanthophyta – 5, Charophyta – 4. Таксономическая структура фитопланктона Васюгана имеет значительное сходство с правобережными притоками Иртыша – реками Тара и Уй.

Основу видowego богатства фитопланктона составляют зеленые водоросли (отдел Chlorophyta), в их составе преобладают мелко-клеточные виды, обладающие высокими продукционными показателями и способностью активно потреблять легкоокисляемое органическое вещество, что повышает самоочищающую способность реки.

Характерной чертой фитопланктона Васюгана является видовое богатство эвгленовых водорослей (25 BBT), связанное с болотным происхождением реки. В составе цианопрокариот преобладают мелкоклеточные безгетероцистные виды, способные вызывать “цветение” воды. Некоторые виды цианопрокариот, найденные в реке, являются потенциально токсичными.

Состав доминирующего комплекса отличается по годам исследований, постоянно в него входят центрические диатомеи рода *Aulacoseira*, в 2019 г. – зеленая водоросль *Mucidosphaerium pulchellum*, а в 2021 г. – цианопрокариота *Aphanocapsa incerta*.

Показатели численности и биомассы фитопланктона в межгодовом аспекте также значительно различаются. Максимальные показатели обилия фитопланктона наблюдались в 2021 г. ($11,60 \pm 1,40$ млн кл./дм³, $9,63 \pm 1,30$ г/м³). Ведущее место в формировании численности и биомассы фитопланктона принадлежит диатомовым водорослям, создающим около половины общей численности ($49,01\text{--}62,24$ %) и основу общей биомассы ($93,60\text{--}95,67$ %). Вклад в общую биомассу фитопланктона цианопрокариот ($0,07\text{--}0,13$ %) и зеленых водорослей ($1,81\text{--}3,11$ %) из-за преобладания в их составе мелкоклеточных видов незначителен.

Показатели биоразнообразия указывают на достаточно высокое видовое богатство (индекс Маргалёфа $4,02 \pm 0,43$), сложность структуры фитопланктоценоза реки по значению индекса Шеннона ($1,98 \pm 0,27$) близка к средней. Значения индексов доминирования ($0,29 \pm 0,07$) и выравненности ($0,71 \pm 0,08$) по Симпсону соответствуют благополучному состоянию фитопланктоценоза во время исследований.

Трофический статус р. Васюган соответствует эвтрофной категории вод, класс качества воды варьируется от “удовлетворительной чистоты” до “загрязненной воды”, что совпадает с показателями р. Оби в 2019 г.

Отмеченные особенности видового состава и таксономической структуры фитопланктона, существенные межгодовые различия его обилия и состава доминирующего комплекса, а также высокий трофический статус реки свидетельствуют о необходимости дальнейших исследований ее экосистемы с целью установления направления ее изменений.

Исследования проводились в рамках инициативной темы “Фитопланктон и экологическое состояние водных объектов Обь-Иртышского бассейна” (рег. № НИОКТР 121031900167-5) в 2019 г. при поддержке грантов РФФИ 18-00-01493, 18-05-60264. В 2021 г. материал собран при частичном финансировании Программой поддержки научного флота РАН.

Авторы выражают глубокую благодарность Л. Г. Колесниченко (Национальный исследова-

тельский Томский государственный университет) и Н. И. Ермолаевой (Новосибирский филиал Института водных и экологических проблем СО РАН) за предоставленные данные по гидрохимии.

ЛИТЕРАТУРА

- Абакумов В. А. Контроль качества вод по гидробиологическим показателям в системе гидрометеорологической службы СССР // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям: тр. совет.-англ. семинара. Л.: Гидрометеиздат, 1977. С. 93–100.
- Абакумов В. А. Экологические модификации и развитие биоценозов // Экологические модификации и критерии экологического нормирования: тр. междунар. симп. Л.: Гидрометеиздат, 1991. С. 18–40.
- Баженова О. П. Фитопланктон Верхнего и Среднего Иртыша в условиях зарегулированного стока. Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2005. 248 с.
- 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.
- Барина С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Pilies Studio, 2006. 498 с.
- Барсукова Н., Баженова О. Фитопланктон и экологическое состояние притоков среднего Иртыша. LAP LAMBERT Acad. Publ. GmbH & Co. KG, 2012. 151 с.
- Булатов В. И. Радиоэкологический мониторинг Обь-Иртышского бассейна // Водные проблемы крупных речных бассейнов и пути их решения. Барнаул: ООО “Агентство рекламных технологий”. 2009. С. 419–432.
- Воробьева С. С. Фитопланктон водоемов Ангары. Новосибирск: Наука, 1995. 126 с.
- Габышев В. А., Габышева О. И. Фитопланктон крупных рек Якутии и сопредельных территорий Восточной Сибири / под ред. Л. Г. Корневой. Новосибирск: Изд-во АНС “СибАК”, 2018. 414 с.
- Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы / Т. В. Гусева, Я. П. Молчанова, Е. А. Заика, В. Н. Виниченко, Е. М. Аверочкин; под ред. Т. В. Гусевой. М.: Изд-во “Социально-экологический союз”, 2000. 148 с.
- Голубых О. С. Фитопланктон реки Томи // Задачи и проблемы развития рыбного хозяйства на внутренних водоемах Сибири. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1996. С. 13–14.
- Голубых О. С. Динамика популяций фитопланктона средней Оби и р. Томи в 2005 году // Биологические аспекты рационального использования и охраны водоемов Сибири: материалы Всерос. конф. / под ред. В. И. Романова. Томск: Лито-Принт, 2007. С. 49–52.
- Государственный природный заповедник “Васюганский” <http://vasyganskiy.ru/> (дата обращения: 15.05.2022).
- Доманицкий А. П., Дубровина Р. Г., Исаева А. И. Реки и озера Советского Союза. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 104 с.
- Евсеева Н. С. География Томской области. (Природные условия и ресурсы). Томск: Изд-во Том. ун-та, 2001. 223 с.
- Иоганзен Б. Г., Попов М. А., Якубова А. И. Водоемы окрестностей г. Томска // Тр. Том. гос. ун-та. 1951. Т. 115. С. 121–190.

- Кожевникова Н. А. Видовая структура фитопланктона Красноярского водохранилища (1977–2000 гг.) // Современные проблемы гидробиологии Сибири: тез. докл. Всерос. конф. (14–16 ноября 2001 г., г. Томск). Томск: ООО Дельтаплан, 2001. С. 48–50.
- Кольцова Т. И. Определение объема и поверхности фитопланктона // Науч. докл. высш. шк. Сер. биол. 1970. № 6. С. 114.
- Копырина Л. И. Влияние паводков на видовое разнообразие и структуру водорослей водоемов бассейна реки Алазея // Сиб. экол. журн. 2014. Т. 21, № 5. С. 737–749. [Kopyrina L. I. Influence of spring floods on the diversity and structure of algae from waters of the Alazeya river basin // Contemporary Problems of Ecology. 2014. Vol. 7, N 5. P. 558–568.]
- Корнева Л. Г. Формирование фитопланктона водоемов бассейна Волги под влиянием природных и антропогенных факторов: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб., 2009. 47 с.
- Корнева Л. Г. Фитопланктон водохранилищ бассейна Волги / под ред. А. И. Копылова. Кострома: Костромской печатный дом, 2015. 284 с.
- Корнева Л. Г., Глущенко Г. Ю. Состав и сезонная сукцессия фитопланктона Таганрогского залива Азовского моря и нижнего течения р. Дон в условиях изменяющегося климата // Биология внутр. вод. 2020. № 1. С. 18–25. [Korneva L. G., Glushchenko G. Yu. Composition and Seasonal Succession of Phytoplankton of Taganrog Bay in the Sea of Azov and the Downstream Reaches of the Don River under a Changing Climate // Inland Water Biol. 2020. Vol. 13, N 1. P. 23–31.]
- Митрофанова Е. Ю. Использование характеристик фитопланктона для оценки экологического состояния реки Томь (Россия) во время половодья // Альгология. 2007. Т. 17, № 4. С. 476–484.
- Митрофанова Е. Ю. Влияние городов и населенных пунктов на показатели обилия фитопланктона рек Обь и Томь // Мир науки, культуры, образования. 2008. № 2 (9). С. 11–14.
- Науменко Ю. В. О золотистых водорослях среднего течения р. Обь // Сиб. биол. журн. 1992. № 5. С. 76–81.
- Науменко Ю. В. Новые данные о видовом составе водорослей р. Томь // Сиб. экол. журн. 1993. Вып. 5. С. 67–72.
- Науменко Ю. В. Водоросли фитопланктона реки Оби. Препринт. Новосибирск, 1995. 55 с.
- Никулина В. Н. Фитопланктон как индикатор экологического состояния эстуария реки Невы, 2011–2015 // Сиб. экол. журн. 2019. Т. 26, № 3. С. 341–347. [Nikulina V. N. Phytoplankton as an indicator of ecological state of the Neva river estuary for 2011–2015 // Contemporary Problems of Ecology. 2019. Vol. 12, N 3. P. 275–279.]
- Новикова А. Б. Фитопланктон среднего течения реки Томь // Проблемы социального прогресса Сибири. Красноярск: Изд-во КГУ, 1991. С. 34–35.
- Оксиюк О. П., Жукинский В. Н., Брагинский Л. П., Линник П. Н., Кузьменко М. И., Кленус В. Г. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиол. журн. 1993. Т. 29, № 4. С. 62–76.
- Приймаченко А. Д., Шевелева Н. Г., Покатилова И. Л., Пырина И. Л., Белавская А. П., Баженова О. П. Продукционно-гидробиологические исследования Енисея. Новосибирск: Наука, 1993. 197 с.
- Пузанов А. В., Безматерных Д. М., Винокуров Ю. И., Зиновьев А. Т., Кириллов В. В. Современное состояние водных ресурсов и водохозяйственного комплекса Обь-Иртышского бассейна // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: тр. III Всерос. науч. конф. с междунар. участием: в 4 т. Барнаул: АРТИКА, 2017. Т. 1. С. 3–16.
- Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 15. Алтай и Западная Сибирь. Вып. 2. Средняя Обь / под ред. В. В. Зееберга. Л.: Гидрометеоиздат, 1967. 351 с.
- Садчиков А. П., Макаров А. А. Потребление и трансформация низкомолекулярного растворенного органического вещества фито- и бактериопланктоном в двух водоемах разной трофности // Вод. ресурсы. 2000. Т. 27, № 1. С. 72–75. [Sadchikov A. P., Makarov A. A. Consumption and Transformation of Low-Molecular Dissolved Organic Matter by Phyto- and Bacterioplankton in Two Water Bodies of Different Trophic Status // Water Resources. 2000. Vol. 27, N 1. P. 64–67.]
- Сафонова Т. А. К распространению рода *Trachelomonas* Ehr. (эвгленовые водоросли) в водоемах поймы Оби // Тр. Биол. ин-та СО АН СССР. 1972. Вып. 19. С. 352–361.
- Сафонова Т. А. Эвгленовые водоросли Западной Сибири. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1987. 191 с.
- Федоров В. Д. О методах изучения фитопланктона и его активности. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. 168 с.
- Фитопланктон Омского Прииртышья / О. П. Баженова, Н. Н. Барсукова, И. Ю. Игошкина, О. А. Коновалова, Л. В. Коржова, О. О. Кренц; под общ. ред. О. П. Баженовой. Омск: Изд-во ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2019. 320 с.
- Шевелева Н. Г., Воробьева С. С. Состояние и развитие фито- и зоопланктона нижнего участка Ангары, прогноз формирования планктона в Богучанском водохранилище // Журн. Сиб. федер. ун-та. Биология. 2009. Т. 2. С. 313–326.
- Якубова А. И. Сезонные изменения фитопланктона и биологическая продуктивность водоемов окрестностей Томска // Тр. Том. гос. ун-та. 1951. Т. 115. С. 191–218.
- Barsukova N. N., Bazhenova O. P., Kolesnichenko L. G. Phytoplankton as an indicator of the current ecological status of the Ob River // Acta Biol. Sibirica. 2021. Vol. 7. P. 573–591.
- Chorus I., Bartram J. Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management. WHO, 1999. 400 p.
- Devercelli M. Changes in phytoplankton morpho-functional groups induced by extreme hydroclimatic events in the Middle Parana River (Argentina) // Hydrobiologia. 2010. Vol. 639. P. 5–19.
- Directive of the European Parliament and of the Council 2000/60/EC Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy. European Commission PE-CONS3639/1/100. Rev. 1. Luxembourg: EC Parliament and Council, 2000.
- Guiry M. D., Guiry G. M. AlgaeBase. World-wide electronic publication. Galway: National University of Ireland, 2022. URL: <http://www.algaebase.org/browse/taxonomy> (дата обращения: 10.05.2022).
- Padisak J., Borics G., Grigorszky I., Soroczki-Pinter E. Use of phytoplankton assemblages for monitoring ecological status of lakes within the Water Framework Directive: the assemblage index // Hydrobiologia. 2006. Vol. 553. P. 1–14.
- Past 4 – the Past of the Future (<https://www.nhm.uio.no/english/research/infrastructure/past/>) (дата обращения: 04.05.2022)

Piirsoo K., Pall P., Tuvikene A., Viik M., Vilbaste S. Assessment of water quality in a large lowland river (Narva, Estonia/Russia) using a new Hungarian potamoplanktic method // Estonian J. Ecol. 2010. Vol. 59, N 4. P. 243–258.

Sivonen K., Niemela S. I., Niemi R. M., Lepisto L., Luoma T. H., Rasanen L. A. Toxic cyanobacteria (blue-green algae) in Finnish fresh and coastal waters // Ibid. 1990. Vol. 190. P. 267–275.

The First Information about the Phytoplankton and Ecological State of the Vasyugan River (Tomsk Region)

O. P. BAZHENOVA, N. N. BARSUKOVA

Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin
644008, Omsk, Institutskaya sq., 1
E-mail: olga52@bk.ru

According to the results of studies of the Vasyugan River in July 2019 and 2021 the species composition, taxonomic structure, dominant complex, abundance and biomass, indices of phytoplankton biodiversity were established for the first time. 166 species and intraspecific taxa of algae from 8 divisions have been identified, green algae (Chlorophyta division) form the basis of species richness. The dominant phytoplankton complex includes centric diatoms, green algae and non-heterocyst cyanoprokaryotes. Biodiversity indices indicate high species richness, close to average complexity and evenness of the phytoplanktocenosis structure. The trophic status of the river corresponds to the eutrophic category of waters, the water quality ranges from class 3 “satisfactory purity” to class 4 “polluted”.

Key words: phytoplankton, species composition, taxonomic structure, biodiversity indicators, trophic status, water quality, Vasyugan River, West Siberia.