

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В НИЗОВЬЕ РЕКИ АНГАРЫ

CURRENT STATUS OF HYDROBIOLOGICAL COMMUNITIES IN THE LOWER ANGARA RIVER

**A. Andrianova
T. Spitsyna
Yu. Ponomaryova
T. Anufrieva**

Summary. Hydrobiological communities (phyto-, zooplankton, phytoplankton, zoobenthos) of the Angara River lower reach were studied in the summer period of 2022. Structural organization of communities and quantitative characteristics were determined. Plankton is represented by a complex of fluvial and limnic species that come in transit from Boguchanskoye reservoir. In zoobenthos, tolerant taxa (amphipods, chironomids, oligochaetes) prevailed.

Keywords: Angara River, plankton, phytoplankton, zoobenthos, structural organization, abundance, biomass.

Андрианова Анна Владимировна

Кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Институт вычислительного моделирования СО РАН (Красноярск)
andrav@icm.krasn.ru

Спицына Татьяна Павловна

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева (Красноярск),
t-spitsina@mail.ru

Пономарёва Юлия Андреевна

Кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева (Красноярск),
ponomarevayulia@mail.ru

Ануфриева Татьяна Николаевна

Кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева (Красноярск)
li-777@yandex.ru

Аннотация. В летний период 2022 г. исследованы гидробиологические сообщества нижнего участка р. Ангары (фито-, зоопланктон, фитоперифитон, зообентос). Определены структурная организация сообществ и количественные характеристики. Планктон представлен комплексом из речных и лимнических видов, которые поступают транзитом из Богучанского водохранилища. В зообентосе преимущество получили толерантные таксоны (амфиподы, хирономиды, олигохеты).

Ключевые слова: р. Ангара, планктон, фитоперифитон, зообентос, структурная организация, численность, биомасса.

Введение

Исследование состояния водных экосистем в настоящее время является одной из важнейших проблем современности. Поскольку от изучения экологических основ использования, от анализа и прогноза изменений в биоте, от охраны водных объектов, а также от объективного контроля за состоянием экосистемы и качеством воды зависит устойчивое развитие и экономический рост России.

Реконструкция гидростроительством и интенсивное комплексное использование крупной водной артерии

Сибири — реки Ангара, привели к необходимости планирования мероприятий по рациональной эксплуатации и сохранению экологического равновесия реки, а также к разработке подходов и критериев оценки её состояния. Для достижения этого необходимо определять реакцию основных звеньев пищевой цепи гидробионтов на влияние разнообразных факторов окружающей среды.

Ранее проводились многолетние исследования гидробиологических сообществ реки Ангары и её водохранилищ [5, 6, 8, 15]. Однако в настоящее время наблюдается существенный пробел в современных исследованиях

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Краевого государственного автономного учреждения «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности» и ООО «Нижнебогучанская ГЭС» в рамках договора № 488 от 09.09.2022

нижнего не зарегулированного участка Ангары, имеются лишь фрагментарные сведения о водных биоценозах [3, 16]. В связи с этим, целью работы являлась оценка современного состояния гидробиологических сообществ Нижней Ангары на участке от плотины Богучанской ГЭС до устья.

Материалы и методы

Материалом для данного исследования послужили гидробиологические пробы (фитопланктон, фитобентос, зоопланктон и зообентос), отобранные в нижнем течении р. Ангары (445 — 9 км от устья) в августе 2022 г. на 11 поперечных створах. Сбор и обработку материала проводили согласно общепринятым методическим рекомендациям [13]. Пробы фитопланктона отбирали у обоих берегов и в середине реки; фитоперифитона, зоопланктона и зообентоса — только в прибрежье. Пробы

планктона отбирали в поверхностном слое воды, микрофитоперифитона — с естественных субстратов на площади 16 см². Зоопланктон собирали путем процеживания 100 л воды через сеть Апштейна (размер ячейки 67 мкм). Зообентос собирали на глубине до 1,5 м гидробиологическим скребком Дулькейта (площадь захвата 1/7 м²) в двух повторностях. Всего проанализировано 33 пробы фитопланктона, по 22 пробы фитоперифитона и зоопланктона, и 44 пробы зообентоса. Индекс видового разнообразия Шеннона рассчитан для фитоценозов по биомассе, для зооценозов — по численности.

Результаты и обсуждение

Фитопланктон. В составе фитопланктона выявлено 107 видов, разновидностей и форм водорослей из 8 отделов, 14 классов, 31 порядка, 45 семейств, 69 родов. Наибольшим богатством отличался отдел

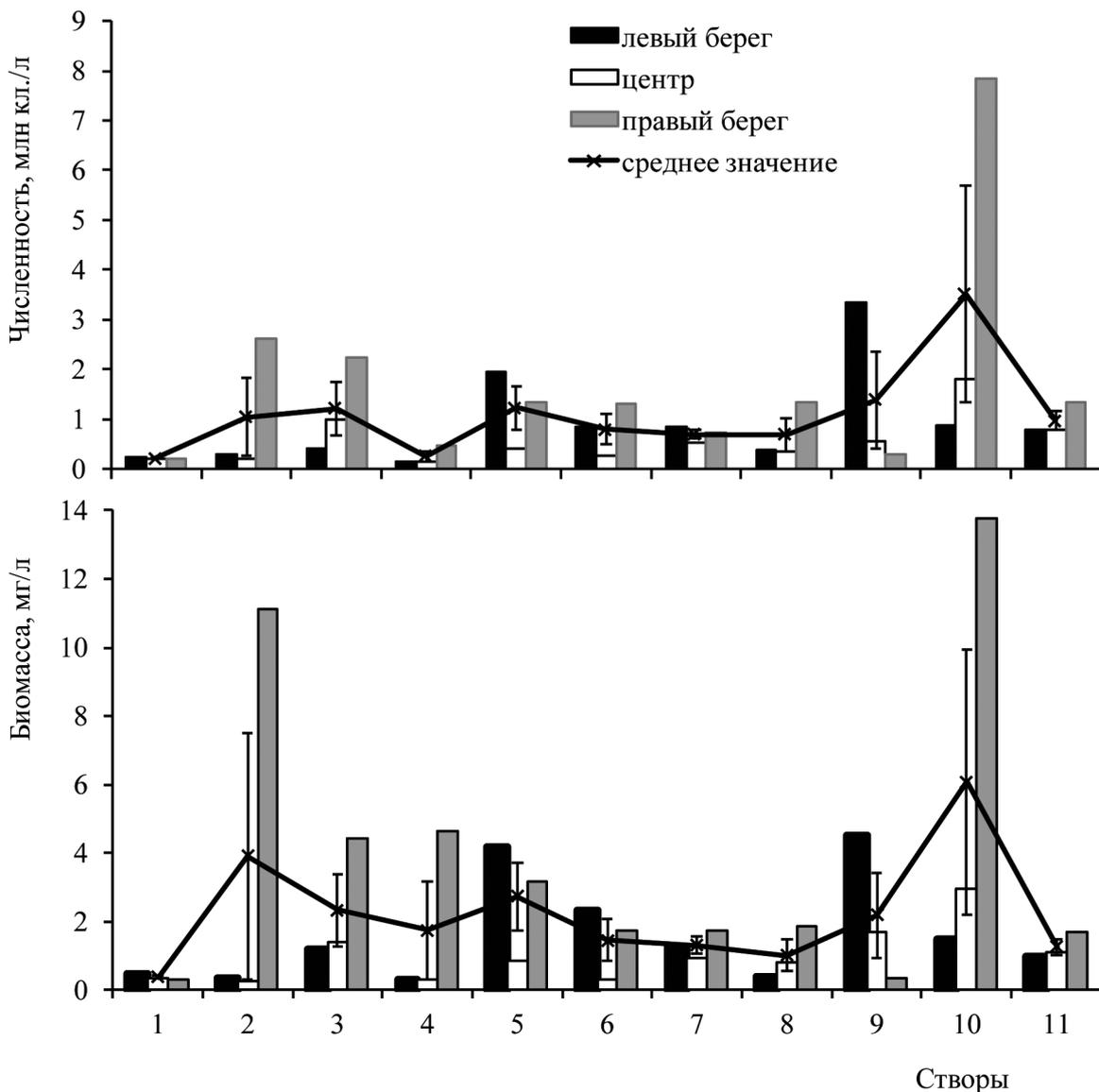


Рис. 1. Пространственная динамика численности и биомассы фитопланктона в низовье р. Ангары

Bacillariophyta (58 видовых таксонов), на втором месте — отдел Chlorophyta (18 видов), отделы Cyanobacteria и Charophyta представлены 12 и 7 видами соответственно; остальные отделы (Miozoa, Ochrophyta, Cryptista и Euglenozoa) включали по 3 вида. Преобладание в структуре фитопланктона диатомовых водорослей является характерной чертой другой крупной реки Сибири — Оби [14], а их состав является отражением всех процессов, происходящих в водоеме, поскольку данный отдел характеризуется большим видовым разнообразием и наличием видов с узкой экологической валентностью. Большинство выявленных видов водорослей относятся к бентосным и планкто-бентосным экологическим группировкам.

В пространственной динамике максимальным видовым разнообразием отличался фитопланктон на правом берегу створа 2 (53 вида) в условиях слабого течения. Минимальное количество видов (36) зафиксировано на створе 1. Количество видов водорослей в пробах высокое для планктона рек (от 34 до 58). Индекс Шеннона варьировал от 2,5 до 3,6 и в среднем по участку составил $3,1 \pm 0,1$ бит. Следует отметить, что значения индекса разнообразия выше двух указывают на большую степень сложности сообществ.

Доминирующий комплекс представлен диатомовыми водорослями *Fragilaria crotonensis* Kitton, *Tabellaria fenestrata* (Lyngbye) Kützing, *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère, *Cocconeis placentula* Ehrenberg и в меньшей степени цианобактериями рода *Dolichospermum* (*D. floxaquae* (Brébisson ex Bornet & Flahault) P. Wacklin et al., *D. lemmermannii* (Richter) P. Wacklin et al.). Основу сообществ фитопланктона составляли представители Bacillariophyta: в среднем 70 ± 3 % общей численности и 80 ± 3 % общей биомассы. Исключение составляет правобережная станция створа 4, где по уровню развития биомассы преобладала повсеместно распространенная десмидиевая водоросль *S. paradoxum* (87 % от общей биомассы), предпочитающая экотопы с замедленным течением [4], развитие которой также характерно для альгофлоры мелководных озёр и болотистых мест [10].

Таблица 1.

Численность (N) и биомасса (B) фитопланктона и фитоперифитона на поперечном профиле реки

Профиль реки	Фитопланктон		Фитоперифитон	
	N, млн кл./л	B, мг/л	N, млн. кл./см ²	B, мг/см ²
Левый берег	$0,9 \pm 0,3$	$1,6 \pm 0,5$	55 ± 44	$7,9 \pm 5,1$
Правый берег	$1,8 \pm 0,7$	$4,1 \pm 1,3$	1118 ± 1082	$20,3 \pm 17,2$
Центр	$0,6 \pm 0,2$	$1,0 \pm 0,2$	—	—

Примечание: «прочерк» — нет данных

Наименьшее развитие водорослей отмечено на створе 1, наибольшее — на створе 10 (рис. 1). В среднем по участку численность составила $1,1 \pm 0,3$ млн кл./л, биомасса — $2,2 \pm 0,5$ мг/л. Прибрежье реки характеризовалось более высокой плотностью водорослей по сравнению с центром русла (табл. 1).

Фитоперифитон. В составе фитоперифитона выявлено 95 видов, разновидностей и форм водорослей из 8 отделов, 13 классов, 28 порядков, 41 семейства, 60 родов. Наибольшим богатством отличался отдел Bacillariophyta — 52 видовых таксона; отделы Cyanobacteria, Chlorophyta и Charophyta включали 16, 14 и 8 видов соответственно. Остальные отделы Cryptista, Euglenozoa, Miozoa и Ochrophyta являлись одно- и дву-видовыми.

Значительным видовым разнообразием отличался фитоперифитон створа 3 — 46 таксонов водорослей, для развития которых сложились благоприятные условия (наличие течения и большого количества макрофитов). Минимальное количество видов (22) зафиксировано на створах 8 и 9. На правобережье, начиная со створа 4, наблюдается постепенное снижение количества видов (с 30 до 13). Индекс Шеннона варьировал от 0,8 до 3,7 бит, среднее по исследованному участку значение составило $2,4 \pm 0,2$ бит. Низкие значения индекса Шеннона отмечались на заиленном песке створа 5 (основу биомассы составляли желтозеленые *Tribonema minus* (Wille) Hazen), а также на створе 8 при абсолютном доминировании повсеместно распространенной планктонно-бентосной синезеленой водоросли *Nostoc pruniforme* C. Agardh ex Bornet & Flahault, которая может формировать шаровидные и эллипсоидальные плотные колонии диаметром до 8 см.

В реках бассейна р. Енисей фитоперифитон и фитобентос наиболее широко представлены литореофильным комплексом водорослей. Наряду с ними широкое распространение приобретают типично бентосные формы, а также планктонные виды, осевшие из толщи воды [14], что подтверждается настоящим исследованием в р. Ангаре. Большинство выявленных видов водорослей в фитоперифитоне относятся к бентосным и планкто-бентосным экологическим группировкам. В видовом разнообразии и структуре фитоперифитонных сообществ Ангары большую роль играли диатомовые водоросли, что является обычным для альгофлор рек различной величины [9, 12]. Представители других отделов водорослей в формировании перифитона водотоков обычно создают не более 2–3 % разнообразия [9, 19].

Основу численности фитоперифитона (от 50 до 99 %) на многих створах составляли цианобактерии *N. pruniforme*; на створах 1, 2, 9, 11 доминирова-

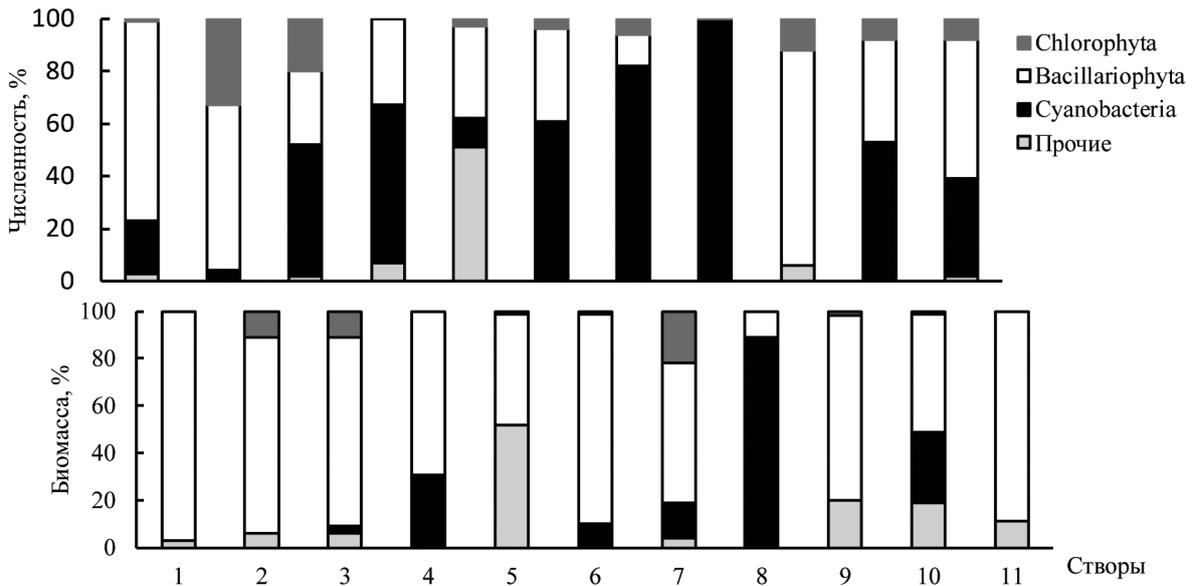


Рис. 2. Структурная организация сообществ фитоперифитона в низовье р. Ангары

ли диатомовые водоросли *Cymbella ventricosa* Kützing, *F. crotonensis*, *Epithemia sorex* Kützing (53–82 %); на створе 5 лидировали представители отдела Ochrophyta *T. minus* (рис. 2). Общая биомасса перифитона обусловлена диатомовыми водорослями *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) Mart. Schmidt, *E. sorex*, *Gomphonema ventricosum* W. Gregory, при этом доля цианобактерий низкая в связи малым размером клеток и определяется главным образом вегетацией крупноклеточных водорослей. Особо велика роль цианобактерий на створе 8.

Диапазон варьирования количественных показателей фитоперифитона достигал нескольких порядков в связи с традиционной неравномерностью пространственного распределения и разноразмерностью видов водорослей. Повышенные значения численности фитоперифитона отмечались у правого берега (табл. 1) в присутствии синезеленых водорослей. Минимальные значения численности зафиксированы на левом берегу створа 1 (0,2 млн кл./см²), биомассы — на левом берегу створа 6 (0,4 мг/см²). Средняя по исследованному участку численность составила 586±541 млн кл./см², биомасса — 14,18±8,8 мг/см².

Зоопланктон. В сообществах зоопланктона обнаружено 88 таксономических единиц, из них Cladocera — 26, Copepoda — 19, Rotifera — 43. Максимальное видовое разнообразие (35) наблюдалось на створе 2 (423 км до устья), минимальное (15) — на створе 9 (270 км до устья). На протяжении исследуемой акватории зоопланктон был представлен многочисленными и разнообразными ветвистоусыми рачками: хидоридами родов *Alona*, *Alonella*, *Acroporus*, *Chydorus sphaericus*; цебриодафиями, босминами, дафиями, фитофильными кладоцерами рода *Macrothrix*, *Ilyocryptus sordidus*, *Sida crystalline*, *Simocephalus vetulus*. Следует отметить, что

кладоцеры, тяготеющие к обитанию в пелагиали озерных водоемов (представители рода *Daphnia*, *Bosmina longispina*, *Diaphanosoma brachyurum*) были зарегистрированы на створах 1–3 — наиболее близких к Богучанской ГЭС, что свидетельствует об их транзитном происхождении и стоке из водохранилища. Группу веслоногих рачков составляли взрослые и неполовозрелые циклопы, часть которых тяготела к обитанию в зарослях макрофитов (*Paracyclops fimbriatus*, *Macrocyclus albidus*, виды рода *Eucyclops*), придонные гарпактициды. На створах 1–3 были обнаружены разновозрастные калляниды *Eudiaptomus graciloides*, обитатели глубинных слоев водохранилищ, а на створах 1–6 — лимнофильные циклопы, что также свидетельствует об их транзитном происхождении из вышерасположенного водохранилища. Фауна коловраток разнообразна и представлена смешанным, лимно-реофильным комплексом видов: рр. *Euchlanis*, *Trichothria*, *Notholca*, *Testudinella patina*, *Polyarthra dolichoptera*, *Keratella cochlearis*, *Keratella quadrata*, *Kellicottia longispina*, *Trichocerca longisetia* и др.

На речных участках с сильным течением биоразнообразие и обилие гидробионтов уменьшалось, зоопланктонные сообщества были упрощены. Индекс видового разнообразия Шеннона варьировал от 1,9 до 4,0 бит/экз. и в среднем составил 2,7±0,1 бит/экз.

Структурообразующий комплекс видов включал ветвистоусых рачков рода *Alona*, *Biapertura affinis*, *Disparalona rostrata*, *Chydorus sphaericus*; на участках, близких к Богучанской ГЭС к ним присоединялись лимнофильные кладоцеры рр. *Bosmina* и *Daphnia*. Из группы веслоногих рачков — взрослые и неполовозрелые (науплиальные и копеподитные стадии) циклопы родов *Cyclops*, *Eucyclops*, *Mesocyclops leuckarti*, представители сем. Harpacticoidae. Коловраточную струк-

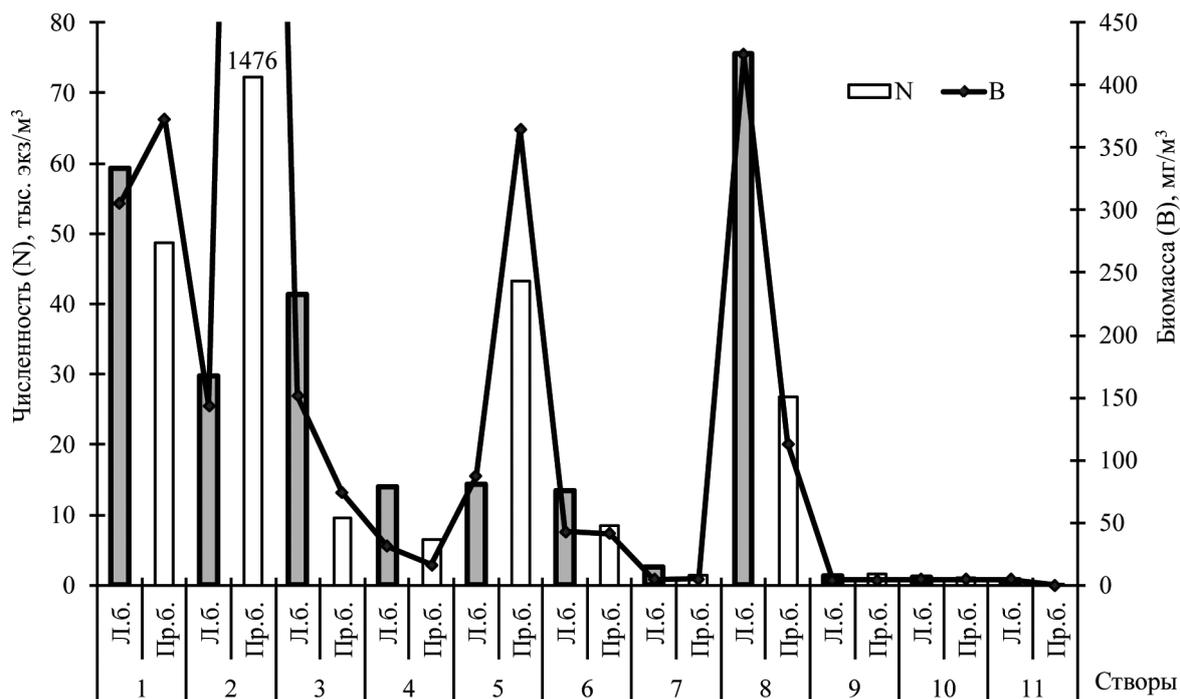


Рис. 3. Численность и биомасса зоопланктона в низовье р. Ангары (Л.б. — левый берег, Пр.б. — правый берег)

туру определяли виды *Euchlanis dilatata*, *Euchlanis lyra*, *Polyarthra dolichoptera*, *Testudinella patina*, *Trichocerca longiseta*, *Kellicottia longispina* (исключая 11 створ), виды рр. *Notholca*, *Keratella*, *Trichothria*.

Минимальные величины численности и биомассы гидробионтов были зарегистрированы на створе 11 (0,09 тыс. экз./м³ и 0,25 мг/м³), максимальные — у правого берега створа 2 (72,3 тыс. экз./м³ и 1476,5 мг/м³) (рис. 3). Средняя по исследованному участку численность составила $21,5 \pm 5,2$ тыс. экз./м³, биомасса — $167,2 \pm 68,8$ мг/м³. Ведущую роль в плотности зоопланктонных сообществ играли веслоногие ракообразные. Варьирование величин биомассы на различных участках зависело от наличия в сообществах немногочисленных, но крупных веслоногих и ветвистоусых рачков.

В сравнении с более ранними исследованиями [5, 11, 16] наши данные свидетельствуют об увеличении количественных показателей зоопланктона Ангары на оставшемся не зарегулированном участке, что произошло вследствие стока озерного планктона (более многочисленного и крупного, чем речного) из Богучанского водохранилища и его транзита по реке практически до устья.

Зообентос. Биотопы зообентоса представлены в основном галечно-песчаным грунтом с разной степенью заиливания. Для р. Ангара характерно зарастание высшей водной растительностью (мхами, рдестами) полосами на мелководье вдоль берегов, островов и мелей. В зообентосе выявлено 87 видов и таксонов более высокого ранга, широко распространенных в Палеарктике и Го-

ларктике. Наибольшее количество видов (37) отмечено среди личинок хирономид, второе место принадлежало ручейникам (10); поденки и олигохеты представлены 8 видами, амфиподы — 7. В остальных таксономических группах (брюхоногие и двустворчатые моллюски, пиявки, планарии, ногохвостки, веснянки) выявлено по 1–3 вида. Наибольшее видовое разнообразие выявлено на створах 7 и 11, наименьшее — на створах 1, 6 и 8. Среднее значение индекса Шеннона по участку реки составило $2,3 \pm 0,1$ бит/экз.

Доминирующие комплексы в зообентосе Ангары представлены в основном амфиподами байкальского происхождения и хирономидами, эпизодически дополнялись олигохетами. Среди амфипод распространены *Micruropus sp.*, *Philolimnogammarus viridis* (Dybowski, 1874), *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899), *Pallasea cancelloides* (Gerstfeldt, 1858). В семействе хирономид лидирующие позиции занимали *Microtendipes pedellus* (De Geer, 1776) и *Micropsectra* гр. *praesox*. Следует отметить, что *M. pedellus* относится к эвритопным видам, которые обитают на различных типах грунта, не только в проточных, но и в стоячих водоемах, например в озерах Волжского бассейна [7], а также входят в доминирующие комплексы в бассейнах Енисея [1] и Чулыма [18]. На первых двух створах на мягких грунтах высокой численности достигали *Sergentia* гр. *coracina*, *Diplocladius cultriger* Kieffer, 1908, *Paracladius conversus* (Walker, 1856), *Pseudodiamesa* гр. *nivosa*, *Chironomus sp.* Ниже по течению преимущество получили *Pagastia orientalis* (Tshernovskiy, 1949), *Prodiamesa olivacea* (Meigen, 1818), *Epoicocladus flavens* (Malloch, 1915), *Tanytarsus pallidicornis* (Walker,

1856), *Cladotanytarsus* гр. *mancus*, *Polypedilum scalaenum* (Schrank, 1803) и представители родов *Cricotopus* и *Orthocladius*.

На половине исследованных створов зафиксировано высокое обилие олигохет *Uncinails uncinata* (Levinsen, 1884), *Tubifex tubifex* (O.F.Muller, 1773), *Eiseniella tetraedra* (Savigny, 1826) и *Lumbriculus variegatus* (O.F.Muller, 1773). Среди прочих организмов наибольшее преимущество имели поденки *Ephemera sachalinensis* (Matsumura, 1931) и ручейники *Apatania zonella* (Zetterstedt, 1840), которые так же распространены в Енисее [1].

Количественное преимущество в зообентосе принадлежало амфиподам (рис. 4), они определяли свыше 60 % численности и биомассы. Их численность по участку реки составила $1,7 \pm 0,2$ тыс. экз./м², биомасса — $10,2 \pm 1,3$ г/м². Хирономиды главенствовали над амфиподами лишь на илистом грунте створа 2. По району исследования они обусловили 24 % численности и 10 % биомассы донных сообществ; плотность составила $1,0 \pm 2,6$ тыс. экз./м² при биомассе $1,6 \pm 0,7$ г/м². Средняя численность зообентоса на исследованном участке Ангары составила $2,9 \pm 0,3$ тыс. экз./м², биомасса — $14,6 \pm 1,6$ г/м². Низовье реки (створы 10, 11) характеризовалось наименьшим уровнем развития донных беспозвоночных (рис. 4).

Известно, что зарегулирование рек оказывает существенное воздействие на сообщества донных беспозвоночных ниже плотин. В частности, отмечается структурная перестройка сообществ и снижение соотношения чувствительных (поденки, веснянки, ручейники) к толерантным (хирономиды, олигохеты, амфиподы) таксонам [20, 21]. По прошествии 20 лет на исследованном участке Ангары численность бентоса увеличилась незначительно, однако биомасса выросла вдвое, при этом заметно снизилась доля поденок, ручейников и моллюсков [3]. Аналогичные изменения в составе донной фауны наблюдались не только в Ангаре, но и в Енисее. После зарегулирования Красноярской ГЭС практически исчезли веснянки и мошки, значительно уменьшилось число видов и количество ручейников и поденок. В то же время произошел рост общих количественных показателей бентоса, обусловленный распространением байкальских амфипод вверх по течению Енисея, а также массовым развитием хирономид и олигохет [2].

Заключение

Гидробиологические сообщества нижнего участка р. Ангары характеризовались высоким видовым богатством. Основу фитоценозов составляли диатомовые и синезеленые водоросли. Зоопланктон представляли

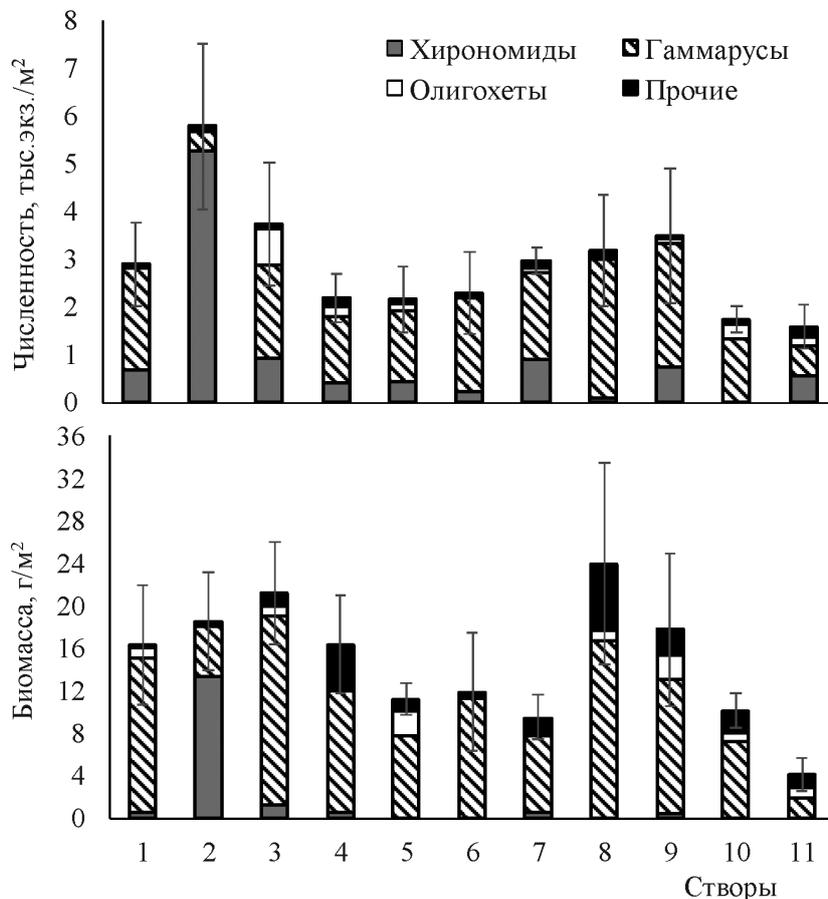


Рис. 4. Структурная организация, численность и биомасса донных сообществ в низовье р. Ангары

кладоцеры, копеподы и коловратки. На структурную организацию планктонных сообществ оказывает влияние Богучанское водохранилище, из которого транзитом поступают виды, тяготеющие к лимническим условиям. С приближением к устью под влиянием притоков наблю-

далась постепенная трансформация в речной комплекс планктонных видов. Донная фауна состояла из толерантных таксонов (амфипод, хирономид и олигохет), которые, как и в р. Енисей вышли на лидирующие позиции после зарегулирования реки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андрианова А.В., Дербинева Е.В., Гадинов А.Н., Кривоуцкий Д.А., Мельников И.И. Кормовая база и потенциал рыбопродуктивности бассейна Енисея (верхнее и среднее течение) // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2019. № 45. С. 142–163. <https://doi.org/10.17223/19988591/45/8>
2. Андрианова А.В. Динамика развития енисейского зообентоса в нижнем бьефе Красноярской ГЭС // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2013. № 1 (21). С. 74–88. <https://doi.org/10.17223/19988591/21/6>
3. Бажина Л.В., Клеуш В.О. Макрозообентос Красноярской акватории реки Ангара до наполнения водохранилища Богучанской ГЭС // Чтения памяти Леванидова В.Я. 2014. Вып. 6. С. 66–77.
4. Баранова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: PiliesStudio, 2006. — 498 с.
5. Башарова Н.И., Шевелева Н.Г. Основные особенности формирования зоопланктона Ангаро-Енисейских водохранилищ // Гидробиологический журнал, 1993. — 29 — С. 9–15
6. Воробьева С.С. Фитопланктон водоемов Ангары. Новосибирск: Наука. Сибирская издат. фирма РАН, 1995. — 126 с.
7. Демина И.В., Ермохин М.В., Полуконова Н.В. Сообщества макрозообентоса пойменных озер долины р. Волги (окр. г. Энгельса) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. 2013. Т. 13, вып. 1. С. 84–96.
8. Кожова О.М., Путятин Т.Н., Томилов А.А., Ербаева Э.А. Гидробиологический режим Ангаро-Енисейских водохранилищ. Методические аспекты прогнозирования природных явлений Сибири. Новосибирск: Наука, 1980. — С. 13–23.
9. Комулайнен С.Ф. Экология фитоперифитона малых рек Восточной Финляндии. Петрозаводск, 2004. — 182 с.
10. Копырина Л.И. Влияние паводков на видовое разнообразие и структуру водорослей водоемов бассейна реки Алазея // Сибирский экологический журнал, 2014. — № 5. — С. 737–749.
11. Космаков И.В., Шулепина С.П., Космаков В.И., Ануфриева Т.Н. Биота некоторых водных объектов Средней Сибири. — Новосибирск: Наука, 2022. — 270 с.
12. Левадная Г.Д. Микрофитобентос реки Енисей. Новосибирск: Наука, 1986. — 286 с.
13. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Под ред. В.А. Абакумова. Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1992. — 317 с.
14. Семенова Л.А. Многолетние исследования фитопланктона Нижней Оби // Вестн. экологии лесоведения и ландшафтоведения, 2009. — Вып. 9. — С. 163–173.
15. Усольцева М.В., Титова Л.А. Фитопланктон приплотинного участка Богучанского водохранилища в 2016 — 2017 гг. // Acta Biologica Sibirica, 2017. — № 3 (3). — С. 57–65.
16. Шевелёва Н.Г., Воробьева С.С. Состояние и развитие фито— и зоопланктона нижнего участка Ангары, прогноз формирования планктона в Богучанском водохранилище // Сибирский федеральный университет. Biology, 2009. № 3. — С. 313–326.
17. Шевелева Н.Г. Формирование зоопланктона Богучанского водохранилища в период его заполнения // Труды Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, вып. 95(98), 2021. — С. 26–39.
18. Andrianova A.V., Shan'ko Y.V. Biotic indices and metrics of zoobenthos in the assessment of the ecological state of a large mixed-type river // Russian Journal of Ecology. 2022. Vol. 53, № 2. P. 128–135. <https://doi.org/10.1134/S1067413622020035>
19. Belyaeva P.G. Dynamics of Phytoperiphyton in the Basin of the Piedmont Sylva River, Perm Krai // Russian Journal of Ecology, 2010. — V. 41, № 1. — P. 95–98.
20. Mihalicz J.E. Seasonal effects of a hydropeaking dam on a downstream benthic macroinvertebrate community // River Res. Applic. 2019. V. 35. P. 714–724. <https://doi.org/10.1002/rra.3434>
21. Zhang H., Zhu Ch., Mo K., Chen Q., Tang L., Zhang J., Li T., Wang J. Dam cascade alters taxonomic composition of benthic macroinvertebrate community in upper Yangtze River // River Res. Applic. 2021. № 37. P. 1070–1079. <https://doi.org/10.1002/rra.3787>

© Андрианова Анна Владимировна (andrav@icm.krasn.ru); Спицына Татьяна Павловна (t-spitsina@mail.ru); Пономарёва Юлия Андреевна (ponomarevayulia@mail.ru); Ануфриева Татьяна Николаевна (li-777@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»