

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СООБЩЕСТВА *CRENOMYTILUS GRAYANUS* В ЗАЛИВЕ ВОСТОК ЯПОНСКОГО МОРЯ

© 2008 г. Ю. А. Галышева

Дальневосточный государственный университет

690650 Владивосток, ул. Суханова, 8

E-mail: marineecology@mail.ru

Поступила в редакцию 05.04.2006 г.

Исследован состав и структура сообщества мидии Грея (*Crenomytilus grayanus*) в заливе Восток Японского моря. Выявлено 165 видов макробентоса. Установлено, что по сравнению с 70-ми годами XX в. видовой состав изменился незначительно. Отмечено снижение общей биомассы в биоценозе и изменение размерно-возрастной структуры популяции *C. grayanus*, что связано с браконьерским промыслом мидии. Выявлено изменение трофической структуры сообщества и уменьшение индексов видового разнообразия Шеннона и выравненности *E*, что обусловлено интенсивным поступлением органического загрязнения в воды зал. Восток в связи с нарастающим рекреационным и хозяйственно-бытовым прессом.

Ключевые слова: мидия Грея, *Crenomytilus grayanus*, залив Восток, биоценоз, видовой состав, биомасса, плотность поселения, трофическая структура, биоразнообразие, органическое загрязнение, браконьерский лов.

Мидия Грея (*Crenomytilus grayanus*) – широко распространенный в дальневосточных морях крупный двустворчатый моллюск из семейства Mutilidae, являющийся на юге Приморья одним из доминантов в макробентосе твердых грунтов. Скрепленные биссусом мидии образуют крупные скопления – друзы, в которых обитает множество организмов, имеющих как трофические, так и топические взаимосвязи с *C. grayanus* и между собой. К настоящему времени изучены морфология и физиология, распространение мидии Грея, биоиндикационные способности и др. (Герасимов, 1979; Биология мидии Грея, 1983; Селин, 1991; Нигматулина, Щеглов, 2003; Чупышева, 2003). Со времени последних работ по изучению состава и структуры сообщества *C. grayanus* зал. Восток, считавшегося ранее одной из наиболее чистых акваторий юга Приморья, на берегу которого расположена Морская биологическая станция Института биологии моря ДВО РАН “Восток”, прошло около 30 лет (Погребов, Кашенко, 1976; Свешников, Кутищев, 1976). Однако в последнее время отмечены усиление рекреационной и хозяйственно-бытовой деятельности в заливе, а также нарастающий на его биоресурсы браконьерский пресс (Христофорова и др., 2002; Галышева, 2004; Галышева и др., 2005). Поэтому целью работы было изучить современное состояние сообщества мидии Грея в зал. Восток и

оценить возможные долговременные изменения его структуры.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Работу проводили в зал. Восток Японского моря в мае, июле, октябре 2000–2004 гг. Изучение сообщества мидии Грея входило в общую научную работу по исследованию современного состава и структуры сообществ макробентоса зал. Восток. Всего проведено 12 съемок. Пробы отбирали количественным водолазным методом с 32 станций на глубинах от 1 до 22 м (рис. 1). На каждой станции макробентос собирали с трех рамок площадью 1 м² каждая. В районах, где имелись вкрапления мягкого грунта, при помощи водолазного зубчатого дночерпателя (0.025 м²) в трех повторностях дополнительно отбирали пробы донных отложений. Привязку к станциям осуществляли при помощи спутниковой системы определения координат (GPS Garmin 312). Основой для описания состава и структуры сообщества мидии Грея послужил материал, полученный после обработки более 350 проб макробентоса с 9 станций, где были обнаружены скопления мидии.

После промывания организмы пропускали через систему гидробиологических сит с наименьшей ячейей 0.5 мм, разбирали по видам и взвешивали на лабораторных весах с точностью до 0.1 и 0.01 г. В работе использована прижизненная сы-

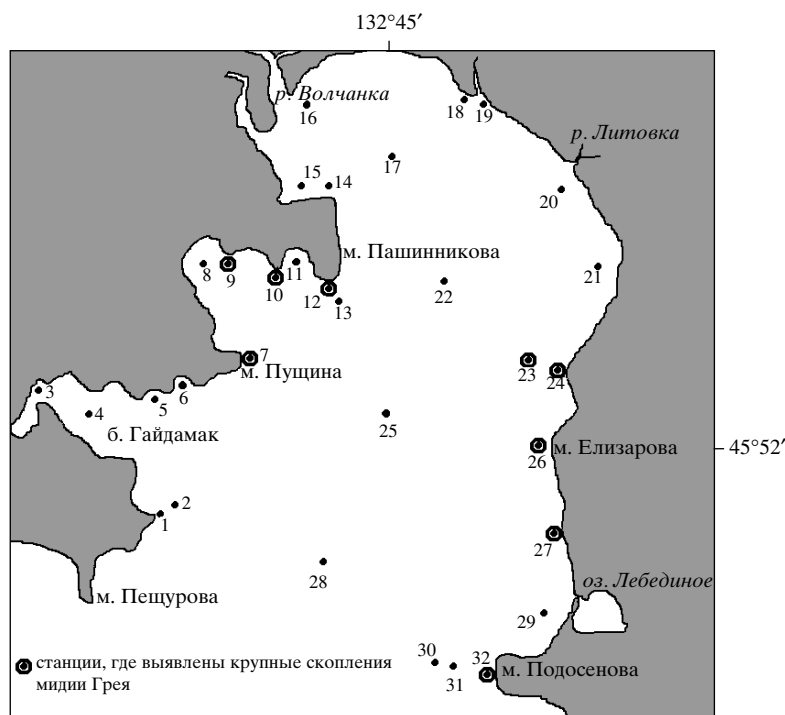


Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб макробентоса в зал. Восток Японского моря.

рая масса. При помощи штангенциркуля учитывали длину и высоту створки *C. grayanus*, описывали повреждения раковин, площадь и характер обрастаний. При этом одну створку принимали за 50% поверхности. В целях извлечения всех беспозвоночных, населяющих ходы, поверхность мидии, ее полости и биссус, раковины дробили. Неизвестные виды фиксировали 4%-ным раствором формальдегида. Данные о биомассе (г/м²) и плотности поселения (экз/м²) макробентоса подвергали стандартной математической и компьютерной обработке; все результаты приведены к 1 м². Рассчитывали средние арифметические со стандартным отклонением. Для характеристики распространенности видов использовали показатель частоты встречаемости (Константинов, 1979), для оценки экологического благополучия структуры сообщества – индексы видового богатства Шеннона и выравненности *E* (Лебедева и др., 1999). При расчете данных показателей пользовались значением плотности поселения видов. Построение диаграмм и графиков проводили при помощи компьютерной программы Excel, картирование проведено с применением пакетов Surfer и Didger.

Для сравнительного анализа долговременных изменений в сообществе *C. grayanus* нами использована работа В.Г. Погребова и В.Н. Кашенко (1976), несколько отличающаяся по методике сбора (кроме гидробиологической рамки использованы также водолазный колокол и фал). Однако многократность повтора (12 съемок), реализо-

ванная в настоящей работе, точная привязка к станциям, а также отбор проб в разные сезоны дают основание для характеристики сообщества и оценки изменений его структуры.

Расчет промысловых запасов и объемов браконьерского вылова мидии Грея проводили только для акватории заказника “Залив Восток”, ограниченной линией мысов Пуцина и Елизарова, поскольку оценить объемы изъятия моллюсков вне зоны заказника затруднительно из-за отсутствия контролирующих мероприятий. Для расчета объемов браконьерского вылова были использованы данные, любезно предоставленные инспекцией заказника, а также сведения, полученные в ходе экспедиции и в результате беседы с местным населением.

Определение видов полихет проведено к.б.н., н.с. ДВНИГМИ Т.А. Белан, амфипод – к.б.н., с.н.с. ТИНРО-Центра Л.Л. Будниковой, водорослей – к.б.н., н.с. ТИГ ДВО РАН С.И. Коженковой, за что автор статьи выражает благодарность. Автор также признательна за помощь в первичной обработке проб всем студентам отделения экологии АЭМББТ ДВГУ, участвовавшим в экспедициях. Отдельно благодарю за консультации, неизменное участие и помощь в организации экспедиций моего учителя д.б.н., профессора Н.К. Христофорову.

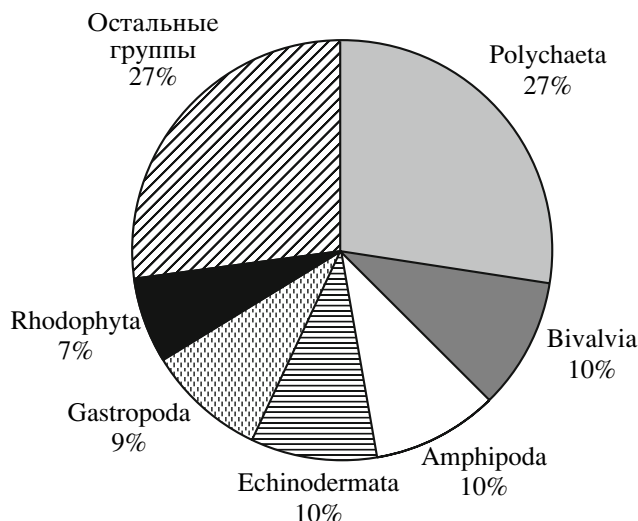


Рис. 2. Вклад основных таксономических групп в общее видовое разнообразие сообщества *C. grayanus* зал. Восток.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследований в сообществе *C. grayanus* зал. Восток выявлено 27 видов растений и 138 видов животных. Наиболее многочисленные таксоны: Polychaeta – 45 видов, Bivalvia – 17, Amphipoda – 16, Echinodermata – 16, Gastropoda – 15 и Rhodophyta – 11 (рис. 2). В составе биоценоза постоянно присутствуют красные корковые водоросли рода *Lithotamnion*, обрастающие раковины мидий, бурая водоросль *Dichloria viridis*, широко распространенная в зал. Восток в целом, двустворчатый моллюск *Septifer keenae*, а также оби-

тающие в иле, накапливаемое в биссусе, сипункулида *Phascolosoma japonicum* и офиура *Amphipholis kochii* – частота встречаемости 100%. К распространенным видам относятся морские звезды *Asterias amurensis*, *Aphelasterias japonica*, *Asterina pectinifera* и *Lysastrosoma anthosticta*, а также сидячая полихета *Neodexiospira alveolata* – 77.8% и бурая водоросль *Costaria costata* – 66.7%.

Скопления мидии Грея были зарегистрированы на 9 из 32 станций. Ее биоценоз распространен на скалистых, скалисто-валунных и каменистых грунтах вдоль открытой и центральной частей побережья залива (рис. 3). Наибольшее число видов установлено на станциях 26, 27, 32 – вдоль восточного побережья ближе к открытой части зал. Восток на валунном грунте, глыбовом развале и в районах выхода коренных пород с намывами песка (см. таблицу). Сообщество вдоль западного берега менее богато сопутствующими видами. Анализ изменения видового состава биоценоза показал, что за 30 лет (с 70-х годов XX в. по настоящее время) доля Polychaeta, Bivalvia и Rhodophyta изменилась незначительно (рис. 4). Наибольшие изменения затронули видовое разнообразие брюхоногих моллюсков и иглокожих. На наш взгляд, это косвенно свидетельствует о процессе заиления среды залива и накоплении детрита в друзах мидии Грея, поскольку основное число видов брюхоногих моллюсков, выявленных нами в составе сообщества, являются потребителями детрита и скапливающихся в ее поселениях микроводорослей.

Средняя биомасса растений в сообществе в настоящее время составляет 251 г/м², животных – 1420 г/м², в том числе мидии Грея – 975.1 г/м², об-

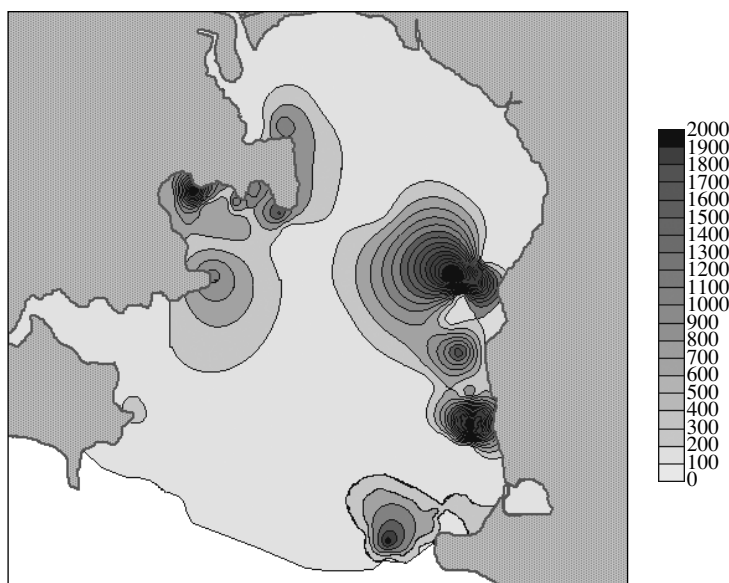


Рис. 3. Пространственное распределение средней биомассы (г/м²) *C. grayanus* в зал. Восток.

Распределение количественных показателей сообщества *C. grayanus* в различных районах зал. Восток Японского моря

№ станции	Район	Координаты	Грунт, глубина	Число видов	Биомасса ($M \pm m$), г/м ²	Плотность поселения ($M \pm m$), экз/м ²
7	Мыс Пушина	42° 52' 49 N 132° 43' 18 E	Валуны, скала, 2–3 м	44	849.6 ± 290.4	66.4 ± 20.6
9	Бухта Средняя, затопленная баржа	42° 53' 19 N 132° 42' 95 E	Валуны, скала, 2–3 м	53	1832.2 ± 550.3	81.4 ± 15.2
10	Бухта Средняя, мыс между бухтами Первая и Вторая Прибойная	42° 53' 09 N 132° 43' 52 E	Валуны, скала, 2–3 м	37	1078.3 ± 326.3	35.2 ± 6.4
12	Мыс Пашинникова	42° 53' 01 N 132° 44' 02 E	Валуны, скала, 2–3 м	42	1542.9 ± 722.3	44.2 ± 9.1
23	Восточный берег залива	42° 52' 17 N 132° 46' 16 E	Валуны, м/з песок, 9–10 м	24	2326.2 ± 769.3	48.5 ± 25.7
24	Восточный берег залива	42° 52' 12 N 132° 46' 30 E	Валуны, м/з песок, 5 м	48	2468.9 ± 706.6	498.6 ± 242.2
26	Мыс Елизарова	42° 52' 14 N 132° 46' 38 E	Валуны, 4–5 м	48	1694.2 ± 684.2	50.2 ± 34.5
27	Восточный берег залива, севернее р-на оз. Лебединое	42° 51' 44 N 132° 46' 18 E	Валуны, камни, глыбовый развал, 4–5 м	69	2614.9 ± 779.4	577.2 ± 105.2
32	Мыс Подосенова	42° 50' 60 N 132° 45' 30 E	Валуны, м/з песок, глыбовый развал, 10–15 м	85	1112.2 ± 414.5	3777.1 ± 480.3

щая средняя плотность поселения животных в сообществе – 563.7 экз/м², причем наиболее высок этот показатель для Polychaeta, Bivalvia, Sipuncula и Echinodermata. Плотность поселения *C. grayanus* составляет в среднем 6.4 экз/м². Сравнение с данными 1970-х годов показало, что среднее значение биомассы животных в сообществе за последние 30 лет снизилось на 47.4%, растений – на 37.3% (рис. 5). Основная причина – браконьерский промысел мидии Грея, неселективная добыча которой приводит к разрушению структуры

друж, снижению их массы и, как следствие, к изменению количественных характеристик сопутствующих видов. В целом биомасса *C. grayanus* в зал. Восток к настоящему времени снизилась на 57.6%. Анализ распределения мидии Грея показал (см. таблицу и рис. 3), что в настоящее время, как и в 70-х годах XX в. (Погребов, Кашенко, 1976), максимальные значения ее биомассы регистрируются вдоль восточного побережья.

Таким образом, за последние 30 лет биомасса в сообществе снизилась, но пространственное

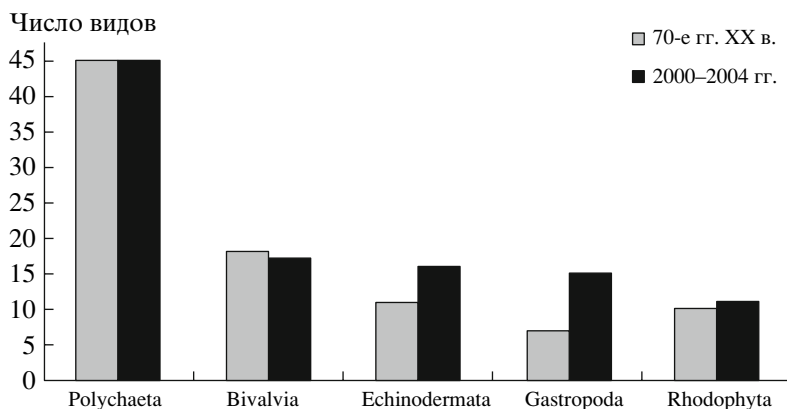


Рис. 4. Изменение числа видов в основных таксономических группах сообщества *C. grayanus* зал. Восток с 70-х годов XX в. по настоящее время.

распределение этого показателя изменилось слабо. К доминирующим видам биоценоза в настоящее время можно отнести *C. grayanus*, *D. viridis*, *C. costata*, *A. amurensis*, *M. modiolus*, *S. intermedius*, *A. pectinifera*. Из них 5 видов остались в данной категории с 1970-х годов, однако биомасса *C. costata*, *A. amurensis* и *M. modiolus* ранее в этом биоценозе была низкой. Для оценки благополучия структуры сообщества общепринятыми являются индексы Шеннона и *E* (Лебедева и др., 1999), отражающие видовое богатство и выравненность видов по обилию. Сочетание этих двух показателей свидетельствует о биоразнообразии биоценоза в целом. Так, их уменьшение характеризует нарушение структуры сообщества и снижение его биологического разнообразия.

Рассчитанный по данным 1970-х годов индекс Шеннона составил 3.76, индекс *E* – 0.73; для 2000-х годов эти показатели изменились до 2.91 и 0.56 соответственно. Таким образом, уменьшение индексов свидетельствует о снижении биологического разнообразия в сообществе мидии Грея зал. Восток и, следовательно, нарушении его структуры. Очевидные причины этого – как мощный браконьерский пресс, истребляющий доминанта, так и ухудшение качества водной среды в заливе вследствие увеличения органического загрязнения его вод (Христофорова и др., 2002; Галышева, 2004), в результате чего происходит внедрение в состав биоценозов зал. Восток толерантных к органическому загрязнению видов, которые начинают преобладать над остальными.

Изучение трофической структуры крайне важно для анализа и понимания экологического благополучия сообщества. В данной работе мы полагаемся на систему, предложенную А.П. Кузнецовым (1977), но с некоторыми дополнениями.

В целом доля неподвижных сестонофагов в общей биомассе основных трофических группировок снизилась на 7%, сортирующих детритофагов – на 2%. Вклад автотрофов и хищников-трупоедов увеличился по сравнению с 70-ми годами на 6% и 3% соответственно. Количество подвижных сестонофагов и несортирующих детритофагов осталось тем же (рис. 6). С другой стороны, анализ распределения плотности поселения по трофическим группам зообентоса показал увеличение доли детритофагов, что связано с процессами заиления дна залива и накопления в его экосистеме органических веществ (рис. 7).

Размер раковины мидии приблизительно отражает ее возраст и позволяет изучить благополучие популяции *C. grayanus* по интенсивности пополнения друз молодью и количеству половозрелых особей. В качестве показателя, иллюстрирующего интенсивность пополнения друз оседающей молодью, принимается количество мидий размером от 1 до 35 мм, для оценки пополнения половозрелой

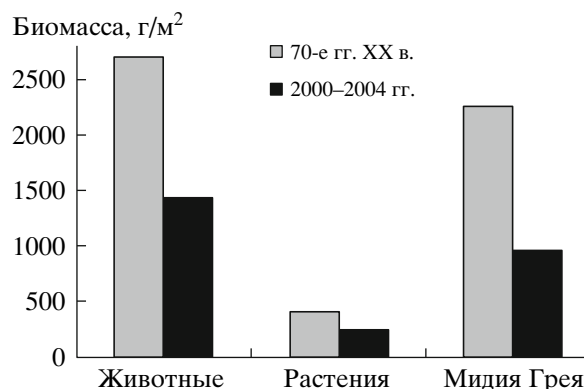


Рис. 5. Изменение среднего значения биомассы макробентоса в сообществе *C. grayanus* в период с 70-х годов XX в. по настоящее время.

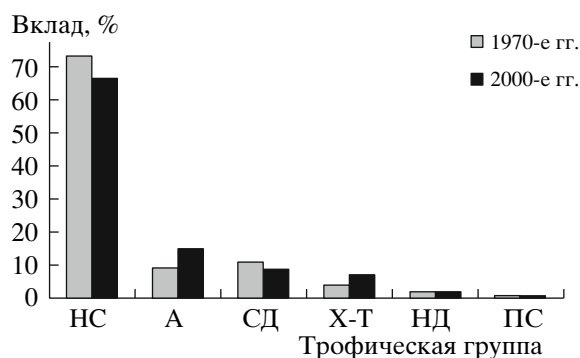


Рис. 6. Изменение вклада трофических группировок в биомассу сообщества *C. grayanus* зал. Восток с 1970-х годов по 2000-е гг.

НС – неподвижные сестонофаги, А – автотрофы, СД – сортирующие детритофаги, Х-Т – хищники-трупоеды, НД – несортирующие детритофаги, ПС – подвижные сестонофаги.

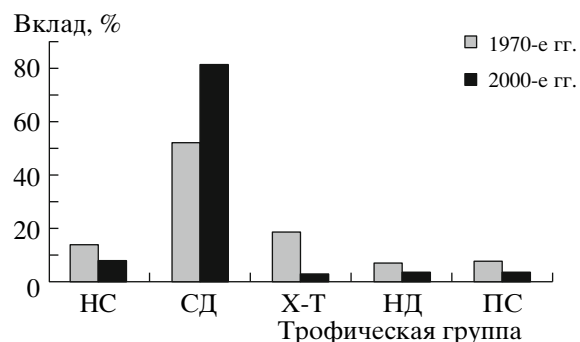


Рис. 7. Изменение вклада трофических группировок в плотность поселения зообентоса сообщества *C. grayanus* зал. Восток с 1970-х годов по 2000-е гг. Усл. обозначения см. на рис. 6.

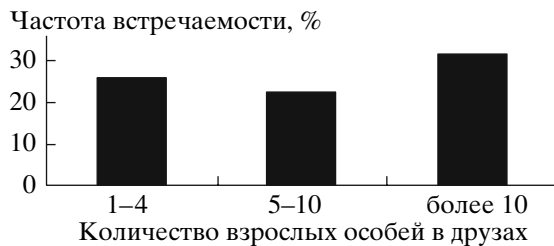


Рис. 8. Частотное распределение числа взрослых особей в друзьях *C. grayanus* в зал. Восток Японского моря.

части друз – количество молодых мидий “предрепродуктивного” возраста (35–60 мм), а для оценки возможности оседания личинок на субстрат и устойчивости друз в целом – число особей размером более 60 мм (Вигман, Кутищев, 1979). В связи с этим нами был проанализирован размерный состав популяции *C. grayanus* в зал. Восток и выявлено, что наибольшее число особей приходится на половозрелый возраст (79%), доля молодежи – 17%, предрепродуктивной группы – 4%. Кроме того, важным показателем является число особей молодежи, приходящихся на одного половозрелого моллюска (более 60 мм длиной). В норме он составляет приблизительно 10.2 экз на одну взрослую особь (Вигман, Кутищев, 1979). По нашим данным, его величина равна 6.7 экз.

Еще одним параметром для оценки состояния популяции мидии является размер друз. Их величина влияет на условия обитания, складывающиеся внутри нее, и условия для оседания и развития молодежи. Известно, что оптимальными параметрами обладают друзы средней величины – 5–10 взрослых (более 60 мм) особей. В малых друзьях (1–4 взрослых моллюска) не обеспечивается защита от хищников, в больших (более 10) – усиливаются заиливание, накопление органического вещества и ухудшается кислородный и гидродинамический режим. В настоящее время в зал. Восток преобладают большие друзы (рис. 8).

Таким образом, анализ возрастных и размерных характеристик друз мидии Грея, а также интенсивности пополнения молодежью позволяет сделать вывод о том, что в зал. Восток в настоящее время структура популяции *C. grayanus* нарушена.

Более интенсивным по сравнению с накоплением органического вещества в водах залива воздействием, имеющим однозначное антропогенное происхождение, является браконьерский промысел. Этот фактор вызывает более заметные изменения структуры биоценозов, протекающие гораздо быстрее, чем в случае накопления органических веществ.

Оценить реальные объемы браконьерского лова очень сложно. Тем не менее проводить такую оценку крайне важно. Анализ влияния браконьерского промысла на популяцию мидии Грея

проведен нами на основании 4-летней работы в заливе, опроса местного населения и отдыхающих, а также взаимодействия с администрацией заказника “Залив Восток”, любезно предоставивших данные. Заказником считается вершинная и средняя части зал. Восток до линии мысов Пуццина и Елизарова, где любая деятельность человека, в том числе промысел, строго ограничена законом. Однако штат инспекции в силу объективных причин не справляется с прессом браконьеров. За пределами заказника промысел биоресурсов неконтролируемый. В связи с этим оценить влияние браконьерского вылова на состояние популяции *C. grayanus* можно лишь только на территории заказника. Возможность расселения *C. grayanus* зависит главным образом от подходящего субстрата. В пределах заказника эта площадь весьма невелика и поддается оценке – она составляет приблизительно 2207500 м². Средняя величина биомассы *C. grayanus* в зал. Восток в настоящее время равна 970 г/м², следовательно, приблизительный запас мидии Грея в заказнике “Залив Восток” равен 2141275 кг, или 2.1 тыс. т. Согласно современным данным (Раков, 2003), запасы *C. grayanus* в зал. Петра Великого составляют около 15.5 тыс. т.

Таким образом, промысловые объемы заказника “Залив Восток” составляют не более 13.5% от общего запаса мидии Грея в зал. Петра Великого. По приблизительным оценкам инспекторов заказника, регистрируется каждый четвертый случай браконьерства (25%). На основании протоколов задержания, с учетом вероятного возможного процента незарегистрированных нарушителей, общее число браконьеров в теплые месяцы приблизительно равно 24 чел/мес., в холодные – 12 чел/мес. Теплый период длится в течение пяти месяцев (май – сентябрь), холодный – 7 (октябрь – апрель), т.е. вероятное приблизительное число случаев браконьерства в зал. Восток составляет 204 чел/год. Возможная оценка единовременного улова браконьеров также весьма приблизительно и составляет около 120 взрослых особей (около 40 кг моллюсков). Следовательно, примерный ежегодный объем добычи *C. grayanus* в зал. Восток равен 8200 кг (или 8.2 т) в год, что составляет 0.4% от его общих запасов и 1–1.6% от общего допустимого вылова в зал. Петра Великого (Раков, 2003).

Проведенная работа по оценке современного состояния сообщества *C. grayanus* в зал. Восток позволила выявить заметные изменения в его структуре. За последние 30 лет произошло перераспределение таксономических групп: увеличилась доля брюхоногих моллюсков, иглокожих и красных водорослей. Суммарная биомасса снизилась примерно на 50%: животных – на 51.6%, растений – на 17.3%. Биомасса мидии Грея уменьшилась примерно на 60%. Выявлено увеличение доли

детритофагов в общей плотности трофических групп сообщества. Значения индексов видового богатства Шеннона и выравненности *E* снизились и свидетельствуют об ухудшении благополучия структуры биоценоза.

Анализ размерных характеристик популяции показал преобладание в составе сообщества *C. grayanus* друз большой величины и низкий процент пополнения молодью, что свидетельствует о нарушении возрастной структуры популяции. Причиной этих изменений являются как естественные биологические процессы, так и антропогенное воздействие – главным образом хозяйственно-бытовое и рекреационное, в результате которого увеличивается поступление и накопление органического вещества в воде, а также слабо контролируемый браконьерский промысел, разрушающий структуру поселений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Биология мидии Грея. М.: Наука, 1983. 136 с.
- Вигман Е.П., Кутищев А.А. Роль друз разной величины в поддержании численности популяции *Crenomytilus grayanus* // Промысловые двустворчатые моллюски-мидии и их роль в экосистемах. Л.: Наука, 1979. 131 с.
- Гальщикова Ю.А. Сообщества макробентоса сублиторали залива Восток Японского моря в условиях антропогенного воздействия // Биол. моря. 2004. Т. 30. № 6. С. 423–431.
- Гальщикова Ю.А., Христофорова Н.К., Коженкова С.И. Современные проблемы государственного морского заказника “Залив Восток” в связи с нарастающей рекреационной нагрузкой и браконьерским прессом // VII Дальневосточная конференция по заповедному делу. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2005. С. 71–75.
- Герасимов С.Л. Население раковин *Crenomytilus grayanus* в заливе Петра Великого Японского моря // Промысловые двустворчатые моллюски-мидии и их роль в экосистемах. Л.: Наука, 1979. 131 с.
- Константинов А.С. Общая гидробиология. М.: Высш. шк., 1979. С. 69–70.
- Кузнецов А.П. Система трофической структуры морского зообентоса // I Всесоюзная конференция по морской биологии: Тез. докл. Владивосток: ДВНЦ АН, 1977. С. 83.
- Лебедева Н.В., Дроздов Н.Н., Кривоуцкий Д.А. Биоразнообразие и методы его оценки. М.: МГУ, 1999. 95 с.
- Нигматулина Л.В., Щеглов В.В. Биотестирование донных отложений Амурского залива (Японское море) с помощью биссусных нитей у мидий *Crenomytilus grayanus* // Рациональное природопользование и управление морскими биоресурсами: экосистемный подход: Тез. докл. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2003. С. 156–157.
- Погребов В.Б., Кашенко В.Н. Донные сообщества твердых грунтов залива Восток Японского моря // Биологические исследования залива Восток. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 12–22.
- Раков В.А. Массовые виды промысловых двустворчатых моллюсков юга Дальнего Востока (экология и история хозяйственного использования): Дис. ... докт. биол. наук. Владивосток, 2003. 372 с.
- Свешиников В.А., Кутищев А.А. Структура друз дальневосточной мидии *Crenomytilus grayanus* // Докл. АН СССР. 1976. Т. 229. № 3. С. 773–776.
- Селин Н.И. Структура поселений и рост мидии Грея в сублиторали Японского моря // Биол. моря. 1991. № 2. С. 55–63.
- Христофорова Н.К., Журавель Е.В., Миронова Ю.А. Рекреационное воздействие на залив Восток (Японское море) // Биол. моря. 2002. № 4. С. 300–303.
- Чупышева Н.Г. Сравнительный анализ поселений мидии Грея *Crenomytilus grayanus* Dunker, 1853 в зал. Петра Великого (Японское море) в разных условиях обитания // Рациональное природопользование и управление морскими биоресурсами: экосистемный подход: Тез. докл. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2003. С. 204–206.