

На правах рукописи

Олифиренко Александр Борисович

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА
Anadara broughtoni В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

03.00.18 – гидробиология

03.00.16 – экология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Владивосток 2007

Работа выполнена в лаборатории ресурсов беспозвоночных прибрежных вод и континентальных водоемов и секторе экосистемных исследований биоресурсов прибрежных вод Федерального государственного унитарного предприятия «Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр» (ФГУП «ТИНРО-Центр»)

Научные руководители:

кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник
Мокрецова Нина Дмитриевна,

кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник
Брыков Валерий Алексеевич

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук,
старший научный сотрудник
Звягинцев Александр Юрьевич

кандидат биологических наук
Надточий Виктор Александрович

Ведущая организация

Тихоокеанский океанологический институт
им. В.И. Ильичева ДВО РАН

Защита состоится « 31 » мая 2007 г. в 12 часов на заседании диссертационного совета Д 005.008.02 при Институте биологии моря имени А.В. Жирмунского ДВО РАН по адресу: 690041, Владивосток, ул. Пальчевского, 17. Телефон: (4232) 310-905. Факс: (4232) 310-900. E-mail: inmarbio@mail.primorye.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института биологии моря имени А.В. Жирмунского ДВО РАН

Автореферат разослан « 28 » апреля 2007 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат биологических наук

Е.Е. Костина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Одним из важных направлений ресурсных рыбохозяйственных исследований является разработка биологических основ рациональной эксплуатации запасов промысловых видов гидробионтов, а также изучение их экологических потребностей, эффективности воспроизводства, определение продукционных характеристик и структуры поселений.

Среди беспозвоночных, являющихся объектами прибрежного промысла у побережья южного Приморья, двустворчатый моллюск *Anadara broughtoni* (Schrenck) в последние годы неизменно лидирует по объемам добычи. Естественные поселения этого моллюска в заливе Петра Великого эксплуатируются промыслом с 1994 г. За этот период был отмечен ряд негативных изменений в структуре локальных поселений анадары, выявлены тенденции к снижению их продукционного потенциала и продолжительности жизни особей, что, во многом, является следствием завышения объемов изъятия, неправильного распределения промысловой нагрузки и отсутствия рациональных, с экологической точки зрения, технологий лова.

В то же время при мониторинге состояния скоплений анадары в заливе Петра Великого, проводимом ТИНРО-центром, накоплены значительные материалы, позволяющие выявить особенности биологии анадары в данной части ее ареала, оценить влияние естественных и антропогенных факторов на функционирование поселений и на этой базе обосновать предложения по рациональной эксплуатации скоплений анадары в обследованном районе. Эти исследования необходимы для исключения возможных ошибок в ходе промышленного освоения новых поселений и восстановления численности и продукционного потенциала скоплений, затронутых промыслом.

Цели и задачи работы. Целью работы является выявление особенностей биологии анадары Броутона в зал. Петра Великого и обоснование предложений по рациональному использованию ее ресурсов.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- определить местоположение основных скоплений анадары в зал. Петра Великого и характер пространственного распределения плотностей поселения и биомассы в них, оценить обилие этих моллюсков;

- выявить особенности экологии анадары в зал. Петра Великого;

- изучить особенности внутреннего строения и морфологии раковины анадары, и на основе этих данных разработать методику определения индивидуального возраста;
- получить информацию о размерно-весовой и возрастной структуре пространственно изолированных группировок анадары в зал. Петра Великого;
- выполнить количественную оценку группового линейного роста и роста массы анадары в различных поселениях в зал. Петра Великого;
- расчетными методами оценить пополнение, смертность и продукционные характеристики основных ее скоплений;
- оценить воздействие промысла на состояние запасов анадары;
- разработать рекомендации по сохранению и рациональному использованию ресурсов анадары в зал. Петра Великого.

Научная новизна. Получены новые данные о внутреннем строении раковины анадары, что позволило разработать экспресс-метод определения индивидуального возраста по регистрирующим элементам, образующимся под воздействием эндогенных ритмов с периодичностью более года. Подробно описано местоположение и состояние основных скоплений анадары в зал. Петра Великого. Определены их продукционные показатели, рассчитаны основные параметры пополнения и смертности. Описаны сезонные циклы в поведении анадары. Оценено влияние промысла на состояние скоплений. Определены некоторые требования, предъявляемые видом к основным параметрам среды в данной части его ареала.

Практическая значимость. Полученные сведения о районах формирования концентраций, характере распределения, размерно-весовой и возрастной структуре поселений, динамике пополнения и смертности, продукционных характеристиках и условиях обитания анадары являются основополагающими вопросами для разработки рекомендаций по рациональному использованию ресурсов этого моллюска. Полученные в ходе выполнения работы, данные ежегодно используются при обосновании ОДУ анадары в зал. Петра Великого.

Апробация работы. Результаты исследований докладывались на международной конференции по стабильности прибрежных экосистем российского Дальнего Востока (Владивосток, 1996); региональной конференции по актуальным проблемам морской биологии и экологии (Владивосток, 1998); совещании Дальневосточного малакологического общества (Владивосток, 1998); региональной конференции "Биомони-

торинг и рациональное использование морских и пресноводных гидробионтов" (Владивосток, 1999); конференции: Моллюски. Проблемы систематики, экологии и филогении (Санкт-Петербург, 2000); IV и V региональной конференциях по актуальным проблемам экологии, морской биологии и биотехнологии (Владивосток, 2001, 2002); научно-практической конференции "Приморье – край рыбацкий" (Владивосток, 2002); международной конференции "Новые технологии в защите биоразнообразия в водных экосистемах" (Москва, 2002); 6-ой и 8-ой Пущинской школе-конференции молодых ученых "Биология – наука XXI века" (Пушино, 2002, 2004); расширенном лабораторном коллоквиуме лаб. промысловых беспозвоночных и водорослей ВНИРО (Москва, 2004); заседаниях биологической секции Ученого Совета ТИНРО-Центра (1998-2004); многочисленных лабораторных коллоквиумах.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, выводов и списка литературы, включающего 227 источников, из которых 95 иностранные. Работа изложена на 178 страницах, включает 70 рисунков и 12 таблиц.

Благодарности. Автор искренне благодарит д.б.н. проф. В.П. Шунтова за ценные замечания и редакторскую правку, Л.С. Афейчук, Н.А. Вдовина, Д.Д. Габаева и Н.Ю. Таупека за помощь в сборе материала, А.И. Силину и С.В. Явнова за помощь в определении возраста, К.А. Лутаенко за помощь в подборе литературы, ген. директора ООО «р/к Дальневосточник» В.Н. Киселева за бескорыстное обеспечение исследовательских работ в Амурском заливе, а также всех сотрудников лаборатории ресурсов беспозвоночных прибрежных вод и континентальных водоемов, лаборатории прикладной математики, лаборатории культивирования гидробионтов ТИНРО-Центра и лаборатории экологии беспозвоночных ИБМ ДВО РАН за помощь и моральную поддержку при выполнении работы. Особые благодарности своим научным руководителям Н.Д. Мокрецовоу и В.А. Брыкову за неизменную поддержку научного интереса и определение приоритетов в исследованиях.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В главе проанализированы сведения, касающиеся основных вопросов биологии анадаринид: систематическое положение, строение раковины и мантийно-раковинного комплекса, внутреннее строение, распространение и характеристики основных параметров среды обитания, таких как глубины и субстраты обитания, темпе-

ратурный режим, соленость, кислород, биотические группировки. Также описаны особенности питания, размножения, эмбрионального развития, линейного и весового роста. Рассмотрено состояние мирового промысла и аквакультуры данной группы моллюсков.

Глава 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Для описания современного состояния скоплений анадары в Амурском и Уссурийском заливах использованы материалы водолазных и дражных съемок 2003-2005 гг. Дополнительно привлекали материалы учетных съемок, мониторинговых работ и данные водолазных наблюдений, выполненные в зал. Петра Великого ТИНРО-Центром в период с 1994 по 2005 гг. Работы выполнялись по унифицированной сетке станций (рис. 1, 2).

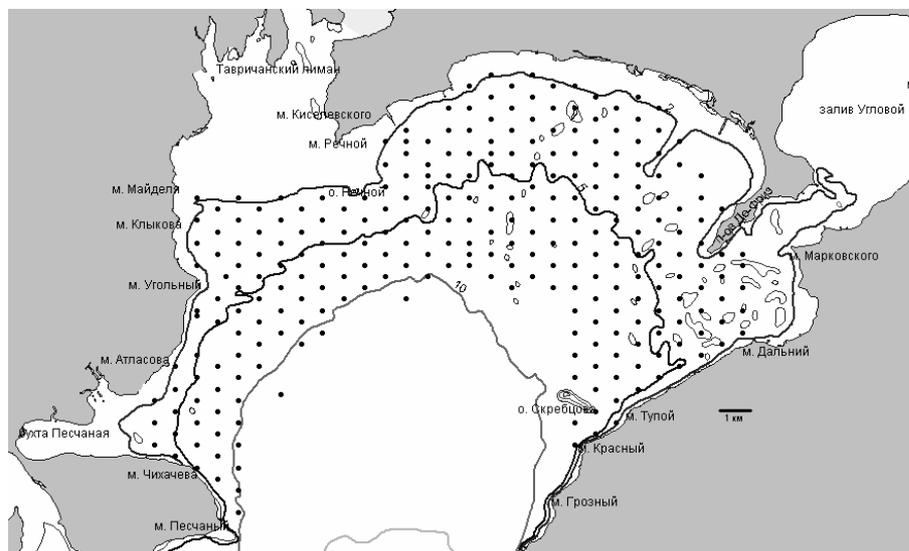


Рис. 1 Унифицированная схема станций в Амурском заливе

Местоположение каждой станции и длину драгирования фиксировали с помощью GPS приемника с точностью до 10 м. Длина стандартного учетного драгирования составляла 200 м. При этом использовали специализированную драгу, рабочей шириной 1,0-2,7 м.

На каждой водолазной станции отбирали не менее 3 проб. При этом, в пределах размещенной на дне случайным образом рамки площадью 1 м², просеивали слой грунта толщиной 0,3-0,7 м. Для каждой станции отмечали общее число и массу животных в пробе. Оценку общей численности и биомассы анадары на обследованной акватории осуществляли методом многоугольников близости (диаграммы Вороного), изучение характера распределения – методом интерполяции. При этом для обработки данных использовали ГИС ArcView 3.2 и MapInfo 7.8.

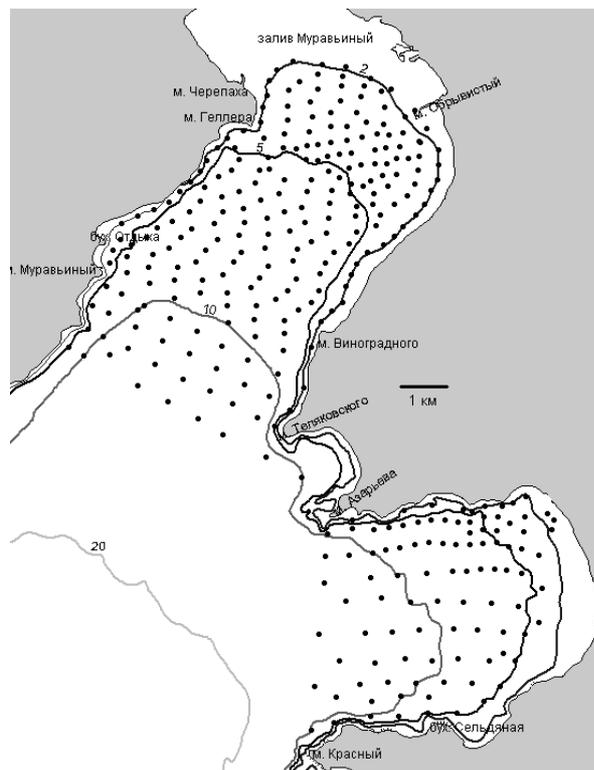


Рис. 2. Унифицированная схема станций в Уссурийском заливе

Биоанализ включал замеры стандартных линейных и весовых параметров, объема, наличия повреждений раковины и обрастателей.

Для определения возраста особей анадары до 8 лет использовали подсчет годовых колец на поверхности раковины. У особей старше 8 лет возраст определяли по шевронным бороздам с помощью экспресс-методики, разработанной нами в ходе выполнения работы и по слоям роста на спиле створки, годовая периодичность образования которых была ранее доказана различными методами (Зайко, 1981, 1984; Золотарев, 1989).

Для изучения особенностей микроструктуры раковины анадары и для определения индивидуального возраста наиболее старых особей использовали также метод ацетатных реплик. Кроме того, использовали данные о микроструктуре раковины, полученные с помощью сканирующего электронного микроскопа JEOL GSM-25S II.

Для аппроксимации данных о линейном групповом росте анадары использовали уравнение Берталанфи:

$$L_t = L_{\infty} (1 - e^{-kt}),$$

где L_t - длина раковины (мм) к моменту времени t , L_{∞} - теоретическая максимальная длина раковины, k - константа, характеризующая скорость замедления роста e - основание натурального логарифма. Для описания роста массы с помощью урав-

нения Берталанфи, дополнительно вводили степенной коэффициент – b , отражающий их связь с линейными параметрами (Алимов и др., 1990).

Продукцию, образуемую за счет роста особей (прирост наличной биомассы) и P/V коэффициент оценивали, используя характеристики роста массы особей и возрастную структуру конкретного поселения. Расчет выполняли по формуле:

$$P = \sum_{i=2}^{T_{max}} n_i * q_i ,$$

где q_i – скорость весового роста для i -ой возрастной генерации; n_i – численность особей i -ой возрастной генерации, входящих в состав анализируемого поселения на данный момент; T_{max} – максимальный эмпирический возраст.

При обработке данных о размерном и весовом составе изученных выборок ширину классового промежутка – размерный (весовой) шаг – рассчитывали по формуле Стерджеса, связывающей размах варьирования размерного ряда с объемом выборки (Лакин, 1990):

$$Ш = \frac{D_{max} - D_{min}}{1 + 3,32 \lg n}$$

где $Ш$ – размер шага; D_{max} и D_{min} – максимальный и минимальный размеры соответственно; n – объем выборки.

Статистическую обработку и оформление данных производили с помощью пакета программ Excel 2000, Statistica 5.5.

Глава 3. ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ РАКОВИНЫ И РЕГИСТРИРУЮЩИЕ СТРУКТУРЫ

Индивидуальный возраст двустворчатых моллюсков наиболее часто определяют по регистрирующим структурам – кольцам и слоям роста на спице створок. Однако для анадары первый способ применим лишь к особям моложе 8 лет. Второй способ весьма трудоемок и требует специального оборудования, а стало быть, мало производителен. Кроме того, остается открытым вопрос об идентификации отдельных регистрирующих элементов, решение которого невозможно без детального исследования внутренней структуры раковины.

Микроструктура раковины анадары была описана многими авторами (Золотарев, 1976; Зайко, 1984; Попов, 1992; Kobayashi, 1976), однако данные, как о количестве основных карбонатных слоев, так и о типах, слагающих их, структур различаются. Анализ ацетатных реплик и сканирующих электронных микрофотографий с различ-

ных участков раковины позволил выявить онтогенетические особенности формирования карбонатной составляющей раковины и локализацию основных типов раковинных структур, слагающих створку и замок.

Створка анадары состоит из двух, разделенных тонкой прослойкой паллиального миостракума основных слоев – внутреннего слоя имеющего сложную перекрещено-пластинчатую структуру карбонатного вещества и наружного, составленного, в свою очередь, двумя подслоями – нижним перекрещено-пластинчатым и верхним тонкопризматическим. Последний периодически заменяется внедрениями нижнего подслоя, образующимися в зимний период. К восьми годам, в результате замедления роста, верхний подслон практически полностью вытесняется нижним. И в части раковины, сформировавшейся после 8 лет, тонкопризматическая структура полностью отсутствует.

В районе замка карбонатная составляющая раковины анадары сложена тремя основными слоями – внутренним сложным перекрещено-пластинчатым, а также замочно-зубным и замочно-площадочным, составленными различными разновидностями перекрещено-пластинчатой структуры. Причем в замочно-зубном слое выделяется две текстуры – зубная и межзубная, в которых агрегаты пластин первого порядка ориентированы в противоположных направлениях.

Регистрирующие элементы с годовой периодичностью обнаружены во всех основных слоях створки, кроме верхнего тонкопризматического. Для определения индивидуального возраста анадары наиболее пригодны годовые слои роста в нижнем подслое наружного слоя, которые разделяются друг от друга зимними задержками роста, представляющими собой сгущения элементарных слоев роста, коих в пределах каждого годового слоя насчитывается не более 190.

Наряду с регистрирующими элементами, образующимися под влиянием периодических сезонных изменений параметров среды, раковина анадары содержит элементы, формирующиеся в результате действия эндогенных ритмов такие как, например, шевронные борозды на лигаментной площадке. Сопоставление числа шевронных борозд с индивидуальным возрастом особей различных возрастных групп показал, что борозды формируются с многолетней периодичностью. Первая присутствует у особей всех возрастов. Вторая начинает формироваться в 7 лет, третья в 13 и т.д. каждые 5-6 лет закладывается новая борозда (рис. 3).

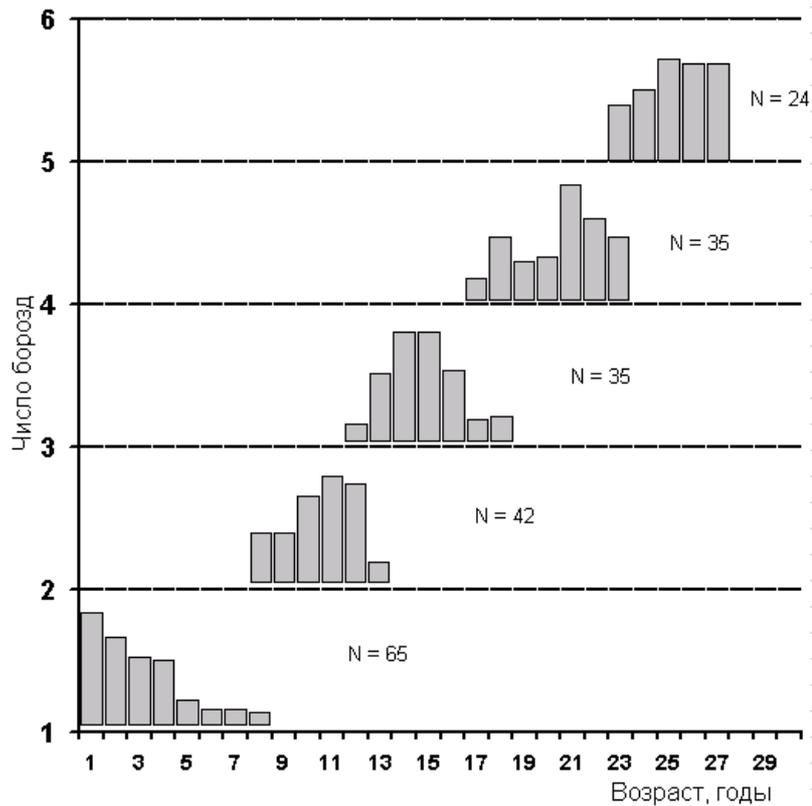


Рис. 3. Распределение частот встречаемости отдельных возрастных генераций среди особей анадара с различным числом борозд

Таким образом, по количеству шевронных борозд можно определить принадлежность особи к определенной возрастной группе, состоящей из нескольких генераций. В то же время для особей до 8 лет целесообразнее определять возраст по кольцам роста.

Глава 4. УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И СТРУКТУРА ПОСЕЛЕНИЙ

4.1. Ресурсы и распределение

В заливе Петра Великого анадара селится на отдельных участках вдоль материкового побережья, образуя поселения с плотностью до 9 (в среднем 0,41) экз./м² и удельной биомассой до 1120 (в среднем 133) г/м². Наиболее масштабные скопления расположены в северных частях Амурского и Уссурийского заливов, где сосредоточено, в общей сложности, более 83% всех разведанных ресурсов анадара (табл. 1).

Анализ материалов водолазных съемок показывает, что распределение анадара в пределах изученных поселений имеет мозаичный характер, четкого ядра скоплений не проявляется (рис. 4, 5).

Ресурсные параметры разведанных скоплений анадары
в зал. Петра Великого по данным водолазных съемок

Местоположение Скопления	Площадь, га	Численность, тыс. экз.	Общая биомасса, т	Год
сев. часть Амурского зал.	8 230	57 180	10 150	2004
сев. часть Уссурийского зал.	2 830	15 380	2 430	2005
бух. Теляковского	20	120	26	2005
бух. Суходол	160	640	340	2005
бух. Рейд Паллада	260	430	100	2005
бух. Экспедиции	90	180	30	2002
бух. Нарва	150	520	140	2000
от бух.Перевозная до р. Барабашевка	80	160	340	2000
от р. Барабашевка до п-ова Песчаный	1910	4 170	1 200	1999
бух. Баклан	80	590	120	2002
Итого	15 090	90 580	14 900	-

Данные, полученные с помощью драги, дают более равномерную картину распределения, в основном, благодаря низкой экстраполяции. Однако из-за отсутствия достоверных сведений о значении коэффициента уловистости драги и его изменчивости, в дальнейших расчетах мы использовали показатели обилия, полученные водолажным методом.

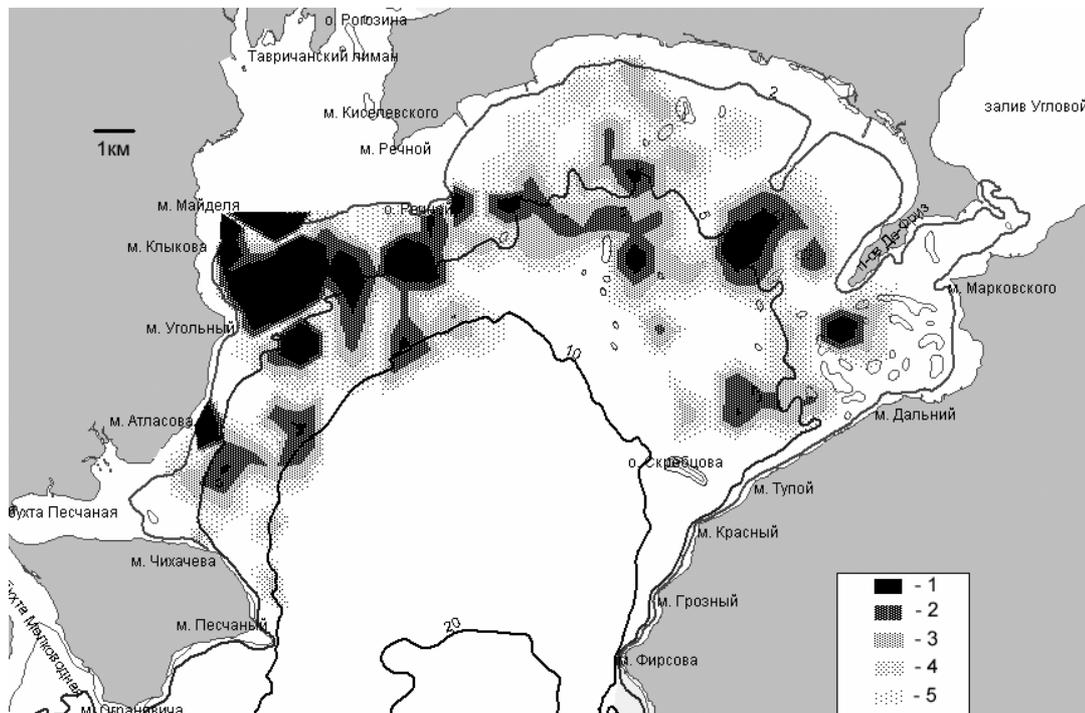


Рис. 4. Распределение анадары в северной части Амурского залива по данным водолазной съемки 2003-2004 гг. Условные обозначения: биомасса, г/м²
1 – более 200; 2 – 100-200; 3 – 50-100; 4 – 20-50; 5- менее 20

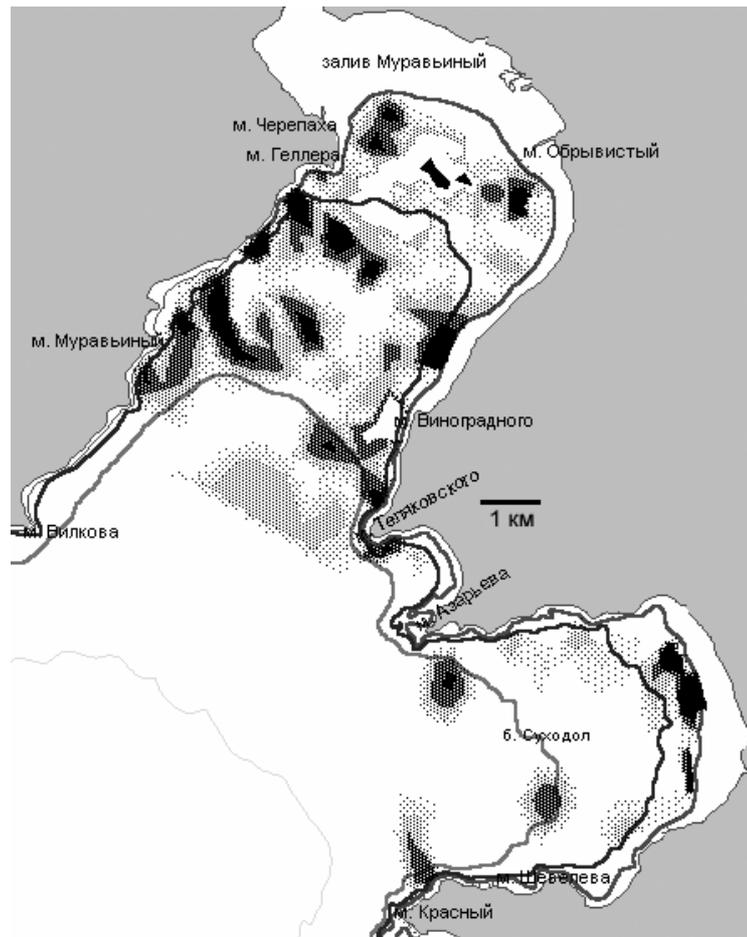


Рис. 5. Распределение анадары в северной части Уссурийского залива по данным водолазной съемки 2005 г. Условные обозначения см. на рис. 4

4. 2. Условия обитания

Основные параметры среды обитания анадары в обследованном районе существенно отличаются от характерных для популяций из центральной части ареала этого вида, что обусловлено, прежде всего, дефицитом тепла вблизи северной границы ареала. В заливе Петра Великого субтропическая по происхождению анадара селится только на хорошо прогреваемых в теплое время года мелководных участках, значительная часть акватории которых входит в состав эстуариев впадающих сюда рек.

В обследованных поселениях анадара встречается на глубинах 1-19 м, при максимуме обилия на глубине 4-5 м. Для глубин 1-3 м характерны поселения, состоящие, в основном, из молоди и мелкоразмерных особей этого вида. При этом отмечается некоторое увеличение средних линейных размеров особей с глубиной, что указывает на наличие онтогенетических миграций.

Субстраты обитания анадары представлены в основном алеврито-пелитовыми и пелито-алевритовыми, иногда пелитовыми илами, что связано с особенностями пи-

тания этого моллюска, всасывающего сестон из придонного слоя. Значительно реже представители данного вида встречаются на илисто-гравийных с примесью ракуши и песчано-илистых грунтах. Планктонные личинки анадары оседают на твердые и волокнистые субстраты. В природе спат анадары чаще всего прикрепляется биссусом к заднему краю раковины взрослых особей своего вида, а также встречается на анфельции *Ahnfeltia tobuchiensis*.

Соленость придонного слоя в местах обитания анадары в норме составляет 31,0-33,5 ‰, достигая в зимний период подо льдом 35,6 ‰ и снижаясь в период летних тайфунов до 10,6 ‰ (Подорванова и др., 1989; Лучин, Сагалаев, 2005). В годы, когда летние проливные дожди следуют друг за другом продолжительное опреснение может привести к массовой (на отдельных участках более 30 %) гибели анадары. У особей, находящихся на старческой стадии, устойчивость к потере солей организмом уменьшается из-за снижения изолирующей способности.

Показатель относительного насыщения кислородом также колеблется в широком диапазоне от 20 до 130 %. Некоторые участки обитания анадары в Амурском и Уссурийском заливе совпадают с зонами сероводородного загрязнения. Особая устойчивость анадары к недостатку кислорода обеспечивается содержанием в ее крови большого количества гемоглобиноподобных пигментов.

Широкий межсезонный диапазон колебания температур (от $-1,85$ до $24,80$ °C) (Лучин, Сагалаев, 2005; Зуенко и др., 2005) и продолжительная зима являются причиной специфических адаптаций анадары, таких как сжатые сроки нереста и выраженный сезонный цикл поведения, включающий длительную (с ноября по апрель) стадию анабиотического покоя. При этом цикличность поведения обусловлена эндогенным ритмом, вырабатываемым у каждой особи в течение жизни под воздействием периодических изменений внешней среды.

На обследованных акваториях анадара, как правило, является доминирующим видом. В донных сообществах Амурского залива ее доля составляет от 12 до 70 % (в среднем 38 %), Уссурийского – от 12 до 99 % (в среднем 57 %, при средних показателях удельной биомассы макробентоса – 247,0 и 112,5 г/м² соответственно. Среди других массовых представителей макробентоса на участках, занятых поселениями анадары – морские звезды *Luidia quinaria bispinosa*, *Asterias amurensis*, *Patiria pectinifera* суммарная доля которых в дражных уловах в Амурском заливе достигает 60, а в Уссурийском заливе 40 % биомассы, составляя, в среднем, 12 и 9 % соответственно.

Значительную долю биомассы макробентоса до 50, в среднем, 28 % составляет актиния *Metridium senile*, прикрепляющаяся к раковине анадары. На отдельных участках скоплений анадары в Амурском заливе двустворчатые моллюски *Crenomytilus grayanus*, *Modiolus kurilensis* и *Arca boucardi*, прикрепляясь биссусом друг к другу, образуют смешанные друзы массой до 11 кг, которые свободно лежат на поверхности ила. На глубинах более 7 м в Амурском заливе обычны поселения баянусов, которые, прирастая базальной частью домика друг к другу, образуют агрегации массой до 9 кг.

4.3. Структура поселений

Основные статистические характеристики размерного и весового состава скоплений анадары в северных частях Амурского и Уссурийского заливов и бухте Суходол по данным водолазных сборов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристики размерно-весового состава основных скоплений анадары

Параметр	Район	Размер выборки	Мин. знач.	Макс. знач.	Станд. отклон.	Среднее	Станд. ошибка	Асимметрия	Эксцесс
длина, мм	Амурский зал.	363	17	127	18,89	84,96	0,991	-0,59	0,44
	Уссурийск зал.	720	15	115	14,08	80,93	0,525	-0,89	1,28
	б. Суходол	103	53	109	12,85	85,96	1,266	-0,57	-0,14
масса, г	Амурский зал.	363	1,5	570	99,53	178,16	5,224	0,54	-0,01
	Уссурийск зал.	720	2	400	73,70	158,23	2,747	0,17	-0,53
	б. Суходол	103	36	370	78,86	183,93	7,770	0,16	-0,36

В сравнении с водолазными в дражных выборках отсутствуют моллюски с длиной раковины менее 50 мм. Доля последующих размерных групп (50-60 и 60-70 мм) также занижена из-за селективности драги

Для изученных поселений анадары в зал. Петра Великого характерен, в основном, мономодальный характер распределения встречаемости размерных и весовых признаков с максимумом встречаемости поблизости от медианы. Относительно низкая численность мелкогабаритных групп объясняется, по большей части проявлением эффекта накопления возрастов, обусловленного замедлением темпа роста в онтогенезе. Это подтверждается сопоставлением с возрастным составом поселений, анализ которого показывает, что пополнение происходит нерегулярно (рис. 5). Численность смежных возрастных генераций может различаться более, чем в 6,5 раз. С другой стороны, очевидно, что представленные на данный момент в поселении возрастные генерации состоят лишь из особей, доживших до соответствующего возраста.

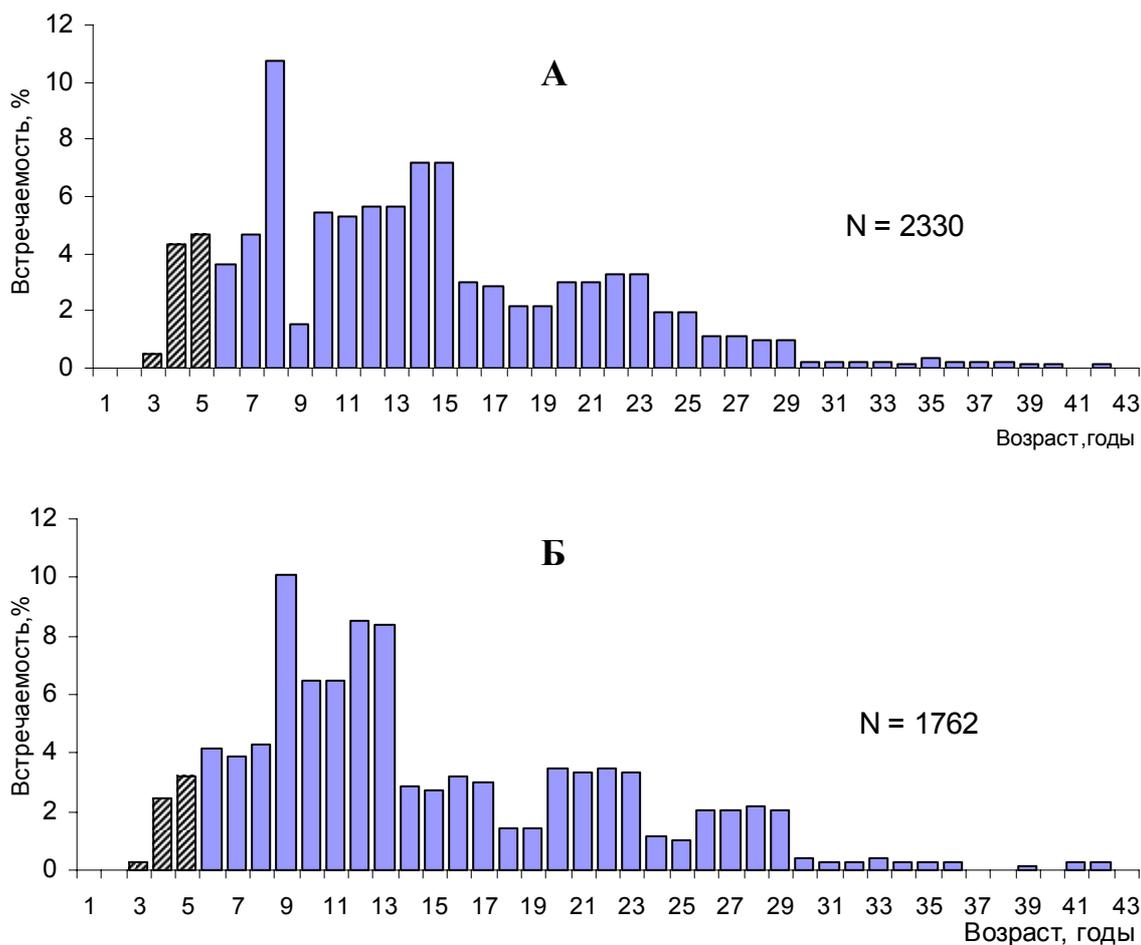


Рис. 5. Возрастной состав скоплений анадары в Амурском (А) в 2005 г. и в Уссурийском (Б) в 2004 г. заливах по данным анализа дражных сборов. Штриховкой отмечены возрастные группы, численность которых занижена из-за селективности драги

Таким образом, для определения величины исходного пополнения в каком-либо году необходимо делать перерасчет с учетом смертности. В данной работе предлагается метод расчета параметров смертности по возрастному составу выборки створок мертвых особей анадары из района скоплений, который позволяет выявить присущие каждому скоплению особенности изменения выживаемости с возрастом (рис. 6).

В Амурском заливе наиболее высокие показатели смертности наблюдаются в возрастной группе 10-15 лет. До этого возраста доживает 89 % исходного пополнения. После 15 лет показатели естественной смертности постепенно убывают до возраста 60 лет, к которому элиминирует более 99% особей. Максимальная продолжительность жизни в Амурском заливе составила 63 года, средняя 23,22 (SE = 0,52) года. В Уссурийском заливе темп смертности постепенно увеличивается до 20-ти летнего возраста. А после сравнительно резко уменьшается. До 40 лет доживают менее 2,5 %

особей. Максимальная продолжительность жизни 45 лет, средняя 20,56 (SE = 0,45) лет.

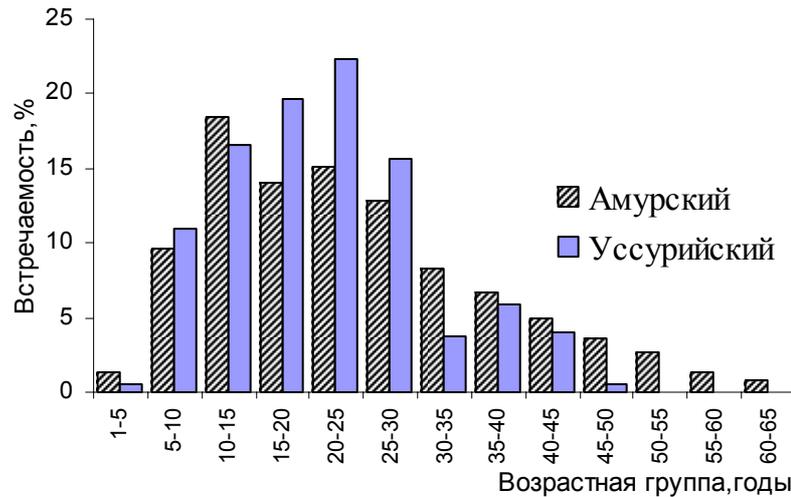


Рис. 6. Возрастной состав выборок створок мертвых особей анадары

Кумулятивное суммирование долей возрастных групп выборки мертвых створок позволяет рассчитать кривую смертности анадары для изученных скоплений. Зеркальным отображением кумулятивной кривой смертности является кривая выживаемости, показывающая долю особей рассматриваемой генерации доживающих до определенного возраста. Используя данные о возрастном составе моментальной выборки с учетом полученных показателей естественной элиминации можно рассчитать динамику пополнения численности изученных скоплений за ряд лет, предшествующих моменту наблюдения (рис. 7).

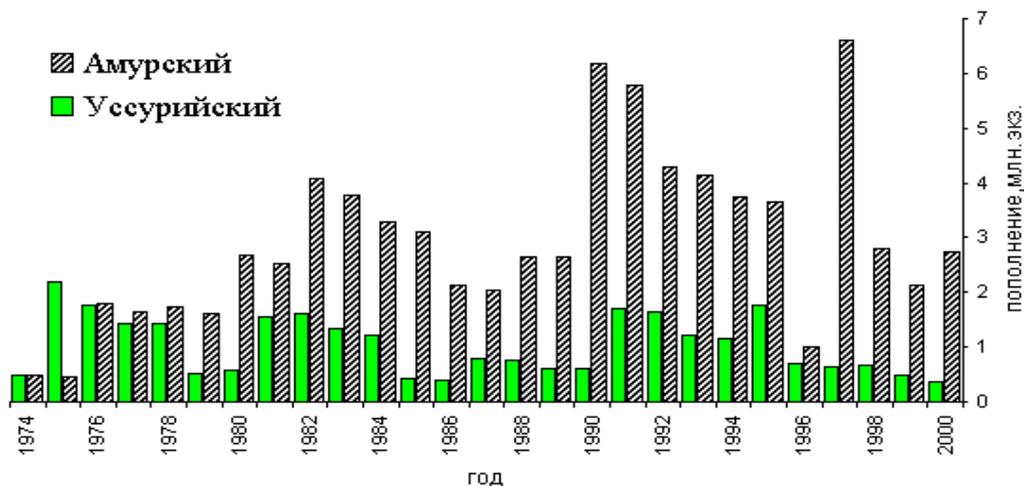


Рис. 7. История пополнения численности скоплений анадары в Амурском и Уссурийском заливах

Согласно данным расчетам средняя многолетняя величина пополнения для Амурского залива составила 2,324 (SE = 0,272) млн. экз. в год, для Уссурийского 0,94 (SE = 0,093) млн. экз. в год. Наиболее значительное пополнение отмечалось как в Амурском, так и в Уссурийском заливах в период с 1981 по 1984 и с 1991 по 1995 годы. Период с 1979 по 1980 и с 1986 по 1990 г. характеризовался для обоих скоплений относительно низкими значениями этого показателя. Максимальные значения пополнения отмечены в Амурском заливе в 1990, 1991 и 1997 годах, минимальное в 1974, 1975 и 1996 г. В Уссурийском заливе наиболее продуктивными были 1975 и 1995 г. Низкое пополнение отмечено для 1979, 1986 и 2000 годов.

Глава 5. РОСТ И ПРОДУКЦИЯ

Эмпирические данные о групповом линейном росте анадары из Амурского залива удовлетворительно аппроксимируются уравнением:

$$L_t = 101,5 (1 - e^{-0,1699 t}),$$

для кутовой части Уссурийского залива

$$L_t = 94,5 (1 - e^{-0,1724 t}),$$

для б. Суходол

$$L_t = 100 (1 - e^{-0,1871 t}),$$

для б. Рейд Паллада (зал. Посьета):

$$L_t = 111,3 (1 - e^{-0,1957 t}).$$

Наиболее интенсивный линейный рост у анадары из зал. Петра Великого повсеместно отмечается в первые 6 лет жизни. Затем темп роста начинает снижаться. Особенно резко (до 52% в год) снижение скорости роста отмечается в возрасте 4-6 лет, что может быть связано с половым созреванием. В возрасте свыше 16 лет годовые приросты уже не превышают 1 мм. Таким образом, к 4-5 годам жизни моллюски достигают в длину 50% дефинитивного значения данного параметра, а к 13 годам - 90%.

Снижение темпа роста массы происходит в более позднем возрасте. Увеличение темпа весового роста наблюдается у моллюсков из Амурского залива до 6, а у моллюсков из Уссурийского залива - до 7 лет. В дальнейшем значения весовых приростов начинают уменьшаться. Тем не менее, относительно высокие приросты (более 8 г в год) отмечаются до 15 летнего возраста.

В первые годы жизни моллюски из Уссурийского залива заметно отстают по значению весовых приростов. В возрасте до 10 лет показатели ежегодных приростов

массы из этого района, в среднем, на 28% ниже, чем у анадары из Амурского залива. С возрастом различия в значениях весовых приростов уменьшаются, и к 14-15 годам они сравниваются.

Особенности характера возрастных изменений линейного и весового роста обусловлены прежде всего изменением в онтогенезе линейных пропорций, в частности непропорциональному увеличению ширины раковины относительно ее высоты и длины, что в старшевозрастных группах приводит к характерным изменениям морфологии раковины моллюсков, выражающимся в «затуплении» брюшного края, увеличении расстояния между макушками створок и появлению зияния в нижней части раковины. Причем из-за замедленного темпа роста это в большей степени характерно для Уссурийского залива, чем для Амурского (рис. 8).

Располагая данными о весовом росте, возрастном составе и численности скопленных анадары можно рассчитать продукцию, образуемую за счет роста особей. Для обоих скоплений основная часть продукции (около 90%) обеспечивается особями в возрасте до 15 лет. Возрастные генерации от 16 до 23 лет обеспечивают, в сумме менее 9% продукции. Вклад в общую продукцию особей 24 лет и старше практически несущественен.

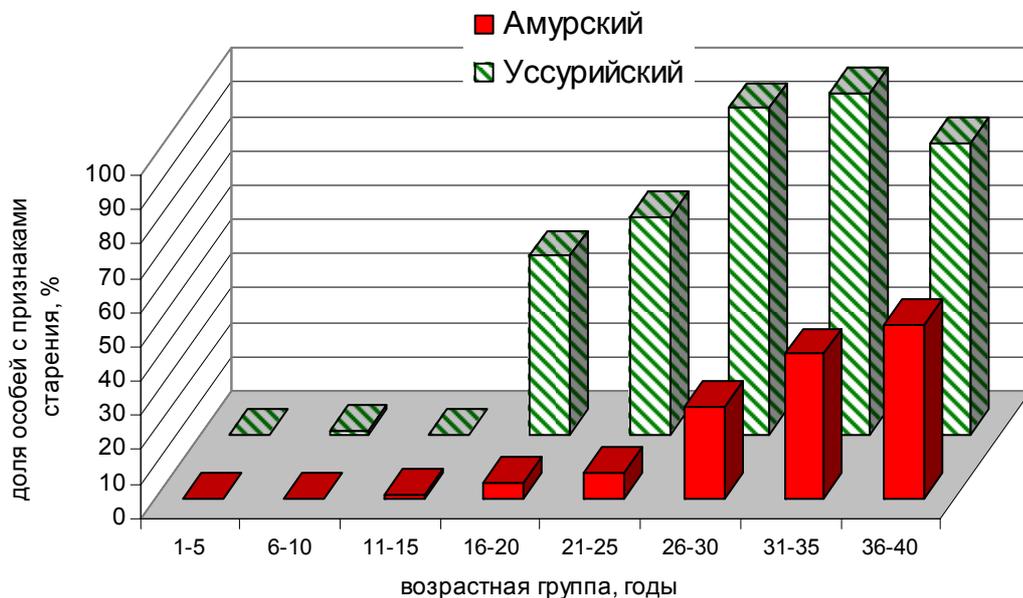


Рис. 8. Доля особей с признаками старения в различных возрастных группах

Прирост наличной биомассы скопления анадары в Амурском заливе составил в абсолютных единицах $567 \text{ т} \times \text{год}^{-1}$. Общий годовой P/V коэффициент был равен 0,0558. Для Уссурийского залива прирост наличной биомассы составил $132 \text{ т} \times \text{год}^{-1}$,

годовой P/V коэффициент – 0,0543. Такие низкие значения P/V коэффициентов характерны для долгоживущих видов, отличающихся, замедленным темпом весового роста.

Одним из важнейших продукционных показателей является величина элиминированной за определенный промежуток времени биомассы, которую можно рассчитать исходя из возрастного состава одномоментной выборки, численности скопления и кривой смертности. Расчеты показывают, что в Амурском заливе в 2006 г. прогнозируемая элиминация составит 2 млн. 470 тыс. особей анадары. элиминированная биомасса 565 т, что практически совпадает со значением прироста наличной биомассы. Для Уссурийского залива элиминированная за 2005 год биомасса 107 т (520 тыс. экз.), что на 19% меньше прироста биомассы. Таким образом, в Уссурийском заливе в 2005 году запас анадары должен увеличиться на 25 т. Однако эта цифра столь мала, что не может быть достоверно зафиксирована, использованными нами методами определения запаса.

Глава 6. ПРОМЫСЕЛ И ПЕРСПЕКТИВЫ АКВАКУЛЬТУРЫ

Как было показано выше, для изученных скоплений анадары в Амурском и Уссурийском заливах регистрируется практически полное совпадение годового прироста наличной биомассы и ее элиминации. Соотношение показателей среднегодового пополнения и естественной продолжительности жизни также указывает на то, что скопления анадары находятся в сбалансированном состоянии. В подобной ситуации изъятие промыслом любого количества анадары может привести к эквивалентному снижению запаса.

Это подтверждается данными мониторинга за состоянием запаса анадары в Уссурийском заливе, где с 1998 по 2003 г. велся ее интенсивный лов. При этом зафиксированное снижение запаса практически совпало с суммарной величиной вылова анадары за этот промежуток времени. Эту проблему можно бы было решить, если бы в процессе промысла производилась замена естественной смертности на промысловую. Однако, из-за того, что промыслом изымаются наиболее ценные в коммерческом отношении младшевозрастные особи величина этой замены составляет не более 5%.

Среди прочих регистрируемых эффектов промысла в Уссурийском заливе – снижение средних дражных уловов в основном районе промысла со 150 (в 1994 г.) до 20-40 кг (в 2003 г.) на усилие, увеличение в уловах численности морских звезд, снижение

доли коммерчески ценных размерных групп анадары, увеличение доли створок мертвых особей, имеющих повреждения от драги, снижение показателя общей продолжительности жизни.

При этом необходимо учитывать, что промысел анадары ведется не по всей площади скопления, а на участках, где обитают наиболее ценные в коммерческом отношении размерно-возрастные группы. В Амурском заливе таких участков выделяется 4, в Уссурийском 2. Суммарная площадь данных участков составляет не более 15% площади скоплений. На каждом из этих участков сосредоточено от 300 до 600 т анадары.

Учитывая, приведенные выше факты предлагается регулировать промысел анадары в зал. Петра Великого чередованием полей и ограничением по времени и минимальным промысловым размерам. Необходимо в течение года проводить лов исключительно на территории одного из вышеупомянутых 6 участков. При этом на данном участке высвобождается место для заселения его более молодыми и соответственно более продуктивными особями. Учитывая, что промыслового размера анадара в зал. Петра Великого достигает к 6 годам, то к моменту начала нового цикла на очередном участке ожидается восстановление промыслового запаса.

При низких показателях смертности (5%) в возрастных группах до 7 лет в случае применения предложенного подхода произойдет практически полная замена естественной смертности на промысловую, то есть эксплуатация ресурсов анадары будет осуществляться с максимальной эффективностью. Репродуктивный потенциал скопления, в данном случае, будет обеспечиваться особями с тех участков, которые не подвержены облову с помощью драги. Продуктивность поселений на промысловых участках и, соответственно, меру изъятия можно будет существенно повысить, если по окончании добычи заселять их молодь анадары, полученной в заводских условиях или собранной с коллекторов.

ВЫВОДЫ

1. В зал. Петра Великого анадара образует поселения с плотностью до 9 (в среднем 0,41) экз./м² и удельной биомассой до 1120 (в среднем 133) г/м². Общая площадь скоплений составляет более 150 км², общая биомасса 14,9 тыс. т. Распределение анадары в пределах изученных поселений имеет мозаичный характер.
2. Основные параметры среды обитания анадары в зал. Петра Великого существенно отличаются от характерных для популяций из центральной части ареала данного вида, что обусловлено, прежде всего, дефицитом тепла. В частности, отмечается смещение горизонтов обитания анадары на глубины 1-19 м (с максимумом обилия на глубине 3-5 м) на участки с повышенной гидродинамической активностью, значительными колебаниями солености (10,6-35,6 ‰) и насыщения кислородом (20-130 %).
3. Значительный сезонный диапазон температуры (от -1,85 до 24,80 °С) и продолжительная зима являются причиной специфических адаптаций этого вида у северной границы ареала, таких как сжатые сроки нереста и продолжительный (около 5 месяцев) период анабиотического покоя.
4. Для изученных поселений анадары свойственен, в основном, мономодальный характер распределения частот встречаемости размерных и весовых показателей с пиком встречаемости поблизости от медианы, что обусловлено, по большей части, проявлением эффекта накопления возрастов.
5. Пополнение изученных скоплений анадары за счет молоди происходит нерегулярно. Среднее значение ежегодного пополнения для Амурского и Уссурийского заливов составляют 2,32 и 0,94 млн. экз., средняя продолжительность жизни 23,22 и 20,56 лет, максимальная 63 и 53 года соответственно.
6. Верхний подслой наружного основного слоя раковины анадары откладывается лишь в первые 7-9 лет ее жизни, а в последующем полностью вытесняется нижним. При этом годовые метки в последнем представляют сгущения элементарных слоев.
7. Шевронные борозды на лигаментной площадке анадары формируются в процессе роста с определенной многолетней периодичностью и могут быть использованы в качестве экспресс-методики при определении возраста особей старше 8 лет.
8. Рост анадары происходит с изменением в онтогенезе геометрических пропорций и удовлетворительно аппроксимируется уравнением Берталанфи $L_t = L_\infty (1 - e^{-kt})$. Значения основных констант линейного роста (L_∞ и k) для Амурского залива составляет

101,5 и 0,1699, для кутовой части Уссурийского залива – 94,5 и 0,1724, для б. Суходол – 100 и 0,1871, для зал. Посъета – 111,3 и 0,1975 соответственно.

9. Значения показателей годовой продукции, образованной за счет роста особей в скоплениях анадары в Амурском и Уссурийском заливах близки значениям элиминированной за тот же период биомассы. Соответствующие годовые Р/В коэффициенты составляют 0,0558 и 0,0543.

10. Активный дражный промысел анадары существенно отразился на состоянии ее скоплений, прежде всего в Уссурийском заливе. Для сохранения биологического потенциала вида в зал. Петра Великого эксплуатацию его ресурсов необходимо осуществлять с соблюдением представленных в настоящей работе рекомендаций, включающих аквакультурные мероприятия.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Олифиренко А.Б. Некоторые особенности экологии двустворчатого моллюска *Anadara broughtoni* (Schrenck) // Региональная конф. по актуальным проблемам морской биологии и экологии студентов, аспирантов и молодых ученых. Тез. докл. – Владивосток: Изд-во ДВГУ, 1998. С. 104-105.

Олифиренко А.Б. Динамика плотности скопления анадары в Уссурийском заливе (Японское море) // Конф. молодых ученых «Биомониторинг и рациональное использование морских и пресноводных гидробионтов» Тез. докл. – Владивосток: ТИНРО, 1999. С. 82-83.

Олифиренко А.Б. Возможные методы определения возраста двустворчатого моллюска *Anadara broughtoni* (Schrenck) // Бюлл. Дальневосточного малакологического общества. 2000. Вып. 4. С. 87-89.

Габаев Д. Д., **Олифиренко А.Б.** Рост, запасы и продукция анадары (*Scapharca broughtoni*) в заливе Петра Великого (Японское море) // Океанология. 2001. Том. 41. № 3. С. 422-430.

Олифиренко А.Б. Биологические основы рациональной эксплуатации ресурсов анадары (*Anadara broughtoni* (Molluska: Bivalvia)) в заливе Петра Великого // Материалы научно-практической конференции «Приморье – край рыбацкий». Владивосток: ТИНРО, 2002. С. 52-55.

Олифиренко А.Б. Меры по сохранению ресурсов и повышению продуктивности скоплений двустворчатого моллюска *Anadara broughtoni* (Schrenck) в заливе Петра

Великого Японского моря // Междунар. конф. «Новые технологии в защите биоразнообразия в водных экосистемах» Тез. докл. М.: Изд-во МГУ, 2002. С. 44-45.

Олифиренко А.Б. Анадара (*Anadara broughtoni*). Гл. 7.9 // Планирование, организация и обеспечение исследований рыбных ресурсов дальневосточных морей России и северо-западной части Тихого океана. Владивосток: ТИНРО, 2005. С. 194-197.

Gabaev D.D., **Olifirenko A.B.** About the mechanism of the counteraction pollution in molluscs inhabiting Amursky and Ussuriysky Bays // Int. Conf. on the Sustainability of Coastal Ecosystems in the Russian Far East. Abstrs. Vladivostok: Dalnauka, 1994. С.23-24.

Mokretsova N.D. **Olifirenko A.B.** Condition of communities bivalves mollusk *Scapharca broughtoni* (Schrenck) in Amursky Bay // Int. Conf. on the Sustainability of Coastal Ecosystems in the Russian Far East. Abstrs. Vladivostok: Dalnauka, 1996. С. 50-51.

Олифиренко А.Б. Особенности внутреннего строения раковины, регистрирующие структуры и экспресс-методика определения возраста анадары *Anadara broughtoni* (Bivalvia, Arcidae) // Изв. ТИНРО. 2007. Т. 148. С. 57-68.

Олифиренко А.Б. Условия формирования поселений двустворчатого моллюска *Anadara broughtoni* в заливе Петра Великого (Японское море) // Изв. ТИНРО. 2007. Т. 149. С. 147-171.

Олифиренко Александр Борисович

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА
Anadara broughtoni В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Автореферат диссертации на соискание ученой
степени кандидата биологических наук

Подписано в печать 25.04.2007 г. Формат 60x90/16. 1 уч.-изд. л. Тираж 100 экз. Заказ № 6.

Отпечатано в типографии издательского центра ФГУП «ТИНРО-Центр»

г. Владивосток, ул. Западная, 10