

ГАЛИНА АНДРЕЕВНА ШКЛЯРЕВИЧ

доктор биологических наук, профессор кафедры зоологии и экологии эколого-биологического факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)

*gash@psu.karelia.ru***ЕЛЕНА АНАТОЛЬЕВНА МОИСЕЕВА**

кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии и экологии эколого-биологического факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)

emoiseeva@mail.ru

АНТРОПОГЕННОЕ ВЛИЯНИЕ РЕГУЛИРУЕМОГО СБРОСА ПРЕСНЫХ ВОД ИЗ СИСТЕМ ГЭС В БЕЛОЕ МОРЕ НА МЕЛКОВОДНЫХ БЕСПЗВОНОЧНЫХ*

Представлена картина 14-летних наблюдений за резкими колебаниями численности и биомассы лitorальных мидий *Mytilus edulis* L. и некоторых других беспозвоночных в вершине Кандалакшского залива. Эти колебания связаны с рядом антропогенных факторов, важнейшим из них являются распределяемые поверхность слои морской воды, омывающей биотопы ценозов мелководных беспозвоночных, которые вызываются сезонными залповыми холостыми сбросами пресной воды из водохранилища озера Имандря. Необходима коррекция этого процесса для сведения к минимуму его негативного воздействия на морские экосистемы. Мелководные экосистемы являются кормовыми (пастищными) угодьями многочисленных морских птиц, рыб и некоторых видов морских млекопитающих региона Кандалакшского и Онежского заливов, включенного в список водно-болотных угодий международного значения для охраны водоплавающих птиц по Рамсарской конвенции. Сформулированы рекомендации для принятия решений о сроках и режиме холостых массированных сбросов воды из водохранилищ ГЭС с учетом необходимости сохранения естественных и заповедных экосистем, а также всей биоты окружающей мелководной акватории, которые находятся в зоне влияния залповых сбросов пресной воды в Белом море.

Ключевые слова: распредение, мидия, *Mytilus edulis*, рекомендации, сохранение экосистем

ВВЕДЕНИЕ

Максимальное антропогенное воздействие испытывают акватории Белого моря, примыкающие к населенным пунктам Республики Карелия, Архангельской и Мурманской областей. Сюда поступает подавляющая часть стоков, попадающих в Белое море с территории Карельского перешейка, Кольского полуострова и Архангельской области, на эти участки приходится и основное аэротехногенное загрязнение. Большинство крупных рек, впадающих в Белое море, зарегулированы в связи с сооружением и функционированием каскадов гидроэлектростанций. В результате резко нарушается естественный природный ход процесса сезонного (особенно весеннего) распредения прибрежных морских вод. Это модифицирует действие ксенобиотических факторов окружающей среды и вызывает гибель массовых мелководных беспозвоночных животных, являющихся важными кормовыми объектами в трофической составляющей экосистем Белого моря.

Цель настоящей работы – обратить внимание научной и активной части гражданской общественности на еще один антропогенный фактор, определяющий состояние морских экосистем, –

регулирование стоков рек в связи с эксплуатацией каскадов ГЭС в областях влияния пресных вод, особенно во время сезонных залповых холостых сбросов из водохранилищ. Разработать биологически и экологически обоснованные рекомендации по регламентации сброса воды для принятия решений о его сроках и режиме администрациями ГЭС и природоохранительными органами. Рекомендации должны минимизировать губительное воздействие распределяющего антропогенного фактора на биоту Белого моря.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В 1999 году у северо-западного побережья о. Оленьего на корге обнаружено поселение¹ мидий с плотностью от 10900 до 17900 экз./м². Здесь был заложен стационарный мониторинговый полигон размером 50 × 100 м для многолетних наблюдений за массовыми лitorальными беспозвоночными, в том числе и за *Mytilus edulis*. Корга представляет собой плоскую песчано-каменистую обсушку во время отлива и заливаемую морской водой во время прилива. Она располагается в самой вершинной части Кандалакшского залива, подверженной влиянию распредения

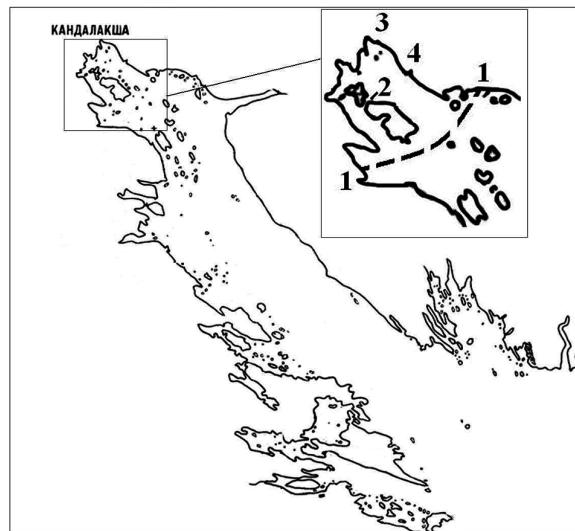


Рис. 1. Участок акватории вершины Кандалакшского залива Белого моря: 1 — граница кутового участка акватории вершины Кандалакшского залива Белого моря; 2 — корга у о. Олений со стационарным мониторинговым полигоном для многолетнего слежения за состоянием массовых литоральных беспозвоночных, в том числе и *Mytilus edulis*; 3 — отводящий канал Нивских ГЭС; 4 — река Нива

из отводящего канала Нивских ГЭС и реки Нива (рис. 1). На поверхности грунта здесь преобладает песок, крупнозернистые фракции: гравий, галька и небольшое количество валунов. В 1999 году к наиболее крупным каменистым фракциям — гальке и валунам — прикреплялись друзы, часто сливающиеся в сплошные щетки и более крупные поселения (площадью до десятков квадратных метров) *Mytilus edulis*. Грунт под мидиями в годы спада численности и биомассы представлял собой черный ил с резким запахом сероводорода. В поверхностных слоях грунта много ракушин различных видов моллюсков. С 1999 года здесь ежегодно (исключение составил лишь 2004 год, когда мы не могли попасть на коргу) собиралось по 5 проб с общей площади 0,05 м² в конце июня, чаще в июле. На участке полигона в поселении мидий выборка проб всегда была случайной. Взвешивались мидии вместе с раковиной после обсушивания на фильтровальной бумаге на электронных и торсионных весах с точностью до 1 мг. Соленость морской воды на стационарном мониторинговом полигоне измерялась ареометром по плотности с дальнейшим переводом ее в соленость по океанологическим таблицам [2].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В 1999 году мидиевое поселение на полигоне корги у о. Оленьего было обследовано впервые. Плотность этих моллюсков в среднем почти 14 тыс. экз./м², биомасса — 8 кг/м². В 2000 году

наблюдалась массовая гибель мидий из-за резкого и продолжительного опреснения, причиной которого стал массированный холостой сброс воды из водохранилища (оз. Имандра) Нивских ГЭС по отводящему каналу и реке Нива. В 2000 году сброс продолжался в течение нескольких месяцев с начала марта по начало мая и с начала июня по начало июля. В начале июля в районе исследуемого полигона морская вода на вкус была почти пресной (около 3 %). Хотя со второй половины 1990-х годов сбросы в весенне-летний период производились каскадом Нивских ГЭС практически ежегодно, но столь продолжительные и мощные наблюдались впервые после регулирования реки. Обычная (для начала лета) соленость поверхностных вод (8–15 %) восстановилась не ранее конца июля, и только к 5 октября она достигла 16,65 %. В результате уже к началу июля, когда были проведены исследования на мониторинговом полигоне у о. Оленьего, произошла массовая гибель двустворчатых моллюсков *Mytilus edulis*. Створками погибших мидий была усеяна вся нижняя литораль и верхняя часть сублиторали. Средняя плотность этих моллюсков снизилась с 13 880 ± 1 628 экз./м² в 1999 году до 200 ± 137 экз./м² в 2000 году; средняя биомасса — с 8 157 ± 948 г/м² до 77 ± 69 г/м² соответственно.

Численность и биомасса брюхоногих моллюсков *Littorina obtusata*, *Littorina saxatilis* и *Hydrobia ulvae* на литорали заповедных островов вблизи Кандалакши упала в десятки раз, пострадали или исчезли мидиевые банки в радиусе до 5–10 км от устья реки и отводящего канала. Минимальная оценка снижения биомассы моллюсков — от 6 до 12 т (литторины — не менее 1–2 т; мидии — не менее 5–10 т). Прямой ущерб, нанесенный заповеднику, оцениваемый по количеству отмерших моллюсков, превышал десятки миллионов рублей (в ценах 2000 года); косвенный, связанный со снижением биологической емкости угодий и их экологическим состоянием, еще выше, но его нельзя оценить даже ориентировочно [3].

С 2000 по 2003 год происходило постепенное восстановление поселения мидий; их плотность возросла с 200 до 1080 экз./м², а биомасса — с 75 до 500 г/м² (рис. 2). Но катастрофическими оказались продолжительные сбросы не только в 2000 году. Они также случились в 2007 и 2012 годах, в результате соленость поверхностных слоев морской воды составила 5,0 и 9,7 % соответственно (измерения проводились 5–10 июля). И в эти годы также наблюдалась массовая гибель мелководных беспозвоночных. Такие виды, как *Mytilus edulis*, *Semibalanus balanoides*, *Littorina obtusata*, *Littorina*

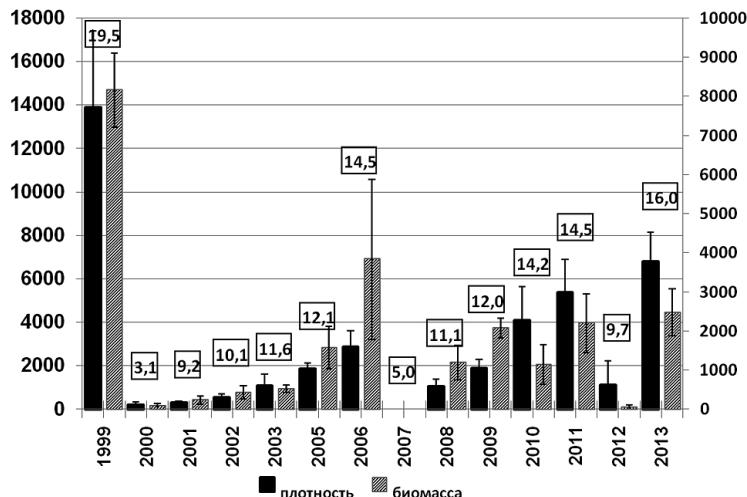


Рис. 2. Межгодовые изменения плотности и биомассы мидий *Mytilus edulis* на мониторинговом полигоне корги у о. Оленьего. По оси абсцисс – годы исследований. По оси ординат – слева: плотность, экз./м² ($x \pm mx$); справа: биомасса мидий, г/м² ($x \pm mx$); в квадратных рамках – значения солености поверхностных слоев морской воды

saxatilis и *Hydrobia ulvae*, вновь резко сократились по своим количественным показателям.

В Кандалакшском заливе максимальное антропогенное воздействие испытывает вершинный (кутовой) участок акватории севернее линии губа Палкина – о. Большой Березовый (см. рис. 1). Сюда поступает подавляющая часть стоков, попадающих в залив с территории Мурманской области, на этот участок приходится и основное аэротехногенное загрязнение.

Антропогенный прессинг состоит из разнообразных составляющих, среди которых можно выделить основные:

- Загрязнение из атмосферы – оседание загрязняющих веществ из дымовых выбросов (аэротехногенное), кислотные дожди и т. д.
- Загрязнение, поступающее с населенной части побережья вершины Кандалакшского залива: хозяйствственно-бытовые, производственные и ливневые стоки, дающие ежегодно более 2 тысяч тонн загрязняющих веществ различной природы – нефтепродукты, органические вещества, тяжелые металлы [7].
- Загрязнение из бассейна реки Нива – озера Имандра, откуда поступает наибольший объем загрязняющих веществ (сотни тонн тяжелых металлов, десятки тысяч тонн минеральных солей – сульфатов и хлоридов, взвешенных веществ, азота, фосфора и др.). В результате мутность и минерализация воды в реке Нива увеличены по сравнению с естественными в два раза. Природные системы самоочищения водоемов не справляются с огромной массой загрязняющих веществ, и значительная их часть переносится в Кандалакшский залив Белого моря [8].

- Сезонные залповые холостые сбросы пресной воды из водохранилища озера Имандра, что вызывает сильное распреснение поверхностных слоев морской воды (до 1–3 ‰) в значительной части вершины Кандалакшского залива. Сроки залповых сбросов значительно смешены во времени по сравнению с естественным ходом сезона распреснения.
- Уровень антропогенного радиоактивного загрязнения вод и донных отложений Белого моря в последние 10–15 лет значительно снизился [6], хотя с большой долей вероятности следует предположить, что в той или иной степени продолжает иметь место.

Констатация фактов отрицательного воздействия загрязнения среды Белого моря основана на результатах биохимических анализов беломорских мидий и амфиопод, собранных на наших мониторинговых полигонах [9], [12], [13].

Первые четыре основные группы факторов антропогенного происхождения являются не только взаимно модифицирующими друг друга, но в ряде случаев суммирующимися и даже взаимно усиливающими свое воздействие на морские организмы. Поэтому гидробионты, населяющие мелководья кутовой части Кандалакшского залива, по всей вероятности, обитают на пределе своего экологического диапазона толерантности и могут быть особенно чувствительны к какому-либо дополнительному стрессу, который может обладать триггерным эффектом и запускать целую цепочку негативных процессов. В роли такого стрессирующего фактора в 2000, 2007 и 2012 годах выступило длительное и сильное распреснение морской воды в резуль-

тате массированного холостого сброса воды из водохранилища (оз. Имандра) Нивских ГЭС.

В 1999 году на мониторинговом полигоне были представлены мидии всех возрастов последовательно от только что осевшей из планктона молоди ($0+$) до $14+$. В 2000 году здесь нашлось лишь 10 живых особей *Mytilus edulis*, из которых одна оказалась сеголетком, две годовиками, остальные двух-, трех-, четырех- и пятилетнего возраста. Мидии обладают высокой степенью эвригалинности. Границами соленостного диапазона для беломорской популяции этого вида являются значения 10–40 %. [10].

Ниже границы диапазона толерантности (10 %) как у только что осевших личинок, так и у годовиков и мидий более старших возрастов наблюдается сначала рефлекторная реакция закрывания створок, а затем они открываются и фильтрация возобновляется. При солености 4 % беломорские *Mytilus edulis* могут жить всего от 4 до 12 суток, после чего погибают [10]. Отсюда следует, что, по всей вероятности, в результате распреснения в 2000 году (май, июнь, начало июля) на исследуемом полигоне все мидии должны были погибнуть.

Но почему же на литорали корги в 2000 году в конце июля были обнаружены особи *Mytilus edulis* в возрасте от только что осевших до 5-летних?

Мидии относятся к седентарным животным в постларвальной фазе онтогенеза (прикрепляются биссусными нитями к субстрату литорали и сублиторали), ведущим прикрепленный образ жизни их донной гемипопуляции. Но в молодом возрасте эти моллюски могут совершать миграции [4] и, перемещаясь, пополнять молодью литоральную часть поселения из сублиторальной [1].

Вокруг корги, на которой мы проводили исследования, существует сублиторальное мидиевое поселение, распространенное до глубины примерно 5 м. Оно, очевидно, и явилось донором молодой части литорального поселения на мониторинговом участке корги. Поскольку *Mytilus edulis* является бореальным видом, сублиторальных моллюсков могут привлекать более благоприятные для них температурные условия на литорали и более богатая трофическая ниша.

Искусственное регулирование стока проводится без учета минимальных экологических потребностей определенного диапазона переносимых колебаний солености морскими беспозвоночными животными, обитающими в хронически загрязняющейся (комплексом самых различных ксенобиотиков) акватории.

Таким образом, регулирование сброса пресных вод реки Нива без соблюдения нижеизложенных рекомендаций наносит ущерб заповедным акваториям в Белом море и является нарушением заповедного режима и Федерального закона «Об особо охраняемых природных территориях Российской Федерации». В настоящее время процедура принятия решений о холостых массированных сбросах воды из водохранилищ каскада Нивских ГЭС не учитывает необходимость сохранения заповедных экосистем и биоты окружающей мелководной акватории, которые находятся в зоне влияния сброса.

РЕКОМЕНДАЦИИ

Для того чтобы при сбросе пресных вод в море свести к минимуму отрицательное воздействие на морские экосистемы, необходима коррекция этого процесса в соответствии со следующими предлагаемыми нами рекомендациями.

1. Перед процедурой сброса воды необходимы консультации заинтересованных сторон: администрации каскадов ГЭС, а также администраций природоохранных организаций. В Кандалакшском заливе – с главой администрации и ученым советом Кандалакшского государственного природного заповедника.
2. Процедура обоснования и согласования сроков сброса должна быть проведена заблаговременно, так как, во-первых, подавляющее большинство биоты, населяющей мелководья Белого моря, – бореальные виды и они приступают к размножению в теплый период летнего сезона (когда температура морской воды достигнет 8–9 °C). Это необходимо для того, чтобы не вызвать гибели гамет, зигот и шока личиночного пула, особенно на ранних, самых уязвимых стадиях эмбрио- и онтогенеза. Во-вторых, большинство морских беспозвоночных относятся к пойкилосмотическим организмам и лучше переносят распреснение при пониженных, чем при более высоких, температурах окружающей среды. Таким образом, массированный сброс пресной воды в море должен быть произведен до начала нереста массовых беспозвоночных бореальных видов и достижения температуры мелководных слоев морской воды 8–9 °C.
3. Сброс должен быть дробным. В самом начале объем сброса может быть достаточно большим, но кратковременным, таким, чтобы соленость поверхностных слоев воды была меньше 5 %. Все беспозвоночные, имеющие раковины и домики, рефлекторно изолируют свое тело от внешней распресненной среды, а животные, способные к передвижению, переместятся в

- сублиторальную зону. При солености 5–8 % они впадут в шоковое состояние [11].
4. Во время сброса необходимо осуществлять непрерывный контроль за соленостью и температурой морской воды, корректировать режим сброса адекватно логике экологических требований морских беспозвоночных к факторам окружающей среды, а также настоящей рекомендации.
 5. Со стороны природоохранительных организаций заповедных акваторий необходимо осуществлять контроль за соответствием реального режима сброса рекомендациям; в случае нарушения этого соответствия природоохранительным организациям следует обращаться за принудительным решением органов, регламентирующих природопользование, а также добиваться судебных постановлений и строгого соблюдения соответствия режима сброса рекомендациям.

* Статья подготовлена в рамках реализации комплекса мероприятий Программы стратегического развития ПетрГУ на 2012–2016 гг.

ПРИМЕЧАНИЕ

¹ Поселение – это «минимальная субпопуляционная система, которой присущи черты самоорганизации. В практических экологических исследованиях поселение – это агрегация особей изучаемого вида в пределах отдельного местообитания, ограниченного от местообитаний других поселений по физико-химическим показателям среды и по резкому изменению плотности поселения особей вида» [5; 39].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голиков А. Н., Максимович Н. В., Сиренко Б. И. Особенности распределения, роста и продукции *Mytilus edulis* L. в различных биотопах на примере поселений у Сonoострова (Белое море) // Гидробиологические особенности юго-восточной части Кандалакшского залива в связи с марикультурой мидий на Белом море. Исследование фауны морей. № 39 (47). Л.: ЗИН АН СССР, 1988. С. 97–108.
2. Зубов Н. Н. Океанологические таблицы. Л.: Гидромет, 1957. 405 с.
3. Корякин А. С., Шкларевич Г. А. Регулирование реки Нивы и сохранение заповедного режима в кутовом участке Кандалакшского залива // Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря: Тез. докл. конф. Архангельск, 2001. С. 41–44.
4. Луканин В. В., Лангуев Н. К. Распределение и экология локального поселения мидий (*Mytilus edulis* L.) на беломорской литорали // Экологические исследования перспективных объектов марикультуры фауны Белого моря. Исследования фауны морей. № 27 (35). Л.: ЗИН АН СССР, 1982. С. 17–24.
5. Максимович Н. В. О концепции понятия поселение в экологии морского бентоса // Чтения памяти К. М. Дерюгина: Материалы V научного семинара. СПб., 2003. С. 23–44.
6. Матищов Г. Г., Ильин Г. В. Еще раз о влиянии морей России на здоровье человека // Вестник Российской академии наук. 2006. Т. 76. № 4. С. 315–317.
7. Мискеевич И. В., Чугайнова В. А. Характеристика загрязнения вод Белого моря в период весна – осень 2000 г. // Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря. Архангельск: Правда Севера, 2001. С. 48–49.
8. Моисеенко Т. И. Влияние антропогенных факторов на качество рек бассейна Белого моря // Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря: Тез. докл. IV региональной конференции. Архангельск, 1999. С. 79–81.
9. Немова Н. Н., Богдан В. В., Шкларевич Г. А. Амфиподы как индикаторы характера воздействия антропогенных факторов на прибрежные акватории Белого моря // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2012. № 4 (125). С. 7–12.
10. Саранчова О. Л., Кулаковский Э. Е. Влияние солености среды на разные стадии развития морской звезды *Asterias rubens* и мидии *Mytilus edulis* // Биология моря. 1982. № 1. С. 34–39.
11. Хлебович В. В. Критическая соленость биологических процессов. Л.: Наука, 1974. 236 с.
12. Lysenko L., Kantserova N., Käivärgäinen E., Kuprnova M., Shklyarevich G., Nemova N. Biochemical markers of pollutant responses in macrozoobenthos from the White Sea: Intracellular proteolysis // Marine Environmental Research. 2014. Vol. 96. P. 38–44.

Искусственное регулирование стока, которое наносит ущерб заповедным акваториям, является нарушением Федерального закона «Об особых охраняемых природных территориях Российской Федерации».

В настоящее время процедура принятия решений о холостых сбросах воды на каскаде Нивских ГЭС в Кандалакшском заливе Белого моря абсолютно не учитывает необходимость сохранения заповедных экосистем, которые находятся в зоне влияния сбросов. Необходима коррекция этой процедуры на основе взаимных консультаций заинтересованных сторон или путем принудительных решений органов, регламентирующих природопользование, и судебных постановлений.

Выражаем глубокую благодарность администрации Кандалакшского государственного природного заповедника за предоставленную возможность сбора материала и последующего выполнения этой работы.

13. Fokina N. N., Bakhamet I. N., Shklyarevich G. A., Nemova N. N. Effect of seawater desalination and oil pollution on the lipid composition of blue mussels *Mytilus edulis* L. from the White Sea // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2014. Vol. 110. P. 103–109.

Shklyarevich G. A., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)
Moiseeva E. A., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)

ANTHROPOGENIC INFLUENCE OF THE FRESH WATER CONTROLLED DISCHARGE FROM THE WHITE SEA HYDRO-POWER-STATIONS ON SHALLOW-WATER INVERTEBRATES

Research results of the 14-year observations pertaining fluctuations in numerical strength and biomass of intertidal mussel *Mytilus edulis* L. and some other invertebrates in the upper Kandalaksha Bay are presented. These oscillations are associated with a number of anthropogenic factors; the most important of them are freshwater surface layers of the sea water, which wash the habitats of shallow invertebrates. The freshwater layers of the sea water appear due to the seasonal salvo dumping of fresh water from the reservoir lake Imandra. This process must be corrected in order to minimize its negative impact on the marine ecosystem. Shallow-water ecosystems are food pastures of numerous seabirds, fish, and some species of marine mammals in the region of Kandalaksha and Onega bays. These regions are included into the list of wetlands of international importance for the protection of waterfowl by the Ramsar Convention. We formulated recommendations for the timing and mode of single massive discharge of fresh water from HPP reservoirs into the waters of the White Sea. The need to preserve natural environment and to protect ecosystems (as well as all surrounding biota shallow water areas) that are in the zone of the fresh water discharge influence is considered.

Key words: desalination of sea water, mussel, *Mytilus edulis*, recommendations, maintenance of ecosystems

REFERENCES

1. Golikov A. N., Maksimovich N. V., Sirenko B. I. Features of distribution, height and products of *Mytilus edulis* L. in different biotopes on the example of settlements at Сонострова (White sea) [Osobennosti raspredeleniya, rosta i produktii *Mytilus edulis* L. v razlichnykh biotopakh na primere poseleniy u Sonostrova (Beloe more)]. *Gidrobiologicheskie osobennosti yugo-vostochnoy chasti Kandalakshskogo zaliva v svyazi s marikul'turoy midiy na Belom more. Issledovanie fauny morey.* № 39 (47). Leningrad, 1988. P. 97–108.
2. Zubov N. N. *Okeanologicheskie tablitsy* [Oceanological tables]. Leningrad, Gidromet Publ., 1957. 405 p.
3. Koryakin A. S., Shklyarevich G. A. Adjusting of the river the Fields and maintenance of the protected mode is in the upper of Kandalaksha bay [Regulirovanie reki Nivy i sokhranenie zapovednogo rezhima v kutovom uchastke Kandalakshskogo zaliva]. *Problemy izucheniya, ratsional'nogo ispol'zovaniya i okhrany prirodnykh resursov Belogo morya: Tez. dokl. konf.* Arkhangelsk, 2001. P. 41–44.
4. Lukyanin V. V., Languev N. K. Distribution and ecology of local settlement of mussels (*Mytilus edulis* L.) on the intertidal of White seas [Raspredelenie i ekologiya lokal'nogo poseleniya midiy (*Mytilus edulis* L.) na belomorskoy litorali]. *Ekologicheskie issledovaniya perspektivnykh ob'ektorov marikul'tury fauny Belogo morya. Issledovaniya fauny morey.* № 27 (35). Leningrad, 1982. P. 17–24.
5. Makimovich N. V. About conception of concept a settlement is in ecology of marine benthos [O kontseptsii ponyatiya poselenie v ekologii morskogo bentosa]. *Chteniya pamyati K. M. Deryugina: Materialy V nauchnogo seminara.* St. Petersburg, 2003. P. 23–44.
6. Matishov G. G., Il'in G. V. Once again about influence of seas of Russia on the health of man [Eshche raz o vliyaniyu morey Rossii na zdror'ye cheloveka]. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk.* 2006. Vol. 76. № 4. P. 315–317.
7. Miskevich I. V., Chugaynova V. A. Description of contamination of waters of the White sea in a period spring-autumn of 2000 year [Kharakteristika zagryazneniya vod Belogo morya v period vesna – osen' 2000 goda]. *Problemy izucheniya, ratsional'nogo ispol'zovaniya i okhrany prirodnykh resursov Belogo morya.* Arkhangelsk, 2001. P. 38–49.
8. Moisenko T. I. Influence of anthropogenic factors on quality of the rivers of pool of the White sea [Vliyanie antropogenykh faktorov na kachestvo rek basseyna Belogo morya]. *Problemy izucheniya, ratsional'nogo ispol'zovaniya i okhrany prirodnykh resursov Belogo morya: Tez. dokl. IV regional'noy konferentsii.* Arkhangelsk, 1999. P. 79–81.
9. Nemova N. N., Bogdan V. V., Shklyarevich G. A. Amphipoda as indicators of character of influence of anthropogenic factors on the off-shore aquatoriums of the White sea [Amfipody kak indikatory kharaktera vozdeystviya antropogenykh faktorov na pribrezhnye akvatorii Belogo morya]. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta.* [Proceedings of Petrozavodsk State University]. 2012. № 4 (125). P. 7–12.
10. Saranchova O. L., Kulakovskiy E. E. Influence of salinity of environment on the different stages of development of starfish of *Asterias rubens* and mussel *Mytilus edulis* [Vliyanie solennosti sredy na raznye stadii razvitiya morskoy zvezdy *Asterias rubens* i midii *Mytilus edulis*]. *Biologiya morya.* 1982. № 1. P. 34–39.
11. Khlebovich V. V. *Kriticheskaya solennost' biologicheskikh protsessov* [Critical salinity of biological processes]. Leningrad, Nauka Publ., 1974. 236 p.
12. Lysenko L., Kantserova N., Käiväräinen E., Krupnova M., Shklyarevich G., Nemova N. Biochemical markers of pollutant responses in macrozoobenthos from the White Sea: Intracellular proteolysis // Marine Environmental Research. 2014. Vol. 96. P. 38–44.
13. Fokina N. N., Bakhamet I. N., Shklyarevich G. A., Nemova N. N. Effect of seawater desalination and oil pollution on the lipid composition of blue mussels *Mytilus edulis* L. from the White Sea // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2014. Vol. 110. P. 103–109.