

УДК 594.1(265.54)

А.Б. Олифиренко

**УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОСЕЛЕНИЙ
ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА *ANADARA BROUGHTONI*
В ЗАЛ. ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)**

На основе данных анализа дражных и водолазных съемок показано, что в зал. Петра Великого анадара образует поселения с общей биомассой около 15 тыс. т, рассредоточенные на площади более 150 км² с плотностью до 9 экз./м² (в среднем 0,41) и удельной биомассой до 1120 г/м² (в среднем 133). В данном регионе вблизи северной границы ареала анадара селится на хорошо прогреваемых мелководных участках с илистым дном на глубинах 1–19 м при солености 10,6–35,6 ‰, насыщении кислорода 20–130 % и температуре от минус 1,85 до плюс 24,8 °С. Дефицит тепла и значительный межсезонный диапазон температур являются причиной специфических адаптаций, таких как сжатые сроки нереста, продолжительная стадия репродуктивной инертности и выраженный сезонный цикл поведения, включающий длительный период анабиотического покоя.

Olifirenko A.B. Conditions of settlements formation of bivalves *Anadara broughtoni* in Peter the Great Bay (Japan Sea) // *Izv. TINRO.* — 2007. — Vol. 149. — P. 122–137.

Bloody cockle (akagai) *Anadara broughtoni* is one of the most important targets of coastal fishing in the southern Primorye. In Peter the Great Bay the mollusks form concentrations with density up to 9 sp./m² (in average 0.41 sp./m²) and biomass up to 1120 g/m² (in average 133 g/m²). Their congregations occupy the area >150 km² with total biomass about 15,000 t. The largest congregations are formed in the northern (tip) parts of the Amur and Ussuri Bays. These stocks are about 83 % of the whole Russian resource of anadara. Within the congregations, the mollusks have mosaic distribution.

Living conditions in Peter the Great Bay are different considerably from those in the central part of the anadara natural habitat. The most important factor is a lack of warmth here, at the northern border of the habitat. So, the molluscs settle in warmest waters — in mud shallow bays at the depth 1–19 m, with the maximal density at 3–5 m. These areas are distinguished by high hydrodynamics, wide ranges of salinity (10–36 psu) and dissolved oxygen (20–130 % of saturation), and sharp seasonal changes of water temperature (from –1.8 to +24.8 °C). It is the reason of specific adaptations, as short spawning period, long stage of reproductive quietness, and well-defined seasonal cycle including a long (5 months) stage of anabiosis.

Субтропические и тропические по происхождению двустворчатые моллюски семейства анадарид (*Anadaridae* Reinhart) являются традиционными объектами промысла и культивирования во многих странах Юго-Восточной Азии (Сапп, 1951; Kusakabe, 1959; Тою et al., 1978;). Одним из наиболее важных в коммерческом отношении среди них является самый северный представитель данной группы моллюсков *Anadara broughtoni*, активный промысел которого ведется в зал. Петра Великого со второй половины 1990-х гг. Однако экологические условия обитания анадары у берегов южного Приморья, где проходит северная граница ее ареала (Скарлато, 1981), изучены недостаточно. Имеющиеся в литературе (Кап-но, Kikuchi, 1962; Кап-но, 1966; Юо, Юо, 1974) немногочисленные дан-

ные об экологии этого моллюска касаются в основном популяций центральной части ареала, маргинальные же популяции могут предъявлять другие требования к условиям среды.

Для определения параметров рациональной эксплуатации скоплений анадары необходимы данные о ее численности, биомассе и распределении в пределах известных поселений. По данным прежних исследований, поселения этого моллюска были обнаружены в заливах Амурском, Уссурийском и Посыета. Так, А.И. Разин (1934) сообщал, что основная часть ресурсов анадары сосредоточена в Уссурийском заливе, где ее скопление занимает площадь 15 км². По его данным, на этой акватории обитает около 20 млн особей (около 3000 т). Позднее (Габаев, Олифиренко, 2001) запас на данном участке был определен в 4350 т. Согласно материалам, полученным в результате исследований, проведенных в Амурском заливе в 1980-е гг., общий запас анадары на данной акватории составляет 2500 т — около 16 млн экз. (Даркин, Латыпов, 1986). Кроме того, имеются некоторые запасы анадары в зал. Посыета. По данным Д.И. Вышкварцева (1991), они сосредоточены в бухте Рейд Паллада, вдоль косы Назимова.

Исследования ресурсов и распределения анадары в зал. Петра Великого проводились ТИНРО-центром с 1993 г. При этом по 2002 г. они носили в основном разведочный характер. В этот период использовались различные подходы к сбору и обработке данных, обрабатывалась методика оценки запасов, проводились натуралистические наблюдения. Использование с 2003 г. унифицированной сетки станций и высокоточного навигационного оборудования (GPS), а также применение при обработке данных компьютерных геоинформационных систем позволило не только повысить достоверность первичного материала, но и получать сопоставимые данные, необходимые для мониторинга состояния поселений анадары. Таким образом, материалы, собранные в период с 2003 по 2005 г. позволяют дать современную оценку распределения анадары в пределах основных поселений и выявить некоторые требования, предъявляемые популяциями данного вида к абиотическим параметрам среды в этой части его ареала. Этим вопросам и посвящена настоящая статья.

Работа основана на материалах, полученных при выполнении дражных и водолазных съемок ТИНРО-центра в зал. Петра Великого (табл. 1), и материалах отчетов о НИР (Материалы по изучению ..., 1999, 2000; Характеристика поселений ..., 2002). Также использованы данные водолазных наблюдений в Амурском (1994 г.) и Уссурийском заливах (1995–1997 гг.).

Таблица 1

Перечень проанализированных данных

Table 1

The list of available data

Сроки проведения работ	Район исследований	Метод	Кол-во станций	Обследованная площадь, га	Сборщики
Август 2003	Амурский залив	Водолазы	89	4600	А.Б. Олифиренко
Август—сентябрь 2004	То же	Водолазы	210	7400	А.Б. Олифиренко, Л.Г. Седова
Июнь—июль 2005	“	Драга	91	5060	А.Б. Олифиренко
Сентябрь 2005	Уссурийский залив	Водолазы	500	6000	Л.С. Афейчук, Л.Г. Седова
Октябрь 2005	То же	Драга	102	6000	Л.С. Афейчук, Н.А. Вдовин
Август—ноябрь 2005	Амурский залив	Драга	125	10000	А.Б. Олифиренко

Облов анадары с помощью драги осуществляли со специализированных шхун и мотоботов на глубинах от 2 до 18 м. Протяженность стандартного траления составляла 200 м, время траления 2 мин, скорость 4 уз. При этом использовали драгу, применяемую для добычи анадары в Японии. Характерной особенностью данного типа драги является рывковый режим работы. При каждом рывке длинные и тонкие зубья этой драги врезаются в грунт на глубину около 20 см. Дальнейшее протягивание ваера приводит к выпрыгиванию драги из грунта, что способствует промыванию входа и кутца драги. При оптимальном режиме работы такая драга совершает 45–70 рывков в минуту. Для каждого учетного траления с помощью GPS с точностью ± 5 м фиксировали точку постановки (в момент первого касания драгой грунта) и точку снятия драги, продолжительность, длину и направление траления, время суток, погодные условия. С помощью эхолота определяли глубину траления, общий характер рельефа дна, наличие банок и отмелей.

Анализ уловов включал подсчет общего числа особей анадары, попавших в драгу, и их общую массу с точностью до 0,1 кг.

Водолазные исследования проводили методом водолазных станций. При этом внутри размещенной на дне случайным образом рамки площадью 1 м² просеивали слой грунта толщиной 0,3–0,7 м. На каждой станции отбирали не менее трех таких проб, причем в пределах одной станции пробы располагали на расстоянии 10 м друг от друга. Местоположение станции фиксировали с помощью GPS с точностью до 10 м.

Как водолазные, так и дражные станции в Амурском и Уссурийском заливах намечали в соответствии с унифицированной схемой станций (рис. 1, 2). В соответствии с данной схемой станции располагались на равном удалении друг от друга. Расстояние между ними составляло не более 750 м. Всего было выполнено: в Амурском заливе 299 водолазных и 216 дражных станций, в Уссурийском — 340 водолазных и 169 дражных станций.

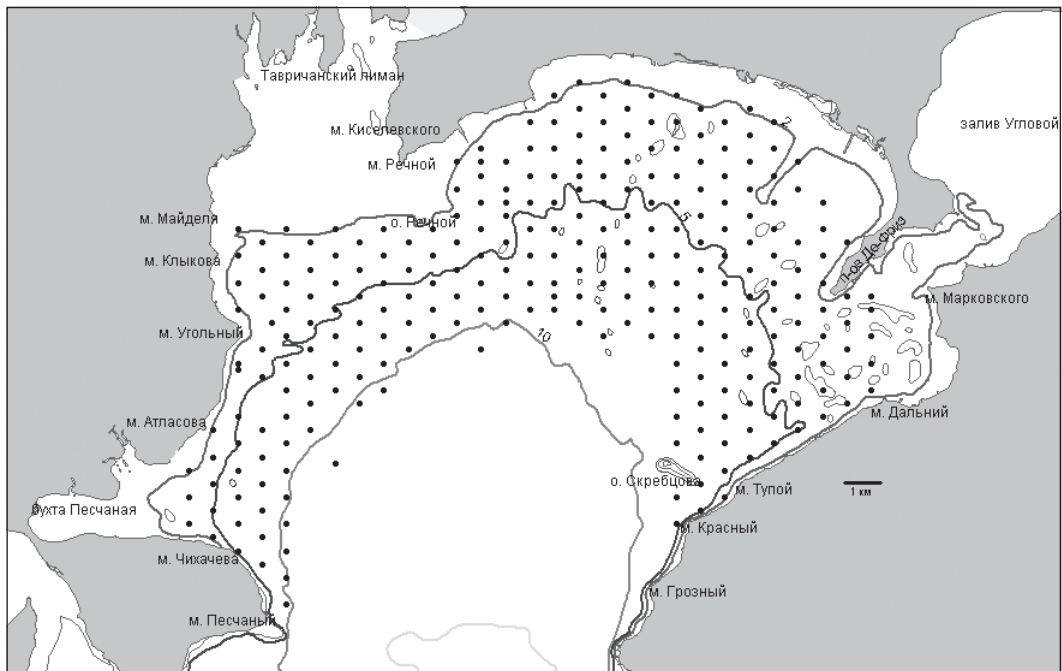


Рис. 1. Схема учетных станций в Амурском заливе
Fig. 1. Scheme of assessment stations in the Amur Bay

Расчет численности и биомассы анадары, а также сопутствующих гидробионтов на обследованных акваториях производили с помощью метода многоугольни-

ков близости (диаграммы Вороного, они же полигоны Тиссена) (Препарата, Шеймос, 1989; Борисовец и др., 2003; Надточий и др., 2005). Для построения и оценки площадей многоугольников близости, а также для выяснения характера распределения и построения карт распределения методом интерполяции (Аксютина, 1968) использовали геоинформационные системы ArcView 3.2. и MapInfo 7.8.

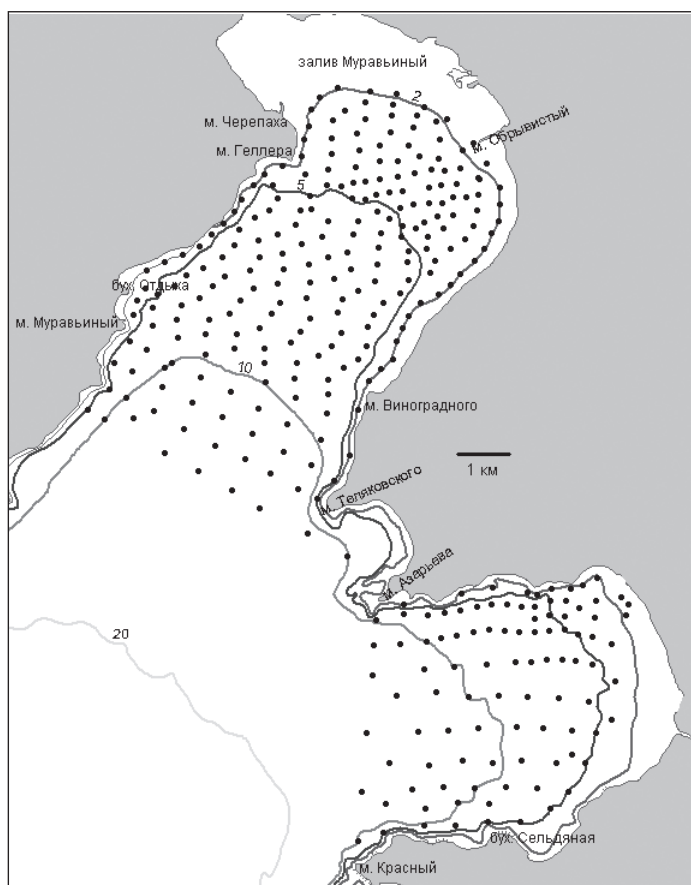


Рис. 2. Схема учетных станций в Уссурийском заливе

Fig. 2. Scheme of assessment stations in the Ussuri Bay

Собранный таким образом материал был дополнен данными аквариальных наблюдений. В ходе эксперимента разновозрастные особи анадары содержались в аквариуме объемом $0,14 \text{ м}^3$ в течение двух лет. Моллюски были помещены на илистый грунт. Толщина слоя ила составляла 10 см.

Автор благодарит за помощь в проведении аквариальных исследований сотрудника ИБМ ДВО РАН Д.Д. Габаева.

Ресурсы и распределение

Анадара в зал. Петра Великого встречается вдоль материкового побережья на мелководных участках с илистым дном. На пригодных для обитания данного вида акваториях она образует крупные скопления с высокой плотностью (до 9 экз./ м^2), являясь при этом доминирующим видом в соответствующем биоценозе. Наиболее значительные скопления расположены в северных частях Амурского и Уссурийского заливов. Основные параметры разведанных скоплений анадары приведены в табл. 2.

Кроме указанных в табл. 2 участков, анадара в зал. Петра Великого была обнаружена также в бухтах Новгородская, Троицы, Витязь (зал. Посьета), Новик (о. Русский), Лазурная и Андреева (Уссурийский залив), а также в зал. Восток. Однако ресурсные параметры этих скоплений не разведаны, отчасти потому, что в настоящее время они не имеют промыслового значения.

Наиболее полно, с точки зрения распределения плотности поселения и биомассы анадары, исследованы самые крупные скопления этого моллюска в северных частях Амурского и Уссурийского заливов, где сосредоточено в общей сложности около 83 % разведанных ресурсов этого вида.

Анализ материалов современных водолазных съемок показал, что распределение анадары в пределах данных скоплений имеет мозаичный характер. В Амурс-

ком заливе участки с наибольшими концентрациями расположены на глубинах 3–5 м вблизи устья р. Раздольной — на траверзе мыса Клыкова, в окрестностях о. Речного и к западу от п-ова Де-Фриза (рис. 3). Плотность поселения на данных участках может превышать 2,0 экз./м² (до 9,0, в среднем 4,3), а удельная биомасса анадары составляет более 200 г/м² (до 1120, в среднем 419). Общая площадь участков с высокими показателями удельной биомассы составляет 10,5 км². Наиболее значительная часть скопления (более 23,8 км²) занята поселениями с удельной биомассой 50–100 г/м² (в среднем 75).

Таблица 2

Некоторые ресурсные параметры разведанных скоплений анадары в зал. Петра Великого по данным водолазных съемок 1999–2005 гг.

Table 2

Some commercial specifications of investigated congregations of anadara in Peter the Great Bay, by the diving research data for 1999–2005

Местоположение скопления	Площадь, га	Численность, тыс. экз.	Биомасса, т	Год
Северная часть Амурского залива	8 230	57 180	10 153	2004
Северная часть Уссурийского залива	2 835	15 380	2 427	2005
Бухта Теляковского	20	122	26	2005
Бухта Суходол	164	640	342	2005
Бухта Рейд Паллада	262	431	103	2005
Бухта Экспедиции	90	180	31	2002
Бухта Нарва	150	516	136	2000
От бухты Перевозной до р. Барабашевка	80	160	338	2000
От р. Барабашевка до п-ова Песчаного	1913	4 167	1 200	1999
Бухта Баклан	82	587	121	2002

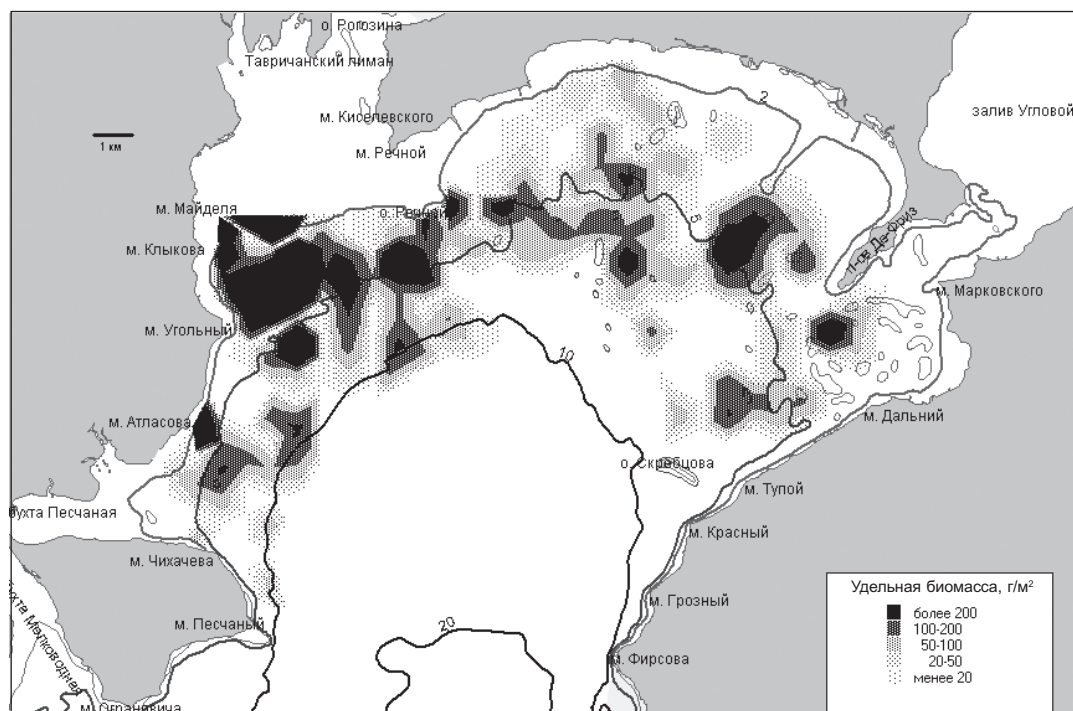


Рис. 3. Распределение биомассы анадары в Амурском заливе по данным водолазной съемки

Fig. 3. Anadaras biomass distribution in the Amur Bay by the data of divers survey

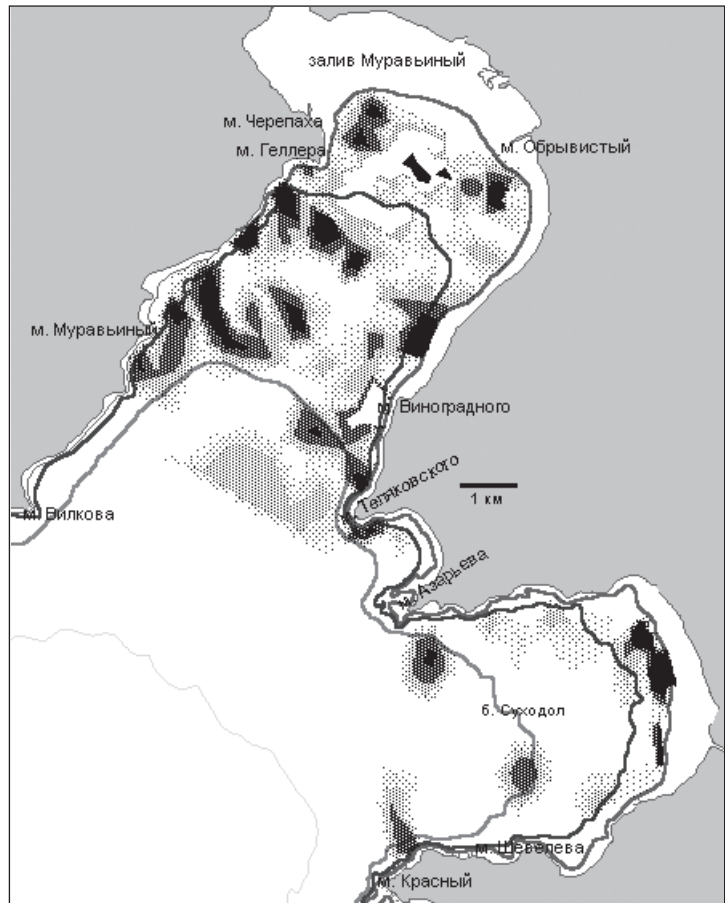
В кутовой части Уссурийского залива наибольшие концентрации анадары — более 2,0 экз./м² (в среднем 2,4) — отмечены в северо-восточной мелко-

водной части обследованного участка на глубинах 3–4 м между мысами Геллера и Обрывистым, а также у восточного берега — к северу и к западу от мыса Виноградного и вдоль западного берега — южнее мыса Геллера. Более 56 % площади скопления занято поселениями с низкой плотностью — менее 0,3 экз./м² (в среднем 0,1). Распределение анадары здесь имеет также мозаичный характер, а четкое ядро скопления не просматривается (рис. 4).

В бухте Суходол распределение анадары имеет форму отдельных поселений с площадью от 0,3 до 2,1 км². Участки с максимальной плотностью более 1,0 экз./м² (в среднем 1,95) расположены в северо-восточной части бухты вблизи устья р. Суходол (рис. 4).

Рис. 4. Распределение биомассы анадары в Уссурийском заливе по данным водолазной съемки. Условные обозначения как на рис. 3

Fig. 4. Anadaras biomass distribution in the Ussuri Bay by the data of divers survey. Notation as at Fig. 3



Сведения о площадях, занятых поселениями с той или иной плотностью и удельной биомассой, для рассмотренных скопления приведены в табл. 3.

По данным Л.Г. Седовой и Д.А. Соколенко (Материалы по изучению ..., 2000; Характеристика поселений ..., 2002; Особенности биологии ..., 2005), распределение анадары на других участках зал. Петра Великого также мозаично и имеет форму отдельных поселений (рис. 5).

Описанный выше характер распределения проявляется в результате обработки данных водолазных съемок ввиду недостаточной репрезентативности первичных материалов. При низких концентрациях попадание моллюсков в водолазную пробу носит случайный характер. Так, например, присутствие в пределах общего контура скопления обширных полей с нулевой плотностью может быть связано с тем, что показатели плотности поселения анадары на данных участках попросту ниже той, которая может быть зафиксирована водолазным методом, т.е. менее 0,3 экз./м².

Материалы дражной съемки дают более равномерную картину распределения (рис. 6, 7) благодаря низкому значению показателя экстраполяции (отношение фактической площади облова дна тем или иным орудием лова к общей обследованной площади) — 1 : 1400–1 : 790 против 1 : 155000–1 : 56000 для водолазных съемок.

Таблица 3

Площади в пределах основных скоплений, занятые поселениями анадары с различной плотностью и удельной биомассой

Таблица 3

The areas, occupied by any concentrations of anadara settlements within the bounds of general congregations

Район	Ранг по плотности, экз./м ²	Площадь участков, км ²	Ранг по биомассе, г/м ²	Площадь участков, км ²
Северная часть Амурского залива	> 2,0	3,09	> 200	10,50
	1,0–2,0	6,39	100–200	18,28
	0,6–1,0	11,17	50–100	23,84
	0,3–0,6	22,75	20–50	22,62
	< 0,3	40,06	< 20	21,01
Северная часть Уссурийского залива	> 2,0	0,50	> 200	0,018
	1,0–2,0	2,39	100–200	2,58
	0,6–1,0	3,38	50–100	6,52
	0,3–0,6	5,60	20–50	7,76
	< 0,3	16,48	< 20	16,69
Бухта Суходол	> 1,0	0,34	> 200	0,51
	0,5–1,0	1,31	100–200	1,03
	0,1–0,5	1,26	50–100	1,27
	0,01–0,10	1,56	20–50	1,54
	< 0,01	1,81	< 20	1,92

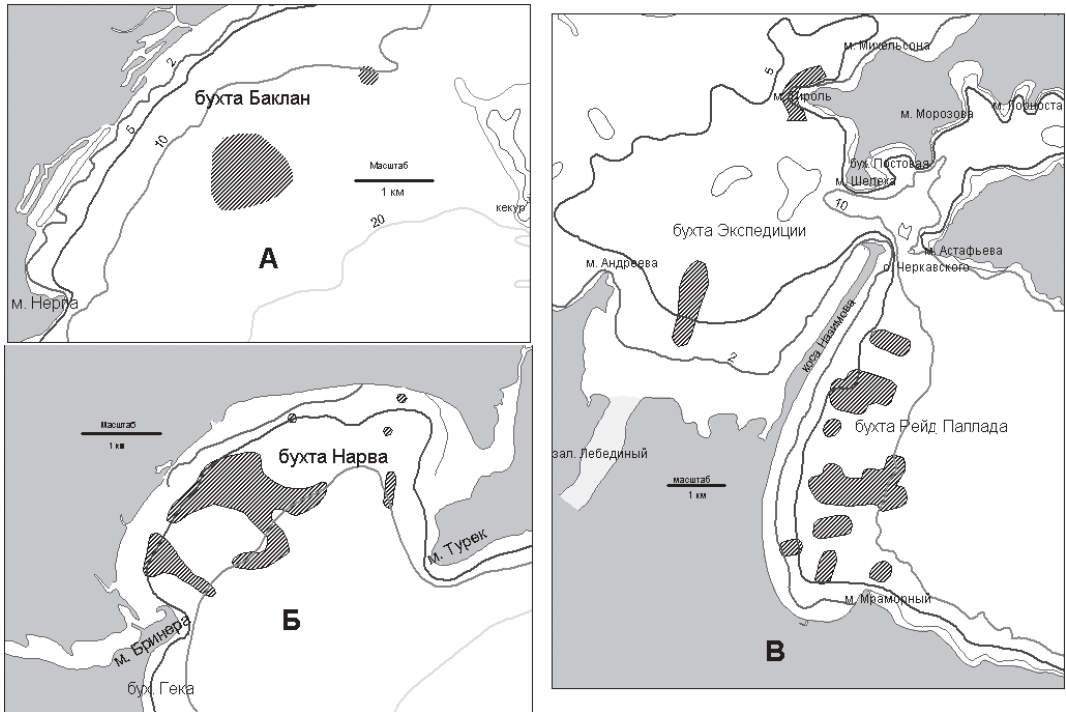


Рис. 5. Схема распределения анадары в различных поселениях зал. Петра Велико-го: **А** — бухта Баклан, **Б** — бухта Нарва, **В** — зал. Посыета

Fig. 5. Scheme of anadara distribution in different congregations of Peter the Great Bay: **A** — Baklan cove, **B** — Narva cove, **V** — Posyeta Bay

Однако необходимо принимать во внимание, что драга имеет определенную селективность, прежде всего по размеру особей. По нашей оценке, при использовании драги недоучет мелкогабаритных моллюсков составляет, в зависимости от

Рис. 6. Распределение биомассы анадары в Уссурийском заливе по данным донной съемки

Fig. 6. Anadaras biomass distribution in the Ussuri Bay by the data of dredges survey

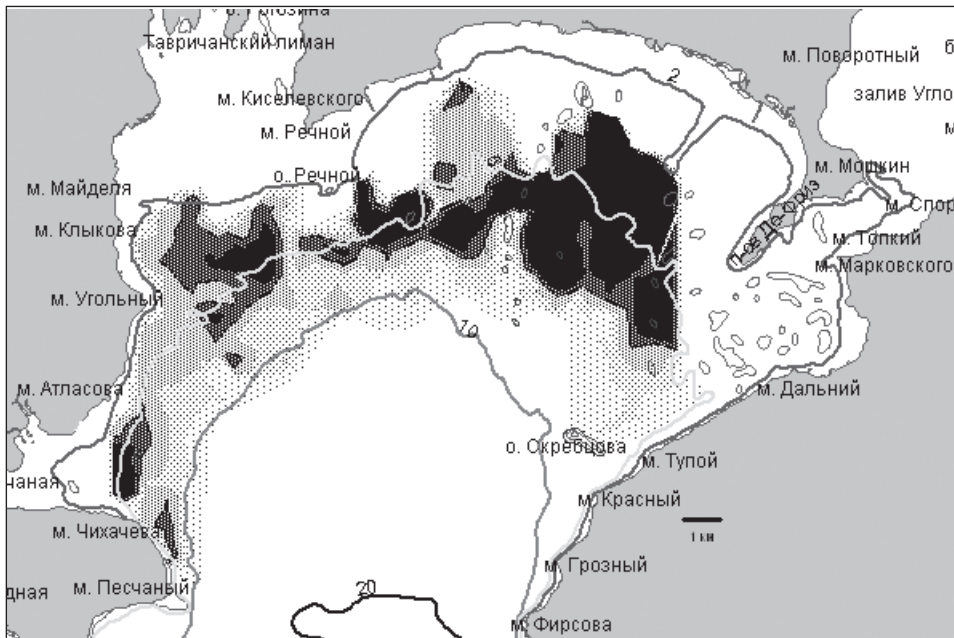
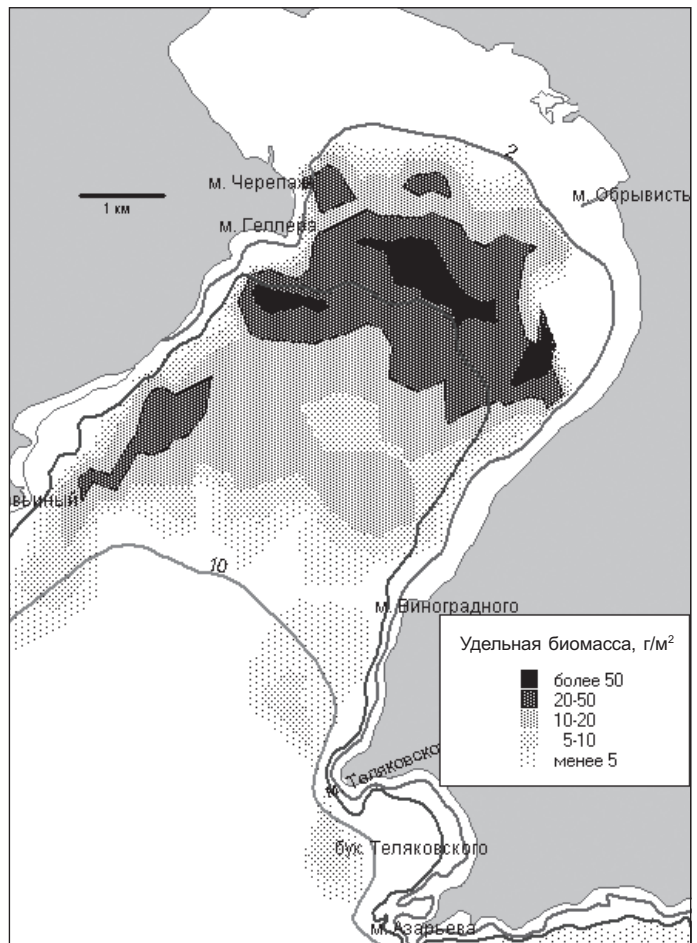


Рис. 7. Распределение биомассы анадары в Амурском заливе по данным донной съемки. Условные обозначения как на рис. 6

Fig. 7. Anadaras biomass distribution in the Amur Bay by the data of dredges survey. Notation as at Fig. 6

размерного состава, 3–8 %. Кроме того, до сих пор остается открытым вопрос о значении коэффициента уловистости драги и его изменчивости в зависимости от мастерства капитана и тралмастера, погодных условий, направления траления, фазы луны, времени суток, физиологического состояния моллюсков и других факторов (Габаев, Олифиренко, 2001). Так, например, нами было выявлено, что на одних и тех же станциях в Амурском заливе в 2005 г. в летний нерестовый период плотность поселения анадары, зафиксированная с помощью драги, была в среднем в 1,57 раза ($SE = 0,154$) по биомассе и в 1,84 раза ($SE = 0,225$) по численности выше, чем в октябре того же года.

Учитывая вышесказанное, в данном случае более целесообразно при расчетах показателей обилия опираться на данные, полученные водолазами.

Условия обитания

Вертикальное распределение

В зал. Петра Великого участки обитания анадары приурочены, как правило, к низким аккумулятивным прибрежным равнинам и приустьевым районам в вершинах заливов и бухт.

Верхняя граница обитания этого вида в большинстве случаев проходит по участкам, где происходит смена песчаных или гравийно-песчаных грунтов на илистые, которые в изученных биотопах располагались на глубине 2,5–3,5 м. Исключение составляет лишь зал. Восток, где, по данным Н.И. Селина (1999), горизонт смены песчаных грунтов на илистые и верхняя граница обитания анадары соответствуют глубинам 8,5–9,0 м. В случае же, когда илистые грунты начинаются практически от уреза воды, как, например, в северной части Амурского залива, живые особи анадары были обнаружены на глубине 1 м.

По-видимому, верхняя граница обитания анадары на таких участках определяется прежде всего устойчивостью к волновому воздействию. Относительно легкая сильновыпуклая раковина и отсутствие развитых сифонов, позволяющих закапываться в грунт на глубину большую, чем длина раковины, делает невозможным обитание анадары на малых (менее 1 м) глубинах, где из-за высокой гидродинамической активности особи данного вида, вероятно, не могут удерживать нужное положение в грунте.

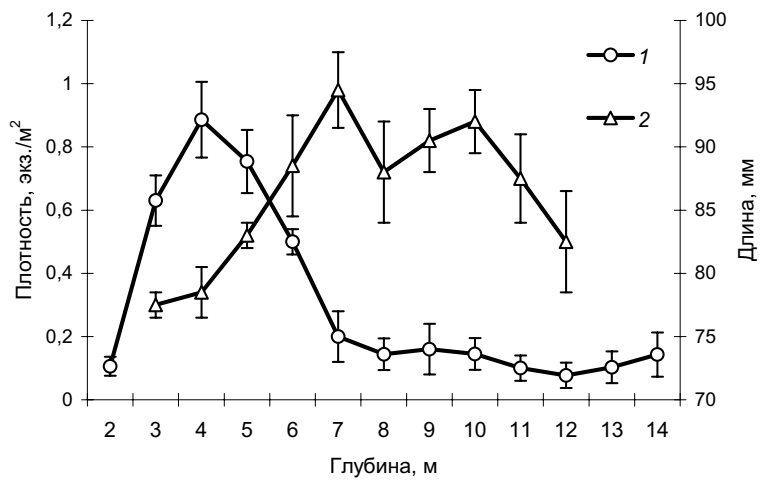
При этом нами отмечено, что на мелководье концентрируются, как правило, мелкоразмерные особи с длиной раковины 25–50 мм. Здесь, в зоне высокой подвижности водных масс, анадара образует лишь временные поселения, состоящие из молоди. Впоследствии по мере роста моллюски мигрируют на глубины 3–10 м, для которых характерны долговременные поселения, состоящие преимущественно из взрослых особей данного вида. По всей видимости, перемещение особей анадары на глубину по мере роста продолжается, в той или иной степени, в течение всей жизни, о чем свидетельствует анализ размерного состава ее дражных уловов в Уссурийском заливе на разных глубинах в период с 1999 по 2003 г. (Оценка запасов ..., 2003), который выявил тенденцию увеличения линейных размеров особей с увеличением глубины (рис. 8).

Наибольшие плотности поселения анадары в зал. Петра Великого приурочены к глубинам от 3 до 7 м при максимальной плотности на глубине около 4–5 м. В дальнейшем по мере увеличения глубины наблюдается равномерное снижение плотности поселения моллюсков, и на глубине 8–9 м величина этого показателя составляет уже, в среднем, 0,15 экз./м². Максимальная глубина обитания анадары — 21 м — была отмечена нами в северной части Амурского залива. На этом горизонте встречаются отдельные особи анадары (плотность менее 0,01 экз./м²).

Интересно отметить, что у побережья Японии этот моллюск образует скопления с промысловой плотностью на глубине 50 м, а максимум обилия отмечен здесь на глубине 30 м (Nabe, 1983).

Рис. 8. Изменение показателя средней плотности поселения (1) и средней длины раковины (2) анадары с глубиной в северной части Уссурийского залива

Fig. 8. The depth variability of mean density (1) and mean length (2) of anadara at north part of Ussuri Bay



Принято считать, что диапазон глубин обитания пойкилотермных бентосных животных отражает генетически детерминированную приспособленность вида к обитанию при определенных температурных условиях (Жирмунский, 1969). В связи с этим смещение горизонтов обитания анадары в популяциях зал. Петра Великого на меньшие в сравнении с популяциями центральной части ареала глубины может являться приспособлением к существованию в условиях дефицита тепла.

Субстраты обитания

В зал. Петра Великого анадара Броутона поселяется как на илесто-песчаных (у юго-западного побережья Амурского залива, в бухте Теляковского) и илесто-гравийных (у восточного побережья Амурского залива, в зал. Посыета и бухте Суходол), так и на чисто илистых алевроитовых и алевроито-пелитовых (в северной части Уссурийского залива) или пелитовых (в северной части Амурского залива) грунтах.

Привязанность анадары к илистым субстратам, вероятно, объясняется особенностями питания данного вида, фильтрующего сестон из придонных слоев воды. В местах скопления анадары большую часть года придонный слой представляет собой крайне насыщенную суспензию ила в воде и имеет слоистую структуру, характерную для илистых мелководий (Андреева, Агатова, 1981). Как правило, заиливание грунта сопровождается повышением концентрации взвеси в придонном слое и, как следствие, снижением обилия большинства сестонофагов. Известно, что большая часть двустворчатых моллюсков прекращают фильтрацию при достижении некоторой пороговой концентрации взвеси (Голиков, Скарлато, 1967). Высокая устойчивость анадары к повышенному содержанию твердых частиц, взвешенных в воде, возможна благодаря особому устройству жаберного аппарата анадаринид (Lim, 1966; Yoloje, 1975).

Значительно реже анадара обнаруживается на участках с песчаным грунтом с небольшой примесью ила и ракуши. В северной части Амурского залива есть несколько таких участков в виде небольших отмелей около 50 м в поперечнике. Интересно, что практически вся анадара здесь представлена крупными особями с ободренным периостракумом и характерным для сенильной стадии онтогенеза зиянием брюшной части раковины. Причем плотность поселения анадары (2,7–3,3 экз./м²) здесь в 3–4 раза выше, чем на окружающих эти банки илистых участках дна (0,7–0,9 экз./м²), где доля особей, имеющих признаки старения, составляет менее 10 %. Вероятно, это связано с тем, что старые особи скапливаются на этих отмелях в поисках более плотных субстратов обитания, поскольку из-за зияния нижней части раковины не способны выжить в толще мягких илистых осадков, где происходит неизбежное засорение их жаберного аппарата.

Спат и молодь анадары в возрасте до двух лет прикрепляются биссусом к твердым субстратам. В природе спат анадары часто оседает на взрослых особей своего вида, прикрепляясь к заднему краю раковины. Это может быть связано с тем, что на илистых мелководьях зал. Петра Великого в условиях дефицита твердых объектов взрослые особи анадары являются едва ли не единственным подходящим для оседания спата субстратом. Прикрепленные биссусом сеголетки анадары были также обнаружены на анфельдии на глубине 6–7 м в северо-западной части Амурского залива.

Из искусственных субстратов наибольшие плотности спата анадары отмечены на капроновых веревках, обросших гидроидами *Bougainvillia ramosa*, обнаруженных осенью 1994 г. в бухте Муравьиной (северная часть Уссурийского залива). Веревка длиной 3 м была равномерно заселена молодью анадары. На ее 50-сантиметровом отрезке прикрепилось 311 экз. сеголеток анадары (Габаев, Колотухина, 2006).

Температура и сезонные циклы поведения

По зал. Петра Великого в настоящее время проходит северная граница распространения анадары Броутона. По данным А.И. Разина (1933), анадара Броутона встречается до лимана Амура, однако в ходе многолетних исследований ТИНРО-центра прибрежной зоны Приморья за пределами зал. Петра Великого не было обнаружено ни одного экземпляра. Особи этого моллюска заселяют в заливе наиболее прогреваемые бухты и заливы второго порядка, где температура воды достигает летом величины, необходимой для роста и размножения.

Одним из приспособлений этого субтропического вида к существованию в условиях недостатка тепла является сокращение сроков гаметогенеза и нереста. С.М. Дзюба и Л.А. Масленникова (1982) отмечали, что анадара обладает самым коротким периодом активного гаметогенеза и самым длительным периодом репродуктивной инертности среди прочих обследованных ими моллюсков из зал. Петра Великого. По данным наблюдений в 2002–2005 гг., в северных частях Амурского и Уссурийского заливов массовый нерест анадары начинается в третьей декаде июля при температуре придонного слоя не ниже 17 °С и длится до середины августа, однако отдельные особи, находящиеся в состоянии нереста, встречаются в пробах с конца июня и до начала октября (Оценка запасов ..., 2003; Ресурсы и структура ..., 2004; Особенности биологии ..., 2005). Для сравнения: сезон нереста этого вида в Японии выпадает на июнь—август (Kan-po, Kikuchi, 1962), температуры начала нереста составляют 20–21 °С (Noda, 1966).

Продолжительная зима и более широкий сезонный диапазон температур в зал. Петра Великого — от минус 1,85 (Лучин, Сагалаев, 2005) до плюс 24,8 °С (Пространственно-временная изменчивость ..., 2005) — в сравнении с центральной частью ареала вида (у побережья о. Хонсю) обуславливают более выраженное проявление сезонных особенностей поведения. Водолазные наблюдения за анадарой в естественных условиях показывают, что в конце осени, когда придонный слой охлаждается до критически низкого значения (2–4 °С), животные этого вида впадают в состояние относительного, возможно анабиотического, покоя. При этом моллюски полностью погружаются в грунт, смыкают створки и не проявляют каких-либо признаков фильтрационной или двигательной активности до наступления весны. Данный период продолжается в течение 5 мес, с ноября по апрель.

Находясь в состоянии анабиотического покоя, анадара не прилагает усилий для того, чтобы выбраться на поверхность грунта, и постепенно погружается в толщу ила. Заглубление в зимний период моллюсков в грунт приводит к снижению дражных уловов в 2–4 раза из-за уменьшения количества животных, доступных для драги. Интересно отметить, что японские добытчики не наблюдают у побережья Хонсю снижения уловов этого моллюска в зимний

период. Это обусловлено тем, что в данном более теплом районе зимние температуры не достигают критического минимума, вызывающего погружение анадары в состояние анабиоза.

Весной, в начале апреля, когда придонный слой прогревается до температуры выше 3 °С, моллюски выбирают к поверхности грунта, принимают вертикальное положение и возобновляют фильтрационную активность. Примерно с середины апреля у анадары в зал. Петра Великого начинается активизация гонад. Начальный период гаметогенеза продолжается до третьей декады мая (Масленникова, 2000). К этому времени температура придонного слоя в местах обитания анадары составляет в Уссурийском заливе 13,0–15,0 °С (Пространственно-временная изменчивость ..., 2003), в Амурском — 14,0–16,0 °С (Рачков, 2002), в зал. Посыета 7,1–14,3 °С (Григорьева, 1999).

В первой декаде июня вместе с активизацией гонад в годичном цикле поведения анадары начинается так называемый преднерестовый период, когда моллюски находятся в самом поверхностном слое грунта, закапываясь лишь на 1/2–1/3 длины раковины. Это вызывает заметный рост (в 1,6 раза) уловистости драги на отдельных участках скоплений (Олифиренко, 1999).

В течение нерестового периода, длящегося у анадары в зал. Петра Великого с начала июля по август включительно, в местах обитания моллюска отмечаются самые высокие значения температуры придонного слоя — 17–24 °С (Пространственно-временная изменчивость ..., 2005). Как показывают водолазные наблюдения, в это время многие моллюски не закапываются в грунт и находятся практически на его поверхности.

Наступление посленерестового периода в годичном цикле поведения анадары сопровождается заметным (в 1,5–1,7 раза) снижением уловистости драги в августе—сентябре. В это время моллюски занимают в грунте исходное положение, характерное для периода интенсивного питания, когда задний край раковины немного возвышается над грунтом или находится вровень с его поверхностью. Посленерестовый период протекает при температуре от 24 до 3 °С и длится до конца осени, когда анадара начинает погружаться в зимнюю “спячку” (рис. 9).

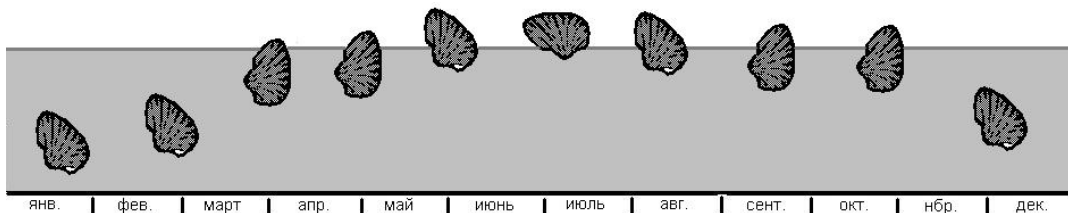


Рис. 9. Положение анадары в грунте в различные сезоны года

Fig. 9. The anadaras position in silt at any seasons

Весьма примечателен тот факт, что наблюдения за анадарой в аквариальных условиях выявили ту же динамику в сезонном поведении моллюсков, что и в природе. Несмотря на то что в течение всего года в аквариуме поддерживалась постоянная температура 15–17 °С, наблюдалась последовательная смена фаз поведения. С начала декабря по март моллюски были полностью погружены в толщу грунта, не проявляя признаков фильтрационной или двигательной активности, и совершали незначительные перемещения лишь во время полнолуния. С начала марта до наступления в природе нерестового периода моллюски активно питались, занимая в грунте характерное для данного периода положение, а на время нереста выбрались на поверхность грунта. После нереста и до наступления зимы они вновь зарывались в грунт, в среднем на 3/4 длины раковины, а зимой впадали в “спячку”. При этом наиболее ярко все фазы сезонного цикла поведения наблюдались в аквариальных условиях у крупных старых особей, у

молоди же они были менее выражены. Это позволяет предположить, что данный ритм является эндогенным и формируется в течение жизни как приспособление к периодическим изменениям среды.

Кислород

В литературе имеются сведения об особой устойчивости анадаринид к недостатку кислорода благодаря присутствию в их крови большого количества эритроцитов, содержащих гемоглобиноподобные пигменты (Mozzarelli et al., 1996). В эксперименте при содержании анадары Броутона в течение 12 дней в воде с 14,6 %-ным насыщением кислорода выживаемость составляла 40 %, при 80 %-ном насыщении — 100 % (Vroom, 1985). Критически низкой величиной содержания кислорода в воде для анадары считается 0,21 см³/л (Chen et al., 1989).

На участках обитания анадары в бухтах и в кутových частях заливов второго и третьего порядков со слабым водообменом и частично замкнутой циркуляцией водных масс (заливы Амурский, Уссурийский, Славянский, Посъета) в придонном слое воды образуются области с дефицитом кислорода (Подорванова и др., 1989; Tkalin et al., 1993; Огородникова и др., 1997), что связано в основном с интенсивными процессами разложения органики. В зимнее время большая часть акваторий, где отмечены скопления анадары, изолирована от атмосферы толстым слоем льда. В результате в данных биотопах отмечается некоторый дефицит кислорода, в особенности в придонном слое.

Насыщение кислородом придонного слоя в Амурском заливе в отдельные периоды снижается до 20–40 %, в Славянском — до 25, в Уссурийском — до 41 (Пространственно-временная изменчивость ..., 2003), в зал. Посъета — до 40–60 % (Григорьева, 1999), но нигде не достигает критически низких для анадары значений. Массовой гибели анадары в результате зимних заморозов, столь характерных для многих видов макробентоса и рыб, обитающих в северной части Амурского залива и зал. Посъета, не отмечалось.

Планктонные личинки анадары, возможно, более чувствительны к недостатку кислорода. Однако гидрохимические исследования поверхностного слоя в местах обитания анадары в Амурском и Уссурийском заливах в период ее размножения демонстрируют довольно высокие показатели насыщения кислородом — 90–130 % (5,0–6,4 мл/л абсолютного содержания) (Рачков, 2006).

Соленость

Большинство анадаринид имеют обыкновение селиться в местах, где отмечается воздействие опресненных водных масс (Ting et al., 1972; Okera, 1976; Yankson, 1982).

В отличие от центральной части ареала (у побережья о. Хонсю), где анадара Броутона обитает преимущественно вдоль открытых участков побережья, в зал. Петра Великого особи этого вида способны выжить лишь в наиболее прогреваемых закрытых мелководных бухтах, значительная часть акватории которых часто входит в состав эстуариев впадающих сюда рек. Содержание солей здесь не только, как правило, ниже, чем в открытой зоне, но и подвержено значительным зональным, вертикальным и сезонным колебаниям из-за влияния речного стока и нерегулярности выпадения осадков.

Так, например, в северной части Амурского залива зимой соленость придонного слоя на отдельных участках достигает 35,6 ‰ (Лучин, Сагалаев, 2005), а с июля по сентябрь в период интенсивных тайфунов она может понижаться до 10,6 ‰. Наиболее “опасными” акваториями в плане экстремального снижения солености являются северная часть Амурского залива, бухты Нарва, Новгородская и Экспедиции. В среднем же соленость придонного слоя в местах обитания анадары в зал. Петра Великого в летний период составляет 31,0–33,5 ‰ (Подорванова и др., 1989; Пространственно-временная изменчивость ..., 2003).

В годы, когда тайфуны и проливные дожди следуют через небольшие промежулки, продолжительное опреснение может привести к массовой гибели обитающих в этих районах гидробионтов, в том числе анадары. Так, после ряда тайфунов в августе 2000 г. дражные уловы анадары в основном районе лова в Амурском заливе на 30 % состояли из особей, погибших в течение двух предшествующих недель. Подобные явления массовой гибели анадары были отмечены нами в Амурском заливе также в 1996 (Mokretsova, Olifirenko, 1996) и 2002 гг. (Характеристика поселений ..., 2002).

Устойчивость двустворчатых моллюсков к экстремальным снижениям солености определяется прежде всего способностью изолироваться от внешнего воздействия посредством смыкания створок раковины. При этом также следует учитывать зависимость между эффективностью изолирующей реакции и устойчивостью к потере солей организмом. В пресной воде анадара Броутона способна выживать в течение 29 ± 4 ч (Бергер и др., 1982), что является довольно низким показателем по сравнению с другими видами двустворчатых моллюсков, населяющими верхнюю сублитораль, и характерно скорее для сублиторальных и нижнесублиторальных форм. У старых особей анадары устойчивость к опреснению уменьшается из-за того, что в нижней части раковины образуется зияние и, соответственно, изолирующая способность заметно снижается.

Подводя итог, можно отметить, что в зал. Петра Великого анадара образует поселения с общей биомассой около 15 тыс. т, рассредоточенные на площади более 150 км² на хорошо прогреваемых мелководных участках с илистым дном на глубинах 1–19 м, с плотностью до 9,0 экз./м² (в среднем 0,41) и удельной биомассой до 1120 г/м² (в среднем 133). Распределение анадары в пределах изученных поселений имеет мозаичный характер. При этом основные параметры среды обитания анадары в данном районе существенно отличаются от характерных для популяций из центральной части ареала этого вида, что обусловлено прежде всего дефицитом тепла вблизи северной границы ареала. Будучи привязанной к наиболее прогреваемым в летнее время года илистым мелководьям в закрытых и полузакрытых заливах и бухтах, анадара оказывается в условиях повышенной гидродинамической активности, существенных колебаний солености и содержания кислорода. Значительный межсезонный диапазон температур является причиной специфических адаптаций, таких как сжатые сроки нереста, продолжительная стадия репродуктивной инертности и выраженный сезонный цикл поведения, включающий длительный период анабиотического покоя.

Литература

- Аксютин З.М.** Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. — М.: Пищ. пром-сть, 1968. — 283 с.
- Андреева Н.М., Агатова А.И.** Органическое вещество в донных осадках залива Посьета (Японское море) // Биол. моря. — 1981. — № 2. — С. 40.
- Бергер В.Я., Ярославцева Л.М., Ярославцев П.В.** Устойчивость к опреснению и эффективность изолирующей реакции некоторых моллюсков Японского моря // Биол. моря. — 1982. — № 2. — С. 24–28.
- Борисовец Е.Э., Вдовин А.Н., Панченко В.В.** Оценки запасов керчаков по данным учетных траловых съемок залива Петра Великого // Вопр. рыб-ва — 2003. — Т. 4, № 1(13). — С. 157–170.
- Вышкварцев Д.И.** Оценка состояния бентосных сообществ у косы Назимова в зал. Посьета: Отчет о НИР / ТИНРО. — № 21168. — Владивосток, 1991. — 127 с.
- Габаев Д.Д., Колотухина Н.К.** Воспроизводство анадары, *Scapharca broughtoni* (Bivalvia, Arcidae), в заливе Петра Великого (Японское море) // Зоол. журн. — 2006. — Т. 85, № 8. — С. 925–934.
- Габаев Д.Д., Олифиренко А.Б.** Рост, запасы и продукция анадары *Scapharca broughtoni* в заливе Петра Великого (Японское море) // Океанол. — 2001. — Т. 41, № 3. — С. 422–430.

Голиков А.Н., Скарлато О.А. Моллюски залива Посьета (Японское море) и их экология // Моллюски и их роль в биоценозах и формировании фауны. — Л.: Наука, 1967. — С. 5–154.

Григорьева Н.И. Эколого-гидрологическая характеристика залива Посьета как района культивирования моллюсков: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток: Дальнаука, 1999. — 27 с.

Даркин В.Б., Латыпов Ю.Я. Результаты научно-исследовательских работ по оценке состояния скоплений донных беспозвоночных в северной части Амурского залива: Отчет о НИР / ТИНРО. — № 10057. — Владивосток, 1986. — 67 с.

Дзюба С.М., Масленникова Л.А. Репродуктивный цикл двустворчатого моллюска *Anadara broughtoni* в южной части залива Петра Великого Японского моря // Биол. моря. — 1982. — № 3. — С. 34–40.

Жирмунский А.В. Сравнительное исследование теплоустойчивости клеток моллюсков Белого моря в связи с вертикальным распределением видов и историей формирования вида // Журн. общ. биол. — 1969. — Т. 30, № 6. — С. 685–702.

Лучин В.А., Сагалаев С.Г. Океанологические условия в Амурском заливе (Японское море) зимой 2005 г. // Изв. ТИНРО. — 2005. — Т. 143. — С. 203–218.

Масленникова Л.А. Сперматогенез двустворчатого моллюска *Anadara broughtoni* (Schrenck) // Изв. ТИНРО. — 2000. — Т. 127. — С. 453–460.

Материалы по изучению ресурсов беспозвоночных прибрежных вод и континентальных водоемов подзоны “Приморье”: Отчет о НИР / ТИНРО. — № 23172. — Владивосток, 1999. — 329 с.

Материалы по изучению ресурсов беспозвоночных прибрежных вод и континентальных водоемов подзоны “Приморье”: Отчет о НИР / ТИНРО. — № 23579. — Владивосток, 2000. — 451 с.

Надточий В.А., Будникова Л.Л., Безруков Р.Г. Макрозообентос залива Петра Великого (Японское море): состав, распределение, ресурсы // Изв. ТИНРО. — 2005. — Т. 140. — С. 170–195.

Огородникова А.А., Вейдеман Е.Л., Силина Э.И., Нигматулина Л.В. Воздействие береговых источников загрязнения на биоресурсы залива Петра Великого (Японское море) // Изв. ТИНРО. — 1997. — Т. 122. — С. 430–450.

Олифиренко А.Б. Динамика плотности скопления анадары в Уссурийском заливе (Японское море) // Биомониторинг и рациональное использование морских и пресноводных гидробионтов: Мат-лы науч. конф. — Владивосток: ДВГУ, 1999. — С. 82–83.

Особенности биологии и состояния запасов некоторых донных беспозвоночных прибрежных вод Приморья: Отчет о НИР / ТИНРО-центр. — № 25598. — Владивосток, 2005. — 236 с.

Оценка запасов и состав поселений промысловых и перспективных для промысла беспозвоночных прибрежных вод Приморского края: Отчет о НИР / ТИНРО-центр. — № 24956. — Владивосток, 2003. — 398 с.

Подорванова Н.Ф., Ивашникова Т.С., Петренко В.С., Хомичук Л.С. Основные черты гидрохимии залива Петра Великого (Японское море). — Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. — 202 с.

Препарата Ф., Шеймос М. Вычислительная геометрия: Введение. — М.: Мир, 1989. — 487 с.

Пространственно-временная изменчивость гидрометеорологических условий дальневосточных морей и СЗТО в связи с промыслом, миграцией и воспроизводством гидробионтов: Отчет о НИР / ТИНРО-центр. — № 24893. — Владивосток, 2003. — 118 с.

Пространственно-временная изменчивость гидрометеорологических условий дальневосточных морей и СЗТО в связи с промыслом, миграцией и воспроизводством гидробионтов: Отчет о НИР / ТИНРО-центр. — № 25638. — Владивосток, 2005. — 276 с.

Разин А.И. Промысловые моллюски Японского моря: Отчет о НИР / ТИНРО. — № 8045. — Владивосток, 1933. — 57 с.

Разин А.И. Морские промысловые моллюски Южного Приморья. — М.; Хабаровск: ОГИЗ — Дальгиз, 1934. — 110 с.

Рачков В.И. Характеристика гидрохимических условий вод Амурского залива в теплый период года // Изв. ТИНРО. — 2002. — Т. 131. — С. 65–77.

Рачков В.И. Гидрохимические условия в вершине Уссурийского залива в период нереста анадары // Изв. ТИНРО. — 2006. — Т. 146. — С. 264–275.

Ресурсы и структура поселений прибрежных беспозвоночных приморского края. Результаты изучения: Отчет о НИР / ТИНРО-центр. — № 25276. — Владивосток, 2004. — 380 с.

Селин Н.И. Пространственное распределение сублиторальных двустворчатых моллюсков в связи с особенностями морфологии раковины // Биол. моря. — 1999. — Т. 25, № 2. — С. 160–162.

Скарлато О.А. Двустворчатые моллюски умеренных широт северо-западной части Тихого океана. — Л.: Наука, 1981. — 408 с.

Характеристика поселений и оценка запасов традиционных и перспективных для промышленного освоения беспозвоночных в прибрежных водах Приморья: Отчет о НИР / ТИНРО-центр. № 24462. — Владивосток, 2002.

Broom M.J. The biology and culture of marine bivalve molluscs of the genus *Anadara* // ICLARM stud. and rev. — 1985. — № 12. — P. 1–37.

Sahn A.R. Clam culture in Japan. — U.S. department of the interior, Fish and wildlife service, 1951. — 399 p.

Chen J., Wang E., Li H. The effect of some chemical factors on the larvae and adults of *Scapharca broughtoni* (Schrenck) // Oceanologia and Limnologia Sinica. — 1989. — Vol. 2, № 1. — P. 15–22.

Habe T. Edible molluscs in Japan // Proc. 2nd N. Pac. Aquaculture Sympos. — Tokyo, 1983. — P. 415–453.

Kan-no H. Bottom environments of the ark shell *Scapharca broughtoni* (Schrenck) in Sendai Bay // Report from the North East Aquatic Centre. — 1966. — № 26. — P. 55–75.

Kan-no H., Kikuchi S. On the rearing of the *Anadara broughtoni* (Schrenck) and *Haliotis discus hannai* Ino. // Bull. Mar. Biol. Stat. Amushi, Tohoku university. — 1962. — Vol. 11. — P. 71–76.

Kusukabe D. Studies on the artificial seeds of the ark shell *Anadara subcrenata* (Lischke) // J. Fac. Fish. Anim. Husb. Hiroshima university. — 1959. — № 2. — P. 183–239.

Lim C.F. Comparative study of the ciliary feeding mechanisms of *Anadara species* from different habitats // Biol. Bull. Woods Hole Oceanogr. Inst. — 1966. — № 130. — P. 106–117.

Mokretsova N.D., Olifirenko A.B. Condition of communities bivalves mollusk *Scapharca broughtoni* (Schrenck) in Amursky bay // International conference on the sustainability of the coastal ecosystems in the Russian Far East. Abstracts. — Vladivostok, 1996. — P. 51.

Mozzarelli A., Bettati S., Rivetti C. et al. Cooperative Oxygen-binding to *Scapharca inaequivalvis* hemoglobin in the crystal // J. of Biol. Chem. — 1996. — Vol. 271. — P. 3627–3632.

Noda H. The cenozoic *Arcidae* of Japan // Sci. Rep. Tohoku Univ. 2nd ser. (Geol.). — 1966. — Vol. 38, № 1. — P. 1–161.

Okera W. Observations on some populations parameters of exploited stocks of *Senilia senilis* (*Arca senilis*) in Sierra Leone. // Mar. Biol. — 1976. — Vol. 38. — P. 217–229.

Ting Y.Y., Kasahara S., Nakamura N. An ecological study of the so-called Mogai (*Anadara subcrenata* (Lischke)) cultured in Kasaoka Bay // J. Fac. Fish. Anim. Husb. Hiroshima university. — 1972. — № 11. — P. 91–110.

Tkalin A.V., Belan T.A., Shapovalov E.N. The state of the marine environment near Vladivostok, Russia // Mar. Pollut. Bull. — 1993. — Vol. 26, № 8. — P. 418–422.

Toyo T., Tesuji I., Inoue N. The mass culture of the ark — *Anadara* and their problems in Yamaguchi Prefecture // Cult. Res. — 1978. — № 7. — P. 51–66.

Yankson K. Gonad maturation and sexuality in the West African bloody cockle *Anadara senilis* (L.) // J. Molluscan Stud. — 1982. — № 48. — P. 294–300.

Yoloye V. The habits and functional anatomy in the West African bloody cockle *Anadara senilis* (L.) // Proc. Malacol. Soc. London. — 1975. — Vol. 41. — P. 277–299.

Yoo M.S., Yoo S.K. Spat collection and the growth of *Anadara broughtoni* Schrenck // Bull. Korean Fish. Soc. — 1974. — Vol. 7. — P. 79–86.

Поступила в редакцию 15.03.07 г.