

УДК 574.583(265.53)

Т.С. Шпилько¹, Г.В. Шевченко^{1,2*}

¹ Сахалинский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии,
693023, г. Южно-Сахалинск, ул. Комсомольская, 196;

² Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН,
693022, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1Б

ВЛИЯНИЕ ПРИЛИВО-ОТЛИВНОЙ ДИНАМИКИ НА ОБМЕН МЕРОПЛАНКТОНА (BIVALVIA, GASTROPODA) МЕЖДУ ЛАГУНОЙ БУССЕ И ПРИЛЕГАЮЩЕЙ МОРСКОЙ АКВАТОРИЕЙ ЗАЛИВА АНИВА

По результатам планктонной съемки, проведенной в 2014 г. в протоке Суслова, дается описание обмена личиночным материалом (*Bivalvia*, *Gastropoda*) между зал. Анива и лагуной Буссе. Приводится характеристика приливного водообмена. На основе приливных уровней и площади зеркала лагуны получены оценки общего затока морских вод для каждого исследуемого приливного цикла. Основным фактором обмена личиночным материалом являются высокие скорости приливного течения (достигающие, по оценке, 4 уз) как на приливе, так и на отливе. Лагунные виды меропланктона на отливе выносятся течением достаточно далеко от протоки в морское побережье, и обратный занос этих видов на фазе прилива становится маловероятным. В результате исследования установлено, что вследствие мелководности лагуны Буссе в ней происходит более быстрый прогрев воды в июле, и нерест лагунных видов начинается раньше, чем в зал. Анива. В августе при максимальном годовом прогреве воды численность диагностированных видов моллюсков увеличивается независимо от их зонально-географической принадлежности, характеризуется синхронностью и соответствует в лагуне Буссе и в зал. Анива самому теплому времени года. В сентябре наблюдаются наименьшие показатели заноса и выноса как двустворчатых, так и брюхоногих моллюсков. Описан таксономический состав и сезонная динамика личинок двустворчатых и брюхоногих моллюсков.

Ключевые слова: лагуна, протока, прилив, течение, меропланктон, двустворчатые моллюски, брюхоногие моллюски, личинки.

DOI: 10.26428/1606-9919-2018-195-92-110.

Shpilko T.S., Shevchenko G.V. The influence of tidal dynamics on exchange of meroplankton (*Bivalvia*, *Gastropoda*) between the Busse Lagoon and adjacent marine area of the Aniva Bay // *Izv. TINRO*. — 2018. — Vol. 195. — P. 92–110.

Exchange of *Bivalvia* and *Gastropoda* larvae between the Aniva Bay and Busse Lagoon is described on results of the plankton survey conducted in the connecting Suslov Channel in 2014. Taxonomic composition of meroplankton is described. Tide-induced water exchange

* Шпилько Татьяна Сергеевна, младший научный сотрудник, e-mail: tat.shpilko@yandex.ru; Шевченко Георгий Владимирович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: shevchenko_zhora@mail.ru.

Shpilko Tatiana S., junior researcher, e-mail: tat.shpilko@yandex.ru; Shevchenko G V., D.Sc., leading researcher, e-mail: shevchenko_zhora@mail.ru.

through the channel is estimated, as well. The total water flux is evaluated for each tidal cycle using the data on the water level in the lagoon and on the area of its water mirror. The main factor of the larvae exchange is the tidal water flow that reaches the rate of 4 knots both for ebb and tide currents. The meroplankton from the lagoon is transported by the ebb current rather far to the sea, and its reverse drift with the tide current back to the lagoon looks doubtful, so export of the meroplankton from the lagoon is detected, with certain seasonal dynamics. The export is the most intensive in early summer (July) because of earlier spawning in the lagoon, which water is warmed quicker on shallows. The exchange decreases in August, when the water temperature is the highest both in the lagoon and in the Aniva Bay and many species spawn actively in both areas. Both reverse transport and export of the larvae are low in September because of the water cooling and cessation of the spawning.

Key words: lagoon, channel, tide, current, meroplankton, bivalve, gastropod, larva.

Введение

Пелагические личинки двусторчатых и брюхоногих моллюсков составляют существенный компонент личиночного планктона лагуны Буссе. Они обеспечивают восстановление численности популяции этих групп животных и определяют закономерности их распределения. На побережье о. Сахалин имеется ряд лагун, соединенных с морем сравнительно узкими проливами, через них под воздействием приливов происходит водообмен, интенсивность которого и степень влияния морских вод на гидрологические и гидрохимические условия этих водоемов, а также на состояние населяющей их биоты существенно различаются. В каждом конкретном случае эти вопросы, а также роль выноса биологического материала в прилегающие к протоке участки морской акватории требуют специального исследования. Эти исследования связаны с использованием человеком хозяйственно-важных видов и организации управляемых хозяйств по их воспроизводству. В связи с этим определен интерес представляет лагуна Буссе, имеющая постоянный водообмен с зал. Анива через узкую протоку Сулова.

Целью данной работы было описать обмен личиночным материалом моллюсков между лагуной Буссе и зал. Анива, обусловленный приливными течениями. В связи с этим СахНИРО в мае-ноябре 2014 г. были проведены комплексные исследования, включавшие, в частности, измерения скорости и направления течений и ежемесячный отбор проб зоопланктона в протоке Сулова на суточной станции.

Материалы и методы

Район исследований — лагуна Буссе, расположенная на восточном побережье зал. Анива (сам залив находится в южной части о. Сахалин, рис. 1). Она имеет округлые очертания, площадь зеркала около 43 км², с зал. Анива ее соединяет узкая (шириной около 80 м) протока Сулова. В лагуну впадает 7 небольших рек, создающих в приустьевых участках эстуарные условия. Рельеф дна лагуны довольно прост: глубины увеличиваются постепенно от берегов к центру. Преобладают глубины от 2,5 до 5,0 м, максимальные (7 м) отмечены в центре лагуны. По данным А.В. Фурсенко и К.Б. Фурсенко (1970), для лагуны Буссе можно выделить несколько типов грунта. В восточной и северо-западной частях распространены песчано-илистые грунты с зарослями анфельции, вдоль берегов доминирует zostера. В западной и центральной частях лагуны основным типом грунта являются черные илы с запахом сероводорода, которые слабо покрыты водорослями. Вдоль северо-западных берегов тянется песчаная отмель, во время отлива обнажающаяся полосой в несколько десятков метров. В юго-западной части располагается более обширная полоса, обнажающаяся во время отлива в виде отдельных участков, рассеченных глубокими протоками. Гидродинамика лагуны довольно сложна. Колебание уровня вод в лагуне за счет приливо-отливных течений достигает 1,3 м; сток рек приводит к возникновению стоковых течений; ветром создаются неперидические сгонно-нагонные перемещения водных масс. В результате течения в лагуне не имеют определенной направленности, за исключением проток,

связанных непосредственно с зал. Анива, где преобладают приливо-отливные течения, а также центрального и юго-восточного районов, где течения приобретают циклонический характер. Для лагуны характерна достаточно высокая соленость (28–31 ‰), что обусловлено интенсивным приливым водообменом с морем. По термическому режиму воды лагуны Буссе, в силу ее мелководности, значительно отличаются от вод зал. Анива: процессы охлаждения и прогрева в сезонном масштабе протекают в ней быстрее, а максимальные летние температуры выше. Наибольший прогрев воды в лагуне Буссе наблюдается в августе-сентябре, когда температура воды достигает 16–24 °С. Именно в этот период и происходит размножение большинства обитающих здесь видов донных беспозвоночных (Куликова, 1979а).

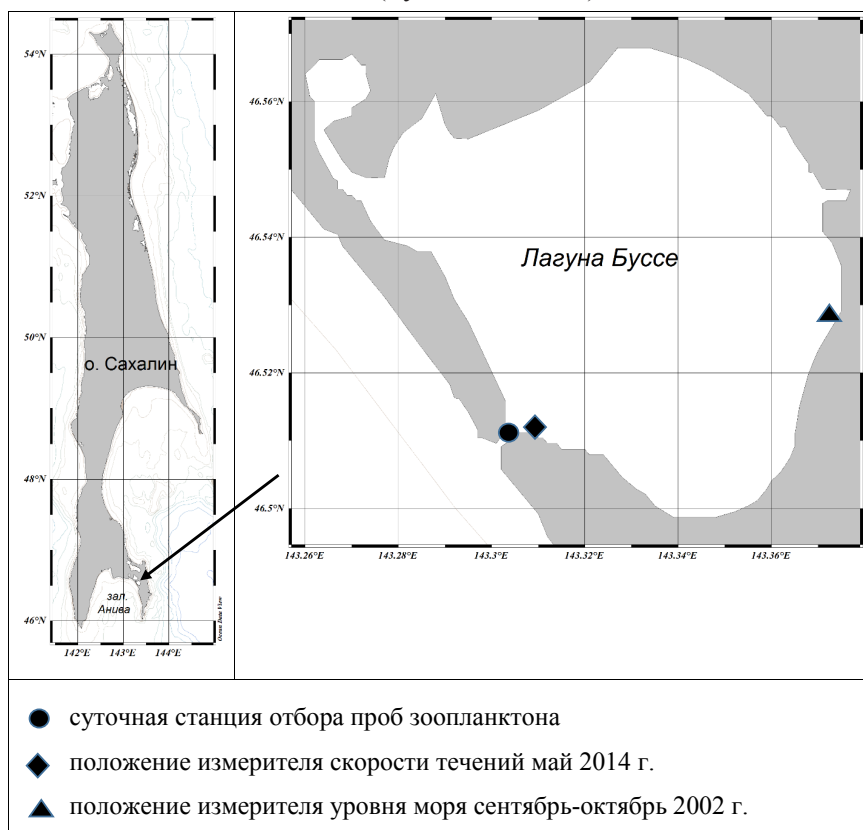


Рис. 1. Схема расположения суточной станции и измерителей уровня воды и течений в лагуне Буссе

Fig. 1. Location of daily station, sea level gauges, and current meters in the Busse Lagoon

Сбор зоопланктона проводили на суточной станции, расположенной в протоке Суслова (координаты 46°50' с.ш. 143°30' в.д., рис. 1), соединяющей лагуну Буссе с зал. Анива, один раз в месяц в период с мая по ноябрь 2014 г., с временным интервалом в 3 ч и перекрытием сроков начала и конца измерений.

Пробы зоопланктона отбирали тотальным обловом слоя от дна до поверхности с помощью большой планктонной сети Джеди (БСД-37). Спуск сети проводили на скорости 0,5 м/с, подъем — 1 м/с. Всего было отобрано 52 пробы зоопланктона (табл. 1). Расположение суточной станции отбора проб зоопланктона изображено на рис. 1.

Отобранные пробы зоопланктона фиксировались 4 %-ным раствором нейтрализованного формалина. Личинки двусторчатых и брюхоногих моллюсков отбирали из общих проб и переносили для хранения и последующей обработки в 70 %-ный раствор этилового спирта. При идентификации руководствовались литературой с описанием личинок и определительными таблицами (Касьянов и др., 1983; Куликова, Колотухина,

Общее количество отобранных и идентифицированных проб зоопланктона на суточной станции в протоке Сулова (лагуна Буссе) в 2014 г.

Total number of collected and identified samples of meroplankton at the daily station in the Suslov Channel (Busse Lagoon) in 2014

Месяц	Суточная проба
Май	9
Июнь	9
Июль	9
Август	9
Сентябрь	9
Октябрь	4*
Ноябрь	3*
Всего	52

* Отбор проб выполнен не в полном объеме из-за штормовых условий.

1989; Калягина, 1994; Колбин, 2006, 2010; Семенихина и др., 2006; Куликова и др., 2007; Евсеев, Колотухина, 2008; Колбин, Куликова, 2008; Епифанова, 2009). Видовые названия идентифицированных видов двусторчатых и брюхоногих моллюсков приведены в соответствии с World Register of Marine Species.

Параллельно с отбором проб зоопланктона в лагуне Буссе была осуществлена постановка автономных доплеровских измерителей течений (дважды, 20–23 мая и 5–8 августа, каждый раз по три измерителя). Одна станция выставлялась оба раза в одном месте, неподалеку от протоки (координаты 46°31' с.ш. 143°18' в.д., рис. 1), две другие — в северной части водоема в мае и по линии створа от протоки в августе. Эти измерения выполнялись с целью изучения влияния приливов на циркуляцию вод в лагуне, что выходит за рамки настоящего исследования. Поэтому в данной работе анализировались материалы инструментальных измерений только вблизи протоки, подробнее рассмотрена первая серия измерений (рис. 2).

Результаты и их обсуждение

Характеристика приливного водообмена

Ввиду зональной ориентации протоки меридиональная компонента течений вблизи нее имеет незначительную величину и, соответственно, мало влияет на водообмен, в то время как проекция измеренных векторов на параллель превышала 80 см/с на фазе прилива и 90 см/с на фазе отлива (отрицательные значения соответствуют ориентации потока на запад, в сторону открытого моря). В записях течений и колебаний уровня воды доминировали приливы, роль неперриодической составляющей была незначительна. Это типично для конца мая и в целом для теплого периода года, отличающегося спокойными погодными условиями.

Отметим также существенные вариации (учитывая сравнительно еще слабый прогрев вод в лагуне и тем более в зал. Анива) температуры воды. Резкие падения ее значений (на 3–4 °С) в течение часа зафиксированы на начальной фазе прилива, повышения, в целом не такие резкие, наблюдались при начале отлива.

Поскольку измеритель скорости находился не в протоке, а в одном (хотя и основном) из трех фарватеров, использовать измеренные значения скорости непосредственно для оценки водообмена было затруднительно. Поэтому для расчетов использовался косвенный метод, основанный на предвычислении приливных уровней и площади зеркала лагуны. Для предвычисления приливов в лагуне использовались гармонические постоянные, вычисленные на основе ряда, измеренного в сентябре-октябре 2002 г. на АБС Inessa-2 (Шевченко и др., 2005). Тогда датчик располагался у восточного побережья лагуны, в точке с координатами 46°32' с.ш. 143°23' в.д. (рис. 1).

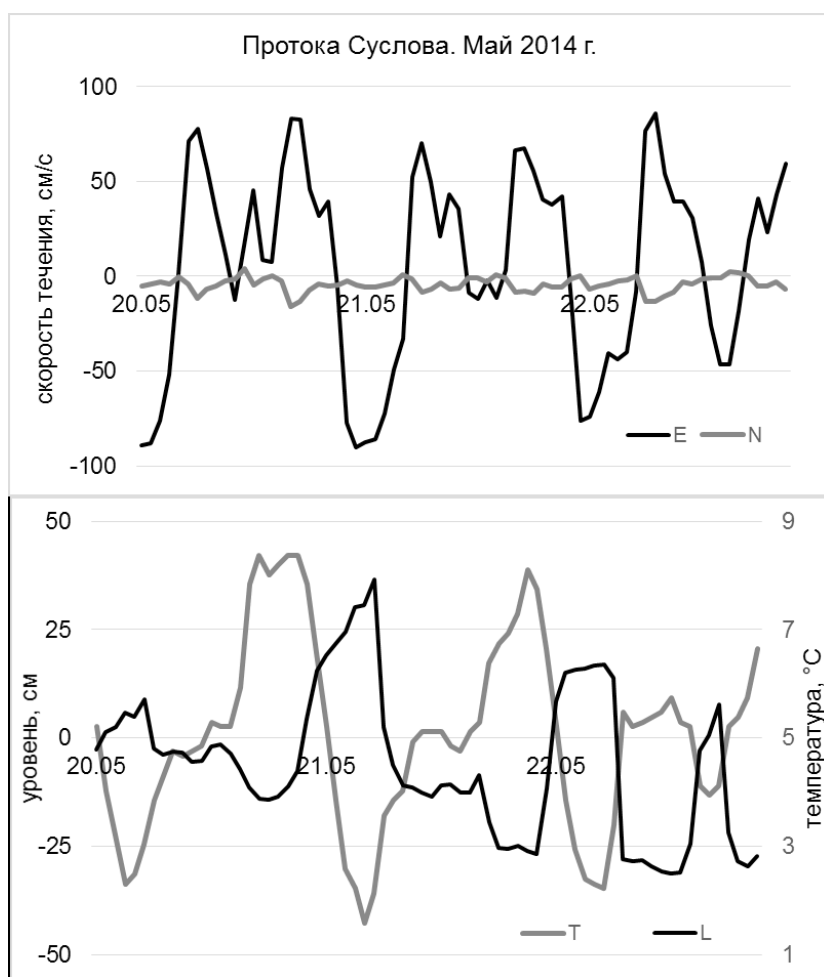


Рис. 2. Графики вариаций проекций измеренных векторов скорости течения на параллель (E, см/с) и на меридиан (N, см/с), а также гидростатического давления (уровня моря, см, шкала слева) и температуры морской воды (°C, шкала справа) на АБС Буссе-1 20–23 мая 2014 г.

Fig. 2. Variations of latitude (E) and longitude (N) projections of the current vectors, cm/s; hydrostatic pressure in cm of the water column (left scale); and water temperature, °C (right scale) measured at the buoy station ABS Busse-1 on May 20–23, 2014

Для характеристики прилива в море использовались гармонические постоянные для расположенной примерно в 30 км к югу от протоки Буссе скалы Гункан, приведенные в монографии Р.А. Деевой (1970).

Предвычисление было выполнено на 2014 г., а также рассчитаны разности приливного уровня между открытым морем и лагуной (фрагменты полученных рядов, синхронные с приведенными на рис. 2, представлены на рис. 3). Привлекает внимание сравнительно небольшое уменьшение величины прилива и сдвиг примерно на 2 ч в удаленной части лагуны по сравнению с внешней акваторией. Величина разности (из значений уровня в открытом море вычитался прилив во внутреннем водоеме) хорошо коррелирует со скоростью течения, причем если в колебаниях уровня доминируют суточные приливы, то в разности преобладают уже полусуточные составляющие, убывание которых в мелководных эстуариях обычно более существенно (Дронкерс, 1967).

Отметим также, что измерения течений пришлось на сравнительно небольшие значения приливного уровня и их разности, на период уменьшения приливов в рамках хорошо выраженной полумесячной изменчивости. Так, за неделю до эксперимента, 15–16 мая, величина разности приливного уровня в море и лагуне была почти в 2 раза больше, чем 20–21 мая, когда скорости приливного течения достигали 80–90 см/с.

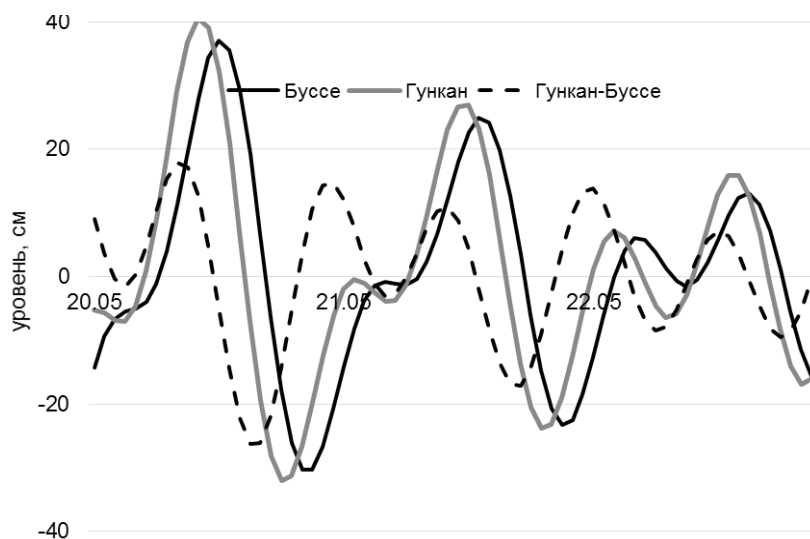


Рис. 3. Вариации предвычисленного приливного уровня на период 20–23 мая 2014 г. в лагуне Буссе и в зал. Анива (Гункан) и их разности

Fig. 3. Variations of the tidal level in the Busse Lagoon and Aniva Bay (Gunkan) predicted for the period May 20–23, 2014 and the level difference between the areas

Поэтому, вероятно, максимальные значения скорости приливных течений в протоке могут превышать 2 м/с.

Расчет затока морских вод в лагуну осуществлялся следующим образом. За каждые сутки выбирался интервал времени, когда разность приливного уровня между морем и лагуной была положительной (это отвечает затоку во внутреннюю акваторию), и оценивалось общее возрастание уровня на станции Inessa-2. Поскольку станция располагалась на восточной границе водоема, можно считать, что уровень поднимался на всей его площади. Умножая полученную высоту приливного уровня на площадь лагуны (среднее значение 41,35 км², по различным оценкам вариации при максимальных отливах и приливах достигают 8,0 км²), получим общий заток морских вод за приливной цикл.

Аналогичные процедуры были выполнены для каждого приливного цикла в июле, августе и сентябре, когда в пробах воды были выявлены различные виды зоопланктона. Так, для июля общий подъем уровня за все циклы превысил 20 м, а объем затока составил 0,831 км³, или 831 · 10⁶ м³ (табл. 2). Приливные колебания находятся в равновесии, поэтому на фазе отлива из лагуны вытекает такое же количество воды.

Таблица 2

Объем затока воды в лагуне Буссе в период встречаемости личинок зоопланктона в 2014 г., км³/м³

Table 2

Volume of the tide-induced water flux in Busse Lagoon in the period of mollusks larvae occurrence in zooplankton samples in 2014, km³/m³

Месяц	Суммарный месячный заток	Суммарный суточный заток
Июль	0,831/831 · 10 ⁶	0,0268/26806451,61
Август	0,804/804 · 10 ⁶	0,0259/25935483,87
Сентябрь	0,794/794 · 10 ⁶	0,0264/26466666,66

В августе и сентябре вследствие сезонных изменений интенсивности приливных колебаний величина затока снижается соответственно до 804 · 10⁶ и 794 · 10⁶ м³. Следует отметить, что в рамках межгодовой изменчивости с периодом 18,6 года, характерной для прибрежных районов о. Сахалин (Путов, Шевченко, 1998), 2014 г. относится к периоду «малых приливов». Например, в год «больших приливов» (2007) энергия

приливных колебаний на 43 %, а в среднем по 19-летнему циклу на 22 % выше, чем в 2014 г. Это означает, что в другие годы и скорость приливного течения в протоке, и объем затекающей в лагуну и вытекающей из нее за приливной цикл воды могут быть существенно выше. Таким образом, средние величины в июле-сентябре составят около $1016 \cdot 10^6 \text{ м}^3$, $983 \cdot 10^6$ и $971 \cdot 10^6 \text{ м}^3$, а максимальные — $1190 \cdot 10^6 \text{ м}^3$, $1151 \cdot 10^6$ и $1137 \cdot 10^6 \text{ м}^3$.

Влияние непериодических колебаний в рассматриваемый период сравнительно невелико. Согласно Г.В. Шевченко с соавторами (2005), в октябре-ноябре 2002 г. уровень в лагуне заметно возростал, что было обусловлено осенним дождевым паводком (вероятно, аналогичные процессы наблюдаются в апреле-мае при таянии снежного покрова). Это приводит к увеличению стока вод из лагуны.

Таксономический состав (Bivalvia, Gastropoda)

В период исследований всех временных интервалов суточной станции в планктоне были идентифицированы личинки *Bivalvia* и *Gastropoda*, всего 42 таксона различного ранга. Из общего числа таксонов 24 определены до вида, 6 — до рода, 5 — до семейства, остальные 7 — до более высокого таксона. В дальнейшем за основу таксономического состава взяты личинки моллюсков, определенные только до вида и рода в летне-осенний период на временных интервалах прилива и отлива, позволяющие отследить количественные показатели заноса и выноса личинок в лагуну Буссе (табл. 3).

Число определенных таксонов в разные месяцы варьировало от 27 до 10. Их наименьшее число на приливо-отливном временном интервале наблюдалось в сентябре (соответственно 11 и 10). В июле и августе количество таксонов колебалось в пределах от 18 до 23 в зависимости от приливо-отливных перемещений воды. Максимальное число (23 таксона) отмечено в летний период на приливах. По видовому разнообразию наиболее богато были представлены двустворчатые моллюски.

Bivalvia. За период летне-осеннего исследования в меропланктоне присутствовали личинки 20 таксонов, из которых 18 идентифицированы до вида, 2 — до рода.

Наибольшее количество видов отмечено в июле и августе — по 19. Личинки двустворчатых моллюсков семейств *Mytilidae*, *Crassostreidae*, *Pectinidae*, *Myidae*, *Mac-triidae* и *Veneridae* встречались наиболее часто (рис. 4). Все личинки вышеуказанных семейств — типичные представители лагуны Буссе, кроме *Siligua alta* (сем. *Pharidae*), которая заносится в лагуну из зал. Анива.

В осенний период число таксонов значительно уменьшилось. В каждой пробе были отмечены личинки *Arcuatula senhousia*, *Mac-tra chinensis* и *Crassostrea gigas*, что вполне соответствует периоду нереста местных популяций указанных видов и условиям температурного режима (Касьянов и др., 1983).

Gastropoda. Встречены личинки 7 таксонов, из них до вида идентифицированы 5, до рода — 2 (табл. 3). Наибольшее число таксонов отмечено в июле и августе за счет личинок семейства *Littorinidae* (рис. 4, 5). Личинки большинства других брюхоногих моллюсков не идентифицированы до вида ввиду их слабой изученности.

Сезонная динамика

В течение всего периода исследований под воздействием прилива и отлива суммарная плотность личинок двустворчатых и брюхоногих моллюсков на суточной станции в летне-осенний период изменялась в пределах от 12,62 до 157,92 экз./м³, за исключением августа, когда значение плотности достигло на приливе 320,71 экз./м³ и на отливе 294,27 экз./м³ (табл. 4).

Наименьшая плотность личинок отмечалась в ноябре (9,11 экз./м³). Необходимо отметить, что отбор проб в ноябре был выполнен не в полном объеме из-за штормовых условий и лишь на приливе, поэтому сравнить количественные показатели заноса и выноса от водообмена в ноябре не представляется возможным. В мае и июне при значениях поверхностных температур соответственно 3–6 и 9–10 °С личинки моллюсков

Таблица 3

Видовой состав личинок Bivalvia и Gastropoda по месяцам на суточной станции
в протоке Суслова (лагуна Буссе) в 2014 г.

Table 3

Species composition of Bivalvia and Gastropoda larvae at the daily station
in the Suslov Channel (Busse Lagoon) in 2014, by months

Таксон		Июль	Август	Сентябрь
Класс Bivalvia				
Отряд Mytilida	Сем. Mytilidae			
	<i>Mytilus</i> sp.	+	+	+
	<i>Mytilus edulis</i> (Linnt, 1758)	+	+	+
	<i>Crenomytilus grayanus</i> (Dunker, 1853)	+	+	+
	<i>Arcuatula senhousia</i> = <i>Musculista senhousia</i> (Benson in Cantor, 1842)	+	+	+
Отряд Arcoida	Сем. Crassostreidae			
	<i>Crassostrea gigas</i> (Thunberg, 1793)	+	+	+
Отряд Pectinida	Сем. Pectinidae			
	<i>Mizuhopecten yessoensis</i> (Jay, 1857)	+	+	
	<i>Swiftopecten swifti</i> (Bernardi, 1858)	+	+	
Отряд Euheterodonta	Сем. Solenidae			
	<i>Solen krusensterni</i> (Schrenck, 1867)	+		
	Сем. Pharidae			
	<i>Siligua alta</i> (Broderip et Sowerby, 1829)	+	+	+
Отряд Pholadomyida	Сем. Pholadidae			
	<i>Zirfaea crispata</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	
Отряд Myoidea	Сем. Myidae			
	<i>Mya arenaria</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+
	Сем. Teredinidae			
	<i>Teredo navalis</i> (Linnaeus, 1758)		+	
	<i>Bankia setacea</i> (Tryon, 1860)	+	+	+
Отряд Veneroidea	Сем. Kellidae			
	<i>Kellia japonica</i> (Pilsbry, 1895)	+	+	+
	Сем. Veneridae			
	<i>Ruditapes philippinarum</i> (Adams et Reeve, 1850)	+	+	+
	<i>Callista brevisiphonata</i> (Carpenter, 1865)	+	+	
	Сем. Mactridae			
	<i>Spisula sachalinensis</i> (Schrenck, 1862)	+	+	
	<i>Mactra chinensis</i> (Philippi, 1846)	+	+	+
	<i>Macoma</i> sp.	+	+	+
<i>Macoma balthica</i> (Linne, 1758)	+	+		
Класс Gastropoda				
Отряд Littorinimorpha	Сем. Littorinidae			
	<i>Littorina brevicula</i> (Philippi, 1844)	+	+	+
	<i>Littorina squalida</i> (Broderip et Sowerby, 1829)		+	
	<i>Littorina sitkana</i> (Philippi, 1846)	+	+	
	<i>Littorina mandshurica</i> (Schrenk, 1861)	+	+	
	<i>Littorina</i> sp.	+	+	+
	Сем. Naticidae			
	<i>Criptonatica jantostoma</i> (Deshayes, 1839)	+	+	
	<i>Criptonatica</i> sp.		+	

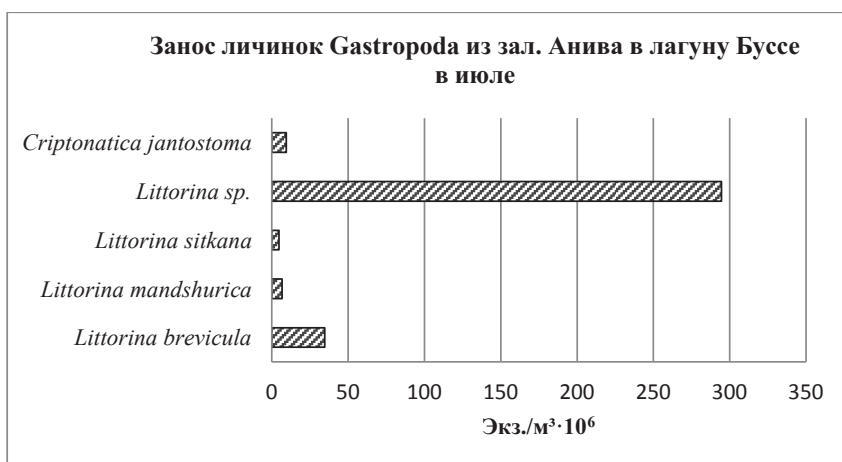
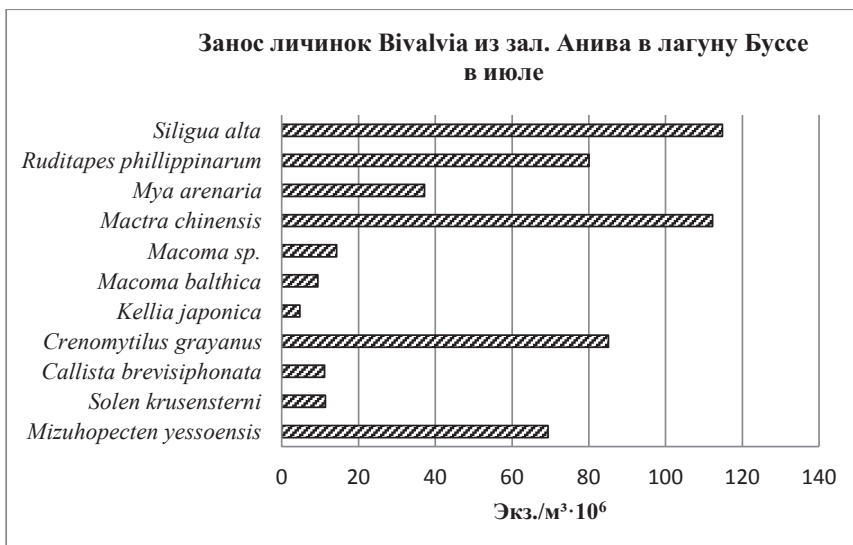
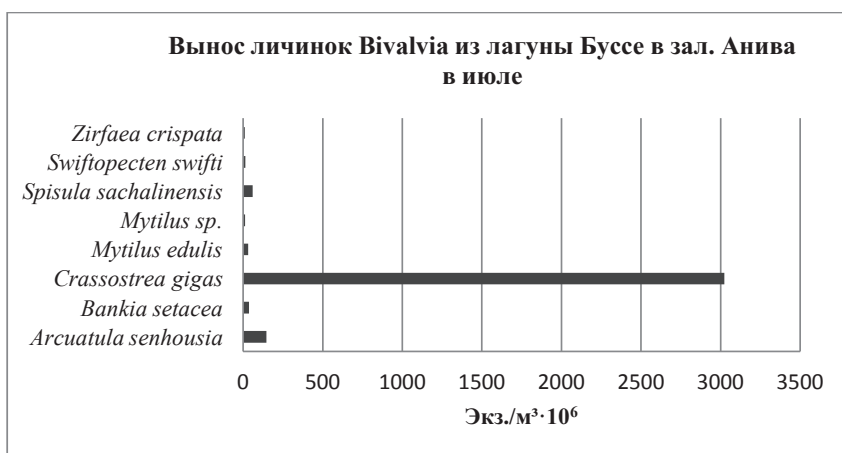


Рис. 4. Обмен личиночным материалом между лагуной Буссе и зал. Анива в июле 2014 г.
 Fig. 4. Larval exchange between the Busse Lagoon and Aniva Bay in July 2014

не наблюдались. В октябре в результате неблагоприятных погодных условий личинки Bivalvia и Gastropoda также не были отмечены.

Средние показатели динамики плотности идентифицированных видов моллюсков представлены на рис. 6.

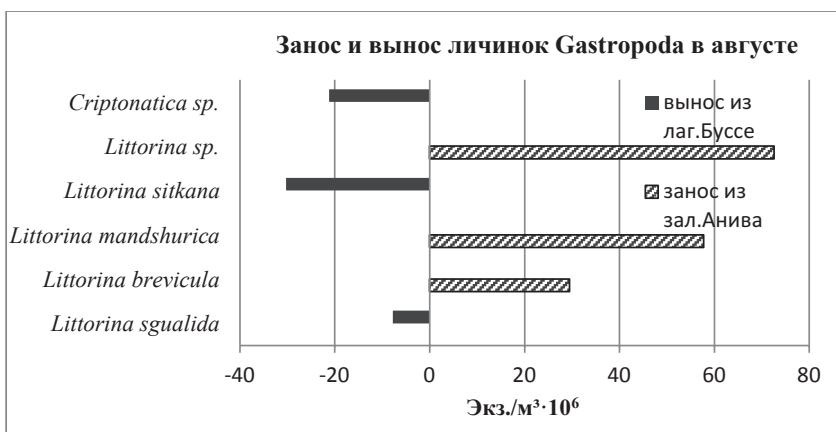
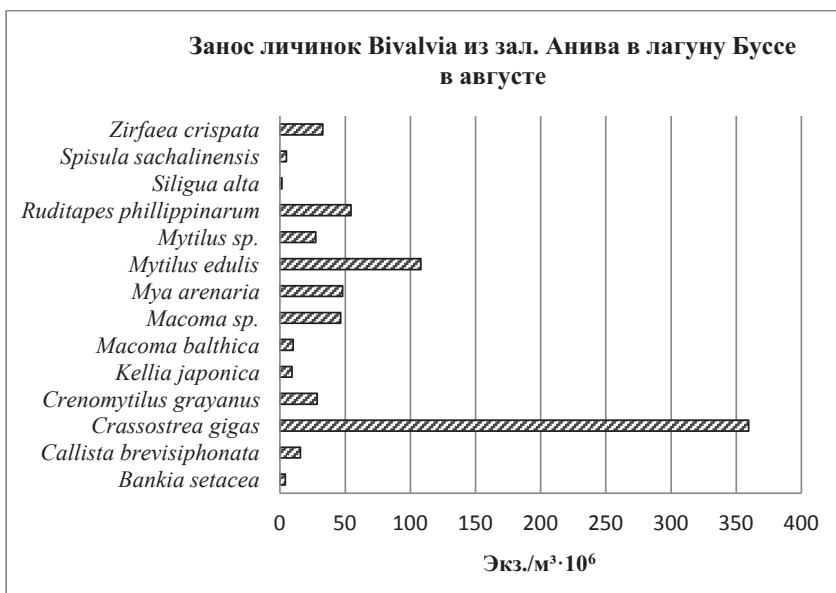
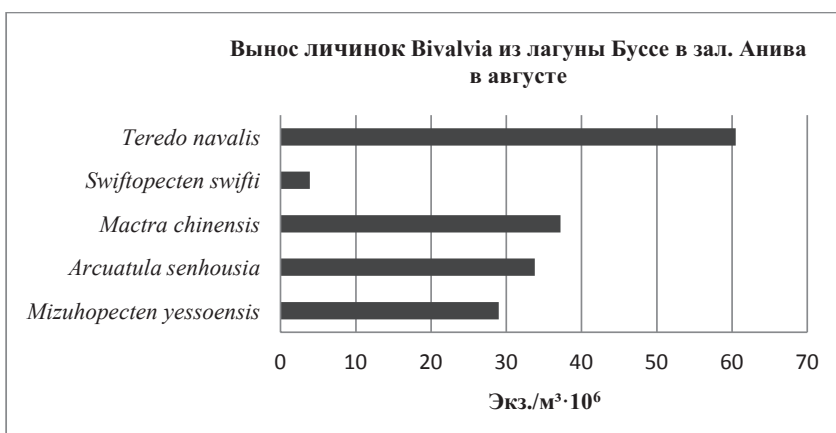


Рис. 5. Обмен личиночным материалом между лагуной Буссе и зал. Анива в августе 2014 г.
 Fig. 5. Larval exchange between the Busse lagoon and Aniva Bay in August 2014

В июле суммарные количественные показатели личинок двустворчатых моллюсков составляли на приливе 50,63 экз./м³ и 154,33 экз./м³ на отливе (табл. 4). К наиболее часто встречаемым видам относятся *Mizuhopecten yessoensis*, *A. senhousia*, *Crenomytilus grayanus*, *M. chinensis*, *Ruditapes phillipinarum*, *Spisula sachalinensis*. Плотность их

Средние показатели плотности личинок *Bivalvia* и *Gastropoda* по месяцам на отливе и приливе с частотой встречаемости видов на суточной станции в протоке Сулова (лагуна Буссе) в 2014 г.

Table 4

Average concentration of *Bivalvia* and *Gastropoda* larvae at low tide and high tide and occurrence of species at the daily station in the Suslov Channel (Busse Lagoon) in 2014, by months

Вид	Июль			Август			Сентябрь		
	N _{ср} , прилив, экз./м ³	N _{ср} , отлив, экз./м ³	ЧВ, %	N _{ср} , прилив, экз./м ³	N _{ср} , отлив, экз./м ³	ЧВ, %	N _{ср} , прилив, экз./м ³	N _{ср} , отлив, экз./м ³	Част. встреч., %
Bivalvia	50,63	154,33		309,83	288,09		11,31	15,91	
<i>Mizuhopecten yessoensis</i>	4,51	1,92	88,8	0,82	1,94	67	0	0	0
<i>Arcuatula senhousia</i>	2,95	8,36	77,7	13,34	14,64	100	2,86	4,81	100
<i>Solen krusensterni</i>	0,43	0	33,3	0	0	0	0	0	0
<i>Bankia setacea</i>	0	1,33	11,1	0,17	0	44	0	0,74	0
<i>Callista brevisiphonata</i>	0,75	0,33	22,2	0,62	0	11	0	0	0
<i>Crassostrea gigas</i>	0,19	113,0	22,2	257,90	244,0	89	2,33	0,74	78
<i>Crenomytilus grayanus</i>	6,38	3,21	77,7	2,43	1,33	78	1,86	1,11	78
<i>Kellia japonica</i>	0,18	0	11,1	0,67	0,30	33	0	0	0
<i>Macoma balthica</i>	1,61	1,26	77,7	0,40	0	33	0	0	0
<i>Macoma</i> sp.	0,54	0	11,1	1,80	1	22	0	2,96	44
<i>Maetra chinensis</i>	10,21	6,03	88,8	5,23	6,67	78	1,83	1,85	100
<i>Mya arenaria</i>	7,95	6,56	100	4,52	2,67	89	0	0,74	33
<i>Mytilus edulis</i>	0,19	1,33	22,2	5,50	1,33	44	1,06	1,48	44
<i>Mytilus</i> sp.	0,25	0,67	33,3	1,07	0	33	0	1,48	33
<i>Ruditapes phillippinarum</i>	5,83	2,85	88,8	6,04	3,94	89	0,81	0	44
<i>Siligua alta</i>	4,29	0	55,5	0,40	0,33	67	0,28	0	11
<i>Spisula sachalinensis</i>	4,18	6,38	77,7	6,83	6,64	89	0	0	0
<i>Swiftopecten swifti</i>	0	0,51	11,1	0,82	0,97	56	0	0	0
<i>Zirfaea crispata</i>	0,19	0,59	33,3	1,27	0	33	0	0	0
<i>Teredo navalis</i>	0	0	0	0	2,33	11	0,28	0	11
Gastropoda	16,66	3,59		10,88	6,18		1,31	2,59	
<i>Criptonatica jantostoma</i>	0,36	0	22,2	0	0	0	0	0	0
<i>Littorina brevicula</i>	2,88	1,59	66,6	3,35	2,21	100	0,56	0	11
<i>Littorina mandshurica</i>	0,25	0	11,1	2,23	0	33	0	0	0
<i>Littorina sitkana</i>	0,18	0	11,1	0,50	1,67	22	0	0	0
<i>Littorina</i> sp.	12,99	2,00	55,5	4,80	2,0	56	0,75	2,59	78
<i>Littorina squalida</i>	0	0	0	0	0,30	11	0	0	0

скоплений изменялась от 2,95 до 10,21 экз./м³. В число наиболее встречаемых видов вошла *S. alta* со средним значением на приливе 4,29 экз./м³ и с нулевым на отливе. Личинки *C. gigas* были наиболее многочисленными по плотности, до 113 экз./м³, всплеск плотности отмечался лишь в одном временном интервале на отливе, что свидетельствует о начале нереста при установившемся благоприятном температурном режиме (16,2–18,2 °C). Количественные показатели личинок брюхоногих моллюсков в 3 раза меньше, чем двустворчатых моллюсков, однако по биомассе показатели в 2 раза выше за счет большего удельного веса личинок. В июле к наиболее встречаемым видам относятся личинки *Littorina brevicula* и личинки других видов семейства Littorinidae. Представители семейства Littorinidae были представлены на приливе с плотностью от 0,18 до 12,90 экз./м³. На отливе количественные показатели были ниже за счет как количества встречаемых видов, так и значения плотности.

В августе плотность личинок двустворчатых и брюхоногих моллюсков достигала наивысших значений за весь период исследований. Суммарная плотность составляла на

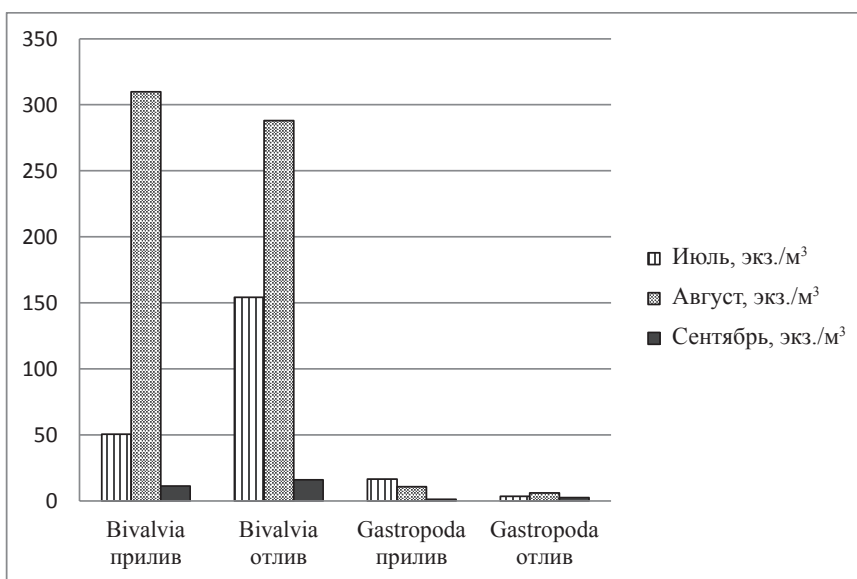


Рис. 6. Средние показатели динамики плотности идентифицированных моллюсков *Bivalvia* и *Gastropoda* за период исследования

Fig. 6. Average concentration of the identified *Bivalvia* and *Gastropoda* species in the studied period

приливе 320,71 экз./м³ и на отливе 294,27 экз./м³ (табл. 4). Высокая плотность (257,8 и 244,0 экз./м³ соответственно на приливе и отливе) сохранялась за велигерами *C. gigas*, отмеченными практически на всех временных интервалах. В августе к личинкам двустворчатых моллюсков, определенным в июле, присоединились велигеры *Teredo navalis*, которые отмечались только на отливе со средним значением плотности 2,33 экз./м³. *Solen krusensterni*, ранее встречавшийся только в июле на приливе, в августе уже не наблюдался, потому что нерестовый период данного вида приходится на конец весны — начало лета (Касьянов и др., 1983). По-прежнему в августе единично встречались *Kellia japonica*, *Macoma balhtica*, *Callista brevisiphonata*, *Zirfae crispate*, *Swiftopecten swifti*, *Bankia setacea*. Суммарные количественные показатели брюхоногих моллюсков (6,18 экз./м³) по сравнению с июлем увеличивались на отливе за счет представителей рода *Littorina*. Доминирующие по плотности виды семейства *Littorinidae* в августе на отливе пополняли единично отмеченные великонхи *Littorina squalida*.

В *сентябре* суммарные количественные показатели сократились на приливе до 12,62 экз./м³ и до 18,50 экз./м³ на отливе (рис. 7). Это произошло в результате резкого снижения численности личинок двустворчатых моллюсков до 11,31 и 15,91 экз./м³ соответственно на приливе и отливе. В меньшей степени сократилась плотность брюхоногих моллюсков (от 1,31 до 2,59 экз./м³), с сохранением, как и в августе, повышенных значений плотности на отливе за счет личинок *Littorina* sp. Высокая частота встречаемости среди двустворчатых моллюсков с доминирующими значениями по плотности наблюдалась для велигеров *A. senhousia*, *C. gigas*, *M. chinensis* и *C. grayanus*. Среди брюхоногих моллюсков в сентябре наиболее часто отмечены представители рода *Littorina*.

Обмен личиночным материалом между морским побережьем и лагуной

Объем затекающей в лагуну и вытекающей из нее за приливной цикл воды для исследуемых периодов рассчитан и показан в табл. 2. Используя полученные величины и среднесуточную плотность моллюсков, для каждого вида по месяцам на приливе и отливе вычислили обмен личиночным материалом между лагуной Буссе и прилегающей морской акваторией (табл. 5).

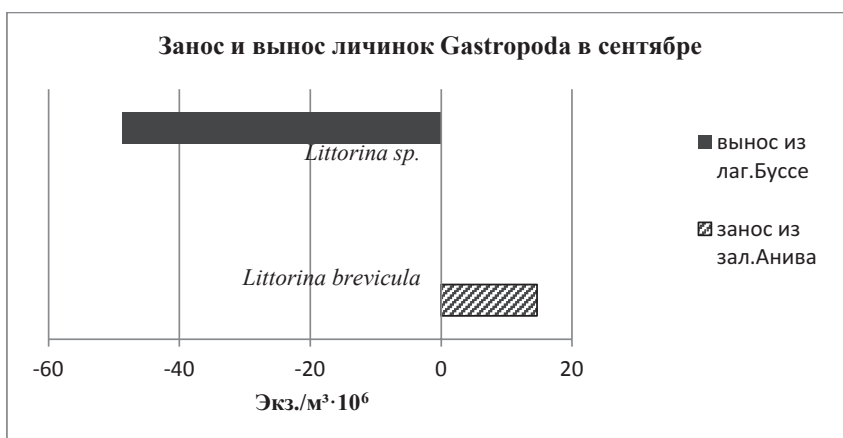
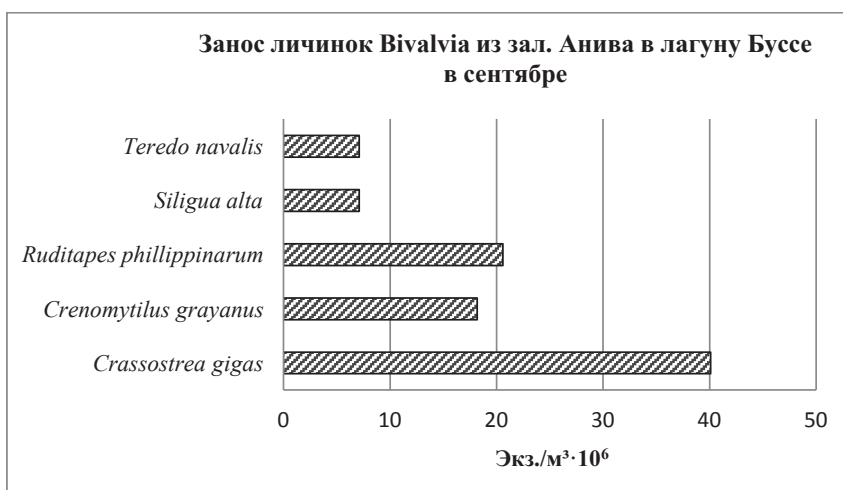
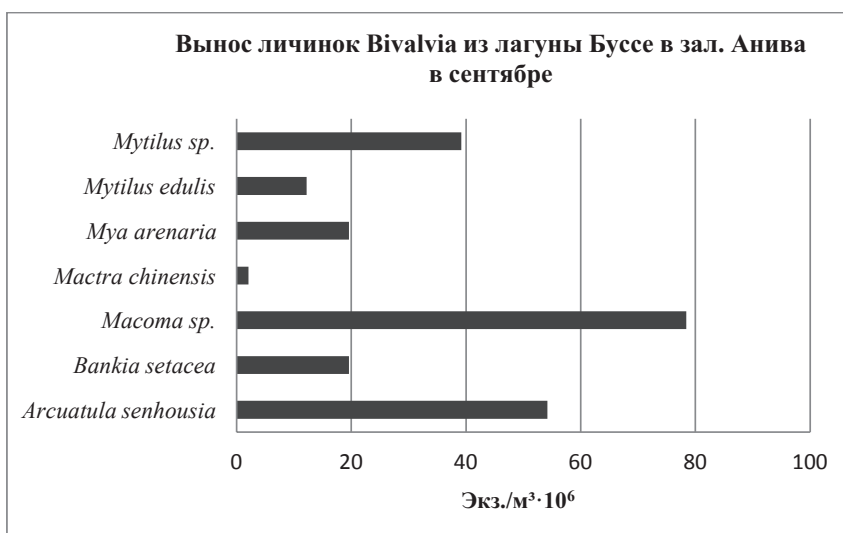


Рис. 7. Обмен личиночным материалом между лагуной Буссе и зал. Анива в сентябре 2014 г.
 Fig. 7. Larval exchange between the Busse Lagoon and Aniva Bay in September 2014

По результатам значений среднесуточной плотности при заносе личинок течением воды в лагуну Буссе и выносе из лагуны получили количественную величину, характеризующую вид как заносной или выносной. Положительное значение разности свидетельствует о том, что вид может приливным течением заноситься в большем

Заносная и выносная среднесуточная плотность личинок (*Bivalvia*, *Gastropoda*) между лагуной Буссе и зал. Анива, экз./м³ · 10⁶

Table 5

Mean daily concentration of *Bivalvia* and *Gastropoda* larvae in the water flows toward the Busse Lagoon and toward the Aniva Bay, ind./m³ · 10⁶

Вид	Класс	Июль			Август			Сентябрь		
		Занос в лагуну	Вынос из лагуны	Разность	Занос в лагуну	Вынос из лагуны	Разность	Занос в лагуну	Вынос из лагуны	Разность
<i>Mizuhopecten yessoensis</i>		120,9	51,5	69,4	21,2	50,2	-29,0	0	0	0
<i>Arcaatula senhousia</i>		79,0	224,0	-145,0	345,8	379,6	-33,8	73,2	127,4	-54,2
<i>Solen krusensterni</i>		11,4	0	11,4	0	0	0	0	0	0
<i>Bankia setacea</i>		0	35,7	-35,7	4,3	0	4,3	0	19,6	-19,6
<i>Callista brevisiphonata</i>		20,1	8,9	11,2	15,9	0	15,9	0	0	0
<i>Crassostrea gigas</i>		5,1	3029,1	-3024,0	6687,8	6328,2	359,6	59,7	19,6	40,1
<i>Crenomytilus grayanus</i>		171,0	85,9	85,1	63,1	34,5	28,6	47,6	29,4	18,2
<i>Kellia japonica</i>		4,7	0	4,7	17,2	7,8	9,4	0	0	0
<i>Macoma bathica</i>		43,0	33,6	9,4	10,3	0	10,3	0	0	0
<i>Macoma</i> sp.	<i>Bivalvia</i>	14,3	0	14,3	46,6	0	46,6	0	78,4	-78,4
<i>Macra chinensis</i>		273,8	161,5	112,3	135,7	172,9	-37,2	46,9	49,0	-2,1
<i>Mya arenaria</i>		213,1	175,9	37,2	117,2	69,1	48,1	0	19,6	-19,6
<i>Mytilus edulis</i>		5,1	35,7	-30,6	142,6	34,5	108,1	27,0	39,2	-12,2
<i>Mytilus</i> sp.		6,7	17,8	-11,1	27,6	0	27,6	0	39,2	-39,2
<i>Ruditapes philippinarum</i>		156,3	76,2	80,1	156,6	102,1	54,5	20,6	0	20,6
<i>Sitigua alta</i>		114,8	0	114,8	10,3	8,6	1,7	7,11	0	7,11
<i>Spisula sachalinensis</i>		111,9	171,1	-59,2	177,2	172,1	5,1	0	0	0
<i>Swiftopecten swifti</i>		0	13,7	-13,7	21,2	25,1	-3,9	0	0	0
<i>Zirfaea crispata</i>		5,1	15,8	-10,7	33,0	0	33,0	0	0	0
<i>Teredo navalis</i>		0	0	0	0	60,5	-60,5	7,11	0	7,11
<i>Littorina squalida</i>					0	7,8	-7,8	0	0	0
<i>Littorina brevicula</i>		77,3	42,6	34,7	86,90	57,37	29,53	14,7	0	14,7
<i>Littorina mandshurica</i>		6,7	0	6,7	57,8		57,8	0	0	0
<i>Littorina sitkana</i>	<i>Gastropoda</i>	4,7	0	4,7	12,9	43,2	-30,3	0	0	0
<i>Littorina</i> sp.		348,2	53,6	294,6	124,4	51,8	72,6	19,8	68,6	-48,8
<i>Criptonatica</i> sp.					3,9	25,1	-21,2	0	0	0
<i>Criptonatica jantostoma</i>		9,5	0	9,5			0	0	0	0

объеме, чем выносятся на отливе. Отрицательное значение разности характеризует вид как выносной, т.е. при отливе имеющим большие количественные показатели плотности, чем на приливе (табл. 5). В результате водообмена на приливе в лагуну заносятся личинки двустворчатых и брюхоногих моллюсков в пределах от $4,3 \cdot 10^6$ до $6687,8 \cdot 10^6$ экз./м³. На фазе отлива при вытекании такого же количества воды выносятся $7,8 \cdot 10^6$ – $6328,2 \cdot 10^6$ экз./м³ личинок исследуемого меропланктона. Во всех месяцах наблюдался лишь один вид *Bivalvia*, который имел выносной характер. К этому виду относится типичный представитель лагуны Буссе *A. senhousia* с показателями плотности выноса личинок $33,8 \cdot 10^6$ – $145,0 \cdot 10^6$ экз./м³. Среди двустворчатых моллюсков отмечался ряд личинок, которые на всех временных интервалах имели заносной характер: *S. alta*, *C. grayanus* и *R. philippinarum*. Наиболее массовым среди них был *S. alta* (табл. 5). Среди брюхоногих моллюсков лишь *L. brevicula* имеет заносной характер, с незначительными показателями плотности личинок при заносе (табл. 5).

В 2014 г. на суточной станции в протоке Сулова массовое наблюдение личинок двустворчатых и брюхоногих моллюсков пришлось на июль, когда температура воды в лагуне Буссе прогрелась до 16,2–18,2 °С. При благоприятном температурном режиме отмечался нерест теплолюбивых двустворчатых моллюсков, к которым относятся такие виды, как *A. senhousia*, *C. gigas* и некоторые другие. Среди всех пелагических личинок *Bivalvia* в лагуне Буссе из года в год преобладают по численности личинки семейства *Myltilidae*, главенствующая роль среди которых принадлежит личинкам *A. senhousia*. Это единственный вид, который на протяжении всего периода исследования показал постоянный выносной характер, т.е. его размножение происходит в лагуне Буссе. Среднесуточные выносные показатели плотности *A. senhousia* варьировали от $33,8 \cdot 10^6$ до $145,0 \cdot 10^6$ экз./м³. Двустворчатые моллюски *S. alta*, *S. krusensterni*, *C. brevisiphonata*, *C. grayanus* всегда заносились в лагуну Буссе, соответственно размножение проходило в морском прибрежье.

За счет более быстрого прогрева воды в лагуне Буссе отмечалось превышение числа двустворчатых моллюсков в июле на фазе отлива за счет велигеров *C. gigas*, размножающихся в лагуне.

Пик численности личинок в планктоне пришелся на август, когда вода в лагуне достигла максимума, 21–22 °С. В августе на фоне максимального прогрева воды проходил массовый нерест устрицы гигантской как в лагуне, так и в морском прибрежье, причем показатели плотности в этот период на отливе и приливе в десятки раз превышали показатели остальных видов *Bivalvia*. В августе личинки *C. gigas* имели уже заносной характер с показателями заноса $359,6 \cdot 10^6$ экз./м³, тем самым увеличивая численность местной популяции. Постоянный заносной характер имели низкобореальные виды *S. krusensterni*, *C. brevisiphonata*, *M. balthica*, *K. japonica*, *R. philippinarum*, *C. grayanus*, но уже с гораздо меньшими показателями заноса, от $4,7 \cdot 10^6$ до $85,1 \cdot 10^6$ экз./м³, что соответствует периоду нереста данных видов. Среди всех прочих двустворчатых моллюсков выделяется ряд видов, которые на протяжении всего периода исследования в зависимости от приливо-отливных фаз совершали личиночный обмен между лагуной и заливом без какой-либо закономерности. *B. setacea* и *M. edulis* в августе имели заносной характер, тем самым пополняя популяции данных видов лагуны Буссе.

Брюхоногие моллюски представлены небольшим видовым составом в силу слабой изученности личиночной стадии. Размножение всех видов литторин в лагуне Буссе и прилегающей морской акватории происходит с весны в диапазоне температур от 5,5 °С в период нереста и до 15,0 °С в период нахождения личинок в планктоне (Куликова и др., 2007). Продолжительность плавающей стадии может достигать двух месяцев. В июле представители рода *Littorina* в основном все имели заносной характер в лагуну Буссе ($294,6 \cdot 10^6$ экз./м³). Данные количественные показатели заноса свидетельствуют о том, что при благоприятном температурном режиме для нереста в зал. Анива происходит занос личинок в лагуну Буссе, в результате пополняется донное сообщество рода *Littorina* лагуны Буссе. Литторины представленных видов являются типичными представителями лагуны и прилегающей акватории зал. Анива.

К числу пополняющих видов лагуны относится *Criptonatica jantostoma* с небольшим показателем заноса — $9,5 \cdot 10^6$ экз./м³ — лишь в июле. В августе на фоне максимально представленного видового состава наблюдается личиночный обмен брюхоногих моллюсков между лагуной и заливом, с наибольшими показателями заноса рода *Littorina* ($72,6 \cdot 10^6$ экз./м³). *L. brevicula*, наиболее теплолюбивый из исследуемых видов литторин, в августе имел наибольшие показатели заноса — $86,9 \cdot 10^6$ экз./м³. В сентябре эти показатели снизились до $14,7 \cdot 10^6$ экз./м³, что свидетельствует об окончании нереста данного вида.

В разные месяцы наблюдений динамика заноса и выноса моллюсков имела разнонаправленный характер. Ряд видов размножается за пределами лагуны Буссе (*S. alta*, *C. brevisiphonata*), они всегда имели заносной характер. Для видов, которые размножаются как в лагуне, так и в морском побережье, — *C. gigas*, *B. setacea*, *M. edulis*, *S. sachalinensis*, *M. balthica* — в июле отмечался преимущественный вынос в морское побережье из лагуны, где наблюдался более ранний нерест. В августе после прогрева морской воды наблюдалась обратная динамика. Несколько видов (*A. senhousia*, *M. chinensis*) размножались в лагуне Буссе, и для них в основном отмечался вынос в морское побережье.

Исследования 2000–2001 гг., выполненные в лагуне Буссе и прилегающей части зал. Анива в летний период, установили, что при хорошем водообмене за пределами лагуны Буссе в ближайшей к ней акватории зал. Анива личинки беспозвоночных, в том числе и массовых для лагуны видов, практически отсутствовали (Куликова, 1979б; Куликова, Сергеев, 2003).

По мнению В.А. Куликовой (1979б), удержанию личинок лагуны Буссе от выноса их в зал. Анива при отливах способствуют местные течения, имеющие циклонический характер. Во время отлива в центре лагуны течение приобретает круговое направление (вихревые токи), что удерживает личинок от выноса и создает во время отлива в центральной части лагуны высокие концентрации личинок местных и заносных видов. Личинки, благодаря замкнутой циркуляции вод, не выносятся из лагуны в значительном количестве, а оседают здесь же. Этим, в числе прочих причин, объяснялось богатство донной фауны лагуны Буссе.

Однако инструментальные исследования течений в лагуне в 2014 г. показали, что непериодические течения не только в районе протоки, но и на внутренней акватории существенно слабее приливных и поэтому не могут удерживать меропланктон внутри водоема. К тому же указанному мнению противоречит наличие личинок лагунных видов в значительных количествах в пробах зоопланктона в протоке на фазе отлива. Следует отметить, что из-за высоких скоростей течений при отливе воды, содержащие лагунные виды зоопланктона, выносятся сравнительно далеко от устья протоки, что четко прослеживается на спутниковых снимках из-за различия цвета морских и вытекающих из лагуны вод. Так что поступление их обратно в лагуну на фазе прилива маловероятно, к тому же, как показали инструментальные измерения течений в районе мыса Грина (в 9 км к югу от протоки Буссе), в прибрежных акваториях преобладают течения, индуцированные ветром. Причем в теплый сезон (июль-август) они ориентированы на север, а осенью (сентябрь-ноябрь) — на юг (Шевченко и др., 2016). Вероятнее всего, ввиду этих причин личинки беспозвоночных в 2000–2001 гг. в прилегающей морской акватории зал. Анива не наблюдались.

Наши исследования показали, что вынос меропланктона существует и определяется он не циркуляцией вод, а разницей в видовом составе и условиях нереста в морском побережье и лагуне Буссе. Таким образом, прибрежные лагунные водоемы играют большую роль в поддержании видового разнообразия и обилия моллюсков морского побережья зал. Анива, что особенно отчетливо проявляется в начале периода размножения. В конце этого периода, наоборот, отмечается значительная роль личиночного материала, производимого в морском побережье, в поддержании существования лагунных популяций моллюсков.

Заключение

Наши исследования изменили представление о влиянии приливов и отливов на обмен личиночным материалом между лагуной Буссе и зал. Анива. Устоявшееся мнение о невозможности значительного выноса личинок из лагуны за счет местного течения, имеющего циклонический характер и в значительной степени удерживающего личинок от выноса в зал. Анива, не подтвердилось. Основным фактором обмена личиночным материалом являются высокие скорости приливного течения (достигающие, по оценке, 4 уз) как на приливе, так и на отливе. Лагунные виды меропланктона на отливе выносятся течением достаточно далеко от протоки в морское побережье, и обратный занос этих видов на фазе прилива становится маловероятным.

В результате исследования установлено, что вследствие мелководности лагуны Буссе в ней происходит более быстрый прогрев воды в июле и нерест лагунных видов начинается раньше, чем в зал. Анива. С отливным течением из лагуны наиболее массово выносятся такие виды, как *A. senhousia* и *C. gigas*. В августе при максимальном годовом прогреве воды численность диагностированных видов моллюсков увеличивается, независимо от их зонально-географической принадлежности характеризуется синхронностью и соответствует в лагуне Буссе и в зал. Анива самому теплomu времени года. В период наибольшего прогрева количественные показатели заноса и выноса возрастают. Наиболее массово в этот период происходил занос личинок моллюсков, имеющих морское происхождение: *S. krusensterni*, *C. brevisiphonata*, *M. balthica*, *K. japonica*, *R. philippinarum*, *C. grayanus*, *S. alta*.

В сентябре на фоне всего периода исследования наблюдались наименьшие показатели заноса и выноса как двустворчатых, так и брюхоногих моллюсков. Выносной характер сохранялся за представителями лагунных видов *A. senhousia* и *M. chinensis*, к их числу присоединялись велигеры в основном морского побережья, *B. setacea*, и личинки родов *Mytilus* и *Macoma*. Среди брюхоногих моллюсков выделялись личинки рода *Littorina*, которые в основной массе имели заносной характер.

Личинки *Bivalvia* в наших исследованиях играли главенствующую роль, их высокие концентрации на заносе в лагуну Буссе свидетельствуют о высоком репродуктивном потенциале двустворчатых моллюсков и позволяют отнести лагуну Буссе к числу перспективных водоемов для создания управляемых хозяйств по выращиванию ценных видов *Bivalvia*.

Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории гидробиологии СахНИРО В.С. Лабаю и И.А. Атамановой за консультации при написании статьи.

Список литературы

- Деева Р.А. Уровень Охотского моря : Тр. ГОИН. — 1970. — Вып. 015. — 530 с.
- Дронкерс Й. Расчеты приливов в реках и прибрежных водах : моногр. — Л. : Гидрометеоздат, 1967. — 294 с.
- Евсеев Г.А., Колотухина Н.К. Сравнительная морфология и проблемы таксономии пелагических личинок семейства Mutilidae (Mollusca: Bivalvia) залива Петра Великого Японского моря // Бюл. Дальневост. малакол. о-ва. — 2008. — Вып. 12. — С. 5–41.
- Епифанова Н.Ю. Распределение и плотность пелагических личинок приморского гребешка (*Mizuhopecten yessoensis*) в лагуне Буссе в летний период 2008 года // Сахалинская молодежь и наука. — Южно-Сахалинск, 2009. — С. 102–103.
- Калягина Е.Е. Распределение и структура поселений промысловых двустворчатых моллюсков *Ruditapes philippinarum* и *Mya arenaria* в лагуне Буссе (южный Сахалин) // Биол. моря. — 1994. — Т. 20, № 3. — С. 216–221.
- Касьянов В.Л., Крючкова Г.А., Куликова В.А., Медведева Л.А. Личинки морских двустворчатых моллюсков и иглокожих : моногр. — М. : Наука, 1983. — 214 с.
- Колбин К.Г. Размножение и развитие морского блюдечка *Limalepeta lima* (Dall, 1918) (Gastropoda: Lepetidae) из залива Петра Великого Японского моря // Биол. моря. — 2006. — Т. 32, № 4. — С. 305–307.
- Колбин К.Г. Размножение и развитие некоторых массовых видов переднежаберных брюхоногих моллюсков залива Петра Великого Японского моря : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток, 2010. — 23 с.

- Колбин К.Г., Куликова В.А.** Личиночное развитие брюхоногого моллюска *Epheria turrita* (Gastropoda: Littorinidae) // Биол. моря. — 2008. — Т. 34, № 5. — С. 374–376.
- Куликова В.А.** Особенности размножения двустворчатых моллюсков в лагуне Буссе в связи с температурными условиями водоема // Биол. моря. — 1979а. — № 1. — С. 34–39.
- Куликова В.А.** Пелагические личинки двустворчатых моллюсков лагуны Буссе (Охотское море) : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток, 1979б. — 25 с.
- Куликова В.А., Колбин К.Г., Колотухина Н.К.** Размножение и личиночное развитие брюхоногого моллюска *Cryptonatica janthostoma* (Gastropoda: Naticidae) // Биол. моря. — 2007. — Т. 33, № 5. — С. 374–378.
- Куликова В.А., Колотухина Н.К.** Пелагические личинки двустворчатых моллюсков Японского моря. Методы, морфология, идентификация : препр. № 21. — Владивосток : ИБМ ДВО АН СССР, 1989. — 60 с.
- Куликова В.А., Сергеенко В.А.** Численность и распределение пелагических личинок двустворчатых моллюсков и иглокожих в лагуне Буссе (залив Анива, остров Сахалин) // Биол. моря. — 2003. — Т. 29, № 2. — С. 97–105.
- Путов В.Ф., Шевченко Г.В.** Особенности приливного режима на северо-восточном шельфе о. Сахалин // Гидрометеорологические процессы на шельфе: оценка воздействия на морскую среду. — Владивосток : Дальнаука, 1998. — С. 61–82.
- Семенихина О.Я., Колотухина Н.К., Евсеев Г.А.** Морфология личинок двустворчатых моллюсков семейства Veneridae (Bivalvia) Японского моря // Зоол. журн. — 2006. — Т. 85, № 9. — С. 1067–1075.
- Фурсенко А.В., Фурсенко К.Б.** О фораминиферах лагуны Буссе и условиях их существования // Общие вопросы изучения микрофауны Сибири, Дальнего Востока и других районов : Тр. Ин-та геол. и геофиз. — М. : Наука, 1970. — Вып. 71. — С. 114–135.
- Шевченко Г.В., Кантаков Г.А., Частиков В.Н.** Экспериментальные исследования течений в заливе Анива осенью 2002 года // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях : Тр. СахНИРО. — 2005. — Т. 7. — С. 111–155.
- Шевченко Г.В., Частиков В.Н., Кириллов К.В., Кусайло О.В.** Экспериментальные исследования течений в заливе Анива в 2003 г. // Фундам. и прикл. гидрофизика. — 2016. — Т. 9, № 4. — С. 35–46.

References

- Deeva, R.A.**, Level of the Sea of Okhotsk, *Tr. Gos. Okeanogr. Inst.*, 1970, vol. 015.
- Dronkers, J.J.**, *Tidal Computations in Rivers and Coastal Waters*, Amsterdam: North-Holland, 1964.
- Evseev, G.A. and Kolotukhina, N.K.**, Comparative morphology and issues of taxonomy of pelagic larvae of the family Mytilidae (Mollusca: Bivalvia) in Peter the Great Bay, Sea of Japan, *Byull. Dal'nevost. Malakologicheskogo O-va.*, 2008, vol. 12, pp. 5–41.
- Epifanova, N.Yu.**, Distribution and density of pelagic larvae of the Yesso scallop (*Mizuhopecten yessoensis*) in Busse Lagoon in the summer of 2008, *Sakhalin. Molodezh Nauka*, Yuzhno-Sakhalinsk, 2009, pp. 102–103.
- Kalyagina, E.E.**, Distribution and population structure of commercial bivalves *Ruditapes philippinarum* and *Mya arenaria* in Bousse Lagoon (Southern Sakhalin), *Russ. J. Mar. Biol.*, 1994, vol. 20, no. 3, pp. 164–168.
- Kasyanov, V.L., Kryuchkova, G.A., Kulikova, V.A., and Medvedeva, L.A.**, *Lichinki morskikh dvustvorchatykh mollyuskov i iglokozhih* (Larvae of Marine Bivalves and Echinoderms), Moscow: Nauka, 1983.
- Kolbin, K.G.**, Reproduction and development of the limpet *Limalepeta lima* (Dall, 1918) (Gastropoda: Lepetidae) from Peter the Great Bay, Sea of Japan, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2006, vol. 32, no. 4, pp. 265–267.
- Kolbin, K.G.**, Reproduction and development of some common species of prosobranch gastropods in Peter the Great Bay, Sea of Japan, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Vladivostok, 2010.
- Kolbin, K.G. and Kulikova, V.A.**, Larval development of the gastropod *Epheria turrita* (Gastropoda: Littorinidae), *Russ. J. Mar. Biol.*, 2008, vol. 34, no. 5, pp. 333–335.
- Kulikova, V.A.**, Reproduction peculiarities of bivalve mollusks in Busse Lagoon in relation to water temperature, *Sov. J. Mar. Biol.*, 1979a, vol. 5, no. 1, pp. 25–28.
- Kulikova, V.A.**, Pelagic larvae of bivalves in Busse Lagoon (Sea of Okhotsk), *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Vladivostok, 1979b.

Kulikova, V.A., Kolbin, K.G., and Kolotukhina, N.K. Reproduction and larval development of the gastropod *Cryptonatica janthostoma* (Gastropoda: Naticidae), *Russ. J. Mar. Biol.*, 2007, vol. 33, no. 5, pp. 324–328.

Kulikova, V.A. and Kolotukhina, N.K., *Pelagicheskiye lichinki dvustvorchatykh mollyuskov Yaponskogo morya. Metody, morfologiya, identifikatsiya* (Pelagic Larvae of Bivalve Mollusks of the Sea of Japan: Methods, Morphology, and Identification), Vladivostok: Inst. Biol. Morya, Dal'nevost. Otd. Akad. Nauk. SSSR, 1989, preprint no. 21.

Kulikova, V.A. and Sergeenko, V.A., Abundance and distribution of pelagic larvae of bivalves and echinoderms in Busse Lagoon (Aniva Bay, Sakhalin Island), *Russ. J. Mar. Biol.*, 2003, vol. 29, no. 2, pp. 81–89.

Putov, V.F. and Shevchenko, G.V., Specifics of the tidal regime on the northeastern Sakhalin Island shelf, in *Gidrometeorologicheskiye protsessy na shel'fe: otsenka vozdeistviya na morskuyu sredu* (Hydrometeorological Processes on Shelf: Assessment of Impacts on the Marine Environment), Vladivostok: Dal'nauka, 1998, pp. 61–82.

Semenikhina, O.Ya., Kolotukhina, N.K., and Evseev, G.A., Morphology of venerid (Bivalvia, Veneridae) larval shells from the Sea of Japan, *Zool. Zh.*, 2006, vol. 85, no. 9, pp. 1067–1075.

Fursenko, A.V. and Fursenko, K.B., On the foraminifers of Busse Lagoon and the conditions of their existence, *Obshchiye voprosy izucheniya mikrofauny Sibiri, Dal'nego Vostoka i drugikh raionov* (General Issues of the Study of Microfauna in Siberia, the Far East, and Other Regions), Moscow: Nauka, 1970, vol. 71, pp. 114–135.

Shevchenko, G.V., Kantakov, G.A., and Chastikov, V.N., Experimental studies of currents in Aniva Bay in the autumn of 2002, *Biologiya, sostoyaniye zapasov i usloviya obitaniya gidrobiontov v Sakhalino-Kuril'skom regione i sopredel'nykh akvatoriyakh* (Biology, Status of Stocks, and Condition of Habitat of Aquatic Organisms in the Sakhalin-Kuril Region and Adjacent Waters), *Tr. Sakhalin. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2005, vol. 7, pp. 111–155.

Shevchenko, G.V., Chastikov, V.N., Kirillov, K.V., and Kusaylo O.V., Experimental study of currents in the Aniva Gulf in 2003, *Fundam. Prikl. Gidrofizika*, 2016, vol. 9, no. 4, pp. 35–46.

Поступила в редакцию 29.05.2018 г.

После доработки 22.06.2018 г.

Принята к публикации 13.07.2018 г.