






DOI: <https://doi.org/10.23859/estr-250123>

EDN: <https://elibrary.ru/fsiypc>

УДК 574.652

Научная статья

Действие осмотического шока на мшанок в эксперименте на Балаковской АЭС

И.А. Мухин^{1*} , М.Ю. Воронин² , А.Ю. Виноградов³ ,
С.В. Рязанов⁴

¹ Российский государственный гидрометеорологический университет, 192007, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Воронежская, д. 79

² Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, 410012, Россия, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

³ ООО НПО «Гидротехпроект», 175400, Россия, Новгородская обл., г. Валдай, ул. Октябрьская, здание 55а, помещение 7

⁴ Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Балаковская атомная станция», 413801, Россия, Саратовская обл., г. Балаково

*periphyton35@gmail.com

Аннотация. Мшанковое обрастание является проблемой для функционирования систем технического водоснабжения Балаковской АЭС. В ходе двух последовательных экспериментов было исследовано влияние осмотического шока на смертность мшанок *Fredericella sultana* и *Paludicella articulata*, поселившихся на пластинах наблюдательных гидробоксов, запитанных в систему технического водоснабжения. Использование осмотически сильного раствора может быть менее опасной для окружающей среды альтернативой применяемым для борьбы с мшанковым обрастанием биоцидам. Время формирования обрастаний на пластинах до начала первого эксперимента составило 20 суток, до второго – 32. Воздействие раствора NaCl (3 г/л) в течение 5 минут не оказало негативного эффекта на мшанок. Под действием раствора NaCl большей концентрации (7 г/л) в течение 15 минут количество живых колоний достоверно сократилось по сравнению с контролем. Таким образом, действие осмотического шока позволяет очистить водонесущее оборудование от биообрастателей – мшанок.

Ключевые слова: перифитон, биопомехи, водонесущее оборудование, Bryozoa, *Fredericella*, *Paludicella*

ORCID:

И.А. Мухин, <https://orcid.org/0000-0002-5654-4643>

М.Ю. Воронин, <https://orcid.org/0000-0001-7992-4502>

А.Ю. Виноградов, <https://orcid.org/0000-0001-8838-8676>

Для цитирования: Мухин, И.А. и др., 2026. Действие осмотического шока на мшанок в эксперименте на Балаковской АЭС. *Трансформация экосистем* 9 (2), 172–180. <https://doi.org/10.23859/estr-250123>

Поступила в редакцию: 23.01.2025

Принята к печати: 16.05.2025

Опубликована онлайн: 22.05.2026




DOI: <https://doi.org/10.23859/estr-250123>

EDN: <https://elibrary.ru/fsiyyc>

UDC 574.652

Article

The effect of osmotic shock on fouling bryozoans at the Balakovo Nuclear Power Plant in the experiment

I.A. Mukhin^{1*} , M.Yu. Voronin² , A.Yu. Vinogradov³ ,
S.V. Ryazanov⁴

¹ Russian State Hydrometeorological University, Voronezhskaya St. 79, St. Petersburg, 192007 Russia

² Saratov National Research State University named after N.G. Chernyshevsky, Astrakhanskaya St. 83, Saratov, 410012 Russia

³ LLC "NPO Gidrotekhproekt", Oktyabrskaya St. 55a-7, Valdai, Novgorod Oblast, 175400 Russia

⁴ Balakovo Nuclear Power Plant, JSC "Rosenergoatom Concern", Balakovo, Saratov Oblast, 413801 Russia

*periphyton35@gmail.com

Abstract. Bryozoan fouling is a problem for the functioning of the technical water supply systems of the Balakovo Nuclear Power Plant. The effect of osmotic shock on bryozoan mortality was assessed in two consecutive experiments. *Fredericella sultana* and *Paludicella articulata* colonized metal plates installed into the observation water-filled chambers connected to the industrial water supply. The use of an osmotic solution may be a less hazardous alternative to biocides used to combat bryozoan fouling. The plates were set into the chambers 20 days before the first experiment and 32 days before the second one. Exposure to a NaCl solution (3 g/L) for 5 minutes had no negative effect on the bryozoans. Exposure to a higher concentration of NaCl (7 g/L) for 15 minutes significantly reduced the number of living colonies compared to the control. The osmotic shock may help clearing water equipment from fouling bryozoans.

Keywords: periphyton, biofouling, water equipment, Bryozoa, *Fredericella*, *Paludicella*

ORCID:

I.A. Mukhin, <https://orcid.org/0000-0002-5654-4643>

M.Yu. Voronin, <https://orcid.org/0000-0001-7992-4502>

A.Yu. Vinogradov, <https://orcid.org/0000-0001-8838-8676>

To cite this article: Mukhin, I.A. et al., 2026. The effect of osmotic shock on fouling bryozoans at the Balakovo Nuclear Power Plant in the experiment. *Ecosystem Transformation* 9 (2), 172–180. <https://doi.org/10.23859/estr-250123>

Received: 23.01.2025

Accepted: 16.05.2025

Published online: 22.05.2026

Введение

Для генерации электроэнергии на большинстве современных электростанций (в том числе на всех атомных станциях) используется энергия пара, циркулирующего по замкнутому контуру. Для его конденсации необходимо отводить избыточное тепло, для чего в качестве теплоносителя выступает вода, которая, в свою очередь, охлаждается в градирнях или в открытых водоемах – прудах-охладителях. Поскольку последние представляют собой открытые для внешнего мира экосистемы, в них развивается ряд организмов, в том числе и обрастателей. Это приводит к попаданию в систему технического водоснабжения (СТВ) электростанции их расселительных стадий с последующей колонизацией водопроводов и теплообменных элементов, что приводит к снижению эффективности работы оборудования и аварийным ситуациям. В пресноводных экосистемах для СТВ угрозой нормальной работе является обрастание водонесущего оборудования мшанками, при этом в настоящее время разработанной методики по борьбе с этим явлением не существует.

Формирование мшанкового обрастания периодически фиксируется в СТВ Балаковской АЭС (БалАЭС). Отмечается прямая взаимосвязь между массой наносов на поверхностях оборудования и степенью развития мшанок. Их колонии задерживают частицы детрита, способствуя аккумуляции вещества; рост наносов, в свою очередь, способствует эффективному закреплению как мшанок, так и других организмов (Мухин и др., 2023).

БалАЭС расположена в Саратовской области на левом берегу приплотинной части Саратовского водохранилища Волжского каскада. Ключевым элементом системы охлаждения воды на станции является водоем-охладитель, образованный отсечением части акватории Саратовского водохранилища. Для компенсации потерь воды в водоем-охладитель закачивается вода из приустьевой части р. Берёзовки. Это мелководный, практически лишенный течения, сильно заросший высшей водной растительностью приток Волги, в котором распространены различные виды-обрастатели, в том числе и мшанки. Соленость воды в месте водозабора БалАЭС, удаленному от устья реки на 3.6 км, колеблется в диапазоне 0.25–0.5 г/л в зависимости от режима работы насосов. При работающих насосах водоподпитки водоема-охладителя более пресная вода поступает обратным током в р. Берёзовку через устье из Саратовского водохранилища; при отключенных насосах накапливается более соленая вода из верховьев р. Берёзовки. Следовательно, мшанки, обитающие в системе водоподпитки БалАЭС, постоянно испытывают осмотический стресс, который, однако, не приводит к их гибели.

Целью настоящей работы является определение критических для мшанок из СТВ БалАЭС колебаний солености, которые можно использовать для борьбы с ними.

Материалы и методы

Исследуемый участок системы технического водоснабжения представляет собой начало хода технической воды, а именно, точку ее поступления в водоем-охладитель. Поэтому он характеризуется естественными гидрофизическими и гидрохимическими условиями, соответствующими водоисточнику – р. Берёзовке. По данным авторов, на протяжении трех лет наблюдений в гидробоксах, установленном на этом участке, обнаруживаются колонии мшанок и регистрируются высокие степени развития органических наносов. Это свидетельствует о высокой насыщенности воды взвешенным органическим веществом и сохранении условий, приемлемых для питания мшанок.

Эксперимент проводили непосредственно в СТВ БалАЭС. Использовали две 35-литровые емкости (гидробоксы), параллельно запитанные в систему водоснабжения насосной станции, качающей воду из р. Берёзовки в водоем-охладитель. Гидробоксы имитировали водонесущее оборудование станции, для чего через них постоянно проходила вода с расходом 10 л/мин. В обоих гидробоксах на штативе были вертикально размещены металлические пластины размером 15×15 см из стали марки Ст3. В каждом гидробоксе находилось по 12 пластин в три яруса. Гидробоксы были вклю-

чены в систему водоснабжения 2.08.2023; эксперимент начался 22.08.2023. Таким образом, время экспозиции до начала эксперимента составило 20 суток, в течение которых на пластинах сформировалось естественное для данных условий многовидовое перифитонное сообщество. Температура воды изменялась от 24.6 °С в начале эксперимента до 18.7 °С в конце. Температуру измеряли с помощью карманного многопараметрового анализатора Hanna HI98130 (Китай).

Контрольные и экспериментальные пластины извлекали из гидробокса и проводили полный учет колоний мшанок на одной выбранной случайным образом стороне пластины. Исследование проводили непосредственно в месте установки пластин, без их транспортировки. Подсчет колоний выполняли в наполненной водой кювете под бинокулярным микроскопом YA XUN YX-AK36 (Китай) при увеличении 8×50. Учитывали количество живых и мертвых колоний мшанок. Состояние колонии оценивали визуально: она считалась живой, если хотя бы один зооид выходил из цистиды (что является нормальным для жизнедеятельности мшанки). При опасности или неблагоприятных условиях зооид может втягиваться в цистид, однако проводит там непродолжительное время. Цистид и полипид мшанки хорошо различимы визуально при увеличении микроскопа уже 10×15. Видовую принадлежность устанавливали по определителю В.И. Гонтарь (2016).

В эксперименте соленость воды в гидробоксе повышали путем добавления раствора хлорида натрия. Для этого гидробокс отключали от системы водоснабжения, перекрывая входной и выходной кран, после чего добавляли подготовленный рассол, создавая заданную концентрацию соли.

Определение гибели мшанок проводили через значительный интервал (48 и 72 ч), чтобы исключить эффект ошибочной фиксации смерти: мшанка, пребывая в осмотическом шоке, некоторое время может не подавать признаков жизни, однако, восстановив солевой баланс за счет контакта с проточной пресной водой, продолжит нормальную жизнедеятельность. Выполняли две последовательных серии экспериментов с разным временем экспозиции в гипергалинной среде и разным временем контрольных наблюдений.

В ходе первого эксперимента 21–22.08.2023 из одного гидробокса были извлечены все 12 пластин, принятых в качестве контрольных (по четыре из каждого яруса). На них было определено соотношение живых и мертвых колоний, после чего обратно в гидробокс их не ставили. Затем во второй гидробокс был залит рассол для создания в гидробоксе концентрации соли 3 г/л. Время экспозиции пластин в растворе составило 5 мин, после чего водообмен в гидробоксе был восстановлен. Через два дня (24.08.2023) девять экспериментальных пластин из второго гидробокса (по три пластины из каждого яруса) были извлечены и изучены. По окончании эксперимента пластины были промыты и возвращены в гидробоксы.

Вторая серия экспериментов выполнена в том же гидробоксе. Время экспозиции пластин до начала второго эксперимента составило 32 суток. В качестве контроля 29.09.2023 из гидробокса было извлечено 6 пластин (по две из каждого яруса). Обратно в гидробокс их не ставили. Затем в гидробокс был залит рассол для создания концентрации соли 7 г/л. Время экспозиции раствора составило 15 мин, после чего водообмен был восстановлен. Через 72 ч подвергшиеся воздействию осмотически сильного раствора шесть экспериментальных пластин были извлечены из гидробокса и изучены (Табл. 1).

Следует отметить, что на развитие обрастания может влиять ярус, в котором расположена пластина в гидробоксе. Поскольку в каждом из экспериментов использовали равное соотношение пластин из каждого яруса, сравнение долей живых и мертвых колоний мшанок перед и после воздействия осмотическим шоком проводили по объединенной выборке пластин верхнего, среднего и нижнего ярусов. Оценку статистически достоверных отличий проводили по F-критерию Фишера.

Табл. 1. Схема экспериментов по действию осмотического шока на мшанок Балаковской АЭС.

Дата	Количество изученных пластин в верхнем/среднем/нижнем ярусах гидробокса		Концентрация NaCl, г/л	Время экспозиции, мин	Временной интервал проверки гибели, ч
	контроль	эксперимент			
22.08.23	4/4/4	3/3/3	3	5	48
29.09.23	2/2/2	2/2/2	7	15	72

Результаты

Основу обрастания исследованных пластин формируют мшанки. Кроме того, на поверхности пластин обильно развиваются железобактерии. Железосодержащие продукты их метаболизма формируют плотные массы, покрывающие значительную часть поверхности пластины. Редко встречаются ракообразные (преимущественно Ostracoda), присутствует неструктурированное органическое вещество.

На контрольных пластинах, обследованных в первом эксперименте до воздействия NaCl, были выявлены представители двух таксонов мшанок: *Fredericella sultana* (Blumenbach, 1779) и *Paludicella articulata* (Ehrenberg, 1831). Доминировала *F. sultana*: на контрольных пластинах было учтено 27 живых и 29 погибших колоний (Табл. 2). После воздействия слабого (3 г/л) раствора поваренной соли обнаружено 14 живых и 15 погибших колоний *F. sultana*. Сравнение долей живых и отмерших колоний в контроле и эксперименте по F-критерию Фишера ($V = 0.00$; $p = 0.99$) не выявило статистически достоверных отличий (Рис. 1).

Представители *P. articulata* встречались реже: 2 живые и 17 погибших колоний в контроле. После экспериментального воздействия обнаружена 1 живая колония и 16 мертвых. При этом достоверных отличий ($V = 0.25$; $p = 0.62$) также не выявлено (Рис. 2).

Во втором эксперименте концентрацию солевого раствора и время экспозиции увеличили, при этом учитывали только колонии *Fredericella sultana* как доминирующего вида. До воздействия осмотически сильным раствором на экспериментальных пластинах было учтено 7 живых и 4 отмершие колонии. После воздействия NaCl 0.7% отмечена 1 живая колония *F. sultana* и 11 отмерших. Соотношение живых и отмерших колоний статистически достоверно отличается от контроля ($V = 7.4$; $p = 0.006$) (Рис. 3).

Обсуждение результатов

Реакция гидробионтов на внезапное изменение солености зависит от многих факторов. К ним относятся диапазон солености, с которым они сталкиваются в своей обычной среде обитания, скорость и амплитуда изменения солености, продолжительность воздействия, температура воды, стадия жизни и осморегулирующая способность организма (Dietz et al., 1996; Gosling, 2015; Jørgensen et al., 1995). Толерантность к солености может широко варьировать в географически разобщенных популяциях одного вида или в разных видах рода. Однако в литературе имеется общее подтверждение того, что толерантность к солености многих водных организмов в значительной степени отражает диапазон солености их существующей среды обитания (Jørgensen et al., 1995; Ram et al., 2004).

Табл. 2. Соотношение живых и погибших колоний мшанок в контроле и эксперименте на Балаковской АЭС.

Концентрация NaCl, г/л	Время экспозиции, мин	Количество живых/погибших колоний в верхнем, среднем и нижнем ярусах гидробокса	
		контроль	эксперимент
3	5	<i>Paludicella articulata</i>	
		1/4	1/2
		0/3	0/3
		1/10	0/11
		<i>Fredericella sultana</i>	
		5/10	2/3
	9/6	9/10	
	13/13	3/2	
7	15	<i>Fredericella sultana</i>	
		6/1	1/3
		1/3	0/2
		0/0	0/6

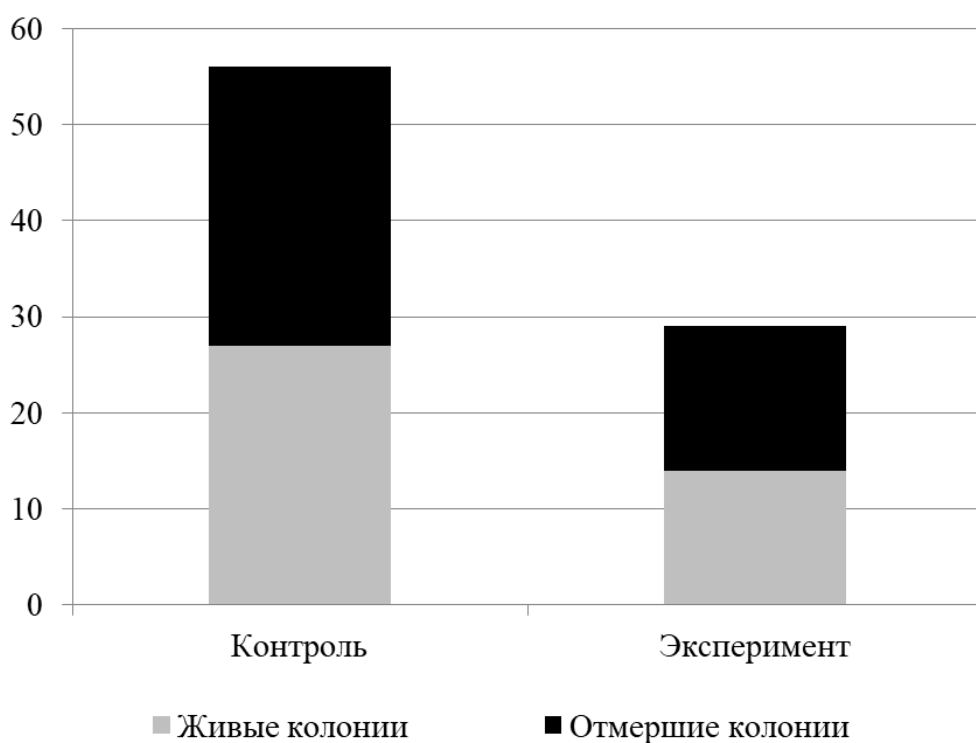


Рис. 1. Количество живых и отмерших колоний *Fredericella sultana* в контроле и на пластинах, подвергшихся в эксперименте воздействию раствора NaCl (3 г/л).

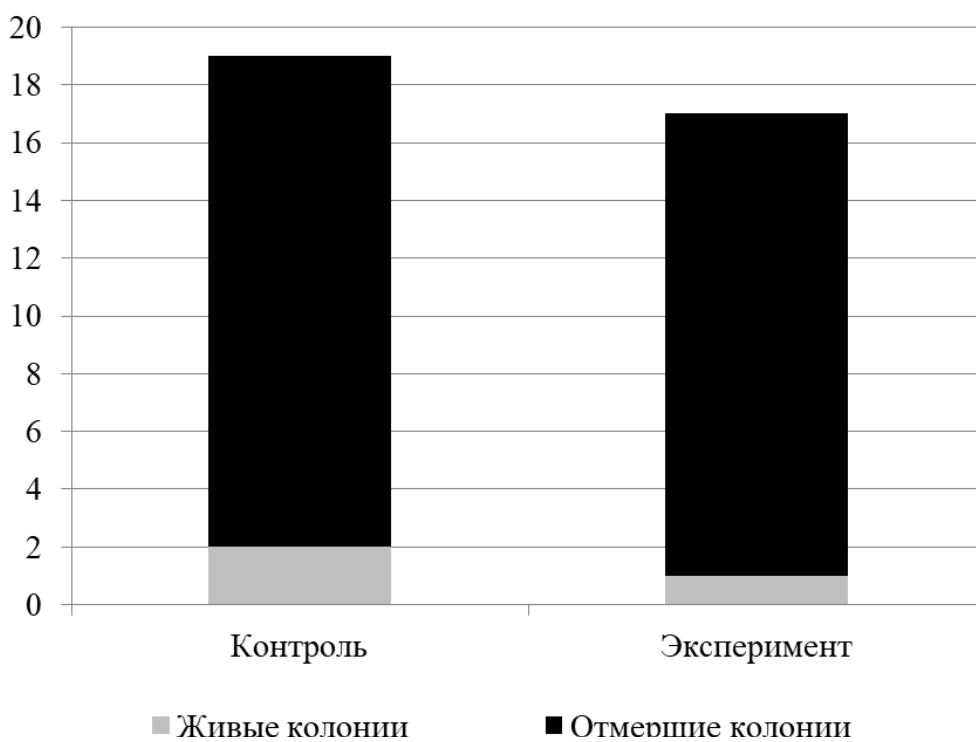


Рис. 2. Количество (шт.) живых и отмерших колоний *Paludicella articulata* в контроле и на пластинах, подвергшихся в эксперименте воздействию раствора NaCl (3 г/л).

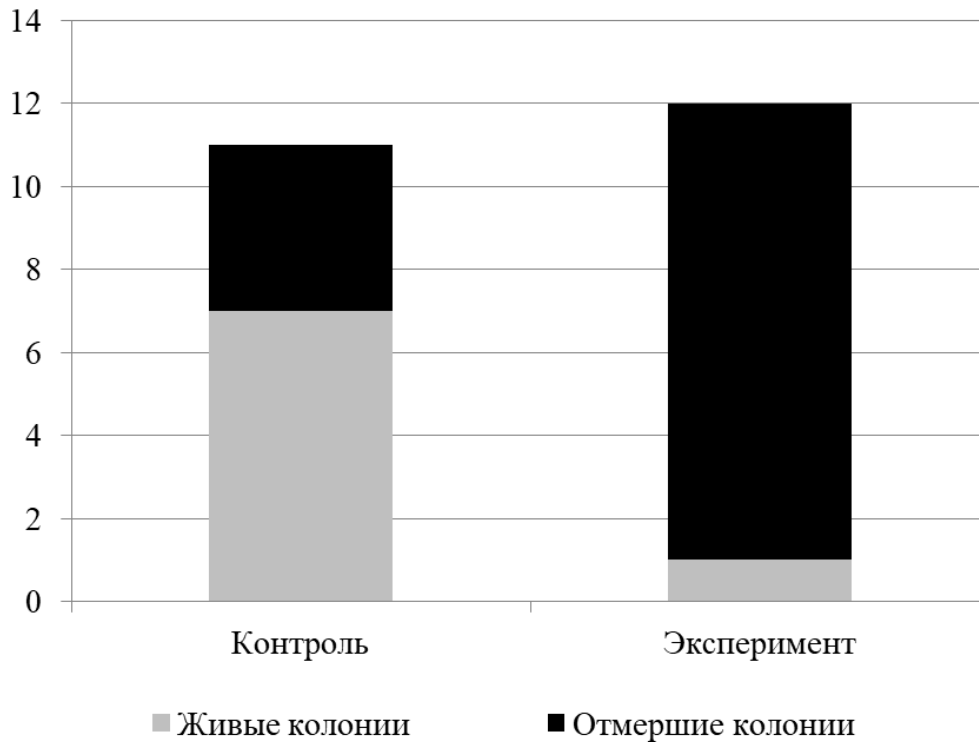


Рис. 3. Количество живых и отмерших колоний *Fredericella sultana* в контроле и на пластинах, подвергшихся в эксперименте воздействию раствора NaCl (7 г/л).

Осморегуляция хорошо изучена для многих групп организмов (Кочнева и др., 2023; Смуров и др., 2010; Хлебович, 1974; Dietz et al., 1994). Большинство водных организмов толерантны к очень ограниченному диапазону солености окружающей среды. Известно, что пресноводные организмы, подвергающиеся внезапному повышению солености, испытывают так называемый осмотический шок, снижающий их жизнеспособность. Все пресноводные животные являются гиперосмотическими регуляторами, т.е. поддерживают внутреннюю осмотическую концентрацию выше концентрации в окружающей среде. Известно, что критическая соленость для пресноводных гидробионтов составляет 5–8‰, что основывается на биохимических и эволюционных особенностях живых организмов (Хлебович, 1974, 2013). Мшанки отмечаются в системе технического водоснабжения БалАЭС на протяжении всей истории наблюдений за системой водоснабжения.

В обоих экспериментах, проведенных в конце лета и в начале осени, на пластинах отмечались представители *F. sultana*. Соотношение живых и отмерших колоний *F. sultana* в контроле первого и второго экспериментов статистически достоверно не отличается ($V = 0.86$; $p = 0.35$). Это позволяет утверждать, что выживаемость колоний мшанок в гидробоксах в СТВ БалАЭС в период между экспериментами принципиально не изменилась. После первого эксперимента мшанки успели снова колонизировать очищенные пластины и восстановить популяцию до нормального в таких условиях состояния. Поэтому оба эксперимента можно рассматривать как независимые.

Воздействие 3 г/л раствора NaCl в течение 5 мин не оказало негативного эффекта на колонии мшанок. В то же время действие 0.7% раствора NaCl в течение 15 мин вызвало статистически достоверную гибель колоний мшанок. Таким образом, воздействие осмотического шока может быть перспективным методом для очистки водонесущего оборудования от этих опасных обрастателей. В большей мере это относится к представителям *Fredericella sultana* и *Paludicella articulata*, для которых образование флотобластов не характерно; следовательно, повторное заселение будет происходить лишь в период расселения в естественном водотоке. Менее эффективной эта мера будет для представителей семейства Plumatellidae, которые имеют в жизненном цикле расселительную стадию флотобласта.

Заключение

Воздействие 0.7% раствора хлорида натрия в течение 15 мин на колонии мшанок, обитающих на внутренней поверхности водонесущего оборудования Балаковской АЭС, вызывает их гибель. Это позволяет снизить распространение и биомассу этих опасных биообрастателей системы технического водоснабжения. Однако, после гибели колоний необходимо предусмотреть механическое удаление погибших организмов.

Поскольку критическая соленость для пресноводных организмов составляет 5–8‰, необходимы дальнейшие исследования в направлении уменьшения солености используемого раствора с увеличением времени экспозиции для поиска более эффективного средства борьбы с биологическим обрастанием.

Список литературы

- Гонтарь, В.И., 2016. Мшанки. В: Алексеев, В.Р., Цалопихин, С.Я. (ред.), *Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Том 2. Зообентос*. Товарищество научных изданий КМК, Москва – Санкт-Петербург, Россия, 153–163.
- Кочнева, А.А., Смирнов, Л.П., Ефремов, Д.А., Суховская, И.В., 2023. Влияние осмотического стресса на концентрацию белка и активность антиоксидантных ферментов в организме девятииглой колюшки *Pungitius pungitius* (Gasterosteidae) бассейна Белого моря. *Труды Зоологического института РАН* 327 (1), 98–108. <https://doi.org/10.31610/trudyzin/2023.327.1.98>
- Мухин, И.А., Воронин, М.Ю., Рязанов, С.В., 2023. Мшанковые обрастания в системе технического водоснабжения БАЛАЭС. *Тезисы докладов VI Международной (XIX Региональной) научной конференции «Техногенные системы и экологический риск», Обнинск, 20–21.04.2023*. Обнинск, Россия, 253–254.
- Смуrow, А.О., Подлипаева, Ю.И., Скарлато, С.О., Гудков, А.В., 2010. Связь между степенью солеустойчивости инфузорий и конститутивным уровнем содержания Hsp70 в клетках. *Цитология* 52 (12), 1041–1044.
- Хлебович, В.В., 1974. Критическая соленость биологических процессов. Наука, Ленинград, СССР, 235 с.
- Хлебович, В.В., 2013. Критическая соленость – гомеостаз – устойчивое развитие. *Труды Зоологического института РАН* 317 (S3), 3–6.
- Dietz, T., Wilcox, S., Byrne, R., Lynn, J., Silverman, H., 1996. Osmotic and ionic regulation of north american Zebra Mussels (*Dreissena polymorpha*). *Integrative and Comparative Biology* 36 (3), 364–372. <https://doi.org/10.1093/icb/36.3.364>
- Gosling, E., 2003. Bivalve molluscs: biology, ecology and culture. Fishing News Books, Blackwell Publishing, Berlin, Germany, 456 p. <https://doi.org/10.1002/9780470995532>
- Jørgensen, F., Stephens, P., Knøchel, S., 1995. The effect of osmotic shock and subsequent adaptation on the thermotolerance and cell morphology of *Listeria monocytogenes*. *Journal of Applied Bacteriology* 79 (3), 274–281. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1995.tb03137.x>
- Ram, J.L., Shukla, V., King, K.N., 2004. Zebra mussels at the freshwater/sea interface: Ionic and osmotic challenges to oocyte integrity. *Invertebrate Reproduction & Development* 45 (1), 83–89. <https://doi.org/10.2307/1542149>

References

- Dietz, T., Wilcox, S., Byrne, R., Lynn, J., Silverman, H., 1996. Osmotic and ionic regulation of north american Zebra Mussels (*Dreissena polymorpha*). *Integrative and Comparative Biology* **36** (3), 364–372. <https://doi.org/10.1093/icb/36.3.364>
- Gontar', V.I., 2016. Mshanki [Bryozoa]. In: Alekseev, V.R., Tsalolikhin, S.Ya. (eds.), *Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnykh vod Evropeiskoi Rossii. Tom 2. Zoobentos [Guide to zooplankton and zoobenthos of fresh waters of European Russia. Vol. 2. Zoobenthos]*. KMK Scientific Press Ltd, Moscow – St. Petersburg, Russia, 153–163. (In Russian).
- Gosling, E., 2003. *Bivalve molluscs: biology, ecology and culture*. Fishing News Books, Blackwell Publishing, Berlin, Germany, 456 p. <https://doi.org/10.1002/9780470995532>
- Jørgensen, F., Stephens, P., Knøchel, S., 1995. The effect of osmotic shock and subsequent adaptation on the thermotolerance and cell morphology of *Listeria monocytogenes*. *Journal of Applied Bacteriology* **79** (3), 274–281. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1995.tb03137.x>
- zKhlebovich, V.V., 1974. *Kriticheskaya solenost' biologicheskikh processov [Critical solenometry of biological processes]*. Nauka, Leningrad, USSR, 235 p. (In Russian).
- Khlebovich, V.V., 2013. *Kriticheskaya solenost' – gomeostaz – ustojchivoe razvitie [Critical salinity – homeostasis – sustainable development]*. *Trudy Zoologicheskogo instituta RAN [Proceedings of the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences]* **317** (S3), 3–6. (In Russian).
- Kochneva, A.A., Smirnov, L.P., Efremov, D.A., Sukhovskaya, I.V., 2023. Vliyaniye osmoticheskogo stressa na kontsentratsiyu belka i aktivnost' antioksidantnykh fermentov v organizme devyatiigloy kolyushki *Pungitius pungitius* (Gasterosteidae) basseyna Belogo morya [The effect of osmotic stress on protein concentration and antioxidant enzyme activity in the body of nine-spined stickleback *Pungitius pungitius* (Gasterosteidae) of the White Sea basin]. *Trudy Zoologicheskogo instituta RAN [Proceedings of the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences]* **327** (1), 98–108. (In Russian). <https://doi.org/10.31610/trudyzin/2023.327.1.98>
- Mukhin, I.A., Voronin, M.Yu., Ryazanov, S.V., 2023. Mshankovyye obrastaniya v sisteme tekhnicheskogo vodosnabzheniya BALAES [Bryozoan fouling in the technical water supply system of the BalNPP]. *Tezisy dokladov VI Mezhdunarodnoy (XIX Regional'noy) nauchnoy konferentsii "Tekhnogennyye sistemy i ekologicheskyy risk" [Abstracts of the VI International (XIX Regional) scientific conference "Abstracts of the VI International (XIX Regional) scientific conference"]*, Ozninsk, 20–21.04.2023. Ozninsk, Russia, 253–254. (In Russian).
- Ram, J.L., Shukla, V., King, K.N., 2004. Zebra mussels at the freshwater/sea interface: Ionic and osmotic challenges to oocyte integrity. *Invertebrate Reproduction & Development* **45** (1), 83–89. <https://doi.org/10.2307/1542149>
- Smurov, A.O., Podlipaeva, Yu.I., Skarlato, S.O., Goodkov, A.V., 2010. Sviaz' mezhdru stepen'iu soleustoichivosti infuzorii i konstitutivnym urovnem sodержaniia Hsp70 v kletkakh [Correlations between salinity-persistence of ciliates species and their constitutive heat shock protein 70 kDa contents]. *Tsitologiya [Cytology]* **52** (12), 1041–1044. (In Russian).