

УДК 639.3/6

Г.С. Гаврилова, Е.С. Кондратьева*Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4**РЕЗУЛЬТАТЫ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ МАРИКУЛЬТУРЫ ЗАЛИВА ПОСЬЕТА
(ЯПОНСКОЕ МОРЕ) В 2000–2015 ГГ.**

Проанализированы сведения о деятельности мариферм в зал. Посьета (Японское море) в 2000–2015 гг. Хозяйства марикультуры зал. Посьета в эти годы получали посадочный материал для культивирования четырех видов беспозвоночных: на коллекторах собрано более 644 млн экз. спата приморского гребешка; около 17 млн экз. молоди трепанга, полученной на заводах и собранной на коллекторах, расселено на донных плантациях; в меньших объемах собиралась молодь мидии и устриц. Продукция марихозяйств превысила 4,3 тыс. т. Максимальное ежегодное изъятие моллюсков наблюдалось в 2006–2010 гг. — в среднем 510 т в год, биомасса разновозрастных моллюсков на плантациях в этот период достигала 1800 т. Риски социального и экологического характера, возникавшие в работе мариферм в рассматриваемый период, снижали их эффективность и объемы получаемой продукции.

Ключевые слова: зал. Посьета, гребешок, трепанг, спат моллюсков, товарная продукция.

DOI: 10.26428/1606-9919-2018-195-229-243.

Gavrilova G.S., Kondratieva E.S. Results of economic activity and problems of aquaculture development in the Possiet Bay (Japan Sea) in 2000–2015 // *Izv. TINRO.* — 2018. — Vol. 195. — P. 229–243.

The Possiet Bay in the western Japan Sea is crucially important for marine aquaculture of Primorye because of the environments favorable for cultivation of many aquatic species. The local marine farms cultivate sea cucumber and several bivalve species, including the most valuable yesso scallop, which output production is counted in hundreds of tons. The number of farms in the Possiet Bay increases recently, as well as their production of seeding materials and marketable output of seafood. Cultivation of 3 bivalve species (yesso scallop, pacific blue mussel, and pacific oyster) and 1 holothurian species (japanese spiky sea cucumber) is considered. The seeding material is collected by the farms located in the Possiet Bay, which prefer to collect more valuable spat of the scallop and sea cucumber, while the mussel and oyster are collected in smaller amounts. In total, more than 640 million of the scallop juveniles and about 1.2 million of the sea cucumber juveniles were collected by local farms in the period from 2000 to 2015, including both the spat collected on their own collectors or bought from other vendors. Dynamics of the output is presented for these species. The greatest harvest of the marketable scallop (over 1800 t) was produced in 2006–2010, with the highest annual output over 510 t. The summary production of all marine farms in the Possiet Bay within the 15-year period (2001–2015) is estimated as 4,300

* Гаврилова Галина Сергеевна, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, e-mail: gavrilova@tinro.ru; Кондратьева Елена Станиславовна, аспирант, e-mail: elena.kondratieva@tinro-center.ru.

Gavrilova Galina S., D.Sc., principal researcher, e-mail: gavrilova@tinro.ru; Kondratieva Elena S., postgraduate student, e-mail: elena.kondratieva@tinro-center.ru.

t, that exceeds the registered catch of scallop in this area in the whole history of its fishery (that was banned in the middle of 1980s). Even before the fishery opening in the early XX century, the yesso scallop biomass in this area did not exceed 1,000 t. Dynamics of anthropogenic pressure to the Possiet Bay waters is analyzed, as well. There is concluded that yesso scallop has natural ability to considerable growth of its biomass because of high fecundity, though this potential is limited by lack of substrate for the spat settling that is successfully compensated with artificial substrata provided by marine farms. However, the growth of scallop biomass and production causes higher phytoplankton consumption, increasing of water pollution by dissolved and particulate organic matter, and accumulation of metabolic by-products in marine organisms. Rapid development of aquaculture causes some social and ecological risks, as well, as territorial disputes, legislative problems (with harvesting permits, etc.), starfish expansion, grazing of farmed mollusks by marine birds, destruction of aquaculture facilities in new areas located in the insufficiently closed bights by typhoons, and epizootics (most dangerous for the sea cucumbers).

Key words: Possiet Bay, scallop, sea cucumber, spat of mollusks, marketable production.

Введение

Научные исследования и промышленные разработки в области марикультуры в Приморском крае были начаты в 1970-е гг. на самом юге региона — в зал. Посъета. Гидробиологические работы, выполненные еще в начале прошлого века, свидетельствовали о большом потенциале этой акватории для искусственного воспроизводства беспозвоночных (Разин, 1934). Условия зал. Посъета оказались благоприятными для разведения многих, в том числе и субтропическо-низкобореальных видов. В настоящее время эта акватория является наиболее значимой для марикультуры Приморья. К 2015 г. здесь были расположены почти два десятка плантаций, занимающих 13,5 % площади водного зеркала залива. В его водах выращивают несколько объектов, в том числе и низкобореальный вид — приморский гребешок *Mizuhopecten yessoensis*, продукция которого в последнее десятилетие измеряется сотнями тонн.

До начала 2000-х гг. самое большое (и старейшее) хозяйство марикультуры на этой акватории располагалось в бухте Миноносок. Анализ его деятельности, выполненный Д.И. Вышкварцевым с соавторами (2005), показал, что за 30-летний период (1972–2002 гг.) из этой бухты было отсажено 102 млн экз. годовиков и 24 млн экз. спата приморского гребешка. В результате в зал. Посъета были восстановлены запасы этого вида, существовавшие здесь до 1934–1935 гг., значительная часть собранной молодежи расселена в других районах зал. Петра Великого.

В последние годы количество марикультурных ферм в зал. Посъета заметно увеличилось, возросли объемы производства посадочного материала и товарной продукции. Прогнозируется дальнейшее увеличение площадей плантаций в этом районе.

Цель нашего исследования состояла в определении масштабов марикультуры в зал. Посъета в 2000–2015 гг.: оценены объем произведенного посадочного материала гидробионтов, биомасса товарной продукции марихозяйств, величина ее изъятия, а также рассмотрены риски, возникавшие в этом районе при развитии марикультуры.

Материалы и методы

Для определения масштабов марикультуры проанализированы сведения о деятельности мариферм, содержащиеся в документах (проверочных актах) Хасанского отдела ФГБУ «Приморрыбвод», Приморского территориального управления Росрыболовства, а также базе данных ТИНРО-центра. Для работы привлекались отчеты руководителей хозяйств, представленные в Приморское территориальное управление Росрыболовства. Обработано около 400 документов за период с 2000 по 2015 г. Полученные результаты позволяют оценить объемы производства с высокой степенью достоверности, но не претендуют на их абсолютную точность, так как в использованных нами документах часть информации отсутствовала.

Необходимо отметить большой вклад в проделанную многолетнюю работу по оценке продукции марикультуры в зал. Посъета сотрудников Хасанского отдела ФГБУ «Приморрыбвод», в том числе начальника его РМС Л.Ф. Корпушевой.

При анализе материалов рассчитывалась ежегодная численность на плантациях разновозрастных культивируемых гидробионтов: приморского и японского *Chlamys farreri* гребешков, тихоокеанской мидии *Mytilus trossulus*, тихоокеанской гигантской устрицы *Crassostrea gigas* и дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus*.

Общую биомассу сеголеток, годовиков, двух-, трехлеток и товарных гидробионтов, сконцентрированную в районах плантаций, оценивали по фактическим данным об их индивидуальной биомассе, а при отсутствии последних — с учетом имеющихся средних значений для каждой возрастной группы на этой акватории.

Изъятие ежегодной товарной продукции, а также биомассы хищников (морских звезд) с донных плантаций оценивали, суммируя фактические данные, приведенные в актах и отчетах хозяйств.

Межгодовая динамика оседания спата приморского гребешка рассмотрена в бухтах Алеут и Рейд Паллада — акваториях, на которых собиралась основная часть посадочного материала для моллюсков этого вида. Рассчитывали интенсивность оседания спата — количество осевших особей на одном субстрате (мешочном коллекторе) (экз./кол.) и общую численность собранных сеголеток.

Статистическую обработку данных проводили с применением программы MS Excel 2007.

Результаты и их обсуждение

Характеристика марикультурного района

Залив Посьета расположен в юго-западной части зал. Петра Великого и занимает лишь 5 % его площади (~450 км²) (рис. 1). Побережье залива сильно изрезано. Он состоит из нескольких мелководных бухт (Экспедиции, Рейд Паллада, Новгородская) и более глубокого зал. Китового, который включает бухты Лукина, Алеут, Троицы, Витязь.

В этом районе наблюдаются максимальные для зал. Петра Великого сезонные колебания температуры воды поверхностного слоя, значения которой достигают в конце лета 25–26, в закрытых бухтах (Экспедиции, Новгородской) — 28–30 °С; зимой повсеместно устанавливаются ее отрицательные величины. На глубине 20 м значения температуры воды летом не превышают 12–13 °С.

Имеющиеся данные показывают, что в зал. Посьета происходит постепенное повышение среднегодовой температуры воды поверхностного слоя: в 1955–1960 гг. она составляла 9,2 (Супранович, Якунин, 1976), в 1991–2003 гг. — 9,4 °С (Гайко, 2005). Это самые высокие значения данного показателя среди других акваторий зал. Петра Великого. По мнению некоторых авторов, ранний прогрев вод в этом районе привел к сдвигу сроков нереста культивируемых моллюсков (Григорьева, 1999; Радовец, Христофорова, 2006). Здесь же отмечена наибольшая длительность периода температурного оптимума (16–20 °С) для субтропическо-низкобореальных видов (Голиков, Скарлато, 1972) — около 120 сут. Период с температурой воды ниже 0 °С, при которой происходит дискоординация процессов жизнедеятельности у пойкилотермных гидробионтов, составляет 85–92 сут.

Для открытых вод зал. Посьета в основном характерна морская соленость, значительные опреснения наблюдаются редко (Григорьева, 2005). В полузакрытых бухтах соленость на поверхности колеблется от 29,0 до 31,5 ‰, на глубине 8 м — от 32,0 до 32,5 ‰. Но в вершинах бухт она может понижаться до 22–27 ‰, в приустьевых участках рек — до 4–9 ‰.

Небольшие, но долговременные изменения в количественном и качественном составе растворенного и взвешенного органического вещества в водах залива наблюдались уже в начальный период развития марикультуры при сравнительно небольших площадях плантаций моллюсков. В местах расположения гидробиотехнических сооружений (ГБТС) для выращивания моллюсков были зарегистрированы изменения концентрации растворенного органического вещества (РОВ), отличные от сезонных. В бухте Новгородской в районе устричной плантации отмечалось повышенное содержание РОВ по

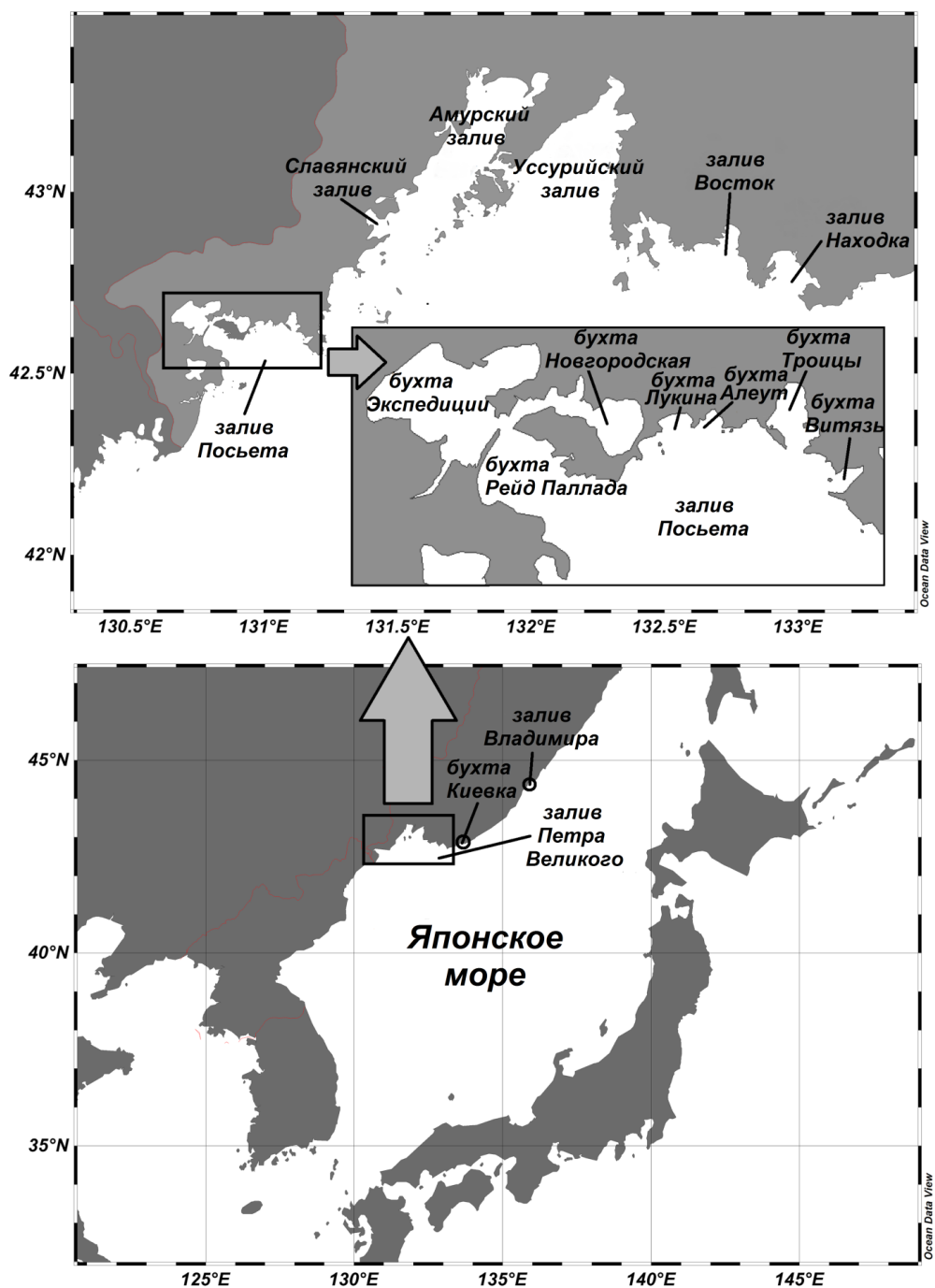


Рис. 1. Районы исследований: заливы Петра Великого, Посьета
 Fig. 1. Scheme of the study area — Peter the Great Bay, Possiet Bay

сравнению с остальной акваторией водоема весной и в целом за год. Увеличение РОВ в бухте Миносок наблюдалось в июне-июле (период массового нереста моллюсков) в районе плантаций мидий и гребешка (Кучерявенко, 2002).

Площадь мелководных районов зал. Посьета составляет около 235 км². Но плантации марикультуры могут быть созданы на значительно меньшей площади — 110–115 км², так как не все мелководные участки залива используются для марикультурной деятельности. К началу 2016 г. более 50 % акваторий над глубинами до 20 м были заняты морскими огородами (рис. 2).

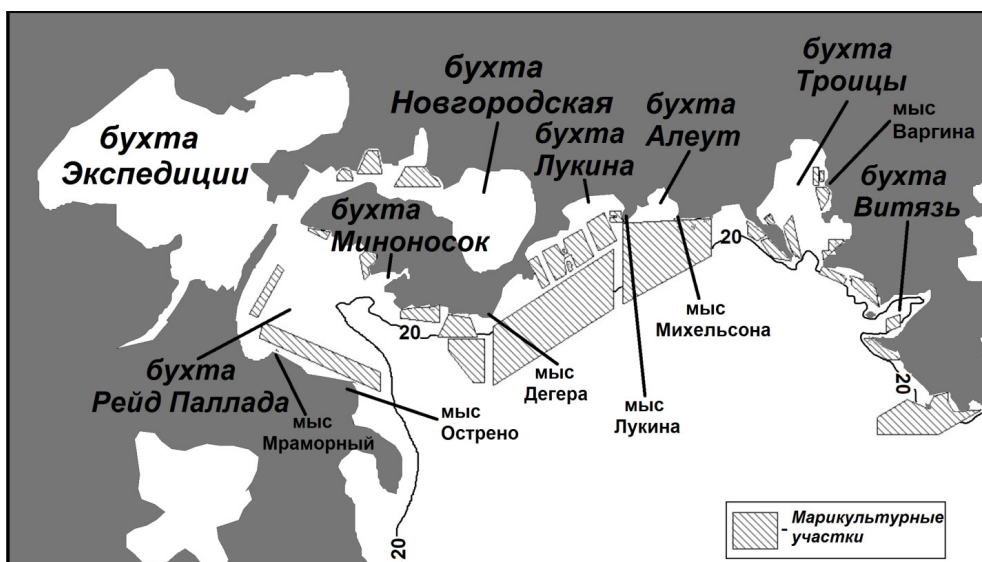


Рис. 2. Марикультурные участки в бухтах зал. Посыета
 Fig. 2. Location of marine plantations in the Possiet Bay

*Современные объемы и способы получения посадочного материала
 в марихозяйствах зал. Посыета*

В 2000–2015 гг. в зал. Посыета хозяйства марикультуры получали посадочный материал для культивирования четырех видов беспозвоночных. Приоритетными объектами были приморский гребешок и трепанг, в меньших объемах собиралась молодь мидии и устрицы. Спат других двустворчатых моллюсков (японского гребешка, анадары *Anadara broughtoni*, спизулы *Spisula sachalinensis*), осевший на коллекторах, использовали для пополнения природных популяций.

Посадочный материал для товарного выращивания двустворчатых моллюсков получали с применением экстенсивных технологий, выставляя субстраты-коллекторы для оседающих из планктона личинок. Молодь трепанга до 2010 г. собиралась как сопутствующий объект на гребешковых коллекторах, а также на специально устанавливаемых субстратах; последние 3–5 лет хозяйства закупают мальков трепанга, выращенных на заводах.

Основными районами для сбора спата моллюсков в рассматриваемый период были зал. Китовый (бухты Алеут, Лукаина, Троицы (вблизи мыса Варгина)) и бухта Рейд Паллада (ее южная часть от мыса Мраморного до мыса Острено). В бухтах Алеут, Лукаина, у мысов Михельсона и Дегера на общей площади до 39 га оборудованы ГБТС рамного типа для сбора спата приморского гребешка. Однако наполняемость их коллекторными установками составляла в разные годы от 2,5 до 34,0 га. Кроме того, спат приморского гребешка ежегодно поставлялся хозяйствам из бухты Миноносок, несмотря на то что относится она к территории Дальневосточного государственного морского заповедника и хозяйственная деятельность на ее акватории не должна проводиться.

Посадочный материал на плантации зал. Посыета поступал и из других районов побережья Приморья. Для приморского гребешка это были единичные случаи: в неурожайные годы спат и годовиков закупали в Славянском и Уссурийском заливах. Молодь трепанга приобреталась хозяйствами регулярно начиная с 2009–2010 гг. Поставки осуществлялись с нескольких заводов, расположенных в заливах Владимира, Амурском, Славянском и в бухте Киевка; небольшие партии производителей и молоди трепанга закупались в марикультурных хозяйствах Уссурийского и Славянского заливов.

Межгодовая изменчивость оседания спата приморского гребешка прослежена в бухтах Рейд Паллада и Алеут. Средняя интенсивность оседания спата приморского гребешка на коллекторы была выше в бухте Рейд Паллада (819 экз./кол.) по сравнению

с бухтой Алеут (476 экз./кол.) (табл. 1). В то же время максимальные значения оседания оказались схожими для двух акваторий — соответственно 1638 и 1700 экз./кол. В бухте Рейд Паллада ежегодно задействовали существенно меньшее количество субстратов, и общая численность собранных на коллекторы гребешков составила 215, в то время как во второй бухте — более 340 млн экз. Всего с 2001 по 2015 г. в двух бухтах (хозяйства ООО «Нереида» и ИП «Жарков») получено более 555 млн экз. спага приморского гребешка, а с учетом данных о количестве молоди, собранной в бухтах Троицы и Миносок, эта величина превысила 644 млн экз.

Таблица 1

Результаты коллекторного сбора спага приморского гребешка в зал. Китовом (на участках ООО «Нереида») и в бухте Рейд Паллада (ИП «Жарков») в 2000–2015 гг.

Table 1

Results of yesso scallop spat collecting on artificial substrata in the Kitovy Bay (marine plantations of Nereida Co., Ltd) and in the Reid Pallada Bay (marine plantations of Zharkov private enterprise) in 2000–2015

Год	ООО «Нереида»				ИП «Жарков»			
	Кол-во коллекторов, тыс. шт.	Оседание, экз./кол.	Кол-во собранного спага, тыс. экз.	Примечание	Кол-во коллекторов, тыс. шт.	Оседание, экз./кол.	Кол-во собранного спага, тыс. экз.	Примечание
2000	75,0	530	39773,0	Сбор спага в бухте Миносок				
2001	132,0	216	28480,5					
2002	78,0	642	50100,0		–	–	4646,4	
2003	116,7	33	3842,7	Оседание звезд до 70 экз./кол.	24,6	1098	27000,0	Собрано на дне 1,5 т звезд
2004	57,18	498	28500,0		26,0	1126	29276,0	
2005	28,2	1700	47940,0		33,3	1513	50307,0	
2006	36,5	610	22234,5		23,5	1638	38493,0	
2007	36,3	288	10444,8		26,0	1270	33020,0	
2008	30,0	1040	31200,0		1,0	10	10,0	Оседание звезд, 40 экз./кол.
2009	30,0	300	9000,0		5,5	576	3168,0	
2010	30,0	5	150,0	Причины неэффективного оседания не указаны	9,0	186	1674,0	Причины неэффективного оседания не указаны
2011	10,0	435	4351,0		15,0	340	5100,0	
2012	30,6	112	3442,5	Плохое оседание, куплено 770 тыс. спага	4,0	824	3296,0	
2013	45,0	40	1800,0	Массовое оседание звезд	6,0	23	140,0	Оседание звезд, 160 экз./кол.
2014	57,5	475	27290,0		4,0	474	1896,3	
2015	45,0	700	31500,0		4,5	1564	7057,6	
Всего	–	–	340049,0		–	–	205084,3	
Среднее	48,2	476	21253,0		14,0	819	15361,0	

За период наблюдений урожай спага гребешка в бухте Рейд Паллада был почти полностью утрачен трижды, в бухте Алеут — 4 раза. В 2010 г. причины смертности

спата на коллекторах в документах не указаны, в 2003, 2008 и 2013 гг. молодь моллюсков была уничтожена осевшими на субстраты морскими звездами. Плотность оседания звезд в 2013 г. достигала 160 экз./кол., что сопоставимо с величинами оседания основного объекта культивирования.

Количество коллекторов, а следовательно, и площади плантаций для спата гребешка изменялись от года к году. При этом численность спата на обеих акваториях зависела от изменчивости биотических и абиотических факторов и в меньшей степени от количества субстратов для оседания (табл. 1). Так, увеличение численности коллекторов в 2001 г. по сравнению с 2000 г. не привело к росту урожая спата, а установка 116 тыс. коллекторов в 2003 г. и вовсе совпала с массовым оседанием звезд и потерей большей части посадочного материала.

Объемы получения и приобретения посадочного материала других видов беспозвоночных были существенно меньше (табл. 2). В рассматриваемый период три наиболее крупных хозяйства (ООО «Нереида», ИП «Жарков» и ООО «Зарубинская база флота») расселили на своих плантациях 17148,3 тыс. экз. молоди дальневосточного трепанга. Получение и приобретение молоди трепанга наиболее существенно увеличилось в 2008–2010 гг., когда стабилизировалась работа первых заводов, а также была разработана методика оценки и схема расчетов товарной продукции для этого вида (Гаврилова, Кучерявенко, 2010; Сухин и др., 2015). Это позволило мариводам начать добычу товарного трепанга на плантациях и стимулировало дальнейшее развитие направления. За 15 лет на коллекторах было собрано только 1280,1 тыс. экз. молоди трепанга, большая ее часть (89 %) получена в бухте Рейд Паллада, где коллекторный способ применялся наиболее часто. Основной объем посадочного материала трепанга, расселенного в зал. Посъета в настоящее время, — это заводские мальки, полученные от производителей из разных бухт и заливов побережья Приморья.

Таблица 2

Объемы посадочного материала гидробионтов, полученного хозяйствами марикультуры в зал. Посъета в 2000–2015 гг., тыс. экз.

Table 2

Volumes of seeding material collected by marine farms in the Possiet Bay in 2000–2015, 10³ ind.

Предприятие	Трепанг	Мидия	Устрица	Гребешок японский
ООО «Нереида»	8773,4	1088,0	17,1	–
ИП «Жарков»	2941,5	54714,7	–	5475,0
ООО «Зарубинская база флота»	5433,4	65685,0	690,4	29340,0
Всего	17148,3	121487,7	707,5	34815,0

Культивированием тихоокеанской мидии в заливе занимались два предприятия, собравшие за все годы более 120 млн экз. спата. Такое количество молоди позволяет получить 60–70 т товарной продукции. Менее всего было получено посадочного материала для выращивания устрицы.

Молодь еще нескольких видов гидробионтов оседала на коллекторах эпизодически и в небольших количествах: спат японского гребешка собрали в бухтах Рейд Паллада и Троицы, расселяли — в бухтах Новгородской и Троицы. Урожай таких видов как спизула сахалинская и анадара Броутона получен только 2–3 раза в бухте Рейд Паллада. Расселяли моллюсков на этой же акватории и в бухте Новгородской: молодь спизулы — в 2002 (160 тыс. экз.) и 2011 (1320 тыс. экз.) гг., анадары — в 2002 (93,0 тыс. экз.), 2004 (7,5 тыс. экз.) и 2011 (465,0 тыс. экз.) гг. Однако отсутствие технологий культивирования для этих объектов в нашем регионе и, следовательно, методик определения объемов товарной продукции не позволило оценить и изъять урожай на плантациях.

Биомасса видов-аквакультурантов на участках марикультуры в 2001–2015 гг.

Наиболее значительные величины биомассы аквакультурантов на акватории зал. Посъета также отмечены в зал. Китовом и в бухте Рейд Паллада. Общая биомасса

объектов разведения, приведенная в табл. 3, 4, складывается из суммы биомасс разновозрастных гидробионтов.

Таблица 3

Биомасса культивируемых гидробионтов на участках марикультуры в зал. Китовом (бухта Алеут), т

Table 3

Biomass of cultivated species on marine plantations in the Kitovy Bay (Aleut Bight), t

Год	Биомасса разновозрастных гидробионтов			Изъятие товарной продукции	Изъятие морских звезд
	Гребешок	Трепанг (экспертная оценка)/другие виды	Итого		
2001	348,9	-/7,9	356,8*	–	6,8
2002	1128,7	-/-	1128,7	2,33 ¹	3,0
2003	906,4	0,03/11,0	917,43*	252,2 ¹	11,0
2004	402,7	-/0,5	402,7	415,4 ¹	3,0
2005	476,4	-/2,3	476,4	337,5 ¹	–
2006	1279,3	2,3/-	1281,6	282,5**	0,6
2007	1704,4	2,4/-	1706,8	427,7	0,3
2008	1110,2	-/-	1113,2	549,0	2,5
2009	991,7	-/-	994,7	446,2	0,65
2010	704,5	-/-	708,5	474,7	0,38
2011	950,7	14,2/-	964,9	165,0 ¹ + 0,7 ²	0,27
2012	705,0	3,7/-	708,7	10,91 ¹ + 0,92 ²	0,25
2013	360,9	4,42/-	365,3	–	–
2014	304,2	103,1/-	407,3	104,1 ¹ + 2,3 ²	0,28
2015	227,2	82,8/-	310,0	2,8 ² + 89,4 ¹	0,47
Всего				3563,65	29,5

¹ Товарная продукция гребешка. ² Товарная продукция трепанга. * Получена дополнительная продукция мидии. ** Утрачено 40 т гребешка поколения 2004 г. из-за разрушения промышленной установки.

Таблица 4

Биомасса и объемы изъятия культивируемых гидробионтов на участке марикультуры в бухте Рейд Паллада, т

Table 4

Biomass of cultivated species on marine plantations in the Reid Pallada Bay, t

Год	Биомасса разновозрастных гидробионтов				Изъятие товарной продукции	Изъятие морских звезд
	Трепанг	Гребешок	Мидия	Итого		
2002	0,86	14,05	2,03	16,9	–	1,0
2003	5,86	90,75	9,05	105,7	–	1,5
2004	9,10	604,0	14,80	627,9	20,7 ¹	2,8
2005	11,90	612,50	–	624,4	–	0,9
2006	20,10	393,30	–	413,4	54,6 ^{1*}	2,4
2007	21,40	1188,20	0,55	1210,2	216,0 ^{1**}	0,5
2008	22,0	763,0	–	784,0	70,0 ¹	–
2009	42,10	487,20	–	529,3	79,9 ¹	0,3
2010	80,90	219,30	–	300,2	89,5 ¹	0,4
2011	79,70	268,30	–	348,0	96,7 ¹ + 4,6 ²	0,3
2012	31,0	232,60	–	263,6	39,7 ¹ + 1,7 ²	–
2013	34,60	253,70	–	288,3	1,6 ¹ + 18,1 ²	1,3
2014	88,20	150,60	–	238,8	1,0 ¹ + 17,6 ²	–
2015	45,30	113,20	–	158,5	21,0 ¹ + 6,7 ²	–
Всего					739,4	11,4

¹ Товарная продукция гребешка. ² Товарная продукция трепанга. * Более 50 т гребешка возраста 3–4 года выброшено на косу Чурхадо после прохождения тайфуна. ** Рекомендованное изъятие товарной продукции и расселение спата не проводили из-за недоступности плантаций.

Залив Китовый. В местах расположения коллекторных установок в период с мая по октябрь продуцируется значительная биомасса гидробионтов. Так, при получении 21,24 млн экз. спата гребешка (среднеголетнее значение для питомника в зал. Китовом) в районе коллекторных установок на площади 2 га над каждым квадратным метром поверхности дна продуцируется в среднем около 530 г биомассы спата. Эта оценка справедлива при соблюдении стандартной схемы постановки ГБТС, согласно которой на одной стометровой хребтине размещено 50 гирлянд с 30 мешками-коллекторами.

Однако в хозяйстве использовались и иные схемы установки коллекторов, при которых расстояние между хребтинами может быть более 5 м или увеличена численность субстратов в гирлянде. В этом случае с изменением концентрации устанавливаемых субстратов в единице объема воды изменяется и величина продуцируемой биомассы. В 2002 г. в зал. Китовом экспонировались три коллекторные установки: у мыса Лукина на площади 2 га был собран спат гребешка общей массой около 23 т (при массе одного моллюска 0,5 г). Следовательно, в октябре удельная биомасса молоди моллюсков на этой плантации составляла 1150 г над 1 м² проективной поверхности дна. В двух других районах (акватории у мысов Михельсона и Дегера) при разреженной схеме постановки субстратов для оседания спата этот показатель бы значительно ниже — соответственно 28 и 25 г · м⁻². В бухте Рейд Паллада в 2005 г. на площади около 2 га собрано более 50 млн экз. спата, следовательно, к октябрю (время обработки коллекторов) удельная биомасса на этой площади составляла 1437 г над 1 м² поверхности дна.

Кроме коллекторных ГБТС, в зал. Китовом (на акватории от мыса Дегера до мыса Михельсона) на площади 400–500 га были созданы промышленные установки для садкового выращивания гребешка, а также донные плантации на акватории около 1500 га. В остальных бухтах зал. Посьета применялось только донное выращивание приморского гребешка, а также подвесное выращивание мидии и устрицы. Молодь трепанга также подращивали на донных плантациях, расселяя большую часть мальков в возрасте 1–1+ лет на искусственных рифах.

В бухте Алеут и на прилегающих акваториях наибольшие значения биомассы разновозрастного гребешка (до 1707 т в 2007 г.) наблюдались с 2002 по 2012 г., когда и объемы добычи изменялись от 165 до 549 т (табл. 3). В 2013–2015 гг. производство приморского гребешка заметно уменьшилось. Снижение биомассы в 2004–2005 гг. обусловлено неурожаем спата в 2003 г., а в 2002 и 2012 гг. в документах указано незначительное изъятие продукции.

В 2015 г. установки для подращивания молоди и промышленного выращивания гребешка в зал. Китовом на участке от мыса Дегера до мыса Михельсона были размещены на площади 417 га, на них находились 21416 тыс. экз. гребешков общей массой 188,152 т. Удельная биомасса в районе плантаций составляла 45 г над каждым квадратным метром поверхности дна. На 5 донных участках площадью 1060 га велось подращивание 23945,59 тыс. экз. моллюсков с общей биомассой 556,125 т и удельной — 50 г · м⁻².

Распределение биомассы гребешка на донных плантациях было неравномерным. Наибольшие ее значения (216 г · м⁻²) приходились на участки, где расселяли молодь в возрасте 1 года с начальной плотностью 10–12 экз. м⁻². На участках с 2–5-летними моллюсками плотности расселения и биомасса были существенно ниже (от 1,0 до 32,5 г · м⁻²) и зависели от количества выживших особей. В реальной ситуации моллюски образуют лишь локальные поселения с высокой плотностью (где и проводят изъятие товарной продукции), а на остальной акватории встречаются единично.

С 2011 г. на донных плантациях производилась добыча трепанга, которая к 2015 г. возросла до 2,8 т. В течение всего рассматриваемого периода велась очистка донных плантаций от морских звезд, изъято 29,5 т этих гидробионтов.

В зал. Китовом за 15 лет на марикультурных плантациях изъято 3616 т живой биомассы беспозвоночных, из которых 3,6 тыс. т пришлось на добычу приморского гребешка и около 7 т на добычу трепанга.

Бухта Рейд Паллада. Наибольшая биомасса видов-аквакультурантов наблюдалась в бухте в 2004–2009 гг., а максимальные изъятия товарной продукции в 2006–2011 гг.

(табл. 4). С 2010 г. производство гребешка стало сокращаться и в 2014–2015 гг. составляло только 150 и 113 т. Вместе с тем начиная с 2009 г. на донных плантациях значительно увеличилась биомасса трепанга и в 2011 г. началась его добыча. Максимальное изъятие произведено в 2013–2014 гг. в объеме 18,1 и 17,6 т. Донные участки регулярно очищали от морских звезд, за 10 лет добыто 11,4 т этих беспозвоночных.

За 14-летний период в бухте Рейд Паллада произведено и реализовано 474,7 т гребешка, 48,7 т трепанга, суммарно изъято почти 535 т живой биомассы беспозвоночных. В этом районе не удалось получить товарную продукцию мидии, хотя оседание спата наблюдалось в 2002–2004 гг. Однако в дальнейшем моллюски на коллекторах практически полностью были уничтожены водоплавающими птицами.

В бухте *Новгородской* с 2004 по 2015 г. добыто лишь 114 т товарной продукции, из которых 100 т пришлось на продукцию тихоокеанской мидии в 2006 г. (табл. 5).

Таблица 5

Биомасса и объемы изъятия культивируемых гидробионтов на участке марикультуры
в бухте Новгородской (45 га), т

Table 5

Biomass of cultivated species and output volumes for marine plantation
in the Novgorodskaya Bay (45 ha), t

Год	Биомасса разновозрастных гидробионтов				Изъятие товарной продукции	Изъятие морских звезд
	Трепанг	Гребешок	Мидия	Итого		
2004	0,01	0,50	15,3	15,80	–	0,2
2005	0,30	3,0	12,8	16,10	14,0	–
2006	0,72	7,05	120,4	128,20	~100,0	–
2010	1,86	1,40	–	3,27	Нет данных	0,3
2011	1,90	1,13	–	3,03	Нет данных	–
2015	2,70	38,60	–	41,30	Нет данных	–
Всего					114,0	0,5

В рассматриваемый период небольшие объемы продукции (10–20 т) были добыты и на других акваториях залива, которые не были учтены при анализе общей ситуации.

Сравнение численности спата приморского гребешка, расселенного на донных плантациях, и изъятой продукции показало, что в бухте Рейд Паллада изъято около 691 т моллюсков (см. табл. 4), при том что расселено на дне бухты более 215 млн сеголеток и годовиков. При средней массе товарного гребешка 0,15 кг численность изъятых моллюсков составляет 46 млн экз., или 21 % от расселенных, что соответствует бионормативам донного выращивания гребешка, полученным для зал. Посъета (Справочник..., 2002).

В бухте Алеут также проводилось массовое расселение на дно спата и молоди гребешка первого-второго годов жизни. Наибольшее количество моллюсков расселено в 2001–2003 гг. (поколения 2000–2002 гг.) — 73,4 млн экз., из которых более 70 % пришлось на сеголеток. К 2006 г. с донных плантаций было добыто 5372 тыс. экз. товарных моллюсков. Если принять, что все изъятые особи принадлежат к поколениям 2000–2003 гг., то выживаемость молоди гребешка составила 7,3 %, что ниже принятых нормативов. Одной из причин низкой выживаемости моллюсков на донных плантациях может быть высокая численность сеголеток в общем объеме посадочного материала.

Таким образом, в 2000–2015 гг. акватория зал. Посъета активно осваивалась хозяйствами марикультуры. В заливе работали 8 компаний — 15 % их общего числа существовавших в зал. Петра Великого. Площадь участков, отведенных под плантации марикультуры, к 2016 г. превышала 61 км², что составляло 13,5 % общей площади зал. Посъета и 53,0 % его акватории над глубинами до 20 м, для которых разработаны современные технологии марикультуры. Концентрация плантаций в зал. Посъета превосходит таковую в остальных районах зал. Петра Великого и представляется довольно высокой для бухт с ограниченным водообменом. В настоящее время в бухте Новгородской занята

12 %, в бухте Рейд Паллада — 17 % площади акватории. Вместе с тем рекомендованная площадь для создания, например, устричников в бухте Новгородской составляет только 2 % ее площади (Кучерявенко, 2002). По нашим оценкам, при садковом выращивании гребешка и товарном культивировании мидии допустимые площади плантаций в мелководных бухтах зал. Посыета не должны превышать 14 % площади водоемов. Донное выращивание гребешка может быть организовано на гораздо большей площади (до 25 % площади бухт). Основные ограничения при культивировании связаны с плотностью размещения моллюсков, доступностью кормовых ресурсов и накоплением биоотложений, т.е. с регуляторными возможностями бухт, их экологической емкостью (Гаврилова, 2012).

Для современного облика залива характерно наличие значительного количества установок марикультуры. Большинство из них размещены в настоящее время на мелководье, лишь несколько участков занимают глубины свыше 20 м. Вместе с тем очевидно, что расширение промышленного культивирования двустворчатых моллюсков будет происходить в глубоководных районах, площадь которых существенно больше, а вероятность накопления критических объемов биоотложений и органического загрязнения — ниже. Следовательно, в ближайшее время в заливе будет развиваться (согласно принятой в настоящее время терминологии) не только прибрежное (coastal farming), но и удаленное от берега (off-coastal farming) морское фермерство (Holmer, 2010). В свою очередь, это предполагает необходимость развития соответствующего оборудования плантаций и плавсредств для их обслуживания. Максимальные объемы продукции были получены предприятием ООО «Нереида», у которого установки для промышленного выращивания гребешка расположены в зал. Китовом на глубине 20–22 м, имеющего наибольшую степень механизации производства.

Благоприятные для воспроизводства моллюсков и иглокожих условия зал. Посыета позволяют и до настоящего времени периодически получать урожаи посадочного материала экстенсивными методами. В 2000–2005 гг. в зал. Китовом ежегодно собиралось от 28 до 50 млн экз. спата приморского гребешка на небольших по площади коллекторных установках. За 15 лет в заливе собрано более 644 млн молоди этого вида, что более чем в 5 раз превышает результаты предыдущего тридцатилетия.

Вместе с тем очевидна и существенная нестабильность оседания молоди моллюсков на коллекторы. При одинаковом количестве устанавливаемых субстратов общая численность спата изменялась от года к году до 10 раз, а трижды за 15 лет урожай был утрачен практически полностью. Величины урожая спата контролировались биотическими и абиотическими факторами и не соответствовали прогнозам.

Опыт работы крупнейшего в Приморье хозяйства (ООО «Нереида») показал также, что получение большого количества посадочного материала без возможности его своевременной переработки не всегда приводит к желаемым результатам и экономической выгоде. Затратив немалые средства на сооружение ГБТС и их обслуживание, хозяйство не получило соответствующей товарной продукции. Большая часть молоди гребешка расселялась на донные плантации без промежуточного подращивания, в результате его средняя выживаемость в 2001–2005 гг. составила 7,5 %, что ниже нормативов для этой акватории. В 2000 г. 83 % из почти 40 млн экз. спата были расселены на дно из коллекторов в возрасте менее одного года. Для выращивания в садках отсажено только 14 % годовиков, из которых и была получена наибольшая товарная продукция гребешка. В 2001 г. только 31 % из 28,5 млн экз. спата выращивался в садках. Очевидно, что при промышленном культивировании двустворчатых моллюсков важно оценить необходимое и достаточное количество посадочного материала для того, чтобы не понести убытки. Но сделать это при условии сбора спата в природе достаточно сложно.

Массовое расселения спата гребешка на дно имело и иные последствия, в частности увеличение концентрации хищников, в том числе морских звезд в районе плантаций. В 2000–2003 гг. в бухте Алеут и на прилегающих акваториях собрана почти 21 т морских звезд, ежегодное их изъятие увеличилось с 3 до 11 т в 2003 г. На коллекторных установках в 2003, 2008 и 2010 гг. отмечены массовое оседание молоди морских звезд и, как следствие, потеря урожая спата гребешка.

В настоящее время высокие концентрации гидробионтов и большие значения их удельной биомассы формируются не на всей площади марикультурных участков зал. Посыета, а только там, где в толще воды расположены коллекторные и садковые комплексы, а также на донных плантациях. Современная структура марикультурных участков такова, что лишь часть акватории используется непосредственно для размещения культивируемых объектов. Значительные площади отведены для проходов к плантациям, гидробиотехнических конструкций и других сооружений (якоря, оттяжки), без которых невозможно марикультурное производство. Однако при расчете удельной биомассы учитывается, как правило, вся площадь участков, что создает видимость невысокой нагрузки и невысокой продуктивности акваторий. Вместе с тем влияние марикультурных установок (увеличение осадконакопления, изменения в микробных сообществах, концентрация хищников) распространяется на значительные расстояния, и наличие буферных зон должно быть обязательной частью морских хозяйств. Очевидно и то, что общая площадь участков используется не всегда неэффективно.

Антропогенная нагрузка на акваторию зал. Посыета с развитием марикультуры

Изъятие двустворчатых моллюсков из экосистемы зал. Посыета проводится на протяжении уже нескольких десятилетий. Имеющиеся данные позволяют проследить результаты эксплуатации поселений приморского гребешка (табл. 6). По имеющимся данным, биомасса этого вида в заливе до начала промысла в начале прошлого века не превышала 1 тыс. т (Разин, 1934). До середины 1980-х гг. изъятие гребешка проводилось только за счет промысла, который дважды — в середине 1930 и 1960-х гг. — приводил к тому, что биомасса поселений уменьшалась до критических значений (Вышкварцев и др., 2005; Седова, Соколенко, 2014). Рекомендованный вылов в начале 1970-х гг. уже не превышал 10 т, а в конце этого десятилетия был введен запрет на добычу приморского гребешка из природных поселений. Трудно оценить неконтролируемый, незаконный промысел, который не прекращается на этой акватории и в настоящее время.

Таблица 6

Величины изъятия приморского гребешка в зал. Посыета в результате промысла и аквакультуры

Table 6

The yesso scallop landings in the Possiet Bay by fishery and aquaculture

Период	Численность, тыс. экз./биомасса, т	Изъятие, т/год	Вид изъятия	Источник данных
1934–1935	500/–	~ 90	Промысел	Разин, 1934; Вышкварцев и др., 2005
1950-е	–	Запрет промысла	–	–
1962–1966	674/171,0	~10	Промысел	Бирюлина, Родионов, 1972
1970-е	–	Запрет промысла с 1976 г.		
1986–2002	–	56	Аквакультура	Вышкварцев и др., 20005
2000–2005	–/1001,0	256	Аквакультура	Собственные данные
2006–2010	–/1808,4	510	Аквакультура	«
2011–2015	–/810,6	136	Аквакультура	«

В 1980-х гг. началось изъятие товарной продукции гидробионтов, полученной в хозяйствах марикультуры. С 1986 г. до начала 2000-х гг. было добыто около 950 т беспозвоночных, максимальное изъятие (110–147 т) наблюдалось в 1989–1992 гг. (Вышкварцев и др., 2005). В среднем в этот период два хозяйства марикультуры производили до 56 т продукции моллюсков в год.

Существенно возросло производство товарной продукции приморского гребешка после организации марихозяйств в заливе в начале 2000-х гг. Максимальное ежегодное изъятие моллюсков наблюдалось в 2006–2010 гг. — в среднем 510 т, а снижение производства в следующую пятилетку во многом обусловлено законодательными и

административными препятствиями. В целом за 15 лет (2001—2015 гг.) продукция марикультуры превысила 4,3 тыс. т. Это больше, чем за весь период известного промысла, даже в том случае, если промыслом изымалось ежегодно не менее 10 т моллюсков во все годы прошлого века до его запрета в середине 1970-х гг.

Отметим, что в указанный период официальным промыслом не эксплуатировались природные поселения гребешка и по имеющимся данным их биомасса незначительно увеличилась (Седова, Соколенко, 2014).

Продукция искусственно созданных поселений приморского гребешка возросла многократно за счет реализации одного из потенциальных свойств вида — высокой плодовитости, а выживаемость спата увеличилась в результате размещения на акватории залива дополнительных субстратов для оседания.

Вместе с тем, существенно возросла и антропогенная нагрузка на акваторию залива, если понимать под ней создание повышенной биомассы беспозвоночных на локальных участках в толще воды и на дне, а также увеличение изъятия продукции марикультуры в бухтах зал. Посъета по сравнению с тем временем, когда осуществлялся только промысел видов-аквакультурантов. Очевидно, что увеличение биомассы моллюсков ведет не только к росту потребления фитопланктона, РОВ и ВОВ, но и к накоплению продуктов жизнедеятельности организмов.

Риски при развитии марикультуры

В рассматриваемый период были отмечены социальные и природные риски в деятельности марихозяйств. К первой группе можно отнести территориальные споры и законодательные проблемы. В 2007 г. в бухте Рейд Паллада не были выполнены производственные работы (переборка коллекторов со спатом гребешка, добыча товарного гребешка с донных плантаций) из-за недоступности плантаций, проезд к которым был ограничен вследствие территориального спора с соседним предприятием. В результате хозяйство не смогло изъять и реализовать 216 т товарного гребешка, что привело к существенным убыткам.

В период с 2011 по 2015 г. во всех хозяйствах снизились объемы добычи товарной продукции из-за отсутствия разрешительных документов на изъятие. В 2013 г. после принятия закона об аквакультуре из-за отсутствия утвержденной методики оценки биомассы видов-аквакультурантов хозяйства не могли легально изымать и реализовывать товарную продукцию. Прогнозировать возникновение подобных ситуаций вряд ли возможно.

К группе природных рисков могут быть отнесены события, связанные с потерей урожая спата гребешка и мидии из-за оседания на коллекторы морских звезд и выедания моллюсков водоплавающими птицами, а также в связи с утратой части товарной продукции (выброс 50 т гребешка в 2007 г. на косу Чурхадо) в результате прохождения тайфуна и разрушения ГБТС. Частота наступления перечисленных событий составила и в бухте Рейд Паллада, и на акваториях вблизи бухты Алеут 1 раз в три года.

Еще одна группа рисков связана с вселением в экосистему зал. Посъета гидробионтов, полученных в искусственных условиях. В 2009–2010 гг. несколько десятков миллионов молоди трепанга, полученных на 5 заводах Приморья, расселено на донных плантациях. На каждом предприятии в этот период отмечались эпизоотии, приведшие к потерям части или всех личинок и молоди трепанга (Терехова, Белькова, 2016). Вместе с тем система санитарно-ветеринарного контроля на плантациях беспозвоночных до настоящего времени не разработана, что может привести к невосполнимым потерям в этой области рыбного хозяйства края.

Заключение

В последние десятилетия в экосистеме зал. Посъета отмечены изменения, обусловленные как климатическими факторами, так и антропогенной деятельностью. Для этой акватории зарегистрированы значимые положительные тренды аномалий температуры воды, что связывается с эффектами современных климатических изменений (Ростов

и др., 2016). В то же время наблюдаются изменения количественного и качественного состава растворенного и взвешенного органического вещества в районах марикультурных плантаций. Начиная с 1990-х гг. в бухтах, где осуществлялась хозяйственная деятельность, зафиксированы изменения гидродинамического режима — снижение скоростей течений (Григорьева др., 1996). Очевидно, что при возрастающей нагрузке на экосистему залива и длительной эксплуатации плантаций должен быть организован современный экологический мониторинг этой акватории.

Список литературы

- Бирюлина М.Г., Родионов Н.А.** Распределение, запасы и возраст гребешка в заливе Петра Великого // Вопросы гидробиологии некоторых районов Тихого океана. — Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1972. — С. 33–41.
- Вышкварцев Д.И., Регулев В.Н., Регулева Т.А. и др.** Роль старейшего хозяйства марикультуры в восстановлении запасов приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* (Jay, 1856) в заливе Посьета Японского моря // Биол. моря. — 2005. — Т. 31, № 3. — С. 207–212.
- Гаврилова Г.С.** Приемная емкость аквакультурных районов для двустворчатых моллюсков // Мат-лы Всерос. науч. конф. «Водные биологические ресурсы северной части Тихого океана: состояние, мониторинг, управление», посвящ. 80-летию юбилею ФГУП «КамчатНИРО». — Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2012. — С. 563–567.
- Гаврилова Г.С., Кучерявенко А.В.** Товарное выращивание дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* в заливе Петра Великого: методические особенности, результаты работы хозяйства марикультуры в бухте Суходол // Изв. ТИНРО. — 2010. — Т. 162. — С. 342–354.
- Гайко Л.А.** Особенности гидрометеорологического режима прибрежной зоны залива Петра Великого (Японское море) : моногр. — Владивосток : Дальнаука, 2005. — 150 с.
- Голиков А.Н., Скарлато О.А.** Об определении оптимальных температур обитания морских пойкилотермных животных путем анализа температурных условий на краях их ареалов // ДАН СССР. — 1972. — Т. 203, № 5. — С. 1190–1192.
- Григорьева Н.И.** Межгодовая изменчивость температуры воды в прибрежной зоне залива Посьета Японского моря // Биол. моря. — 1999. — Т. 25, № 2. — С. 100–102.
- Григорьева Н.И.** Экологические условия воспроизводства промысловых моллюсков в бухтах Миносок и Халовой (залив Посьета, Японское море) // Бюл. Дальневост. малакол. о-ва. — 2005. — Вып. 9. — С. 197–221.
- Григорьева Н.И., Кучерявенко А.В., Новожилов А.В., Вышкварцев Д.И.** Скорость потоков, определяющих размещение плантации на акватории мелководных бухт залива Посьета (Японское море) // Сб. мат-лов 7-го съезда гидробиол. о-ва РАН. — Казань, 1996. — Т. 1. — С. 110–111.
- Кучерявенко А.В.** Органическое вещество в мелководных бухтах залива Посьета : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2002. — 86 с.
- Радовец А.В., Христофорова Н.К.** Влияние климатических изменений на динамику численности личинок двустворчатых моллюсков в планктоне бухты Миносок (залив Посьета, Японское море) // Изв. ТИНРО. — 2006. — Т. 147. — С. 303–320.
- Разин А.И.** Морские промысловые моллюски южного Приморья : Изв. ТИРХ. — 1934. — Т. 8. — 106 с.
- Ростов И.Д., Рудых Н.И., Ростов В.И., Воронцов А.А.** Тенденции климатических и антропогенных изменений морской среды прибрежных районов России в Японском море за последние десятилетия // Изв. ТИНРО. — 2016. — Т. 186. — С. 163–181.
- Седова Л.Г., Соколенко Д.А.** Численность и размерный состав поселений приморского гребешка в заливе Петра Великого (Японское море) // Изв. ТИНРО. — 2014. — Т. 179. — С. 226–235.
- Справочник по культивированию беспозвоночных в южном Приморье** / сост. А.В. Кучерявенко, Г.С. Гаврилова, М.Г. Бирюлина. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2002. — 83 с.
- Супранович Т.И., Якунин Л.П.** Гидрология залива Петра Великого : Тр. ДВНИГМИ. — Л. : Гидрометеиздат, 1976. — Вып. 22. — 198 с. DOI: 10.26428/1606-9919-2018-192-167-176.
- Сухин И.Ю., Мокрецова Н.Д., Викторовская Г.И.** Оценка эффективности товарного выращивания трепанга на донных плантациях прибрежных вод Приморья // Мат-лы докл. 8-й Всерос. науч. конф. по промысловым беспозвоночным. — Калининград : КГТУ, 2015. — С. 257–259.
- Терехова В.Е., Белькова Н.Л.** Идентификация оппортунистических патогенов трепанга (*Apostichopus japonicus*), культивируемого в Приморском крае // Вода: химия и экология. — 2016. — № 1. — С. 36–42.
- Holmer M.** Environmental issues of fish farming in offshore waters: perspectives, concerns and research needs // Aquac. Environ. Interact. — 2010. — Vol. 1. — P. 57–70.

References

- Biryulina, M.G. and Rodionov, N.A.**, Distribution, stocks, and age of scallop in Peter the Great Bay, in *Voprosy gidrobiologii nekotorykh raionov Tikhogo okeana* (Issues of Hydrobiology in Some Regions of the Pacific Ocean), Vladivostok: Dal'nevost. Nauchn. Tsentr, Akad. Nauk SSSR, 1972, pp. 33–41.
- Vyshkvartsev, D.I., Regulev, V.N., Reguleva, T.N., Grigorjev, V.N., and Lebedev, E.B.**, The role of the oldest mariculture farm in restoration of stock of the Japanese scallop *Mizuhopecten yessoensis* (Jay, 1856) in Posyet Bay, Sea of Japan, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2005, vol. 31, no. 3, pp. 181–186.
- Gavrilova, G.S.**, Receiving capacity of aquaculture water areas for bivalve molluscs, in *Mater. Vseross. nauchn. konf. posvyashch. 80-letnemu yubileyu FGUP "KamchatNIRO" "Vodnye biologicheskie resursy severnoi chasti Tikhogo okeana: sostoyanie, monitoring, upravlenie"* (Proc. All-Russ. Sci. Conf. Commem. 80th Aniv. FGUP KamchatNIRO "Aquatic Biological Resources of the Northern Pacific Ocean: Status, Monitoring, and Management"), Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2012, pp. 563–567.
- Gavrilova, G.S. and Kucherjavenko, A.V.**, Farming of sea cucumber *Apostichopus japonicus* in Peter the Great Bay: methodical specifics and business results of the aquaculture farm in the Sukhodol Bight, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2010, vol. 162, pp. 342–354.
- Gaiko, L.A.**, *Osobennosti gidrometeorologicheskogo rezhima pribrezhnoi zony zaliva Petra Velikogo (Yaponskoe more)* (Peculiarities of Hydrometeorological Regime of the Coastal Zone in the Peter the Great Bay, Sea of Japan), Vladivostok: Dal'nauka, 2005.
- Golikov, A.N. and Skarlato, O.A.**, On determination of the optimal temperatures for a habitat of marine poikilothermic animals by analyzing the temperature conditions at margins of their ranges, *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 1972, vol. 203, no. 5, pp. 1190–1192.
- Grigor'eva, N.I.**, Interannual variability of water temperature in the coastal zone of Possyet Bay, the Sea of Japan, *Russ. J. Mar. Biol.*, 1999, vol. 25, no. 2, pp. 105–107.
- Grigoryeva, N.I.**, Ecological conditions of reproduction of commercial mollusks in Minonosok Bay and Khalovey Bay (Possjet Bay, Sea of Japan), *Byull. Dal'nevost. Malakologicheskogo O-va.*, 2005, no. 9, pp. 197–221.
- Grigoryeva, N.I., Kucheryavenko, A.V., Novozhilov, A.V., and Vyshkvartsev, D.I.**, Rate of flows determining the location of farms in waters of the shallow coves of Possyet Bay (Sea of Japan), in *Sb. mater. 7 s'ezda gidrobiol. o-va Ross. Akad. Nauk* (Proc. 7th Meet. Hydrobiol. Soc. Russ. Acad. Sci.), Kazan, 1996, vol. 1, pp. 110–111.
- Kucheryavenko, A.V.**, *Organicheskoe veshchestvo v melkovodnykh bukhhtakh zaliva Pos'eta* (Organic Matter in Shallow Coves of Possyet Bay), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2002.
- Kucheryavenko, A.V., Gavrilova, G.S., and Biryulina, M.G.**, *Spravochnik po kul'tivirovaniyu bespozvonochnykh v yuzhnom Primorye* (A Reference Book for the Cultivation of Invertebrates in Southern Primorsky Krai), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2002.
- Radovets, A.V. and Khristoforova, N.K.**, Influence of climate change on density dynamics of bivalves larvae in plankton of Minonosok Bight (Possyet Bay, Japan Sea), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2006, vol. 147, pp. 303–320.
- Razin, A.I.**, Marine commercial mollusks of southern Primorsky Krai, *Izv. Tikhookean. Inst. Rybn. Khoz.*, 1934, vol. 8.
- Rostov, I.D., Rudykh, N.I., Rostov, V.I., and Vorontsov, A.A.**, Tendencies of climatic and anthropogenic changes of the marine environments in the coastal areas of Russia in the Japan Sea for the last decades, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2016, vol. 186, pp. 163–181.
- Sedova, L.G. and Sokolenko, D.A.**, Population and size structure for the settlements of *Mizuhopecten yessoensis* in Peter the Great Bay (Japan Sea), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2014, vol. 179, pp. 226–235.
- Supranovich, T.I. and Yakunin, L.P.**, Hydrology of Peter the Great Bay, *Tr. Dal'nevost. Nauchno-Issled. Gidrometeorol. Inst.*, Leningrad: Gidrometeoizdat, 1976, no. 22. doi 10.26428/1606-9919-2018-192-167-176
- Sukhin, I.Yu., Mokretsova, N.D. and Viktorovskaya, G.I.**, Evaluation of efficiency of culturing Japanese sea cucumber to marketable size at on-bottom facilities in coastal waters of Primorsky Krai, in *Mater. dokl. 8 Vseross. nauchn. konf. promysl. bespozvon.* (Proc. 8th All-Russ. Sci. Conf. Commer. Invertebr.), Kaliningrad: Kaliningrad. Gos. Tekh. Univ., 2015, pp. 257–259.
- Terekhova, V.E. and Bel'kova, N.L.**, Identification of opportunistic pathogens of sea cucumber (*Apostichopus japonicus*), cultivated in the Primorsky Territory, *Voda: Khim. Ekol.*, 2016, no. 1, pp. 36–42.
- Holmer, M.**, Environmental issues of fish farming in offshore waters: perspectives, concerns and research needs, *Aquacult. Environ. Interact.*, 2010, vol. 1, pp. 57–70.

Поступила в редакцию 13.09.2018 г.

После доработки 17.09.2018 г.

Принята к публикации 11.10.2018 г.