

## Экологические условия воспроизводства промысловых моллюсков в бухтах Миноносок и Халовой (залив Посьета, Японское море)

*Н.И. Григорьева*

*Институт биологии моря ДВО РАН, Владивосток 690041, Россия*

---

В статье приведено краткое описание климата и гидрологических условий, представлены температура воды, соленость, содержание кислорода, водородный показатель, щелочность, биогенные элементы и органическое вещество для бухт Миноносок и Халовой зал. Посьета (Японское море) в 1975–1994 гг. – основных центров воспроизводства моллюсков южного Приморья. Дана характеристика изменений водной среды при культивировании.

---

## Ecological conditions of reproduction of commercial mollusks in Minonosok Bay and Khalovey Bay (Possjet Bay, Sea of Japan)

*N.I. Grigoryeva*

*Institute of Marine Biology, Far East Branch, Russian Academy of Sciences,  
Vladivostok 690041, Russia*

---

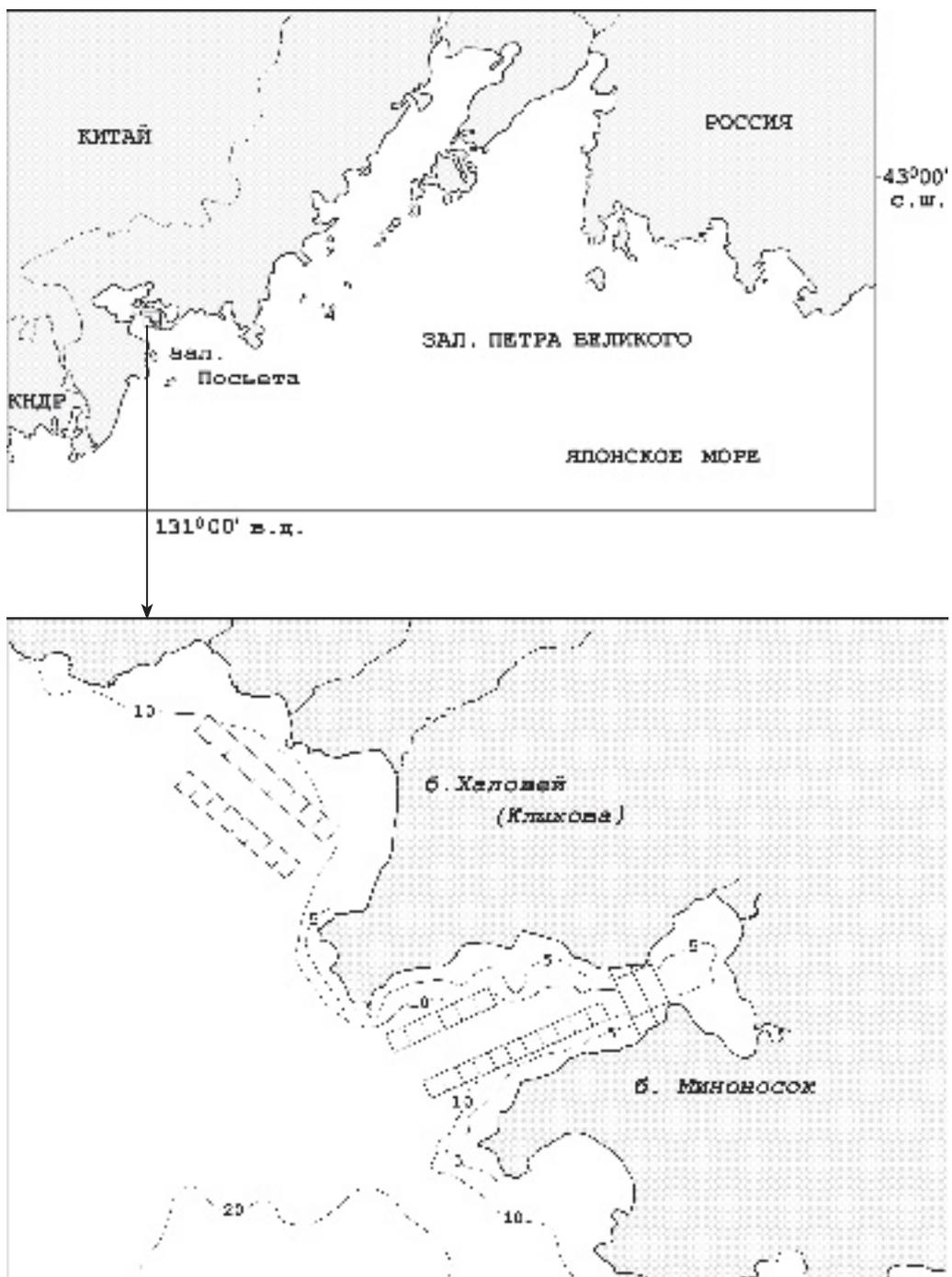
The climate and hydrological conditions in the bays are briefly described. Temperature, salinity, dissolved oxygen, pH, alkalinity, and nutrients were measured during 1975–1994 in Minonosok Bay and Khalovey Bay (Possjet Bay, Sea of Japan), main areas of mollusk culture in southern Primorye Territory. Quantitative and qualitative changes of marine environment during cultivation are described.

---

В начале 1970-х гг. в зал. Посьета начаты работы по культивированию моллюсков в промышленных масштабах. Бухты Миноносок и Халовой (Клыкова) были выбраны как наиболее соответствующие условиям для организации в них плантаций экспериментального морского хозяйства по воспроизводству приморского гребешка (*Mizuhopecten yessoensis* (Jay, 1857)) и тихоокеанской мидии (*Mytilus trossulus* Gould, 1850). Промышленное культивирование устрицы *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) здесь не велось, хотя в

отдельные годы (1998, 1999) наблюдалось ее значительное оседание. Выбор данных бухт для выращивания моллюсков был обусловлен преимущественно аэрогидродинамическими факторами – защищенностью бухт от сильных ветров и волнения (рис. 1).

Важность представления и описания абиотических условий для районов воспроизводства беспозвоночных обусловлена степенью их значимости, где успешность культивирования, по мнению крупнейших специалистов по мариккультуре [Кинне, 1983; Моисеев



**Рис. 1.** Карта-схема района культивирования моллюсков (на схеме указано расположение плантаций марикультуры).

**Fig. 1.** Map of Possjet Bay (with indication of cultivation places).

и др., 1985; Супрунович, 1988; Биологические основы..., 1998], во многом зависит от характеристик окружающей среды. Кроме того, в процессе культивирования образуется сообщество организмов, которое включает в себя множество сопутствующих элементов – бактерий, одноклеточных водорослей и простейших, которые также участвуют в динамике культивируемой системы, а зачастую и решающим образом влияют на нее. Если это происходит без контроля состояния водной среды, то может вызвать серию опасных последствий [Кочиков, 1979; Shigieno, 1972; Motoda, 1973]. Поэтому мониторинг экологических условий на таких аква-

ториях должен проводиться постоянно, с наибольшим числом контролируемых параметров, с выявлением устойчивых тенденций их изменений, как в ходе гидрометеорологических процессов, так и трансформаций водной среды самими культивируемыми объектами. В данной работе изложены результаты целенаправленных многолетних наблюдений, с одной стороны, климатических и гидролого-гидрохимических условий, с другой стороны, влияния гидробионтов и подвесных плантаций на среду обитания, до настоящего времени полно не представленных, – в акваториях, фактически являющихся основными районами воспроизводства моллюсков.

### Материал и методика

Материалами для обзора послужили результаты исследований 1975–1994 гг. Все гидрологические и гидрохимические работы на акватории бухт Миноносков и Халовой проводили по стандартным методикам [Руководство..., 1977; Методы..., 1978]. Среднемесячные значения приведены для регулярных станций, взятие проб и измерения на которых проводили с периодичностью один раз в 3–5 сут в течение летнего периода в одно и то же дневное время (10–12 ч). В представлении экстремальных величин учитывали данные фоновых съемок, которые осуществляли 1–4 раз в месяц. Температуру воды измеряли глубоководными термометрами ТГ с точностью 0.02°C. Пробы воды отбирали на стандартных горизонтах для мелководий батометром БМ-48. Соленость воды определяли солемером ГМ-65. Водородный показатель (рН) определяли рН-метрами: рН-340 и ВС-23, содержание растворенного

кислорода – скляночным методом Винклера, общую щелочность – нейтрализацией соляной кислотой [Методы..., 1978]. В целом за полевой сезон проводили от 500 до 1500 измерений. Подсчет глубин и морфометрические показатели бухт рассчитывали по методу, предложенному А. Берлянтом [1973].

Наблюдения за течениями проводили с мая по ноябрь при помощи автономных измерителей течений БПВ-2 и БПВ-2Р продолжительностью от 1 до 16 сут. Дискретность наблюдений составляла от 5 до 60 мин. Полученные временные ряды использовали для расчетов вероятностей распределения направлений модулей скоростей течений по сторонам света [Бельшев и др., 1983]. На основании расчетов построены розы направлений течений, оценены процентные доли каждой градации скоростей, рассчитаны средние скорости суммарных течений.

Расчеты средних и их достоверность проведены при помощи пакета статистических программ STATISTICA

V. 5.0. 1996. Репрезентативность данных оценена стандартными статистическими гипотезами [Лакин, 1980].

### Физико-географическая характеристика

Залив Посьета расположен в юго-восточной части зал. Петра Великого между мысами Сулова и Гамова от  $42^{\circ}31'$  с.ш.  $130^{\circ}52'$  в.д. до  $42^{\circ}33'$  с.ш.  $131^{\circ}13'$  в.д. и вдается в берег на 31 км. Залив образован риасовыми берегами со сложнорасчлененным контуром береговой линии и с характерным рельефом прилегающей местности – обширными низменностями, достигающими ширины нескольких километров, береговыми аккумулятивными формами – песчаными косами, и мысами, сформированными абразионными породами – узкими галечными пляжами и надводными камнями.

Небольшие по величине бухты Миноносок и Халовой расположены в северо-западной части залива (рис. 1). Бухта Миноносок – полузакрытого типа, площадью  $1.0 \cdot 10^6$  м<sup>2</sup>, приглубая, со средней глубиной 8.6 м [Григорьева, Кучерявенко, 1995]. Это акватория со скалистыми берегами при ширине входа 0.8 км (от м. Федорова до м. Крейсера) вдается в п-ов Краббе на 1.6 км, и постепенно сужаясь до 220 м, образует узость, которая, затем, расширяясь до 0.8 км, превращается в неглубокую кутовую часть с пологими берегами в вершине бухты. Глубины уменьшаются от 16 м на входе – до 10 м в месте сближения скальных выходов и – до 5 м в центре кутовой части.

Бухта Халовой – бухта открытого типа, располагается в пределах безымянного скалистого выхода в северо-западной части бухты и м. Федорова в

юго-восточной части, имеет площадь  $0.9 \cdot 10^6$  м<sup>2</sup>, приглубая, со средней глубиной 10.8 м [Григорьева, Кучерявенко, 1995]. В средней области делится на две части, образуя бухточки второго порядка – северо-западную, мелководную, которая на некоторых картах имеет название б. Темп, и юго-восточную, более глубоководную, не имеющую наименования.

Для зал. Посьета характерно большое разнообразие **грунтов** [Скарлато и др., 1967; Мануйлов, 1987, 1990]. Общий фон осадков в береговой зоне залива образован мелкими песками, в бухтах доминируют илы, вокруг мысов и островов залегают гравийно-галечные отложения. Как правило, многочисленные бухты риасового побережья являются эффективными ловушками осадочного материала [Мануйлов, 1987, 1990]. По данным В. Рынкова с соавт. [1974], за голоцен в зал. Петра Великого образовалось значительное количество осадочного материала. В закрытых бухтах эта величина составила 5–10 м, в полузакрытых бухтах – 2–5 м, в открытых – 0–2 м осадков.

Бухта Миноносок относится к акваториям полузакрытого типа, гидродинамика вод в которых ослаблена, что приводит к застою, режиму, способствующему осадению взвешенного материала, в основном, алевропелита. В центральной части бухты у скалистых берегов до глубин 2–3 м валунный грунт перемежается с крупной галькой и гравием (рис. 2). На

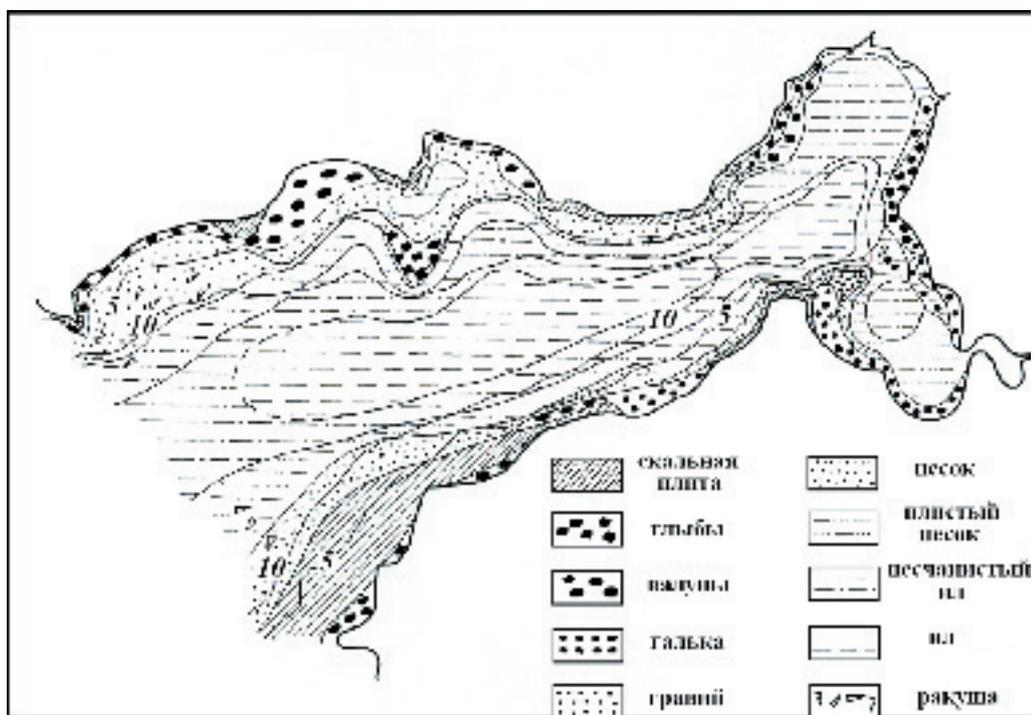


Рис. 2. Карта-схема грунтов в б. Миноносок [по: Донные ландшафты..., 1985].

Fig. 2. Scheme of the distribution of bottom deposits in Minonosok Bay [after: Bottom Landscapes..., 1985].

изобатах 3.5–5.5 м гравий сменяется песчаным грунтом, который, в свою очередь, переходит в илистый песок, на 7 м – в песчанистый ил. Центральная часть бухты на глубинах 8–14 м занята мягкими илами. На пологой литорали в кутовой части бухты гравий постепенно переходит в песок, на глубине 1 м – в илистый песок, глубже сменяющийся песчанистым илом, в средней глубинной части переходящий в ил [Донные ландшафты..., 1985; Мануйлов, 1987, 1990].

Бухта Халовой относится к акваториям открытого типа, отличающимся активной динамикой вод, в которых тонкий материал взвесей не осаждается и выносится в более глубокие участки шельфа. Максимальная вол-

новая нагрузка приходится на входные мысы. Основной рельеф бухты представляет собой скальный подводный склон различной крутизны, в вершине бухты имеющий ступенчатый профиль, вблизи входных мысов – отвесный. Берег и подводный склон внутри бухты в значительной степени подвергается абразии, в результате чего образуются гряды волнового воздействия, которые занимают до 6% площади дна [Донные ландшафты..., 1985]. Рифели и гряды образованы мелкими и средними песками, перемежающимися раздробленным ракушечным материалом и галькой. Наибольшую площадь (до 70%) дна занимает аккумулятивная равнина, имеющая вогнутую поверхность, сложенную песчаным материалом.

Дно преимущественно выложено псаммитами и алеврито-пелитами [Донные ландшафты..., 1985].

Таким образом, бухты Миносок и Халовой схожи по составу грунтов, но значительно различаются по характеру

распределения и по количеству осадочного материала. Эти характеристики грунтовых особенностей следует учитывать при размещении донных плантаций моллюсков, в частности, при донном выращивании гребешка.

### Климатические условия

**Метеорологические условия** зал. Посыета определяются муссонным климатом [Галеркин и др., 1982]. По климатологической классификации [Алисов и др., 1954], Дальний Восток относится к муссонной области умеренного пояса. В течение всей зимы Приморский край находится под влиянием восточной периферии зимнего азиатского антициклона с господствующим сухим и холодным континентальным воздухом с незначительным количеством осадков и преобладающими ветрами северных и северо-западных направлений (зимний муссон). Атмосферные процессы, характерные для зимы, преобладают с ноября по март. Нередко на побережье наблюдаются зимние муссонные штормы, сохраняющиеся 7–10 сут с ветрами более 15 м/сек [Климат Владивостока, 1978].

Летняя циркуляция воздушных масс в значительной степени обусловлена образованием дальневосточной депрессии над бассейном Амура и антициклонов над Охотским морем и северной частью Тихого океана. Их взаимодействие вызывает интенсивный перенос теплых и влажных масс воздуха с океана на континент, называемый летним муссоном. Вертикальная мощность летнего муссона значительно меньше, чем зимнего, а распространение ограничивается прибрежными районами. Летний муссон по времени

проходит две стадии развития. Первая обычно наблюдается с мая до середины июля, для нее характерны вторжения холодного воздуха с Охотского моря с прохладной пасмурной погодой, туманами и морозящими осадками. Вторая длится с июля по сентябрь, когда термический контраст между окраинными морями и Тихим океаном несколько сглаживается. Над океаном устанавливается обширная область высокого давления, способствующая мощному выносу воздушных масс с океана, приносящих обильные обложные и ливневые осадки. Это время характеризуется также прохождением циклонов или тайфунов, возникающих над океаном к востоку от Филиппинских островов и смещающихся в северо-восточном направлении. Повторяемость прохождения тайфунов над Приморским краем обычно невелика, но их разрушительное действие, связанное со штормовыми ветрами и огромным количеством осадков (150–300 мм за 1–2 сут), оказывается очень сильным.

Весна и осень являются переходными периодами от одного типа атмосферной циркуляции к другому. Весной наблюдаются ветры разных направлений, характерных для обоих типов циркуляции. Осенью преобладают зональные процессы с частым и быстрым перемещением западных антициклонов; в первой половине осени обычно

стоит теплая, сухая и солнечная погода [Климат Владивостока, 1978].

Вследствие географического положения Приморья в летний период возникает бризовая циркуляция, или циркуляция прибрежных **ветров**, вызываемая неодинаковым нагревом подстилающей поверхности над сушей и морем и сопровождающаяся резким температурным контрастом. Прибрежные ветры направлены днем с моря на берег, ночью – с суши на море. Развитие бризовой циркуляции чаще всего наблюдается во второй половине лета и приводит к суточным колебаниям атмосферных характеристик и способствует возникновению ветровых поверхностных течений в прибрежной зоне [Ластовецкий, Якунин, 1981].

Сложная орография побережья зал. Посьета искажает общий ветровой поток в приземном слое атмосферы и обуславливает местный ветер, отличающийся большой устойчивостью и строгой направленностью. Высокая повторяемость восточных ветров летом и западных в течение остальных сезонов года связана именно с орографией береговой черты. Наибольшие среднемесячные скорости ветра отмечены зимой (4–6 м/с), наименьшие – летом (3–4 м/с). За год на акватории зал. Посьета бывает 40–50 дней с сильным ветром (>15 м/с), из них 75% приходится на холодную половину года. Средняя многолетняя годовая скорость ветра составляет 4.4–5.7 м/с [Супранович, Якунин, 1976; Справочник..., 1980].

Залив Посьета является самым теплым в шельфовой зоне Приморья [Покудов, Власов, 1980]. Среднегодовая **температура воздуха** колеблется

в пределах 5.2–5.6°C. Безморозный период достигает 8 мес. Самый холодный месяц – январь со средней температурой от –7.0 до –14.5°C, с понижениями до –28.0°C. Самый теплый месяц – август со средней температурой от +19.5 до +22.7°C, с повышениями до +38.0°C [Супранович, Якунин, 1976; Справочник..., 1980; Ластовецкий, Якунин, 1981].

**Облачность** также имеет четко выраженный годовой ход. Зимой низкие температуры, малое влагосодержание воздуха и устойчивая стратификация обуславливают малооблачную холодную погоду. Лишь периоды прохождения циклонов, сопровождающиеся оттепелями, приводят к увеличению облачности [Климат Владивостока, 1978; Справочник..., 1980]. В летнее время чаще наблюдается пасмурная погода с низкой облачностью и туманами, поскольку в атмосферной циркуляции преобладают ветры южного направления, несущие влажный воздух с океана. В среднем в году наблюдается 80 ясных и 110 пасмурных дней. Максимальная повторяемость ясных дней отмечена в январе (63%), пасмурных дней – в июле (80%) [Супранович, Якунин, 1976; Справочник..., 1980; Ластовецкий, Якунин, 1981].

Муссонный климат обуславливает своеобразие годового хода **относительной влажности** воздуха. В зимнее время влажность воздуха минимальна, среднемесячные значения составляют 53–54%, летом она может превышать 90%. Средняя многолетняя суточная амплитуда зимой составляет 5–10%, летом – 3–7%. При прохождении мощных барических образований, особенно зимой, она может составлять 30% и

более. Суточный ход влажности противоположен ходу температуры воздуха. В зимнее время максимальная влажность приходится на утренние часы, минимальная – на вечерние. Летом максимум относительной влажности в суточном ходе наступает в предутренние часы, минимум – в середине дня [Ластовецкий, Якунин, 1981].

Среднегодовое количество **осадков** на акватории залива колеблется в пределах 600–800 мм, их подавляющее большинство приходится на теплую половину года – с апреля по октябрь (580–750 мм). Наибольшее количество осадков выпадает в августе (150–170 мм), наименьшее – в январе (7–15 мм). В отдельные годы количество осадков может достигать 1000–1200 мм, в отдельные месяцы – 470–490 мм. В летний период, во время прохождения тайфунов, за одни сутки может выпасть более 100 мм осадков [Гидрометеорологические условия..., 1976]. По данным Д. Вышкварцева [1984], доля осадков в б. Миносок составляет 2.3 млн м<sup>3</sup>/год (36.6% объема воды в бухте).

По данным ГМС «Посъет», максимальные значения относительной продолжительности **солнечного сияния** отмечены в январе–феврале (161–199 ч), минимальные – в июне–июле (107–136 ч). Зимой наибольшая продолжительность в суточном ходе составляет 70–80% возможного времени, летом из-за увеличения облачности продолжительность солнечного сияния сокращается до 30–50%. Годовой ход прямой **солнечной радиации** (в расчете на горизонтальную поверхность) имеет два максимума и два минимума. Максимумы (при средних условиях облачности) приходятся на весну (6.2–7.6 кал/см<sup>2</sup>)

и осень (5.1–6.9 кал/см<sup>2</sup>) и определяются малооблачной погодой в эти периоды времени. Минимумы наблюдаются зимой (3.0–1.4 кал/см<sup>2</sup>) и летом (4.5–6.3 кал/см<sup>2</sup>), обусловленные в холодное время года – малыми значениями высот Солнца, в теплое время – высокой повторяемостью пасмурных дней. В год количество солнечной энергии, достигающей поверхности, составляет в среднем около 1500 ккал/см<sup>2</sup>.

В зал. Посъета высокая частота появления **туманов**. Над водной гладью бухт Миносок и Халовой в течение всего года существуют условия для образования туманов. Радиационные туманы возникают в результате ночного выхолаживания подстилающей поверхности, адвективные туманы формируются при выносе морского более влажного воздуха на территорию суши из-за близкого расположения бухт к открытой части моря. Как правило, радиационные туманы возникают в утренние часы и рассеиваются к полудню, адвективные могут наблюдаться в любое время, их образование в значительной степени зависит от ветровой ситуации. По данным ГМС «Посъет», среднегодовое число дней с туманами составляет 48 дней, основное их количество приходится на теплую половину года. Средняя суммарная продолжительность туманов в июне–июле составляет 70–80 ч, годовая – 316 ч.

При воспроизводстве моллюсков из метеоусловий наибольшее значение имеет температура воздуха и ветровой режим исследованных бухт. На изучении данных характеристик и последующем их прогнозе строится оптимальная стратегия сезонного хода работ хозяйств марикультуры.

## Гидрологические условия

**Изменения уровня воды** в бухтах Миноносок и Халовой обусловлены, в основном, приливными и сгонно-нагонными явлениями. По данным ГМС «Посъет», приливы в зал. Посъета незначительные и имеют неправильный полусуточный период от 7–8 до 13–14 ч. Средняя величина прилива составляет 0.2 м, максимальная амплитуда – 0.7 м. За счет одного приливо-отливного движения в б. Миноносок за сутки может заменяться около 10% воды [Кучерявенко и др., 1986].

Сгонно-нагонные колебания уровня связаны, в основном, с муссонами и с прохождением циклонов над акваторией зал. Посъета и носят сезонный характер. В зимний период, когда преобладают ветры с материка, уровень воды понижается, в летний период, напротив, повышается [Гидрометеорологические условия..., 1976]. Под действием сильных сгонно-нагонных ветров уровень воды, обусловленных прохождением циклонов или тайфунов, может подниматься, по данным ГМС «Посъет», на 1.0–1.5 м выше среднего значения.

На акватории зал. Посъета наблюдается преимущественно **ветровое волнение**. Зимой максимальную повторяемость имеют волны западного направления (66%), летом – южного и юго-восточного (35–40%), составляя в сумме с волнами восточного направления 70%. В течение всего года наблюдается преимущественно слабое волнение. В западной части залива максимальную повторяемость до 97% имеют волны высотой 0.25–0.75 м. В максимальном развитии волны могут достигать 1.5–3.5 м [Гидрометеорологические условия..., 1976].

**Прозрачность и цвет воды** заметно меняются от открытой части залива к внутренним бухтам. Летом прозрачность вод в открытых частях бухт Миноносок и Халовой колеблется в пределах 2.5–10.0 м [Гидрометеорологические условия..., 1976]. Во время таяния льда, увеличения материкового стока и интенсивного перемешивания при усилении волнения прозрачность может снижаться до 0.5–1.5 м. Цвет воды меняется в зависимости от района – от зеленовато-желтого в предустьях небольших рек и ручьев – до зеленовато-голубого в открытых водах.

На **ледовые условия** бухт Миноносок и Халовой в значительной степени оказывает влияние близость к открытой части зал. Посъета. Ледовая обстановка характеризуется в первое время развитием припая и появлением тонкого дрейфующего льда, который с наступлением холодов может занимать всю площадь бухт. Зимой наблюдается частый вынос льда из акваторий. Иногда при юго-восточном ветре поле льда, напротив, может уплотняться до 10 баллов. Первый лед в бухтах обычно появляется в конце декабря, окончательное очищение наблюдается в первой половине марта. Лед чаще всего является разреженным ниласом, нередко во второй половине января достигающим серого. Ежегодно в полузакрытой б. Миноносок припай образуется в вершине бухты и нередко заполняет всю северо-западную половину. В 25% зим припай может занимать всю бухту, имея среднюю толщину 0.30–0.45 м, достигая в отдельные холодные зимы 1.0–1.1 м (по данным ГМС «Посъет»). Бухта Халовой характеризуется неу-

стойчивым припаем и наличием тонкого дрейфующего льда.

**Течения.** Движение водных потоков в исследованных бухтах носит очень сложный характер. Сезонные вариации направлений ветров, приливо-отливные явления и межгодовая изменчивость распределений струйных потоков холодного Приморского и теплого Восточно-Корейского течений [Супранович, Якунин, 1976; Юрасов, Яричин, 1991; Иващенко, 1993] играют основную роль в формировании поля течений в зал. Посъета. Под действием ветров, имеющих скорость более 10 м/с, возникают волновые и дрейфовые потоки, обладающие большой неустойчивостью во времени и пространстве. По нашим наблюдениям, на малых глубинах (<10 м) ветровые дрейфовые течения могут охватывать всю толщу вод. Средние скорости ветровых течений на открытых акваториях достигают 0.25 м/с, в бухтах – 0.15–0.20 м/с.

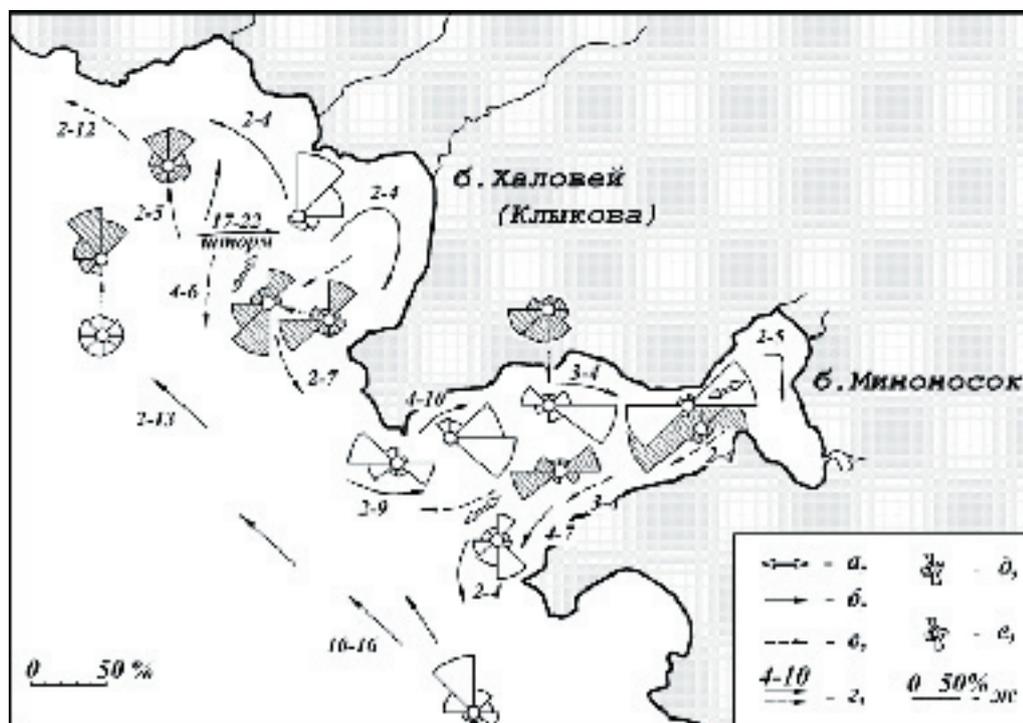
Постоянные течения в бухтах зал. Посъета формируются при ветрах менее 5 м/с, и их скорость составляет 0.10–0.15 м/с [Григорьева и др., 1996]. По нашим наблюдениям, общая циркуляция вод в зал. Посъета в большей степени зависит от водного потока, поступающего с северо-востока (рис. 3). Одна его ветвь проникает в систему мелководных внутренних бухт вдоль северного берега залива, вторая – отклоняется к юго-западу и покидает пределы залива. Средняя скорость течения вдоль северного берега у входного мыса б. Миноносок у поверхности составляет 0.10–0.16 м/с, у дна – 0.05–0.08 м/с. При сильных южных ветрах скорость этого потока у поверхности увеличивается до 0.15–0.20 м/с (с наибольшими

значениями до 0.25–0.30 м/с). Влияние Приморского течения, возможно, проявляется в постоянных подтоках вод в исследованных бухтах на глубинах 10–15 м. Эти воды отличаются более низкими температурами и высокой соленостью и проявляются в течение всего летнее-осеннего периода. При этом колебания температуры в бухтах Миноносок и Халовой могут составлять от 1 до 3°C, солености – от 0.3 до 0.6‰.

Преимущественный перенос вод в бухтах осуществляется в поверхностных слоях от 0 до 5–7 м. Максимальные скорости течений отмечаются в верхних горизонтах с постепенным уменьшением ко дну. В поверхностных водах наибольшая повторяемость (30–40%) характерна для скоростей 0.10–0.25 м/с. В придонных горизонтах наибольшей повторяемостью (50–70%), местами возрастающей до 100%, отличаются невысокие скорости 0.02–0.05 м/с, особенно в полузакрытой б. Миноносок.

В б. Миноносок преимущественно отмечается антициклоническая циркуляция, движение вод реверсивного характера наблюдается только в узкой предкутовой части бухты. Скорости суммарных течений невелики, по-видимому, из-за наличия большого количества гидробиотехнических сооружений. В межфазовых состояниях прилива–отлива вода в бухте практически не перемещается, скорости течений во всей толще воды падают до нуля. Скорости поверхностных течений в б. Миноносок не превышают 0.20–0.25 м/с, придонных – 0.10–0.12 м/с.

В б. Халовой циркуляция суммарных течений носит сложный характер, и движение вод образует два малых разнонаправленных кругово-



**Рис. 3.** Схема суммарных течений в летне-осенний период в бухтах Миноносок и Халовой. Условные обозначения: **а** – реверсивное течение, **б** – поверхностное течение, **в** – придонное течение, **г** – среднее значение скорости течений (см/с), **д** – роза поверхностных течений, **е** – роза придонных течений, **ж** – шкала %-го соотношения направления течений.

**Fig. 3.** Scheme of water circulation in Minonosok Bay and Khalovey Bay. Abbreviations: **a** – reversible (tidal) current, **б** – surface current, **в** – near-bottom current, **г** – scalar average value of current velocity (cm/s), **д** – rose of the surface current, **е** – rose of the near-bottom current, **ж** – percentage scale of current directions.

рота (рис. 3). Скорости поверхностных течений не превышают 0.20–0.25 м/с, придонных – 0.10–0.12 м/с. На мелководье движение вод замедленно, скорости течений в среднем имеют величины 0.02–0.04 м/с. Бухта Халовой, в отличие от б. Миноносок, в значительной степени подвергается ветроволновому воздействию, особенно при штормах юго-западного направления. Тогда при сгонно-нагонных явлениях скорости поверхностных течений соответствующих направлений возрастают в среднем до 0.17–0.22 м/с, (в максимальном развитии – до 0.20–0.55 м/с),

при этом в придонном горизонте усиливается противопоток со скоростями до 0.20–0.30 м/с.

Таким образом, основными факторами, определяющими гидрологический режим вод бухт Миноносок и Халовой, являются сезонные направления ветра, приливные явления и межгодовая изменчивость распределения струйных потоков основных течений Японского моря. Успешность культивирования во многом определяется волновыми параметрами и характеристиками водных потоков, возникающих в акваториях исследованных бухт.

Годовой ход **температуры воды** в зал. Посъета, по данным ГМС «Посъет», имеет минимум в январе–феврале и максимум в августе. Среднегодовая температура воды в бухтах составляет  $9.2^{\circ}\text{C}$  [данные гидрометпоста «Крейсерок» за 1955–1960 гг. по: Супранович, Якунин, 1976]. Зимой среднемесячная температура в бухтах снижается до  $-1.3$ – $-1.8^{\circ}\text{C}$ . Период времени с температурой воды ниже  $0^{\circ}\text{C}$  составляет 85–92 сут.

Прогрев воды в бухтах начинается в марте, и переход температуры через  $0^{\circ}\text{C}$  по всем горизонтам происходит в конце месяца. Наиболее интенсивное увеличение температуры наблюдается в апреле–мае, при этом ее величины повышаются в поверхностных слоях с 3–6 до  $11$ – $13^{\circ}\text{C}$ , в придонных – с 2–4 до  $7$ – $10^{\circ}\text{C}$ . Выше  $15^{\circ}\text{C}$  температура повсеместно устанавливается во второй половине июня, выше  $20^{\circ}\text{C}$  – во второй половине июля. Период времени с температурой воды выше  $15^{\circ}\text{C}$  составляет около 120 дней. В августе температурный фон в поверхностных горизонтах колеблется в пределах  $18$ – $24^{\circ}\text{C}$ , в придонных –  $13$ – $20^{\circ}\text{C}$ , достигая своего абсолютного максимума.

Охлаждение воды в бухтах начинается с конца августа, причем этот процесс происходит более интенсивно, чем прогрев, часто отмечается гомотермия. В сентябре–октябре уменьшение температуры воды происходит на  $4$ – $6^{\circ}\text{C}$  ежемесячно. Снижение температуры до  $15^{\circ}\text{C}$  происходит в третьей декаде сентября, до  $10^{\circ}\text{C}$  – в октябре, сначала на поверхности, а затем у дна. К ноябрю температура воды в бухтах по всей толще вод понижается до  $6$ – $7^{\circ}\text{C}$ . По данным гидрометпоста «Крейсерок» за

1955–1960 гг., температура воды переходит через  $0^{\circ}\text{C}$  в середине декабря, затем в бухтах появляется лед. Среднемесячные значения температуры воды, по нашим данным, приведены в табл. 1.

Вертикальное распределение температуры воды в бухтах является типичным для мелководных районов. Небольшая глубина обеих бухт обуславливает резкие кратковременные колебания температуры как в поверхностных, так и придонных горизонтах. Амплитуда этих колебаний может достигать  $5$ – $7^{\circ}\text{C}$  (наши данные). Иногда, в июне–августе при отсутствии ветров устанавливается резкая стратификация по всей водной толще. Тогда величина градиента температуры может составлять  $0.8$ – $2.4^{\circ}\text{C}/\text{м}$  [Григорьева, 1999; Григорьева и др., 2002].

Режим **солёности** бухт Миноносок и Халовой определяется водообменом с открытой частью залива, осадками и речным стоком, преимущественно б. Миноносок. Для этих бухт в основном характерна солёность открытого моря, хотя иногда наблюдаются значительные опреснения. Солёность на поверхности воды имеет отчетливый годовой ход с максимумом в декабре–январе – около  $34\%$ , (по данным ГМС «Посъет») и минимумом в летние месяцы –  $27$ – $32\%$  (наши данные, табл. 2). Летнее опреснение охватывает преимущественно поверхностный слой воды в 2–3 м. В периоды сильных дождей показатели солёности на акваториях бухт могут снижаться до  $20$ – $22\%$ , в кутовой части б. Миноносок из-за стока двух небольших речек – до  $12$ – $15\%$ .

В вертикальном распределении солёность с глубиной увеличивается от поверхности ко дну. Весной и осенью

Таблица 1

Среднемесячная температура воды (°С) в бухтах Миноносок (1975–1994 гг.) и Халовой (1977–1991 гг.)

Monthly average values of temperature (°C) in Minonosok Bay (1975–1994) and Khalovey Bay (1977–1991)

| Бухты     | Глубина, м | Апрель | Май | Июнь | Июль | Август | Сентябрь | Октябрь |
|-----------|------------|--------|-----|------|------|--------|----------|---------|
| Миноносок | 0          | 4.7    | 9.8 | 14.9 | 18.9 | 21.8   | 19.2     | 13.6    |
|           | 14         | 2.7    | 6.1 | 9.9  | 13.2 | 16.9   | 17.2     | 10.8    |
| Халовой   | 0          | 4.8    | 9.7 | 14.7 | 18.4 | 21.5   | 18.3     | 11.8    |
|           | 14         | 3.4    | 7.2 | 9.9  | 13.5 | 17.3   | 16.6     | 10.6    |

Таблица 2

Среднемесячные значения солености воды (‰) в бухтах Миноносок (1975–1991 гг.) и Халовой (1978–1991 гг.)

Monthly average values of salinity (‰) in Minonosok Bay (1975–1991) and Khalovey Bay (1978–1991)

| Бухты     | Глубина, м | Май   | Июнь  | Июль  | Август | Сентябрь | Октябрь |
|-----------|------------|-------|-------|-------|--------|----------|---------|
| Миноносок | 0          | 33.14 | 32.27 | 29.49 | 31.17  | 32.50    | 33.36   |
|           | 14         | 33.60 | 33.22 | 33.09 | 33.16  | 33.16    | 33.50   |
| Халовой   | 0          | 32.87 | 31.96 | 27.12 | 30.33  | 32.02    | –       |
|           | 14         | 33.54 | 33.30 | 32.97 | 32.94  | 33.07    | –       |

Примечание. «–» – данные отсутствуют.

общее увеличение солености составляет 0.5–1.0‰, вертикальные градиенты не превышают 0.1 ‰/м. В летний период соленость воды в поверхностном слое может снизиться до 20–22‰, особенно при выносе опресненных вод из мелко-

водной внутренней части залива. Тогда градиенты резко возрастают, и в слое 0–2 м могут достигать 2.0–8.0 ‰/м. Наиболее подвержена этому явлению б. Халовой.

### Гидрохимические условия

Интенсивная гидродинамика и активный фотосинтез, а также небольшие глубины определяют содержание гидрохимических элементов в бухтах Миноносок и Халовой. Годовой ход содержания растворенного кислорода

в поверхностном слое вод в зал. Посыета, по некоторым данным [Гидрометеорологические условия..., 1976], имеет два максимума и два минимума. Первый максимум отмечается в апреле–мае, второй – в ноябре–декабре. Образование

первого экстремума связано с весенним, второго – с осенним массовым развитием фитопланктона [Вышкварцев, Карапетян, 1979]. Первый минимум наблюдается летом, второй – зимой [Винокурова, Скокленева, 1980, 1981]. Летний минимум обусловлен интенсивно протекающими процессами бактериальной деструкции при повышении температуры воды [Вышкварцев, 1979]. Зимний минимум (7.0 мл/л) определяется льдообразованием и подледным «цветением» диатомовых в условиях низкой освещенности [Вышкварцев, Коновалова, 1979].

Содержание растворенного кислорода в воде в бухтах Миносок и Халовой по нашим данным высокое и составляет, как правило, около 100% насыщения, даже в летнее время. Первый максимум содержания кислорода в воде наблюдается в апреле–мае и составляет в среднем 6.76–7.78 мл/л, 102–139% насыщения (с максимумом 7.03–8.06 мл/л, 147–166% насыщения). Минимум зафиксирован в августе–сентябре, среднемесячные значения составляют 5.00–5.48 мл/л, 89–107% насыщения. Абсолютный минимум отмечен в августе – 4.21 мл/л, 79% насыщения.

Вертикальное распределение растворенного кислорода имеет некоторые особенности. Весной у дна его концентрация превышает содержание у поверхности воды, и в среднем может отличаться на 0.9–1.1 мл/л (10–11% насыщения). Вероятно, это происходит из-за постоянных подтоков глубинных вод из зал. Петра Великого вследствие сгонно-нагонных явлений, которые наиболее интенсивны в зимне-весенний период [Супранович, Якунин,

1976]. В летний период вертикальное распределение растворенного кислорода имеет обычную картину: максимум наблюдается у поверхности воды, минимум – у дна. С наступлением осени, на фоне общей тенденции выравнивания термогалинных характеристик распределение кислорода также становится однородным.

**Водородный показатель.** Годовой ход активной реакции среды (рН) в зал. Посыета изучен слабо. В целом, рН поверхностных вод в течение года изменяется, снижаясь зимой и увеличиваясь летом. По различным источникам [Гидрометеорологические условия..., 1976; Подорванова и др., 1989], величина рН в зал. Посыета в основном совпадает с рН открытых районов моря и в летнее время изменяется в пределах 7.90–8.58.

Содержание рН в летний период наиболее изучено нами в б. Миносок. В отличие от мелководных внутренних бухт, во внешних бухтах сезонный ход величин рН в июне–августе аналогичен открытым участкам залива. Среднемесячные значения в мае составляют 8.09–8.10, в июне–августе – 8.14–8.19. Абсолютный минимум зафиксирован в июле – 7.82. В период максимального прогрева, рН в придонных горизонтах ниже, чем у поверхности воды (хотя статистически эти различия недостоверны). Нередко интенсивное ветровое перемешивание выравнивает распределение рН по глубине.

**Щелочность** позволяет проследить распространение речных вод в море, поскольку ее величины в речной воде ниже, чем в морской. Наибольшие вариации щелочности наблюда-

ются в поверхностном слое. По некоторым данным [Гидрометеорологические условия..., 1976], в годовом ходе щелочности на поверхности зал. Посъета наблюдается два максимума: зимой – в декабре–феврале и летом – в июне. В целом колебания щелочности в течение года невелики и составляют 2.18–2.25 мг-экв/л.

По нашим наблюдениям, сезонный ход щелочности в бухтах Миноносок и Халовой размывается, в летний период чаще всего бывает несколько минимумов и максимумов. Наибольшие колебания щелочности наблюдаются при выносе опресненных вод из внутренних бухт залива, и тогда ее значения падают до 2.039 мг-экв/л. Кроме того, в кутовой части б. Миноносок зафиксированы наименьшие значения щелочности – 2.142–2.215 мг-экв/л, которые связаны с поступлением речных вод в вершину бухты.

Концентрации всех **биогенных элементов** в водах залива изменяются в течение года в зависимости от их поступления–расходования и распределяются в зал. Посъета крайне неравномерно, имея как локальные, так и временные вариации. Содержание неорганических форм азота в зал. Посъета имеет четкий сезонный ход с максимумом зимой и минимумом летом. В течение года концентрации нитритов изменяются от 0 до 4.2 мг/л, нитратов – от 0.03 до 92 мг/л [Вышкварцев, 1984].

Содержание минерального фосфора и кремния также имеет четко выраженный сезонный ход, причем концентрации фосфатов в зал. Посъета во много раз превышают их обычные величины в морских водах. Зимнее содержание фосфатов в заливе макси-

мально. В поверхностном слое воды в б. Миноносок концентрации фосфатов составляют 40.3 мг/л, у дна – 108.4 мг/л. Весной содержание биогенных элементов уменьшается, опускаясь к лету до минимальных значений. Весной в водах б. Миноносок содержание фосфатов изменяется от 6.7 до 7.5 мг/л, несущественно различаясь по горизонтам. Летом концентрация минерального фосфора в поверхностном слое варьирует от 0 до 50 мг/л [Вышкварцев, 1984]. Осенью содержание фосфатов вновь повышается на поверхности от 18.6 до 31.0 мг/л, у дна – от 49.6 до 61.9 мг/л [Скокленева, 1979, 1980].

Содержание кремния в водах зал. Посъета в течение года достаточно высоко и составляет 220–1430 мг/л [Вышкварцев, 1984]. Весной на поверхности оно достигает 500–900 мг/л. Поскольку летом наибольшему воздействию речного стока подвергается в основном верхний слой вод, содержание кремния снижается до 200–700 мг/л. Осенью содержание кремния вновь повсеместно увеличивается [Супранович, Якунин, 1976].

По другим данным [Скокленева, 1979, 1980], зимой содержание кремния в б. Миноносок на поверхности составляет 1039–1067 мг/л, у дна – в три раза больше. В конце мая в бухтах содержание кремния падает до 562–843 мг/л. Летом концентрация этого элемента уменьшается до 421 мг/л. В октябре содержание кремния вновь варьирует от 281 до 562 мг/л в поверхностном слое до 1124 мг/л у дна. В целом, несмотря на значительную межсезонную изменчивость, средние концентрации биогенных веществ в прибрежной зоне зал. Посъета довольно высоки, что

свидетельствует о достаточности минерального питания для фитопланктона и бактерий, являющихся кормовой базой культивируемых моллюсков.

Величина содержания **взвешенного органического вещества** (ВОВ) определяется концентрацией углерода и значительно зависит от его биохимических компонентов – углеводов и белка. По многолетним данным А. Кучерявенко [1986, 2002], весной – в апреле–мае в бухтах Миносок и Халовой среднее содержание углерода ( $C_B$ ) взвешенного органического вещества минимальное и составляет 0.07–0.08 мг/л. К лету концентрация ВОВ возрастает до 0.11–0.12 мг/л и осенью в сентябре–октябре достигает максимальных значений – 0.14–0.16 мг/л. Максимальные показатели в это время года варьируют в пределах 0.29–0.66 мг/л.

Содержание углевода ( $Y_B$ ) в мае–июне в бухтах имеет средние значения 0.11–0.17 мг/л, сохраняя повышенные значения в августе 0.14–0.19 мг/л, и уменьшаясь только в конце сентября до 0.1 мг/л. Максимальные величины  $Y_B$  в летний период колеблются в пределах 0.35–0.65 мг/л [Кучерявенко, 1986, 2002].

Сезонный ход содержания белка ( $B_B$ ) имеет незначительные колебания. С мая по август  $B_B$  изменяется в среднем от 0.11 до 0.17 мг/л. Предельные концентрации  $B_B$  в это время варьируют в пределах 0.33–0.39 мг/л. В октябре содержание белка минимально и составляет в среднем 0.11–0.13 мг/л. Средние межгодовые колебания, находятся в пределах: содержание углерода – 0.10–0.29, углеводов – 0.10–0.46, белка – 0.10–0.56 мг/л [Кучерявенко, 1986, 2002].

В целом в бухтах Миносок и Халовой к осени происходит

накопление взвешенных органических веществ, их величина увеличивается почти в два раза, содержание углеводов и белков становится значительно выше. В биохимическом составе взвешенных органических веществ в начале летнего периода наблюдается некоторое преобладание углеводов над белками в ВОВ в открытой части б. Халовой, и лишь с первой половины августа концентрация белка, напротив, становится выше, чем углеводов. Это изменение соотношений связано, по-видимому, со сменой ветрового режима акваторий бухт и трансформацией основных водных потоков, определяющих течения в бухтах, а также массовым развитием фитопланктона [Коновалова, 1979].

Содержание **растворенного органического вещества** (РОВ) определяется концентрацией углерода органического вещества ( $C_p$ ). В водах зал. Посыета высокий уровень содержания РОВ обеспечивается бентосной растительностью и фитопланктоном [Конушев, 1975; Вышкварцев, Пешеходько, 1976; Коновалова, 1979; и др.]. Причем основное количество РОВ поступает в воду в вегетационный период в течение всего летнего периода. В мае его максимум связан с экскрецией РОВ водной растительностью и фитопланктоном, активно синтезирующими органическое вещество с началом весеннего прогрева. В июле высокая продукция бактериопланктона способна несколько снизить его содержание в бухтах, но и в августе содержание  $C_p$  остается повсеместно высоким. В сентябре–октябре осенний максимум вегетации фитопланктона и посмертное разложение морских трав продолжают поддерживать высокое содержание РОВ [Вышкварцев, 1979].

По многолетним данным [Кучерявенко 1986, 2002], в бухтах Миноносок и Халовой среднее содержание углерода характеризуется снижением от весны к осени с 10.82–11.15 до 7.54–8.90 мг/л, претерпевая значительные общие колебания величин. Максимальное среднее содержание  $C_p$  зафиксировано в первой половине мая – 13.3 мг/л, которое затем уменьшается к концу июня до 9.4–10.6 мг/л. В дальнейшем происходит вновь повышение концентрации

$C_p$  до 10.5–11.46 мг/л, сохраняющееся в течение всего летнего периода. Средние межгодовые колебания величин  $C_p$  по данным того же автора, отмечаются в пределах 1.96–13.95 мг/л. В целом содержание РОВ в бухтах Миноносок и Халовой достаточно высоко и определяется изменчивостью условий вегетационного периода, который, в свою очередь значительно зависит от сезонного хода гидрометеорологических процессов от года к году в водах зал. Посъета.

### Изменение среды культивируемыми моллюсками

**Биохимические и биологические изменения водной среды при культивировании.** При сборе спата и выращивании моллюсков хозяйствами марикультуры из гидрологических параметров чаще всего учитывался лишь сезонный ход температуры и солености воды. К сожалению, трофность водоемов и биохимические изменения, происходящие при культивировании, стали изучать уже после создания плантаций марикультуры [Ерохин, 1980; Мороз и др., 1985; Макарова, 1986; Кучерявенко, Седова, 1988]. Хотя многими авторами [Кинне, 1983; Кафанов, Лысенко, 1988; Масленников, 1991; и др.], поднимался вопрос о необходимости регулярности наблюдений за изменениями в структуре и функционировании экосистемы в процессе культивирования беспозвоночных, экологические аспекты этой многосторонней проблемы не учитывались. Хозяйства марикультуры развивались стихийно, без какого-либо теоретического обоснования.

В последующие годы было установлено, что культивируемые моллюски оказывают заметное влияние на

биохимический состав воды, особенно в непосредственной близости от гидробиотехнических сооружений. Повышается общее содержание растворенного (РОВ) и взвешенного органического вещества (ВОВ) в воде [Bayne, Scullard, 1977; Livingstone et. al., 1979; Переладов, Сергиева, 1989; и др.], поскольку часть органических веществ возвращается в среду в виде аммония, нингидринположительных веществ и углеводов [Галкина, 1982; Таможняя, 1991]. По средним многолетним данным, к осени в б. Миноносок содержание взвешенного углерода оказывается в два раза выше, чем в водах смежной с ней б. Рейд Паллада [Кучерявенко, 1986; Габаев и др., 1998]. В некоторой степени растворенное органическое вещество стимулирует развитие микрофитобентоса и фитопланктона [Соловьева и др., 1977], увеличивая его количественный состав [Галкина, 1979; Галкина и др., 1982; Паутова, 1990]. Например, РОВ метаболитов мидий стимулируют продукцию и регулируют структуру сообщества фитопланктона [Галкина и др., 1982]. Вместе с тем метаболиты оказы-

вают негативное воздействие на оседание и развитие молоди новой генерации [Брайко, 1979; Manahan, 1983; Кулаковский, 1995] и на взрослых особей [Лукас, 1964; Jorgensen, 1983; Габаев и др., 1998]. В период массового нереста мидий выделяется огромное количество РОВ, которое угнетает существование других животных [Брайко, 1979]. По данным Д.Д. Габаева с соавт. [1998], масса мягких тканей трехлетнего гребешка, культивируемого в садках в б. Миноносок, за период с 1977 по 1989 гг. уменьшилась в два раза, масса мускула – в 1.3 раза.

Бактериологический анализ двустворчатых моллюсков дополняет оценку района культивирования. Микрофлора моллюсков, выращиваемых в различных географических зонах, различается незначительно, изменяется лишь соотношение форм [Пученкова и др., 1988; Израэль, Цыбань, 1989]. Известно, что моллюски способны концентрировать в своих тканях патогенные микроорганизмы и вирусы в количествах, значительно превышающих их содержание в воде [Сурьянинова, 1962; Миронов, 1988]. Микрофлора гребешков и устриц в основном состоит из сапрофитных грамотрицательных и грамположительных бактерий, а также из споровых форм и дрожжеподобных грибов [Авдеева и др., 1991]. Обычно бактериальное загрязнение оценивается по коли-титру – общим количеством колиформ или бактерий группы коли (*Bacterium coli*). Кроме оценок титра общих и фекальных колиформ проводится оценка загрязненности другими патогенными микроорганизмами и вирусами [Couch, 1982; Кудинский, Холодковская, 1988].

В бухтах Миноносок и Халовой в выделенных бактериях более трети занимают грамотрицательные условно-патогенные палочки родов *Aeromonas*, *Vibrio*, *Pseudomonas* [Авдеева и др., 1991]. На всех обследованных плантациях бактерии группы кишечной палочки (БГКП) выделены в теплые месяцы (июле–августе). Наиболее высокий индекс БГКП наблюдался у устриц в б. Миноносок – 62–240 клеток на 100 мл. В норме общее количество колиформ не должно превышать 70 клеток на 100 мл воды, количество фекальных колиформ – 14 клеток на 100 мл воды [Furfari, 1976]. Сильное бактериальное загрязнение моллюсков является опасным показателем, свидетельствующим о неблагоприятном состоянии акватории [Авдеева и др., 1991]. Возможно, что изредка отмечаемая катастрофическая гибель спата моллюсков [Габаев и др., 1998; Лебедев и др., 2004] являются свидетельствами нарушения экологического равновесия в бухте.

**Подвесные плантации моллюсков и их роль.** В настоящее время (по данным 2000 г.) общая площадь гидробиотехнических сооружений для сбора спата и выращивания моллюсков в б. Миноносок составляет 18 га, в б. Халовой – 19 га. Многолетние наблюдения показывают, что искусственно созданные биосистемы – береговые и морские установки с коллекторами для сбора спата моллюсков и садками для их подращивания оказывают значительное влияние на гидрологические и гидрохимические характеристики вод. Хотя количество задействованных гектаров в разные годы варьирует, и часть установок не используется, плантации

уменьшают водообмен в бухтах, снижая скорость течений. Из-за инженерных сооружений скорость суммарного течения в б. Миносок снижается в среднем с 0.06–0.07 м/с на входе до 0.03–0.04 м/с в центральной части и до 0.02–0.03 м/с в вершине бухты, падая до нуля в межфазовых приливо-отливных состояниях. При этом, под воздействием тех или иных элементов конструкций, направление течения на разных горизонтах может отличаться на несколько десятков градусов [Кучерявенко, Брегман, 1995; Григорьева и др., 1996]. Кроме того, по средним многолетним данным, концентрация взвешенного углерода по мере продвижения к зоне наибольшей плотности культивируемых моллюсков снижается с 0.193 мг/л до 0.162 мг/л (до 20%) [Лихт, Дударев, 1983; Кучерявенко, 1988; Кучерявенко, Брегман, 1995]. Все это замедляет темп роста моллюсков в центральной и кутовой частях бухт. По данным А. Кучерявенко [1996], отставание в темпах роста гребешка на 18% (за 5 мес. культивирования) наблюдается на плантации, которая располагается в предкутовой части, по сравнению с моллюсками в центральной части бухты.

Большое количество плантаций с культивируемыми моллюсками способствуют заилению бухт за счет накопления биоотложений, которые содержат значительно большее количество органических веществ, чем донные осадки. Биоотложения моллюсков состоят из непереваренных остатков пищи (фекалий), выведенных из организма отфильтрованных взвесей (псевдофекалий) и выделений (слизи), которые затем оседают на дно. Выделение фекальных и псевдофекальных

масс, а также элиминация моллюсков в процессе культивирования, вызывают заиление бентосных сообществ, дефицит кислорода, повышение бактериальной обсемененности и образование токсических соединений под плантациями с подвесными коллекторами [Парсонс и др., 1982; Золотницкий, 1988]. Кроме того, что донные отложения обогащаются органическим веществом [Андреева, Агатова, 1981], количество углерода в биоотложениях гребешка и мидий составляет около 7% [Кучерявенко, 2002], в грунтах под установками марикультуры накапливается кадмий [Христофорова и др., 1993]. При этом фекальный материал, являясь активным поглотителем растворенного кислорода, может служить причиной возникновения в придонном слое бескислородных зон и образования сероводорода [Павлютин, 1979], выделяющегося при разложении органики в анаэробных условиях или при дефиците кислорода.

Скорость биоотложений у гребешка с момента оседания (спат) до 3-х-летнего возраста изменяется от 0.2 до 8.3 мг С/экз./сут, мидии с момента оседания (спат) до 1.5-летнего возраста – от 0.2 до 0.8 мг С/экз./сут [Макарова, 1986; Седова, Кучерявенко, 1995; Кучерявенко, 2002]. По этим же данным, в б. Миносок биоотложения у гребешка и мидии 1.5-летнего возраста составляют соответственно 8.6 и 17.2 кг сухого вещества в сутки. За месяц выращиваемые моллюски в б. Миносок выделяют 10–15 т биоотложений, энергоудержание которых составляет  $80.6 \cdot 10^3$  ккал. В действительности количество биоотложений еще выше – за счет деятельности фильтраторов-обрастателей.

Повышается содержание органических веществ и в донных осадках. Общее количество углерода в б. Миноносок в верхнем 2 см слое донных осадков в 1977–1979 гг. составляло 6.1–10.3 мг/л, белков – 4.6–7.8 мг/л, углеводов – 2.3–5.5 мг/л натурально-влажного осадка [Андреева, Агатова, 1981]. По последним данным [Кучерявенко, 2002], содержание углерода в верхних слоях донных осадков б. Миноносок изменяется в широких пределах и варьирует от 1–2 мг/г на входе в бухту до 7.4 мг/г в предкутовой части. Содержание белка донных осадков имеет пятнистое распределение и изменяется от 0.7 мг/г на входе в бухту до 8.4 мг/г у юго-восточного берега. Как правило, в пробах осадков, отобранных непосредственно под установками с культивируемыми моллюсками, содержание углерода и белка несколько выше, чем в некотором удалении от установок.

Плантации влияют и на изменение состава бентосных сообществ, особенно заметное на участках с большим содержанием илстых частиц в донных отложениях. По данным А. Голикова с соавт. [1986], почти повсеместно на глубине 1–3 м стали доминировать устойчивые к заилению *Ruditapes philippinarum*, на глубине 3–4 м – *Arca boucardi*. На илстых грунтах, на глубине свыше 5–6 м, возросло количество зарывающихся двустворок и сократилось количество *Anadara broughtonii*. Отмечена

тенденция к уменьшению на многих участках доли относительно стенобионтных видов и увеличению доли относительно эврибионтных видов, особенно выносливых к заилению. В некоторых случаях зафиксировано разрушение сложившихся биоценозов [Масленников, 1991].

На подвесных плантациях более напряженными стали межвидовые отношения у крупных двустворчатых моллюсков [Габаев, 1990]. Кроме того, тихоокеанская мидия стала преобладать в обрастаниях до глубины 15 м [Кашин, Масленников, 1993] и полностью вытеснила грацилярию на всех видах субстратов [Звягинцев, Козьменко, 1991]. Помимо амурской звезды, на коллекторах стала встречаться гребешковая патирия, а также гастропода *Nucella heyseana* и хищная изопода *Cymodoce acuta* [Габаев, 1990].

Таким образом, плантации марикультуры не только уменьшают водообмен, снижая скорость течений, но и активно влияют на перераспределение и преобразование органического вещества в бухтах, а также значительно влияют на ход биологических процессов в водоемах, где они находятся. Содержание органических веществ в местах воспроизводства моллюсков значительно выше и в водной толще, и в грунтовых осадках. Бактериологический фон также изменен, что важно учитывать при культивировании.

## Заключение

В настоящее время бухты Миноносок и Халовой остаются основным центром по воспроизводства беспозвоночных, самым крупным на Дальнем Востоке

России и имеющем громадное значение как уникальный питомник беспозвоночных в масштабах всего Приморья. Реальная практика марикультуры

показывает, что, возможно, в недалеком будущем придется решать вопросы о поддержании экологического равновесия в акваториях, узкоспециализированных для воспроизводства объектов марикультуры, как это произошло в традиционных районах интенсивного культивирования моллюсков у берегов Франции и Испании [Биологические основы..., 1998]. По нашему мнению,

острота экологических проблем выйдет на первый план в хозяйственной деятельности марихозяйств, поэтому комплексное представление о естественных изменениях климатических условий, колебаниях химических параметров и перераспределениях органических веществ, обусловленных жизнедеятельностью животных, станет основой рационального природопользования.

## Литература

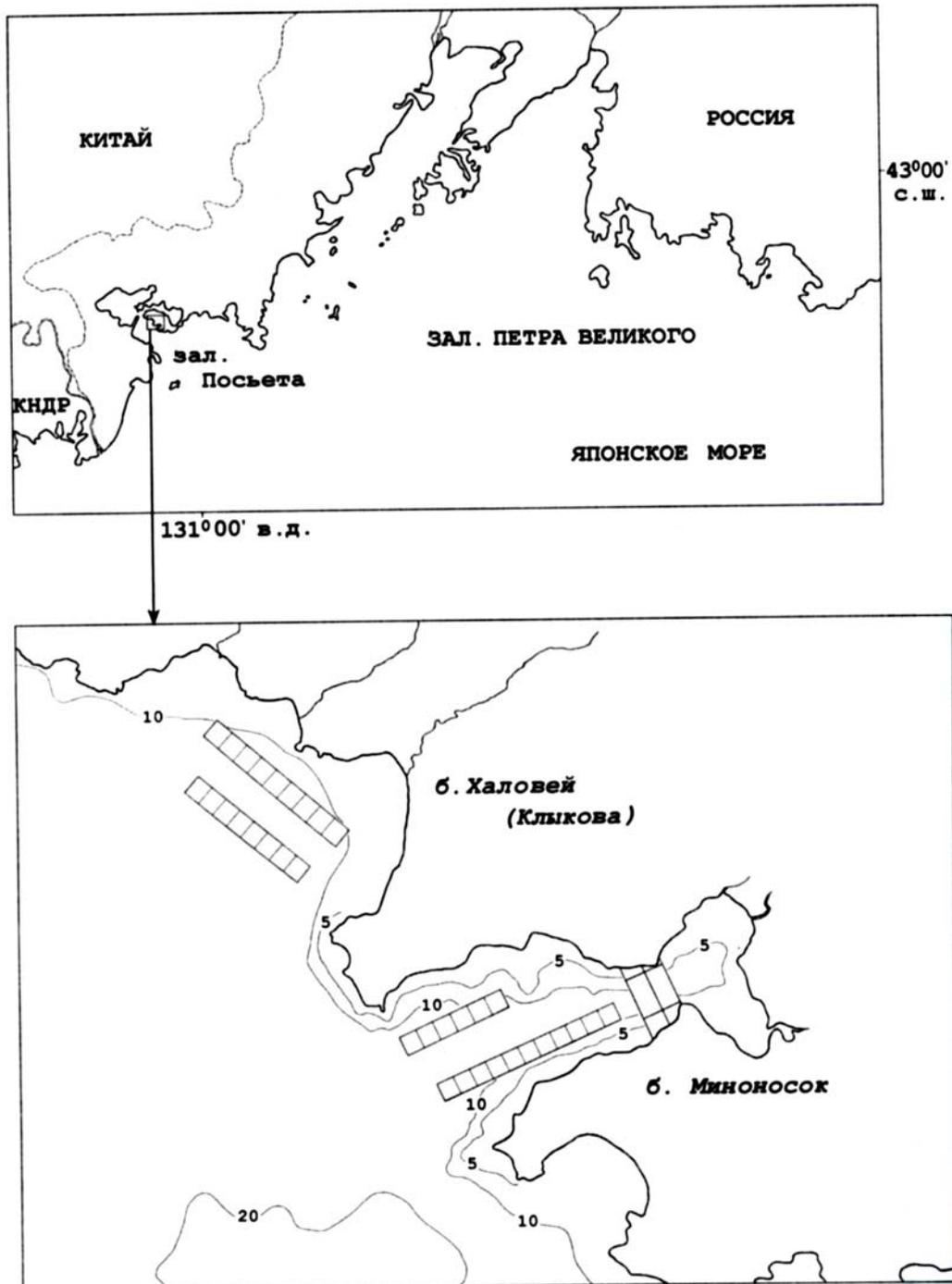
- Авдеева Н.В., Коваленко Л.М., Матросов В.В.* 1991. Эпизоотическая ситуация на промышленных плантациях культивируемых моллюсков в заливе Петра Великого // Рациональное использование биоресурсов Тихого океана: Тезисы докладов. 8–10 октября 1991 г. Владивосток: Тихоокеанский институт рыбного хозяйства и океанографии. С. 175–177.
- Алисов Б.П., Берлин И.А., Михель В.М.* 1954. Курс климатологии. Л.: Гидрометеиздат. Ч. 3. 320 с.
- Андреева Н.Н., Агатова А.И.* 1981. Органическое вещество в донных осадках залива Посьета (Японское море) // Биология моря. Т. 7, № 2. С. 40–49.
- Бельшев А.П., Клеванцов Ю.П., Рожков В.А.* 1983. Вероятностный анализ морских течений. Л.: Гидрометеиздат. 264 с.
- Берлянт А.М.* 1973. Вычисление объемов по картам с помощью палетки // Океанология. Т. 13, вып. 3. С. 424–425.
- Биологические основы марикультуры. 1998. М.: Всесоюзный институт рыбного хозяйства и океанографии. 320 с.
- Брайко В.Д.* 1979. О метаболизме мидий и влияние их на другие организмы ценоза обрастаний // Промысловые двустворчатые моллюски и их роль в экосистемах. Л.: Зоологический институт АН СССР. С. 22–24.
- Винокурова Т.Т., Скокленева Н.М.* 1980. Временная изменчивость гидрологических условий в заливе Посьета // Известия ТИНРО. Т. 104. С. 29–35.
- Винокурова Т.Т., Скокленева Н.М.* 1981. Внутримесячная изменчивость гидрометеорологических характеристик прибрежных районов залива Посьета // Известия ТИНРО. Т. 105. С. 26–33.
- Вышкварцев Д.И.* 1979. Исследования бактериопланктона мелководных бухт залива Посьета (Японское море) // Микробиология. Т. 48, № 4. С. 745–752.
- Вышкварцев Д.И.* 1984. Физико-географическая и гидрохимическая характеристики мелководных бухт залива Посьета (Японское море) // Гидробиологические исследования заливов и бухт Приморья. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 4–12.
- Вышкварцев Д.И., Каранетян Т.Ш.* 1979. Сезонная динамика первичной продукции в мелководных бухтах залива Посьета (Японское море) // Биология моря. № 2. С. 28–33.
- Вышкварцев Д.И., Коновалова Г.В.* 1979. О механизмах зимнего «цветения» микроводорослей в водах залива Петра Великого (Японское море) // Биология моря. № 1. С. 72–73.
- Вышкварцев Д.И., Пешеходько В.М.* 1987. Продукционный потенциал доминирующих видов водной растительности в мелководных бухтах залива Посьета (Японское море) // Биологические науки. № 11. С. 90–95.
- Габаев Д.Д.* 1990. Изменения межвидовых отношений беспозвоночных в результате воздействия марикультуры // 5 Всесоюзная конференция по промысловым беспозвоночным: Тезисы докладов. 9–13 октября 1990 г. М.: Всесоюзный институт рыбного хозяйства и океанографии. С. 7–8.
- Габаев Д.Д., Кучерявенко А.В., Шепель Н.А.* 1998. Антропогенное эвтрофирование залива Посьета Японского моря установками марикультуры // Биология моря. Т. 24, № 1. С. 53–62.
- Галеркин Л.И., Бараш М.Б., Сапожников В.В., Пастернак Ф.А.* 1982. Тихий океан. М.: Мысль. 316 с.
- Галкина В.Н.* 1979. Роль метаболитов мидий в

- развитии прибрежного планктона Баренцева моря // Промысловые моллюски-мидии и их роль в экосистемах. Л.: Зоологический институт АН СССР. С. 38–40.
- Галкина В.Н. 1982. Метаболиты мидий *Mytilus edulis* в составе растворенного вещества морской воды // Океанология. Т. 22, № 1. С. 125–130.
- Галкина В.Н., Кулаковский Э.К., Кунин Б.Л. 1982. Влияние аквакультуры мидий в Белом море на окружающую среду // Океанология. Т. 22, № 2. С. 321–324.
- Гидрометеорологические условия шельфовой зоны Японского моря. 1976. // Труды Дальневосточного гидрометеорологического института. Вып. 27. 794 с.
- Голиков А.Н., Скарлато О.А., Бужинская Г.Н., Василенко С.В., Голиков А.А., Перестенко Л.П., Сиренко Б.И. 1986. Изменения бентоса залива Посьета (Японское море) за последние 20 лет как результат накопления органического вещества в донных отложениях // Океанология. Т. 26, № 1. С. 131–135.
- Григорьева Н.И. 1999. Межгодовая изменчивость температуры воды в прибрежной зоне залива Посьета Японского моря // Биология моря. Т. 25, № 2. С. 100–102.
- Григорьева Н.И., Кучерявенко А.В. 1995. Краткая гидрологическая характеристика залива Посьета. Владивосток. Деп. в ВИНТИ 21.08.95 г., № 2466-В95. 35 с.
- Григорьева Н.И., Кучерявенко А.В., Новожилов А.В., Вышкварцев Д.И. 1996. Скорость потоков определяющих размещение плантаций на акватории мелководных бухт залива Посьета (Японское море) // Тезисы докладов 7 съезда Гидробиологического общества РАН: Тезисы докладов. 14–20 октября 1996 г. Казань: Изд-во Казанского университета. С. 110–111.
- Григорьева Н.И., Кучерявенко А.В., Федосеев В.Я. 2002. Гидрометеорологическая характеристика залива Посьета как района культивирования гидробионтов // Вопросы рыболовства. Т. 3, № 4(12). С. 578–604.
- Донные ландшафты бухт западной части залива Петра Великого (Японское море) и их оценка для размещения плантаций трепанга: Отчет. 1985. № Государственной регистрации 810-52340. М.: Всесоюзный институт рыбного хозяйства и океанографии. 128 с.
- Ерохин В.Е. 1980. Использование растворенных в морской воде органических веществ беспозвоночными // Экология моря. № 2. С. 3–15.
- Звягинцев А.Ю., Козьменко В.Б. 1995. Обрастание установок мариккультуры и эпифитон грацилярии в заливе Посьета Японского моря // Биология моря. Т. 21, № 1. С. 16–20.
- Золотницкий А.П. 1988. Влияние мариккультуры мидий (*Mytilus galloprovincialis lam.*) на вторичное загрязнение районов культивирования // Сырьевые ресурсы и биологические основы рационального использования промысловых беспозвоночных: Тезисы докладов. 14–16 декабря 1988 г. Владивосток: Тихоокеанский институт рыбного хозяйства и океанографии. С. 102–103.
- Иващенко Э.А. 1993. Циркуляция вод залива Петра Великого // Географические исследования шельфа дальневосточных морей. Владивосток: Издательство Дальневосточного государственного университета. С. 31–61.
- Израэль Ю.А., Цыбань А.В. 1989. Антропогенная экология океана. Л.: Гидрометеиздат. 528 с.
- Кафанов А.И., Лысенко В.Н. 1988. О трофических ресурсах сообщества zostеры залива Петра Великого Японского моря // Биология моря. № 6. С. 24–30.
- Кашин И.А., Масленников С.И. 1993. Обрастание сооружений для выращивания приморского гребешка // Биология моря. Т. 19, № 4. С. 90–97.
- Кинне О. 1983. Реализм в аквакультуре – точка зрения эколога // Биология моря. № 6. С. 3–11.
- Климат Владивостока. 1978. Л.: Гидрометеиздат. 167 с.
- Коновалова Г.В. 1979. Видовой состав и численность фитопланктона залива Посьета (Японское море) // Исследование пелагических и донных организмов дальневосточных морей. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 5–16.
- Конушев С.И. 1975. Первичная продукция и растворенное органическое вещество в заливе Петра Великого // Гидробиологические исследования в Японском море и Тихом океане. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 9–14.
- Кочиков В.Н. 1979. Океанологическое обеспечение морских хозяйств по выращиванию беспозвоночных. М.: Центральный научно-исследовательский институт технико-экономических исследований рыбного хозяйства. Вып. 4. 56 с.
- Кудинский О.Ю., Холодковская Е.В. 1988. Биотестирование акваторий марихозяйства // Рыбное хозяйство. № 9. С. 20–21.

- Кулаковский Э.Е. 1995. Проблемы регуляции в морских экосистемах в связи с развитием марикультуры // Международный симпозиум по марикультуре: Тезисы докладов. 24–27 сентября 1995 г. М.: Всесоюзный институт рыбного хозяйства и океанографии. С. 26–28.
- Кучерявенко А.В. 1986. Изменение биохимических параметров среды под влиянием культивируемых моллюсков // Антропогенные воздействия на прибрежно-морские экосистемы. М.: Всесоюзный институт рыбного хозяйства и океанографии. С. 142–148.
- Кучерявенко А.В. 1988. Влияние культивируемых моллюсков на количество и состав органического вещества в районах марикультуры // 3-я Всесоюзная конференция по морской биологии: Тезисы докладов. Киев: Институт биологии южных морей АН СССР. Ч. 2. С. 251.
- Кучерявенко А.В. 1996. Биохимическая адаптация культивируемого гребешка // Состояние и перспективы научно-технических разработок в области марикультуры России: Материалы совещания. М.: Всесоюзный институт рыбного хозяйства и океанографии. С. 173–176.
- Кучерявенко А.В. 2002. Органическое вещество в мелководных бухтах залива Посьета. Владивосток: Тихоокеанский научно-исследовательский центр. 86 с.
- Кучерявенко А.В., Брегман Ю.Э. 1995. Изменение биохимического состава воды и параметров течения в зал. Посьета (Японское море) промышленным культивированием моллюсков // Международный симпозиум по марикультуре: Тезисы докладов. 24–27 сентября 1995 г. М.: Всесоюзный институт рыбного хозяйства и океанографии. С. 30.
- Кучерявенко А.В., Макарова Л.Г., Коновалова Н.Н., Поликарпова Г.В. 1986. Состояние и перспективы культивирования моллюсков в бухте Миносок (залив Посьета) // Марикультура на Дальнем Востоке. Владивосток: Тихоокеанский институт рыбного хозяйства и океанографии. С. 57–64.
- Кучерявенко А.В., Седова Л.Г. 1988. Методические рекомендации по оценке трофической базы и возможного количества выращиваемых в бухтах моллюсков. Владивосток: Тихоокеанский институт рыбного хозяйства и океанографии. 10 с.
- Лакин Г.Ф. Биометрия. 1980. М.: Высшая школа. 293 с.
- Ластовецкий Е.И., Якунин Л.П. 1981. Гидрометеорологическая характеристика Дальневосточного Государственного морского заповедника // Цветковые растения островов Дальневосточного морского заповедника. Владивосток: Дальневосточный научный центр АН СССР. С. 18–33.
- Лебедев Е.Б., Вышкварцев Д.И., Григорьева Н.И. 2004. Марикультура в бухте Миносок // Дальневосточный морской биосферный заповедник: Исследования. Владивосток: Дальнаука. Т. 1. С. 795–803.
- Лихт Ф.Р., Дударев О.В. 1983. Изучение распределения взвешенного вещества в водах залива Петра Великого и закономерности осадконакопления для оценки экологических условий объектов марикультуры // IV Всесоюзное совещание по научно-техническим проблемам марикультуры: Тезисы докладов. 27 сентября–1 октября 1983 г. Владивосток: Тихоокеанский институт рыбного хозяйства и океанографии. С. 180–181.
- Лукас С. 1964. Экологическое значение метаболитов, выделяемых во внешнюю среду // Механизмы биологической конкуренции. М.: Мир. С. 242–262.
- Макарова Л.Г. 1986. Продукционные характеристики приморского гребешка *Patinopecten yessoensis* (Jay) как объекта марикультуры. Автореферат дис. ... канд. биол. наук. Л.: Зоологический институт АН СССР. 20 с.
- Мануйлов В.А. 1987. Структура донных ландшафтов береговой зоны залива Петра Великого // Донные ландшафты Японского моря. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 22–43.
- Мануйлов В.А. 1990. Подводные ландшафты залива Петра Великого. Владивосток: Изд-во Дальневосточного государственного университета. 168 с.
- Масленников С.И. 1991. К оценке влияния плантаций моллюсков на природные экосистемы // Рациональное использование биоресурсов Тихого океана: Тезисы докладов. 6–10 октября 1991 г. Владивосток: Тихоокеанский институт рыбного хозяйства и океанографии. С. 201–203.
- Методы гидрохимических исследований океана. 1978. М.: Наука. 272 с.
- Миронов О.Г. 1988. Мидии как элемент гидробиологической системы очистки загрязненных морских вод // Водные ресурсы. № 5. С. 104–111.
- Моисеев П.А., Карпевич А.Ф., Романычева О.Д., Блинова Е.И., Сальников Н.Е. 1985. Морская аквакультура. М.: Агропромиздат. 253 с.

- Мороз И.Ф., Скокленева Н.М., Гоголева Н.М. Химизм вод залива Петра Великого в районах обитания и воспроизводства промысловых объектов // Исследование и рациональное использование биоресурсов дальневосточных и северных морей СССР и перспективы создания технических средств для освоения неиспользованных биоресурсов открытого океана: Тезисы докладов. 15–17 октября 1985 г. Владивосток: Тихоокеанский институт рыбного хозяйства и океанографии. 1985. С. 126–127.
- Павлютин А.П. 1979. Пищевая ценность детрита для водных животных // Общие основы изучения водных экосистем. Л.: Наука. С. 106–113.
- Парсонс Т.Р., Такахаши М., Харгрейв Б. 1982. Биологическая океанография. М.: Легкая и пищевая промышленность. 432 с.
- Паутова Л.А. 1990. Структура планктонного фитоценоза в районе промышленной плантации приморского гребешка (бухта Алексева, Японское море) // Биология морского планктона. Владивосток: ДВО АН СССР. С. 46–52.
- Переладов М.В., Сергиева З.М. 1989. Предварительная оценка влияния мидийной фермы на окружающую среду // Тезисы докладов Международного симпозиума по современным проблемам марикультуры в социалистических странах. 10–15 октября 1989 г. М.: Всесоюзный институт рыбного хозяйства и океанографии. С. 43–45.
- Подорванова Н.Ф., Ивашишникова Т.С., Петренко В.С., Хомичук Л.С. 1989. Основные черты гидрохимии залива Петра Великого (Японское море). Владивосток: Дальневосточное отделение АН СССР. 201 с.
- Покудов В.В., Власов Н.А. 1981. Температурный режим прибрежных вод Приморья и о. Сахалин по данным ГМС // Труды Дальневосточного гидрометеорологического института. Вып. 86. С. 109–118.
- Пученкова С.Г., Безменова В.М., Лебедева С.К. 1988. Микробиологическое обследование мидий // Рыбное хозяйство. № 9. С. 30–31.
- Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях. 1977. Л.: Гидрометеоиздат. 726 с.
- Рынков В.С., Шахгельдян И.Г., Полищук Л.Н. 1974. Четвертичные отложения прибрежной части шельфа залива Петра Великого // Вопросы геологии и геофизики окраинных морей северо-западной части Тихого океана. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 76–78.
- Седова Л.Г., Кучерявенко А.В. 1995. Влияние культивирования моллюсков на экологию двух бухт залива Петра Великого (Японское море) // Международный симпозиум по марикультуре: Тезисы докладов. 24–27 сентября 1995 г. М.: Всесоюзный институт рыбного хозяйства и океанографии. С. 38–39.
- Скарлато О.А., Голиков А.Н., Василенко С.В., Цветкова Н.Л., Грузов Е.Н., Несис К.Н. 1967. Состав, структура и распределение донных биоценозов в прибрежных водах зал. Посьета (Японское море) // Исследования фауны морей. Л.: Наука. Т. 5(13). С. 5–61.
- Скокленева Н.М. 1979. Гидрохимические условия северо-западной части залива Посьета // Известия ТИНРО. Т. 103. С. 137–140.
- Скокленева Н.М. 1980. Сезонная изменчивость гидрохимического режима вод бухт залива Посьета // Рыбохозяйственные исследования умеренных вод Тихого океана. Владивосток: Тихоокеанский институт рыбного хозяйства и океанографии. С. 9–14.
- Соловьева А.А., Галкина В.Н., Гарковская Г.П. 1977. Экспериментальное изучение влияния растворенного органического вещества метаболитов мидии на природное сообщество фитопланктона Белого моря // Океанология. Т. 17, № 3. С. 449–458.
- Справочник по гидрологическому режиму морей и устьев рек СССР. Основные гидрологические характеристики. Японское море. 1980. Владивосток: Дальневосточный гидрометеорологический институт. Т. 8. Ч. 1. 536 с.
- Супрунович А.В. 1988. Аквакультура беспозвоночных. Киев: Наукова думка. 156 с.
- Супрунович Т.И., Якунин Л.П. 1976. Гидрология залива Петра Великого // Труды Дальневосточного гидрометеорологического института. Вып. 22. 200 с.
- Сурьянинова Е.И. 1962. О бактериальной флоре мидий // Микробиология. Т. 31, № 4. С. 713–715.
- Таможняя В.А. 1991. Обмен метаболитами с окружающей средой в популяции *Mytilus galloprovincialis* // Биология моря. Т. 17, № 3. С. 85–93.
- Христофорова Н.К., Шулькин В.М., Кавун В.Я., Чернова Е.Н. 1993. Тяжелые металлы в промысловых и культивируемых моллюсках залива Петра Великого. Владивосток: Дальнаука. 296 с.

- Юрасов Г.И., Яричин В.Г. 1991. Течения Японского моря. Владивосток.: ДВО АН СССР. 176 с.
- Bayne B.L., Scullard C. 1977. Rates of nitrogen by species of *Mytilus* (Bivalvia: Mollusca) // Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. V. 57, N 2. P. 355–369.
- Couch J.A. 1982. Aquatic animals as indicators of environmental exposures // Journal Environmental Science and Health. N 4. P. 473–476.
- Furfari S.A. 1976. Shellfication purification, a review of current technology. Preprint. Kyoto. 35 p.
- Jorgensen C.B. 1983. Patterns of uptake of dissolved amino acids in mussels (*Mytilus edulis*) // Marine Biology. V. 73, N 2. P. 177–182.
- Livingstone D.R., Widdows J., Fieth P. 1979. Aspects of nitrogen metabolism of the common mussel *Mytilus edulis*: adaptation to abrupt and fluctuating changes in salinity // Marine Biology. V. 53, N 1. P. 41–55.
- Manahan D.T. 1983. The uptake and metabolism of dissolved amino acids by bivalve larvae // Biological Bulletin. V. 164, N 2. P. 236–250.
- Motoda S. 1973. Biology and artificial propagation of *Japanese scallop* (general review): Presented at the 2th Sov.-Jap. Joint Symp. Aquaculture. Moscow. P. 75–120.
- Shigienu K. 1972. Problems of prawn culture in Japan // Coastal Aquaculture: Indo-Pacific Region. P. 282–312.



**Рис. 1.** Карта-схема района культивирования моллюсков (на схеме указано расположение плантаций марикультуры).

**Fig. 1.** Map of Possjet Bay (with indication of cultivation places).

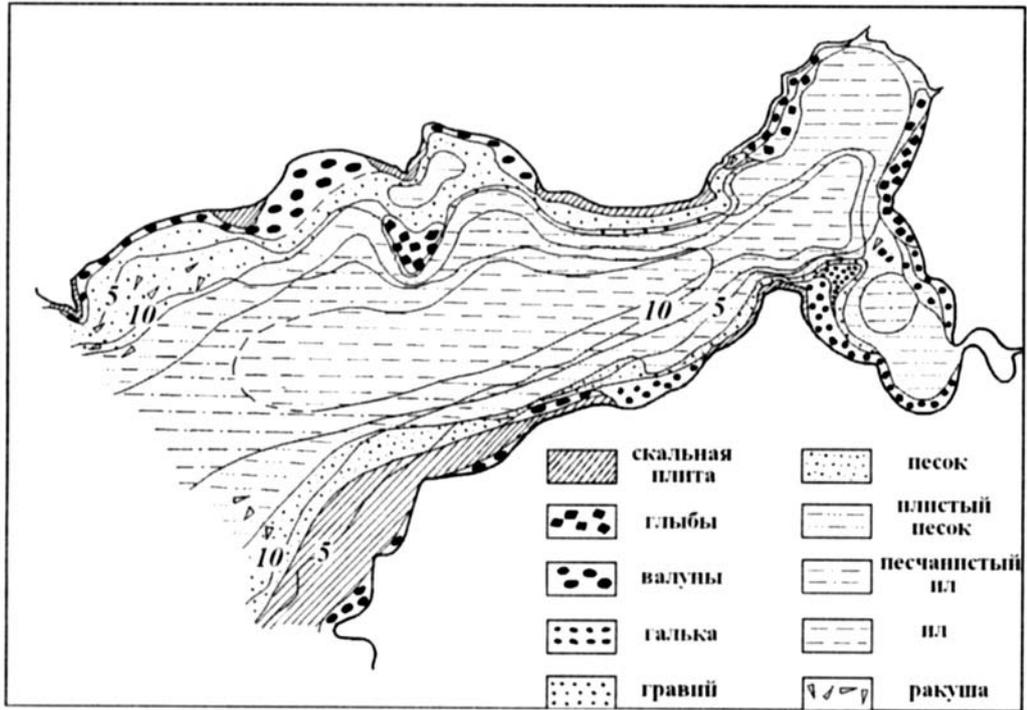


Рис. 2. Карта-схема грунтов в б. Миносок [по: Донные ландшафты..., 1985].

Fig. 2. Scheme of the distribution of bottom deposits in Minonosok Bay [after: Bottom Landscapes..., 1985].

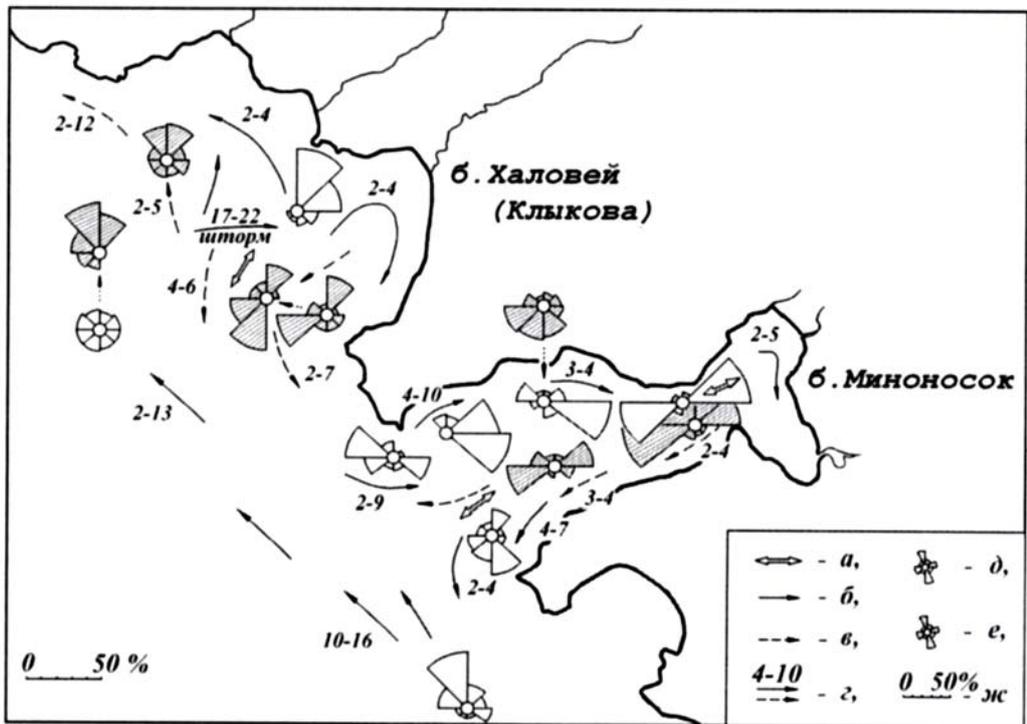


Рис. 3. Схема суммарных течений в летне-осенний период в бухтах Миносок и Халовой. Условные обозначения: а – реверсивное течение, б – поверхностное течение, в – придонное течение, г – среднее значение скорости течений (см/с), д – роза поверхностных течений, е – роза придонных течений, ж – шкала %-го соотношения направлений течений.

Fig. 3. Scheme of water circulation in Minonosok Bay and Khalovey Bayt. Abbreviations: а – reversible (tidal) current, б – surface current, в – near-bottom current, г – scalar average value of current velocity (cm/s), д – rose of the surface current, е – rose of the near-bottom current, ж – percentage scale of current directions.