

ЗООПЛАНКТОН,
ЗООБЕНТОС, ЗООПЕРИФИТОН

УДК 5893.4:591.524.12(571.1)

КОЛОНИАЛЬНЫЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ В ЗООПЕРИФИТОНЕ
ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ ТЭЦ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

© 2021 г. А. А. Герасимова^{а, *}, А. Г. Герасимов^б, Т. А. Шарапова^а

^аФедеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения
Российской академии наук, Тюмень, Россия

^бТюменский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства
и океанографии, Тюмень, Россия

*e-mail: nstya_vid@mail.ru

Поступила в редакцию 25.03.2020 г.

После доработки 06.08.2020 г.

Принята к публикации 20.08.2020 г.

Приведены данные о таксономическом составе пресноводных губок и мшанок в водоеме-охладителе ТЭЦ-1 (г. Тюмень, Западная Сибирь), их распространению по акватории на пяти станциях в 2005, 2016 и 2017 гг. Рассмотрено сезонное развитие колониальных беспозвоночных и влияние высоких температур на встречаемость и биомассу губок. Наиболее благоприятные условия обитания зарегистрированы в лотических биотопах. Приведены размеры геммул и спикул губки *Eunapius fragilis* (Leidy.), флотобластов мшанок *Plumatella emarginata* (Allman.) и *Hyalinella punctata* (Hancock).

Ключевые слова: зооперифитон, губки, мшанки, водоем-охладитель, Западная Сибирь

DOI: 10.31857/S0320965221020042

ВВЕДЕНИЕ

Водоем-охладитель является трансформированной гидроэкосистемой, которая в результате антропогенной деятельности испытывает влияние высоких температур воды (Буторин, 1969; Протасов и др., 1991, 2012). Нарушение температурного режима при воздействии сбросных подогретых вод ведет к изменению гидробиологического режима в целом. Укрепление берега и дна бетонными плитами или каменной наброской создают благоприятные условия для развития зооперифитона. Колониальные беспозвоночные – губки и мшанки – важный компонент в водоемах-охладителях (Протасов и др., 1991; Шаропова, 2008). В ряде случаев в водоемах этого типа отмечены находки новых для территории видов (Силаева и др., 2009; Нехаев, Палатов, 2016; Гонтарь, 2018).

Пресноводные губки широко распространены в гидроэкосистемах от Арктики до тропиков (Anpandale, 1915; Резвой, 1936; Manconi, Pronzato, 2008). В настоящее время на территории Западной Сибири зарегистрировано четыре вида губок: *Spongilla lacustris* (L.), *Eunapius fragilis* (Leidy.), *Ephydatia fluviatilis* (L.) и *E. muelleri* (Lied.). Наиболее часто встречаемые виды – *Spongilla lacustris* и *Ephydatia muelleri*, наиболее редкая – *Eunapius fragilis*, найдена лишь в одном водоеме (Шарапова и др., 2014).

Мшанки, как и губки, – колониальные сидячие фильтрующие организмы, находящиеся, как правило, в прикрепленном состоянии, считаются типичными представителями сообществ (Протасов, 1994). Несмотря на широкое распространение в природе, пресноводные мшанки являются одной из недостаточно изученных групп животных (Ricciardi, Reiswig, 1994; Wood, 2009). Первые сведения о распространении мшанок на севере Западной Сибири относятся к исследованиям на Гыданском п-ве (Бурмакин, 1941). Всего на территории Западной Сибири зарегистрировано десять видов мшанок (Шарапова, 2007).

Цель работы – определить таксономический состав губок и мшанок в водоеме-охладителе ТЭЦ-1 (г. Тюмень), выявить особенности их развития в зооперифитоне на различных биотопах водоема-охладителя Тюменской ТЭЦ-1 в летне-осенний период, рассмотреть влияние течения и повышенной температуры на качественное и количественное развитие беспозвоночных, а также пространственное распределение исследуемых организмов на различно ориентированных субстрадах.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Водоем-охладитель Тюменской ТЭЦ-1 создан на основе старицы р. Тура (оз. Оброчное), кото-



Рис. 1. Схема водоема-охладителя Тюменской ТЭЦ-1. ● — станции отбора проб: 1–3 — зона повышенного подогрева воды (28.0–39.4°C); 4, 5 — зона умеренного подогрева (температура ниже на 4–5°C). Стрелки показывают направление течения.

рое после трансформации сохранило свою линейную конфигурацию (рис. 1). Вода для системы охлаждения поступает из р. Туры, после сброса в водоем-охладитель нагретая вода проходит через большую часть озера и по каналу уходит обратно в реку. Химический состав воды соответствует

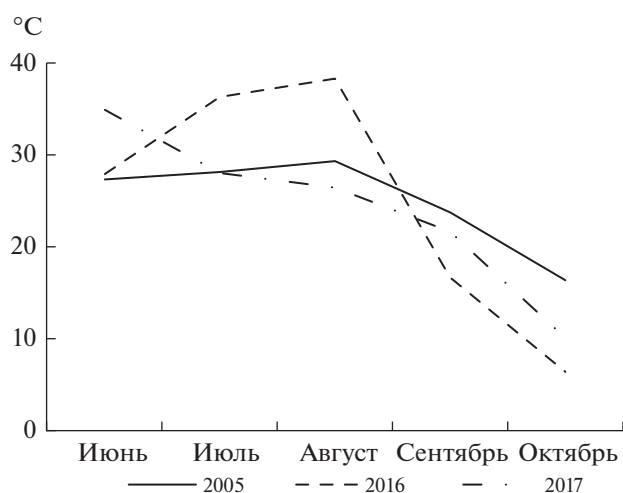


Рис. 2. Изменение температуры с июня по октябрь в зоне максимальной термической нагрузки (сбросной канал — ст. 3) в 2005, 2006 и 2007 гг.

чистым водам согласно комплексной экологической классификации (Оксиюк и др., 1993) и требованиям, предъявляемым к рыбохозяйственным водным объектам (ГОСТ 17.1.2.04-77. Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов от 01.07.1978. Ограничение срока действия снято по приказу Минприроды России от 16.04.92 № 60 (ИУС № 9–94)).

Колониальных беспозвоночных изучали в 2005, 2016 и 2017 гг. Пробы собирали ежемесячно с июня по октябрь на пяти станциях, различающихся скоростью течения и температурой воды. В зоне повышенного подогрева воды (28.0–39.4°C) наблюдения проводили на трех станциях: на течении (ст. 1 — 0.13 м/с, ст. 3 (сбросной канал) — 0.72 м/с) и без течения (ст. 2). В зоне умеренного подогрева (температура ниже на 4–5°C) работа велась на двух станциях: на течении (ст. 5 — 0.54 м/с) и без течения (ст. 4) (рис. 1).

Температура воды значительно изменялась (от 2.5 до 39.4°C) в зависимости от года, месяца и станции исследования. Термический режим водоема был обусловлен температурой и объемом сбросных вод (рис. 2). Температура в зоне умеренного подогрева была ниже на 2–7°C.

В 2005 г. в зоне максимальной термической нагрузки (сбросной канал — ст. 3) максимальная

температура воды наблюдалась в августе (24°C), в последующие месяцы она плавно снижалась и в октябре была 16.4°C. В 2016 г. температура воды уже в июле поднялась до 28°C, максимальных значений достигла в августе (39.4°C), после чего резко снизилась (в сентябре — 16.7°C, в октябре — 6.4°C). В 2017 г. температурный режим характеризовался максимальными показателями в июне (37°C), в последующие месяцы температура воды снижалась, а в октябре достигла 10.1°C (рис. 2).

Пробы отбирали с камней отсыпки и с затопленной древесины прямым сбором, в сбросном канале на бетонных плитах применяли перифитический скребок. Всего для анализа использовали данные 220 проб. Найденных губок и мшанок фиксировали 4%-ным формалином. Для определения влияния ориентации поверхности на развитие зооперифитона в водном потоке в 2016 г. на течении (ст. 1 и ст. 5) установили в качестве экспериментальных субстратов керамические блоки-кирпичи. Через три месяца пробы отбирали с горизонтальных и вертикальных поверхностей. Проведены измерения диаметра геммул и спикул (длина и ширина) губки, а также длины и ширины флотобластов мшанок. Встречаемость рассчитывали как отношение количества проб, в которых обнаружен таксон, к общему количеству проб (Баканов, 1987).

Математическая обработка данных проводилась с помощью статистических программ Statistica и Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

За период исследований на изученных биотопах в зооперифитоне найдены колониальные беспозвоночные, представленные пресноводными губками (два вида) и мшанками (три вида).

Губки. В 2005 г. в водоеме-охладителе в зоне сбросного канала и на прилегающем к нему участке водоема (ст. 1 и 3) редко (встречаемость 4%) находили маленькие колонии губок. И их масса колебалась от 1 до 36 мг (0.20–7.20 г/м²) без геммул. Они были определены как *Spongilla* sp. (Sharapova, 2008).

В 2016 и 2017 гг. в водоеме-охладителе в большом количестве найден *Eunapius fragilis*. Данный вид встречался неравномерно и отсутствовал на участках без течения (ст. 2 и 4). Большинство экземпляров губок отмечено на биотопах с повышенным подогревом воды и течением — ст. 1 (встречаемость 40%), ст. 3 (20%), а также в зоне умеренного подогрева — на ст. 5 (60%). Самые крупные колонии *E. fragilis* были зарегистрированы в 2017 г. на ст. 3 и 5 — 102.25 и 93.2 г/м² соответственно. На станциях без течения губки либо не были обнаружены (ст. 2), либо встречались редко — единственный экземпляр был зарегистрирован на ст. 4

в октябре. Встречаемость губки в водоеме-охладителе за период исследования (доля проб с губками к общему количеству проб) в 2016 г. была 24%, в 2017 г. — 16%.

Изучение развития *E. fragilis* в летне-осенний период показало, что биомасса колоний в 2016 г. варьировала в пределах 0.25–25.50 г/м², в 2017 г. — 1.00–102.25 г/м². Максимальная биомасса вида была отмечена при высокой температуре воды в июне 2017 г. на ст. 3 (сбросной канал) и достигала 102.25 г/м². Единичные экземпляры встречались и в октябре. В среднем за вегетационный период 2016–2017 гг. наибольшее развитие губки было в июне, когда температура воды достигала 30–37°C. При понижении температуры до 20–25°C было зафиксировано снижение биомассы *E. fragilis* до 0.25–1.0 г/м², при температуре воды 4.5–10°C *E. fragilis* полностью исчезал.

Диаметр геммул *E. fragilis* в водоеме-охладителе в среднем был 430 ± 62 мкм. Самые крупные геммулы (504 ± 26 мкм) были отмечены в июне 2016 г., самые мелкие (316 ± 47 мкм) — в октябре 2017 г. Размеры макро- и микросклер в 2016 и 2017 гг. также изменялись в широком диапазоне. Наиболее крупные паренхимальные спикулы (длина 254 ± 10 мкм, ширина 13 ± 2 мкм) были зарегистрированы в июле 2017 г. на ст. 3 (сбросной канал), самые мелкие (длина 217 ± 20 мкм, ширина 21 ± 10 мкм) — в октябре 2017 г. на ст. 5 (лотический участок). Крупные геммульные спикулы (длина 115 ± 34 мкм, ширина 10 ± 3 мкм) отмечены в июле 2016 г. на ст. 5, мелкие (длина 74 ± 8 мкм, ширина 5 ± 3 мкм) в сентябре–октябре 2017 г. на ст. 4 (лентический участок). Средние размеры геммул и спикул губок приведены в табл. 1.

Мшанки. За все годы исследования в водоеме-охладителе обнаружено три вида мшанок: из надкласса Gymnolaemata — *Paludicella articulata* (Ehrenberg), из надкласса Phylactolaemata — *Plumatella emarginata* (Allman.) и *Hyalinella punctata* (Hancock). Встречаемость мшанок в водоеме-охладителе в 2005 г. была 100%, в 2016 г. — 68%, в 2017 г. — 64%.

Наиболее распространенной на всех пяти станциях была *Plumatella emarginata*. В 2005 г. при максимальной температуре воды, не превышающей 30°C, колонии этого вида найдены в большинстве проб, частота встречаемости достигала 81%. В 2016 г. при максимальной температуре воды в августе (~40°C) встречаемость была 72%, наибольшая встречаемость отмечена на течении (ст. 1 и 5) — 100%, наименьшая — на лентическом биотопе (ст. 4) — 20%. В 2017 г., когда температура воды повышалась почти до 40°C в июне (рис. 2), встречаемость снижалась до 60%, наиболее высокая встречаемость вида наблюдалась на течении (ст. 1 и 5) — 80%.

Таблица 1. Средние параметры геммул и спикул губки *Eunapius fragilis* в различных точках ареала

Местонахождение	Диаметр геммул, мкм	Паренхимальные макросклеры, мкм		Геммульные микросклеры, мкм		Источник
		длина	ширина	длина	ширина	
Водоем-охладитель ТЭЦ-1 (г. Тюмень)	300–500	200–250	10–15	75–150	7.5–15	Данные авторов, сбор 2016 и 2017 гг.
р. Нерда (Тюменская обл., Ярковский р-н)	220–400	120–160	3–5.5	60–80	5–8	Неопубликованные данные авторов, сбор 2004 г.
Прибайкалье (Восточная Сибирь)	247–437	172–190	5–7	60–165	8–12	(Резвой, 1936)
р. Южный Буг (Украина)	320–450	205–240	11–14	80–120	4–6	То же
Европа	–	180–270	5–12	75–140	2–7	(Penney, Racek, 1968)
	350–450	180–270	4–15	75–140	4–15	(Pronzato, Manconi, 2001)
Африка	323–440	319–426	6–13	84–132	3–6	(Manconi, Pronzato, 2009)

Примечание. “–” – данные отсутствуют.

Биомасса колоний *P. emarginata* в 2005 г. колебалась от 0.05 до 147.84 г/м², наиболее крупные колонии найдены в зоне максимального нагрева на лотических биотопах. Максимальная биомасса колоний в этой зоне отмечена в августе и октябре (26.07–147.84 г/м²), на ст. 1. В зоне умеренного подогрева воды максимальное развитие колоний также наблюдается в августе (6.11–42.26 г/м²).

В 2016 г. биомасса колоний *P. emarginata* была гораздо меньше – 0.02–39.20 г/м². В зоне максимального подогрева из-за экстремально высоких температур воды в августе наибольшие размеры колоний наблюдали в июле (0.75–29.6 г/м²) и осенью при снижении температур (1.25–39.2 г/м²). В августе в этой зоне на лентических биотопах *P. emarginata* не наблюдалась, на лотических биотопах ее биомасса по станциям изменялась в пределах 0.15–0.23 г/м². В зоне умеренного подогрева воды на лентическом биотопе (ст. 4) небольшие колонии были найдены только в июле, а на течении (ст. 5) ее колонии присутствовали весь период исследования, наибольшие их размеры отмечены в сентябре (3.00 г/м²).

В 2017 г. происходило дальнейшее снижение биомассы *P. emarginata*, она изменялась в пределах 0.03–25.80 г/м². В июне, в период интенсивного развития колоний, отмечена максимальная температура воды (~40°C). В зоне максимального подогрева воды наибольшая биомасса вида зарегистрирована в августе на ст. 1 (25.8 г/м²) при температуре воды 26.5°C. В сбросном канале (ст. 3) максимальная биомасса была выявлена в июне, в июле она снижалась в 100 раз, а в последующие месяцы мшанка исчезла. На лентическом биотопе (ст. 2) небольшие колонии (0.1–0.17 г/м²) присутствовали с июня по август, в дальнейшем они исчезли. В зоне умеренного температурного на-

грева колонии имели очень маленькие размеры (0.03–0.15 г/м²).

Размеры флотобластов *P. emarginata* в среднем по водоему-охладителю были в длину 463 мкм, в ширину 217 мкм. Самые крупные и мелкие флотобласты отмечены в июле 2016 г.: крупные (длина 510 мкм, ширина 269 мкм) – на лотическом участке с максимальным подогревом воды 36.8°C (ст. 1); мелкие (длина 420 мкм, ширина 227 мкм) – при температуре 29°C на лентической ст. 4. Осенью (сентябрь–октябрь), когда температура воды снижалась до 8–16°C на станциях с течением длина флотобластов была 429–499 мкм, ширина – 230–257 мкм.

При изучении ориентации *P. emarginata* на экспериментальных субстратах в зоне умеренного подогрева на ст. 5 в сентябре (период экспозиции 3 мес.) выявлено, что минимальная биомасса колоний в среднем отмечена на верхних горизонтальных поверхностях – 2.95 г/м². На вертикальных поверхностях она была выше в 10 раз, на нижней горизонтальной – в 2 раза.

У второго представителя надкласса Phylactolaemata *Hyalinella punctata* встречаемость по акватории в 2005 г. была 20%, максимальная встречаемость (70%) отмечена на лотическом участке в зоне максимального подогрева воды (ст. 1). Биомасса колонии колебалась от 0.20 до 213.97 г/м². Колонии *H. punctata* появились в июле в зоне максимального нагрева, наибольшие размеры колонии достигали в августе 213.97 г/м², когда температура воды была 29.4°C.

В 2016 г. встречаемость *H. punctata* не превышала 10%, вид зафиксирован в зоне умеренного подогрева на ст. 4 и ст. 5, с колебаниями температуры воды за сезон исследования от 4.4 до 34.0°C. Биомасса колонии изменялась в пределах 0.28–

18.40 г/м². На других станциях *H. punctata* отсутствовала.

В 2017 г. общая встречаемость была лишь 2%. В этот год зарегистрирована максимальная температура воды в июне–июле (35–37°C), вследствие чего *H. punctata* отсутствовала на всех станциях исследования и только при снижении температуры воды до 26.5°C в августе отмечены небольшие колонии (6.00 г/м²) на ст. 1.

Размеры флотобластов *H. punctata* варьировали в пределах 529–566 мкм в длину и 367–400 мкм в ширину. Мелкие флотобласты зарегистрированы в сентябре на ст. 1 при температуре воды 16.7°C, самые крупные – на вертикальной поверхности экспериментального субстрата в зоне умеренного подогрева и повышенной скорости течения воды (ст. 5).

При изучении ориентации *H. punctata* на экспериментальных субстратах на ст. 5 в сентябре минимальная биомасса была отмечена на верхних горизонтальных поверхностях – 2.09 г/м², на вертикальной поверхности она была больше в 13 раз, на нижней горизонтальной – в 29 раз.

Единственный представитель надкласса Gymnolaemata в водоеме-охладителе *Paludicella articulata* – достаточно распространенный вид на территории Западной Сибири (Шарапова, 2007). В 2005 г. встречаемость *P. articulata* по станциям была 29%, вид постоянно присутствовал на течении в зоне максимального нагрева (ст. 1), редко – в сбросном канале (ст. 3), на лентических биотопах и в зоне умеренного подогрева. В 2016 г. встречаемость снизилась до 12%, мшанка не найдена на биотопах без течения, единично отмечена на лентических биотопах. В 2017 г. встречаемость вида не превышала 1%, колонии найдены лишь на ст. 2 в октябре.

В 2005 г. биомасса колоний *P. articulata* в течение всего сезона по станциям варьировала в пределах 0.02–7.44 г/м². Максимальные размеры колоний зарегистрированы в июле на ст. 1. В 2016 г. биомасса колоний существенно снизилась (0.01–0.75 г/м²), в 2017 г. колонии найдены только один раз (биомасса 0.05 г/м²).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Колониальные беспозвоночные мшанки и губки имеют в водоемах-охладителях большое значение и часто входят в доминирующий комплекс зооперифитона (Протасов и др., 1991; Шагарова, 2008; Протасов, Силаева, 2012; Скальская, 2013). В водоемах-охладителях России и Украины наиболее массовые виды губок и мшанок – *Spongilla lacustris* и *Plumatella emarginata*, *P. fungosa*, *P. repens* (Скальская, 2002; Протасов и др., 2013). В зооперифитоне водоема-охладителя Тюменской ТЭЦ-1 найдено два вида губок и

три вида мшанок, в доминирующий комплекс входят губка *Eunapius fragilis*, мшанки *Plumatella emarginata* и *Hyalinella punctata*.

В перифитоне водоемов-охладителей Украины и европейской части России *Plumatella emarginata* встречается наиболее часто (Протасов и др., 1991; Скальская, 2002, 2006; Гонтарь, 2017; Орлова и др., 2018). Многолетние исследования зооперифитона в пяти водоемах-охладителях Украины выявили, что *Hyalinella punctata* найдена только в одном из них (Протасов, Силаева, 2012). При изучении зооперифитона водоемов бассейна Верхней Волги на протяжении >20 лет (Скальская, 1987, 2002) колонии *H. punctata* обнаружены в трех из четырех изученных водохранилищ, значительное развитие этой мшанки отмечено только в Горьковском водохранилище. Также она встречается в 12 реках, впадающих в водохранилища бассейна Верхней Волги, но не обнаружена в озерах (Скальская, 2002). В водоемах-охладителях России и Украины *Paludicella articulata* не относится к массовым видам, ее небольшие колонии найдены в трех из пяти водоемов-охладителей Украины, очень редко – в бассейне р. Ока (Скальская, 2002; Протасов, Силаева, 2012).

При изучении гидробионтов в водоемах-охладителях один из важнейших аспектов – воздействие высоких температур на развитие колоний мшанок (Хмелева, Мухин, 1986; Гонтарь, 2018). Выявлено, что температура воды до 30–33°C стимулирует развитие теплолюбивой мшанки *Plumatella emarginata* (Гонтарь, 2017). По данным Хмелевой, Мухина (1986), в водоемах-охладителях Беларуси наиболее благоприятный температурный интервал для развития колоний мшанки *Plumatella fungosa* 20–35°C, но верхняя летальная температура зооидов этого вида 44°C.

Биомасса колоний губки *Eunapius fragilis* оставалась высокой в период экстремальных температур воды (~40°C), несмотря на незначительное снижение встречаемости в 2017 г. по сравнению с 2016 г.

Мшанка *Plumatella emarginata* – наиболее массовый вид из колониальных беспозвоночных водоема-охладителя Тюменской ТЭЦ-1. В 2005 г. при максимальной температуре воды ~30°C зарегистрированы высокие значения частоты встречаемости по акватории и биомассы вида. В 2016 и 2017 гг. вследствие экстремально высоких температур (до 40°C) отмечено резкое снижение встречаемости и биомассы колоний. В водоеме-охладителе в 2005 г. при наибольших температурах воды до 30°C колонии мшанок *Hyalinella punctata* отмечены и в зоне максимального нагрева воды, встречаемость вида по акватории невысокая (20%). Температура воды >30°C вызывала угнетение колоний. Так, в 2016 и 2017 гг., когда в отдельные летние месяцы температура была ~40°C,

встречаемость вида снизилась до 10 и 2% соответственно, отмечено и резкое снижение биомассы колоний. Следовательно, температурный диапазон развития *H. punctata* относительно невелик (10–30°C). Небольшие колонии *Paludicella articulata* наиболее часто (29%) встречались в 2005 г. преимущественно на лотических биотопах, в 2016 и 2017 гг. при значительном повышении температур воды встречаемость снизилась до 12 и 1% соответственно.

У всех колониальных беспозвоночных в водоеме-охладителе Тюменской ТЭЦ-1 максимальная встречаемость и биомасса колоний зарегистрирована на лотических биотопах. Известно, что губка *Eunapius fragilis* предпочитает водотоки (Протасов и др., 2013). Мшанка *Plumatella emarginata* наиболее часто встречается в ручьях и озерах (Ricciardi, Reiswig, 1994). Крупные колонии отмечены в мелководных ручьях. В спокойных лентических средах обитания *P. emarginata* растет на нижней поверхности погруженных субстратах, даже в затененных областях. И наоборот, колонии обычно занимают верхние открытые поверхности в проточной воде (Ricciardi, Reiswig, 1994). В Польше из 19 озер Мазурского поозерья мшанка *Hyalinella punctata* найдена в 17 (Kaminski, 1984). В Канаде этот вид повсеместно обитает в озерах, а также в реках южного Квебека (Ricciardi, Reiswig, 1994). Вуд (Wood, 1991) описал *H. punctata* как вид, предпочитающий тихие и спокойные водоемы, однако крупные колонии были встречены и водотоках с сильным течением. Известно, что мшанка *Paludicella articulata* встречается и на лотических, и на лентических участках водных систем, наибольшая вероятность ее нахождения — это реки и прибойная зона озер (Ricciardi, Reiswig, 1994; Гонтарь, 2010).

Два вида мшанок (*Plumatella emarginata* и *Hyalinella punctata*) обильно развивались на блочных экспериментальных субстратах с трехмесячной экспозицией на ст. 5. Установлено, что наименьшие биомассы у обеих мшанок были на верхних горизонтальных субстратах, максимальная биомасса колоний *Plumatella emarginata* зарегистрирована на вертикальных поверхностях, *Hyalinella punctata* — на нижних горизонтальных. Пространственная неоднородность распределения гидробионтов отмечена многими исследователями (Дуплаков, 1928; Мессинева, Успенская, 1961; Афанасьев и др., 1988; Rader, Ward, 1990; Раилкин, 1991; Скальская, 2002; Шарапова, 2005), выявлено слабое развитие мшанок на верхних поверхностях субстратов, причем и пресноводных, и морских (Ricciardi, Reiswig, 1994; Раилкин, 1998, 2008).

Анализ собственных и литературных данных по размерным характеристикам геммул, макро- и микросклер *Eunapius fragilis* показал, что у найденных в водоеме-охладителе ТЭЦ-1 образцов,

эти параметры соответствуют таковым в определителях Резвого (1936), Penney, Racek (1968), атласах Pronzato, Manconi (2001), Manconi, Pronzato (2009). Наиболее мелкие экземпляры геммул и спикул вида отмечены нами в колонии из устья малой р. Нерда в Западной Сибири (табл. 1). В водоемах Канады длина флотобластов *Plumatella emarginata* варьирует от 382 до 460 мкм, ширина — от 200 до 258 мкм (Riccardi, Reiswig, 1994). По нашим данным, максимальные размеры флотобластов этого вида из водоема-охладителя ТЭЦ не много превышают приведенные в литературе. В водоемах Европы и Канады длина флотобластов *Hyalinella punctata* изменяется от 309 до 617 мкм, ширина — от 259 до 411 мкм (Kaminski, 1984; Ricciardi, Reiswig, 1994; Marković et al., 2009). Размерные характеристики флотобластов из водоема-охладителя ТЭЦ не превышают этот диапазон.

Выводы. Все колониальные беспозвоночные в водоеме-охладителе Тюменской ТЭЦ-1 предпочитали лотические биотопы. У губок температура воды ~37–39°C не вызывала снижение биомасс колоний. У мшанок экстремально высокие температуры воды >35°C приводили к значительному снижению встречаемости и биомассы колоний. Размеры геммул и спикул губки *Eunapius fragilis*, а также флотобластов мшанок *Plumatella emarginata* и *Hyalinella punctata* соответствуют литературным данным, у губки *Eunapius fragilis* и мшанки *Plumatella emarginata* эти показатели не много превышают приведенные в литературе.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа проведена на личные средства авторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Афанасьев С.А., Протасов А.А., Синицына О.О., Янакаев А.Ю. 1988. Сообщества зооперифитона порожистых и плесовых участков реки Южный Буг // Вопросы гидробиологии водоемов Украины. Киев: Наук. думка. С. 68.
- Баканов А.И. 1987. Количественная оценка доминирования в экологических сообществах. Деп. В ВИНТИ, №8593-И87.
- Бурмакин Е.В. 1941. Кормовые ресурсы Гыданского залива и близлежащих водоемов // Рыбы и рыболовство в бассейне Гыданского залива: Тр. НИИ полярного земледелия, животноводства и промыслового хоз-ва. Сер. "Промысл. хоз.". Вып. 15. С. 159.
- Буторин Н.В. 1969. Гидрологические процессы и динамика водных масс в водохранилищах Волжского каскада. Ленинград: Наука.
- Гонтарь В.И. 2010. Мшанки (Bryozoa, Polyzoa, Ectoprocta) пресных водоемов России // Алтайский зоол. журн. Вып. 4. С. 52–62.
- Гонтарь В.И. 2017. Первая находка пресноводной мшанки *Plumatella emarginata* Allman, 1844 (Phylac-

- tolaeata) в фауне беспозвоночных в Курчатовском водохранилище // Вестник НВГУ. № 4. С. 47.
- Гонтарь В.И. 2018. Описание первой находки пресноводной мшанки *Plumatella similirepens* Wood, 2001 (Bryozoa, Phylactolaemata) в озере Удомля, Тверская область // Региональная экология. № 1. С. 60. <https://doi.org/10.30694/1026-5600-2018-1-60-66>
- Дуплаков С.Н. 1928. Некоторые наблюдения над вертикальным распределением обрастания в Глубоком // Тр. Гидробиол. станции на Глубоком озере. Т. 6. Вып. 4. С. 20.
- Мессинева М.А., Успенская В.И. 1961. Развитие биоценозов обрастаний в зависимости от качества и формы искусственной поверхности // Биоценозы обрастаний в качестве биопоглопителя (новый способ предварительной очистки воды для целей водоснабжения). Москва: МГУ. С. 181.
- Нехаев И.О., Палатов Д.М. 2016. От моря Черного к морю Белому: первая находка инвазивного моллюска *Physella acuta* на крайнем севере Европы // Российский журнал биологических инвазий. № 3. С. 62.
- Оксиюк О.П., Жукинский В.И., Брагинский Л.П. и др. 1993. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиол. журн. Т. 29. № 4. С. 62–91.
- Орлова М.И., Строгова Е.В., Личи Т., Лурье М. 2018. К стратегиям защиты систем циркуляционного и технического водоснабжения (СТВ) от обрастания колониальными беспозвоночными с покоящейся стадией в жизненном цикле: *Plumatella emarginata* (Tentaculata) и ультрафиолетовое излучение uv – контроль vs. Уничтожение // Региональная экология. № 1(51). С. 31. <https://doi.org/10.30694/1026-5600-2018-1-31-43>
- Протасов А.А. 1994. Пресноводный перифитон. Киев: Наук. думка.
- Протасов А.А., Сергеева О.А., Кошелева С.И. и др. 1991. Гидробиология водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций Украины. Киев: Наук. думка.
- Протасов А.А., Силаева А.А. 2012. Контурные группировки гидробионтов в техно–экосистемах ТЭС и АЭС. Киев: Институт гидробиологии НАН Украины.
- Протасов А.А., Трылис В.В., Силаева А.А. 2013. Новые виды в спонгиозауне водных объектов, связанных с системой водоснабжения Хмельницкой АЭС // Вестник зоологии. № 3. С. 258.
- Раилкин А.И. 1991. Распределение диатомовых водорослей на продольно обтекаемых плоских поверхностях // Ботан. журн. Т. 76. № 11. С. 1522.
- Раилкин А.И. 1998. Процессы колонизации и защита от биообрастания. Санкт-Петербург: Изд-во Санкт-Петербургского гос. ун-та.
- Раилкин А.И. 2008. Колонизация твердых тел бентосными организмами. Санкт-Петербург: Изд-во Санкт-Петербургского гос. ун-та.
- Резвой П.Д. 1936. Губки // Фауна СССР. Москва: Изд-во АН СССР. Т. 2. Вып. 2.
- Силаева А.А., Протасов А.А., Ярмошенко Л.П., Бабарига С.П. 2009. Инвазивные виды водорослей и беспозвоночных в водоеме-охладителе Хмельницкой АЭС // Гидробиол. журн. № 6. С. 13.
- Скальская И.А. 1987. Мшанки волжских водохранилищ // Фауна и биология пресноводных организмов. Ленинград: Наука. С. 191.
- Скальская И.А. 2002. Зооперифитон водоемов бассейна Верхней Волги. Рыбинск: Рыбинский Дом печати.
- Скальская И.А. 2006. Сравнение трофической структуры сообществ зооперифитона и зообентоса верховолжских водохранилищ // Биология внутренних вод. № 1. С. 85.
- Скальская И.А. 2013. Таксономическая и трофическая структура доминантов в зооперифитоне водоемов и водотоков бассейна Верхней Волги // Биология внутренних вод. № 2. С. 60.
- Хмелева Н.Н., Мухин Ю.Ф. 1986. Массовое развитие мшанок в водоеме-охладителе // Докл. АН БССР. Т. 30. № 2. С. 184.
- Шарапова Т.А. 2005. Пространственное распределение зооперифитона в эвтрофном озере // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. № 6. С. 146.
- Шарапова Т.А. 2007. Зооперифитон внутренних водоемов Западной Сибири. Новосибирск: Наука.
- Шарапова Т.А., Трылис В.В., Иванов С.Н., Илюшина В.В. 2014. Состав и распределение губок (Porifera) континентальных водоемов Западной Сибири // Сибирский экологический журнал. Т. 21. № 5. С. 719.
- Annandale N. 1915. Description of a Freshwater Sponge from the North-West of Siberia. Mem. Ac. Imp. Sc. Petrograd. Ser. 8. V. 28. № 9. P. 1.
- Kaminski M. 1984. Contributions to the freshwater Bryozoa of the Masurian Lake District // Fragmenta faunistica. T. 28. № 4. P. 73.
- Manconi R., Pronzato R. 2008. Global diversity of sponges (Porifera: Spongillina) in freshwater // Hydrobiologia. P. 27. <https://doi.org/10.1007/s10750-007-9000-x>
- Manconi R., Pronzato R. 2009. Atlas of African freshwater sponges. Studies in Afrotropical Zoology. V. 295. Tervuren: Royal Museum for Central Africa.
- Marković G., Karan-Žnidaršič T., Simonović P. 2009. Bryozoan species *Hyalinella punctata* Hancock in the gut content of chub *Leuciscus cephalus* L. // Pol. J. Ecol. V. 57(1). P. 201.
- Penney J.T., Racek A.A. 1968. Comprehensive revision of a worldwide collection of freshwater sponges (Porifera, Spongillidae) // US National Museum Bulletin. P. 184. <https://doi.org/10.5479/si.03629236.272.1>
- Pronzato R., Manconi R. 2001. Atlas of European freshwater sponges // Ann. Mus. civ. St. Nat. Ferrara. V. 4. P. 3.
- Rader R.B., Ward J.V. 1990. Diel migration and microhabitat distribution of a benthic stream assemblage // Can. J. Fish. Aquat. Sci. V. 47. № 4. P. 71.
- Ricciardi A., Reiswig H.M. 1994. Taxonomy, distribution, and ecology of the freshwater bryozoans (Ectoprocta) of eastern Canada // Can. J. Zool. V. 72. P. 339. <https://doi.org/10.1139/z94-048>
- Sharapova T.A. 2008. On the Study of Zooperiphyton of the Cooling Pond of the Tyumen Thermal Power Station-1 // Hydrobiol. J. V. 44. P. 42. <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v44.i6.50>
- Wood T.S. 1991. Bryozoans. In Ecology and classification of North // American freshwater invertebrates. New York: Acad. Press. P. 95.
- Wood T. 2009. Bryozoans // Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates. Ch. 13, 8, 11. P. 437.

Colonial Invertebrates in the Zooperiphyton of the Cooling Pond of Combined Heat and Power Plant (Western Siberia)

A. A. Gerasimova^{1, *}, A. G. Gerasimov², and T. A. Sharapova¹

¹*Tyumen Scientific Centre Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Institute of the Problems of Northern Development, Tyumen, Russia*

²*Tyumen Branch of the Federal State Budget Scientific Institution "Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography", Tyumen, Russia*

*e-mail: nstya_vid@mail.ru

Data are presented on the taxonomic composition of freshwater sponges and bryozoans in the cooling pond of CHPP-1 (Tyumen, Western Siberia), their distribution over the water area at five stations in 2005, 2016, 2017. The seasonal development of colonial invertebrates, as well as the influence of high temperatures on the occurrence and biomass of sponges, are considered. It is shown that the most favorable living conditions are formed in biotopes with an increased flow rate. The sizes of gemmules and spicules of the sponge *Eunapius fragilis* (Leidy.), flotoblasts of bryozoans *Plumatella emarginata* (Allman.) and *Hyalinella punctata* (Hancock) are given.

Keywords: zooperiphyton, sponges, bryozoans, cooling pond, Western Siberia