

УДК 551.465

ХАРАКТЕРИСТИКА СКОПЛЕНИЙ ТРЕПАНГА *APOSTICHOPUS JAPONICUS* В ЯПОНСКОМ МОРЕ (БУХТА КИЕВКА)

© 2011 г. Г. С. Гаврилова, И. Ю. Сухин

Федеральное государственное унитарное предприятие “ТИНРО-Центр”, Владивосток
e-mail: gavrilova@tinro.ru, suhin@tinro.ru

Поступила в редакцию 22.10.2008 г., после доработки 01.03.2010 г.

В бухте Киевка (Японское море) в условиях открытого побережья скопления дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* приурочены только к биотопам твердых грунтов со сложным рельефом. Такое распределение объясняется необходимостью защиты животных от волнового воздействия. Общая площадь поселений трепанга в бухте составляет около 80 га, на которых в последние годы обитает ~200 тыс. экз животных. Площадь, на которой распределен трепанг, изменяется в течение года, что связано с поведенческими особенностями самих животных и изменениями в распределении пищевых ресурсов. Значительное увеличение численности животных младшей возрастной группы на одном из участков скопления произошло в результате расселения заводской молоди в 2003 г.

Сведения о распространении дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* у российских берегов весьма многочисленны. Достоверно известно, что этот вид обитает у побережья Приморья, южной оконечности о. Сахалин и на охотоморской стороне о. Кунашир [1, 4, 5, 6, 7, 10, 16].

В имеющихся публикациях рассмотрены характеристики скоплений дальневосточного трепанга в разных частях его ареала. Например, у о. Кунашир трепанг обитает на глубинах более 8 м, причем плотность его поселений возрастает в диапазоне глубин 8–18 м. В скоплениях имеет место пространственная дифференциация размерных групп трепанга. Молодые непромысловые особи распространены на глубинах свыше 20 м, на меньших глубинах обитают более крупные животные. Такие особенности определяются, по мнению авторов, гидрологическим режимом вод [4].

В лагуне Буссе, для которой характерно отсутствие твердых грунтов, голотурии единично встречаются на илистых грунтах, а максимальные концентрации трепанга отмечаются на субстратах, имеющих биогенное происхождение: пластах анфельции и небольших устричных банках. Пространственные группировки различаются по размерному составу и плотности поселения [5].

У берегов Приморья трепанг наиболее обилен в заливе Петра Великого. Ретроспективный анализ показывает, что районы обитания этого вида остаются постоянными, с течением времени изменяются лишь конфигурация, площади и плотности скоплений [1, 6]. Поселения трепанга приурочены в основном к биотопам твердых грунтов и заиленным осадкам на глубинах от 0.5 до 20 м. Наиболее характерным для трепанга является скально-валунный биотоп [10, 15]. Молодь первого-второго года жиз-

ни часто обитает в зарослях анфельции. Мальки также встречаются в литорали и верхней сублиторали на глубине менее 1.5 м. Так, в предыдущие годы в проливе Старка (Амурский залив) сеголетки распределялись на галечно-валунном плато с плотностью 40–50 экз/м², максимальная плотность достигала 200 экз/м² [9]. В заливе Восток молодь трепанга в количестве до 8 экз/м² встречалась на мелководных участках с мелкими и средними валунами, гравием и обильным водорослевым покрытием [14].

Сведения о распределении трепанга в Приморье за пределами залива Петра Великого, севернее м. Поворотный, в литературе не многочисленны. Упоминается лишь, что трепанг был встречен вблизи бухты Терней [6]. Вместе с тем, при производстве бонитировочных и учетных работ ТИНРО в бухтах Мелководная, Каплунова, Киевка, Соколовская, расположенных южнее, неоднократно обнаруживались скопления трепанга. Однако описание их пространственной и массовой структуры не было выполнено.

Целью нашего исследования являлось изучение состояния скоплений дальневосточного трепанга в этой части его ареала. В задачи исследования входило получение данных об особенностях распределения и массовой структуры скопления в сезонном и многолетнем аспектах, изучение биотопических условий обитания этого вида у восточного побережья Приморья на примере б. Киевка.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалом для исследований послужили данные гидробиологических съемок, выполненных в 1999 и 2001–2006 гг. в б. Киевка. Работы в

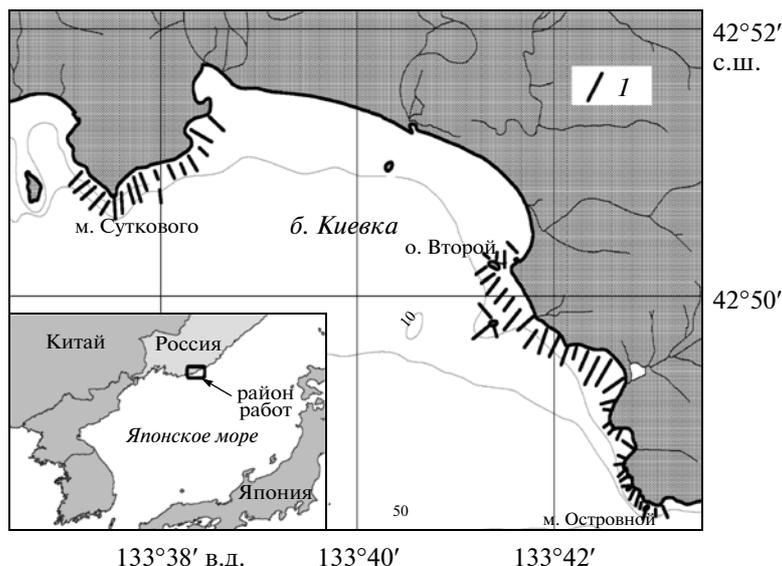


Рис. 1. Схема района исследований с обозначениями водолазных разрезов.
1 – водолазный разрез.

1999, 2001 и 2003 гг. проводили в мае, а в 2002 и 2004–2006 гг. дважды в год: в мае и октябре.

Выбранная акватория является научно-исследовательским полигоном ФГУП «ТИНРО-Центр» и находится под его охраной. Отсутствие какого-либо вылова трепанга (включая браконьерский) делает её одним из немногих участков в Приморье, где возможно проведение исследований по особенностям распределения этого вида в природе.

При бонитировочных работах в 1999 г. была определена локализация основных скоплений трепанга на участках с твердым и смешанным грунтом. В дальнейшем основное внимание уделялось обследованию именно этих участков.

Работы велись водолажным методом на глубинах 1–20 м. Учет животных выполняли на разрезах, расположенных перпендикулярно береговой черте на расстоянии 150–300 м друг от друга (рис. 1). Координаты определяли с использованием приемников GPS Garmin 12 и Garmin E-trex. Плотность распределения животных определяли с помощью мерной рамки и по производительности водолазного сбора [11]. Картирование и расчет площадей скоплений выполняли с помощью программы ArcView GIS 3.2. Численность определяли как произведение плотности на площадь скопления.

Для проведения морфометрического анализа животных отбирали на каждом разрезе. У мелкоразмерных животных (масса тела до 50–60 г) определяли только общую массу тела, у более крупных – общую массу тела и массу кожно-мышечного мешка (КММ). Измерения проводили с точностью до 1 г. При дальнейшем анализе данные, полученные на разрезах, объединяли в единый массив для каждого изолированного скопления.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Бухта Киевка расположена у восточного побережья Приморья и относится к открытым акваториям. Она слабо вдаётся в глубь суши и имеет обширную площадь (около 20 км²). Бухта имеет абразионно-аккумулятивный тип побережья и характеризуется отсутствием высоких террас, относительно плавным изменением глубин, значительной высотой активных клифов, обилием береговых и подводных абразионно-скульптурных форм микрорельефа. Волнение южных направлений наблюдается здесь силой до 3–4 баллов. В таких условиях расчетная величина глубины штормовой переработки слоя донных осадков может составлять 20–50 см.

Разные участки бухты отличаются по своим биотопическим условиям. *Входные мысы* сложены массивами гранитных интрузий, вблизи которых глубины изменяются от 15 до 25 м (рис. 1). Они представляют собой выходы коренных пород, которые имеют продолжение в форме подводных гряд, кекуров, содержат большое количество грубообломочных материалов. На подводном склоне образуется глыбово-валунный навал с отдельными линзами песка, детрита и гравия.

К *вершине бухты* приурочены устья рукавов реки Киевка. В этой части бухты дно относительно пологое с невысокими величинами уклонов (0.007). Подводный береговой склон резко погружается в диапазоне глубин 1–10 м. Дно бухты на акватории от устья р. Киевка до о. Второй занимают мягкие грунты: в основном псаммиты мелкозернистые, алевролиты и алевролиты псаммитовые. Суммарный вклад фракции алевролита оценивается

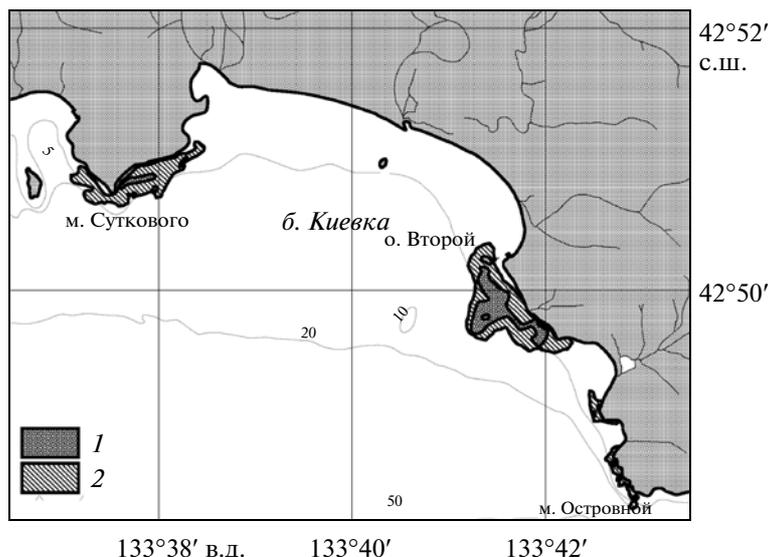


Рис. 2. Распределение дальневосточного трепанга в б. Киевка.

1 – минимальная площадь скопления, 2 – общая площадь распространения.

в 74–81%, пелита – в 20%. Содержание органического углерода в осадках достигает 2.14%.

В северо-восточной части бухты расположен о. Второй, к юго-востоку от которого на протяжении до 1.6 км тянется риф с чередой подводных расщелин, являющийся природным волноломом на этом участке. Рифы и расщелины расположены в диапазоне глубин от 1–2 до 10–12 м. На поверхности рифа и внутри расщелин отмечается накопление взвеси и остатков водной растительности. Между рифом и м. Островной расположены две бухты второго порядка, основная площадь дна которых занята песком, местами заиленным.

Исследования показали, что скопления трепанга существуют вблизи входных мысов и рифа в северо-восточной части бухты. На рис. 2 показаны площади дна, на которой трепанг встречался в разные годы и минимальная площадь его распространения. В бухте расположены три территориально изолированные скопления трепанга. По площади наибольшее из них – скопление в северо-восточной части, вблизи о. Второй. Далее в порядке убывания идут поселения трепанга у мысов Суткового и Островной.

Средние величины плотности распределения трепанга составляли от 0.12 до 0.34 экз/м². Величины площадей участков дна, на которых обнаружился трепанг, различались от года к году и от сезона к сезону (табл. 1). В скоплениях, расположенных у входных мысов, межгодовые и сезонные различия наблюдались на протяжении всего периода наблюдений.

Полученные данные свидетельствуют о том, что, как правило, осенью площадь, на которой трепанг обнаружился водолазами, больше, чем в весенний

период. Например, у о. Второй такое соотношение площадей в разные сезоны отмечалось в 2004–2006 гг. Однако в 2007 г. площади распределения в разные сезоны были сопоставимы, при этом значительно превосходили таковые в предыдущие годы. Различия в оценках величин площадей в разные сезоны могут быть связаны с тем, что проведение учетных работ весной совпадало по времени с периодом массовой вегетации макроводорослей, обилие которых (особенно десмарестии и ламинарии) затрудняло обнаружение животных. Ошибка учета, возникающая вследствие этого, зависела от интенсивности развития макрофитов в разные годы.

Одними из главных характеристик состояния скоплений гидробионтов являются размерная и возрастная структуры. Однако у голотурий в качестве основного морфометрического параметра используется масса тела. Поэтому для оценки со-

Таблица 1. Площади скоплений (га) трепанга в б. Киевка

Район	Годы			
	2004	2005	2006	2007
	Весна			
м. Суткового	10	19.2	5	7.5
м. Островной	1.6	0.8	0.8	–
о. Второй	43.2	37	34.2	73
	Осень			
м. Суткового	19	–	–	15.4
м. Островной	8.2	–	–	–
о. Второй	60	63	60.8	63

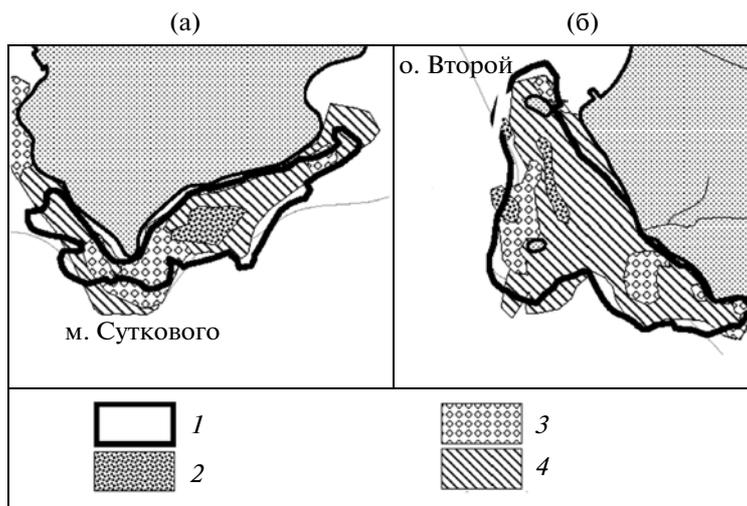


Рис. 3. Распределение трепанга на грунтах разного типа у м. Суткового (а) и у о. Второй (б).
1 – граница скопления трепанга, 2 – галька, ракушечник, 3 – валуны, булыжник, 4 – скалы, рифы.

стояния их скоплений использовали массовую структуру.

В первый год наблюдений (1999 г.) модальная группа животных имела массу тела 130–170 г, в последующие годы в эту группу входили более мелкие животных (90–130 г). Однако на протяжении всего периода наблюдений весной в скоплениях преобладали промысловые особи (с массой кожно-мышечного мешка свыше 100 г), их доля в разные годы составляла 72–100% (рис. 4а). В осенних учетах доля промысловых животных была меньше и составляла лишь 26–67% (рис. 4б). Выявленное одномодальное распределение было характерно только для 2002 г. В 2004 и 2005 гг. соотношение промысловых и непромысловых животных было приблизительно равным, а в 2006 г. – преобладали особи с небольшой массой тела.

Массовые структуры скоплений трепанга, расположенных в разных частях бухты Киевка, оценивали в течение трех лет. В 2004–2005 гг. доля молоди с массой тела 30–49 г была относительно невелика, как в районе о. Второй, так и в западной части бухты, (рис. 4, 5). Однако съемка, проведенная в 2006 г., показала заметное увеличение животных этой размерной группы в районе о. Второй. Особенно четко эта особенность проявляется, при рассмотрении части скопления, непосредственно прилегающей к острову (рис. 4б).

ОБСУЖДЕНИЕ

Скопления трепанга в бухте Киевка приурочены только к биотопам твердых грунтов со сложным рельефом, что хорошо видно на примере поселений у о. Второй и у м. Суткового (рис. 3). На огромной площади мелководной части бухты с иристо-песчаными и илистыми отложениями, с

достаточно высоким содержанием в них органического углерода, трепанг не образует поселений.

Известно, что в разных частях своего ареала трепанг обитает на разных грунтах [10, 17, 18]. В заливе Петра Великого этот верхнесублиторальный вид занимает скалистые, каменистые и рифовые участки дна, а также илистые пески с зарослями зостеры, избегая районов побережья, опресняемых впадающими реками. Плотные скопления существуют и на песчано-илистых и чисто илистых грунтах, т.к. сам по себе илистый грунт (за исключением жидких илов) не препятствует расселению вида. Однако существование скоплений на таких грунтах возможно только в условиях низкой гидродинамической активности, что не характерно для изучаемого района.

В условиях открытого побережья животные находят укрытия от волнового воздействия в скалах, расщелинах и на рифах, т.е. в фациях, где существуют изменения профиля дна и создаются условия для аккумуляции пищевого материала, накопления в этих зонах значительного количества органики. Трепанг не имеет механизмов, позволяющих закрепляться на подвижных грунтах, а небольшой удельный вес животных делает их чувствительными к гидродинамической активности. Таким образом, площади биотопов твердых грунтов (или размеры фаций) в условиях открытого побережья ограничивают распределение и могут регулировать численность поселений трепанга.

Несмотря на наличие в бухте мощного речного стока такой фактор как соленость не оказывает влияния на распределение трепанга. Открытый характер бухты с активными сгонно-нагонными течениями способствует тому, что даже в приповерхностном слое воды в период наблюдений со-

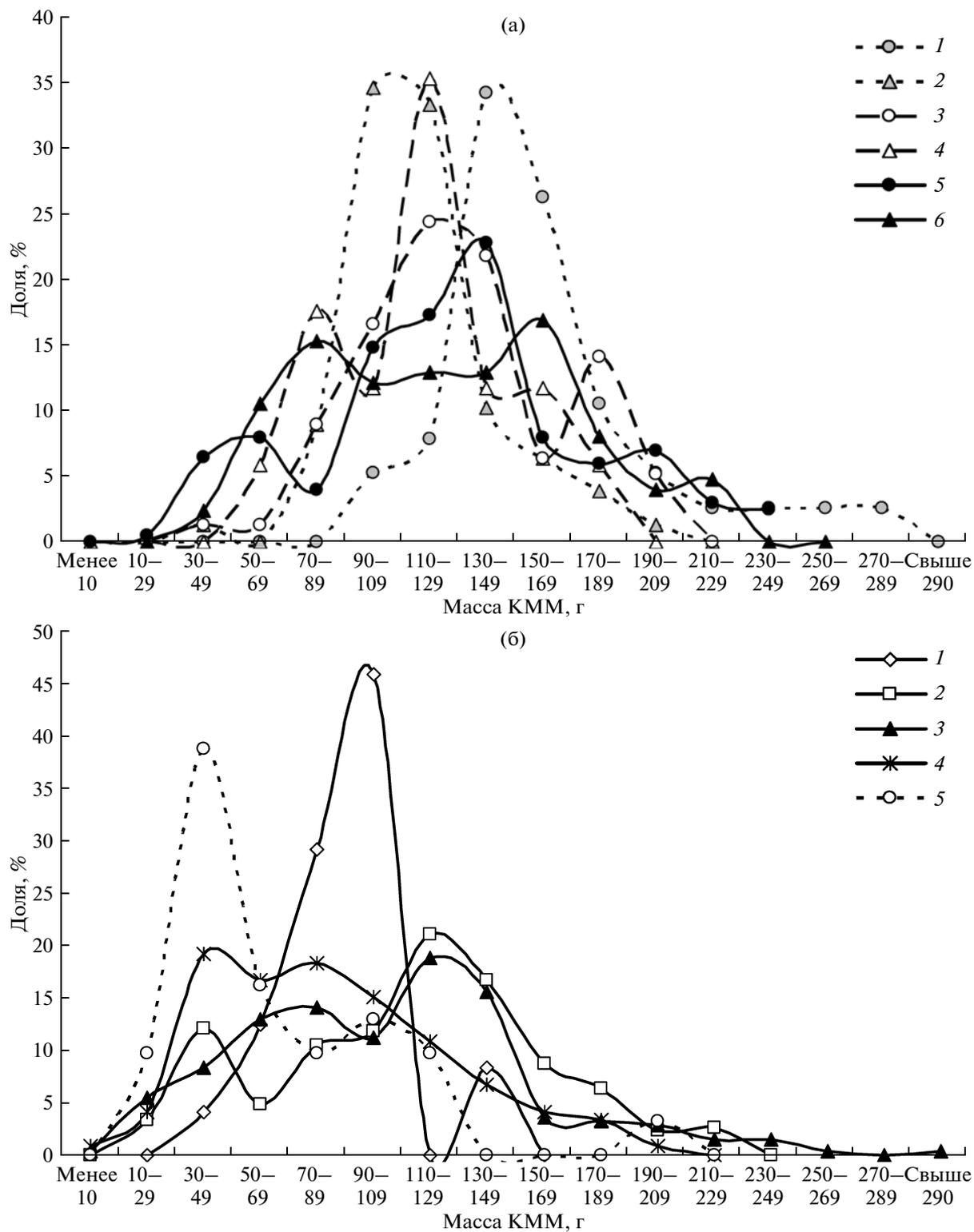


Рис. 4. Массовая структура скоплений трепанга в районе о. Второй.

(а) - весенние съемки: 1 – 1999 г., 2 – 2001 г., 3 – 2002 г., 4 – 2003 г., 5 – 2004 г., 6 – 2005 г.

(б) – осенние съемки: 1 – 2002 г., 2 – 2004 г., 3 – 2005 г., 4 – 2006 г., 5 – 2006 г. в районе о. Второй.

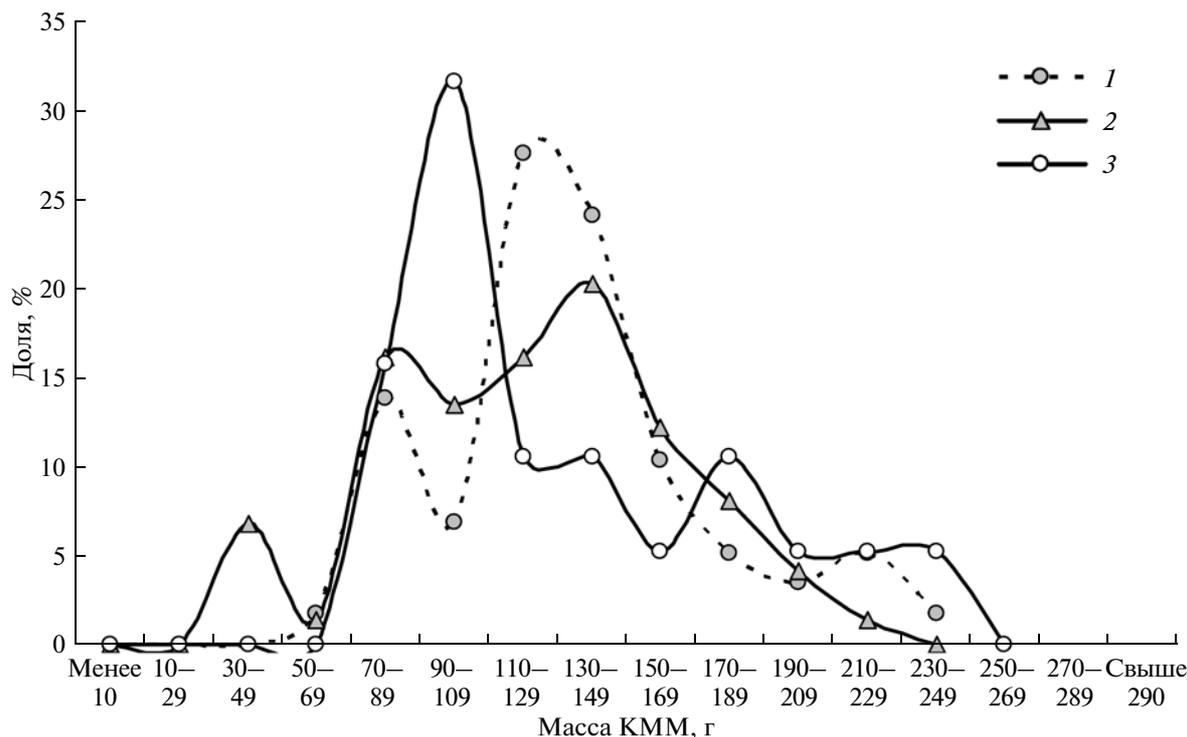


Рис. 5. Массовая структура скоплений трепанга в западной части бухты (м. Суткового).
1 — осенью 2004 г., 2 — весной 2005 г., 3 — весной 2006 г.

леность не опускалась ниже 28–30‰, что соответствует зоне толерантности вида [3]. Величина солености воды в придонном слое, где собственно и обитает трепанг, изменялась в незначительных пределах.

Многолетние исследования показали, что величины площадей участков дна, на которых обнаруживался трепанг, имеют межгодовые и сезонные различия, что обусловлено как поведенческими особенностями этого вида, так и характером распределения пищевых ресурсов. Весной основной компонент корма (детрит) сосредоточен внутри скульптурных форм микрорельефа дна, где образуются агрегации животных, мало доступные для визуального учета. В глубоких нишах, где скапливается органическая взвесь, голотурии собираются большими группами. За счет концентрации животных в убежищах площадь скоплений, поддающаяся учету, сокращается. В летне-осенний период пищевые ресурсы обильнее и распределяются более равномерно, что отражается и на распределении животных. Принимая во внимание методику расчета, очевидно, что вслед за изменением величин площадей изменяются и оценки численности скоплений от сезона к сезону, что хорошо прослеживается для района у о. Второй (табл. 2).

Очевидно и то, что стандартные гидробиологические методы не во всех случаях позволяют достоверно оценить площадь и плотность распределе-

ния трепанга, что не раз отмечалось в литературе [6, 11]. Это связано с поведенческими особенностями животных, в частности их способностью изменять конфигурацию скоплений в разные сезоны и агрегироваться в малодоступных для водолазных исследований местах. Собственный опыт полевых исследований свидетельствует, что объективные сведения о состоянии скоплений этого вида могут быть получены при соблюдении целого ряда условий, в частности, при тщательном выборе периода исследований и благоприятных погодных условий. Период исследований не должен совпадать с массовым развитием макрофитов, должна учитываться сезонная активность трепанга, в частности время эстивации и др.

В последние годы распределение трепанга рассматривается во взаимосвязи с распространением фаций [8, 13]. Используя терминологию ландшафтоведения [13], можно сказать, что в б. Киевка трепанг постоянно присутствует в трех фациях — сегетий, концизий и сексозий, характеризующихся скальным, глыбовым или бугристым рельефом и соответственно отвесным, крутым и слабонаклонным уклонами дна. Полученные результаты подтверждают возможность использования методики фациального анализа, предложенную Лебедевым [8], для оценки численности трепанга. Общая площадь распространения трепанга в бухте, по сути, равна общей площади трех фаций.

Таблица 2. Характеристики скопления дальневосточного трепанга у о. Второй

Дата	Средняя плотность, экз/м ²	Площадь скопления, га	Численность скопления, тыс. экз	Биомасса скопления, т	Ошибка величин биомассы ±
2003-1	0.15–0.2	—	—	—	
2004-1*	0.06	43.21	24.65	3.25	0.08
2004-2*	0.12	59.87	71.85	8.36	0.24
2005-1	0.06	37.00	22.48	2.46	0.09
2005-2	0.15	62.97	94.23	10.24	0.29
2006-1	0.09	34.29	29.67	4.01	0.30
2006-2	0.34	60.75	207.08	17.00	0.64
2007-1	0.23	72.39	163.70	25.63	0.60
2007-2	0.25	63.10	158.50	18.41	0.42

* 1 — весна, 2 — осень.

В условиях относительного благополучия в скоплениях трепанга поддерживается концентрация животных, с одной стороны, наиболее соответствующая их поведенческим реакциям, с другой — позволяющая осуществлять успешное воспроизводство. Наши исследования показали, что средние величины плотности распределения трепанга составляли от 0.12 до 0.34 экз/м². Близкие значения концентрации трепанга приводятся в ранних работах Масленникова [12] и Закса [6] соответственно 0.17 и 0.4 экз/м², а также в более поздней публикации Бирюлиной [1]. Для зал. Восток Селин и Черняев [15] приводят среднюю величину плотности 0.5 экз/м², отмечая при этом, что за прошедшие десять лет эта характеристика не претерпела существенных изменений. Таким образом, величины концентрации в диапазоне 0.1–1.0 могут считаться средней популяционной плотностью для данного вида, а величины плотности распределения трепанга в б. Киевка свидетельствуют об относительном благополучии скопления. Для сравнения отметим, что современная плотность поселений трепанга в зал. Петра Великого (0.024 экз/м²) значительно ниже среднепопуляционной, что привело к заметному снижению уровня естественного воспроизводства в этой популяции.

Об относительном благополучии рассматриваемых скоплений голотурий свидетельствует и их массовая структура, а доля половозрелых особей в скоплениях позволяет отнести их к разряду промысловых. Вместе с тем, массовая структура скоплений трепанга имеет сезонные различия. Соотношение промысловых и непромысловых животных изменялось в межгодовом и сезонном аспектах.

В 2006 г. в районе о. Второй отмечено одномоментное появление значительной доли животных с массой тела 30–40 г, не встречавшейся в ходе предыдущих съемок. По-видимому, оно связано с проводившейся в 2003 г. на этом участке высадкой

~0.5 млн. мальков трепанга, полученных в заводских условиях [2]. На это указывает четкая локализация молоди в районе расселения. На участке в западной части б. Киевка всплеск численности молоди не отмечено. Вселение молоди трепанга, полученной в заводских условиях, на участки природных скоплений отражается на их массовой структуре через 3–4 года.

С 2006 г. в районе о. Второй увеличилась численность и биомасса скопления, что может быть следствием дополнительного вселения молоди и охраны скопления от незаконного промысла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бирюлина М.Г. Запасы трепанга в заливе Петра Великого // Вопросы гидробиологии некоторых районов Тихого океана. Владивосток, 1972. С. 22–32.
2. Гаврилова Г.С., Гостюхина О.Б., Захарова Е.А. Заводское культивирование дальневосточного трепанга (*Apostichopus japonicus*) в Приморье: первый опыт // Рыбное хозяйство. 2005. № 3. С. 47–49.
3. Гаврилова Г.С., Мокрецова Н.Д. Влияние солёности на развитие личинок и молоди трепанга // Океанология. 1983. Т. 23. № 5. С. 873–875.
4. Дубровский С.В., Вышкварцев Д.И. Распределение дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* (Aspidochirotida, Stichopodidae) у острова Кунашир, южные Курилы // Тр. СахНИРО. 2002. Т. 4. С. 236–244.
5. Дубровский С.В., Сергеенко В.А. Особенности распределения дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* в лагуне Буссе (южный Сахалин) // Биол. моря. 2002. Т. 28. № 2. С. 102–106.
6. Закс И.Г. Сырьевые запасы трепанга в дальневосточных морях // Рыбн. хоз-во Дальнего Востока. 1930. № 2. С. 37–40.
7. Куликова В.А. Трепанг лагуны Буссе // Изв. ТИНРО. 1973. Т. 91. С. 84–85.

8. Лебедев А.М. Ресурсы дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* в Приморском крае. Владивосток: Дальнаука, 2006. 140 с.
9. Левин В.С. Обнаружение дальневосточного трепанга на литорали и некоторые особенности его экологии // Биол. моря. 1979. № 3. С. 90–91.
10. Левин В.С. Дальневосточный трепанг. Биология, промысел, воспроизводство. СПб.: Голланд, 2000. 199 с.
11. Левин В.С., Шендеров Е.Л. Некоторые вопросы методики количественного учета макробентоса с применением водолазной техники // Биол. моря. 1975. № 2. С. 64–70.
12. Масленников С. О трепанговом промысле в водах Уссурийского залива // Записки общества изучения Амурского края. Владивосток, 1894, Т. 4. С. 1–13.
13. Преображенский Б.В., Жариков В.В., Дубейковский Л.В. Основы подводного ландшафтоведения: (Управление морскими экосистемами). Владивосток: Дальнаука, 2000. 352 с.
14. Селин Н.И. Вертикальное распределение дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* в заливе Восток Японского моря // Биол. моря. 2001. Т. 27. № 4. С. 297–299.
15. Селин Н.И., Черняев М.Ж. Особенности распределения, состав поселений и рост дальневосточного трепанга в заливе Восток Японского моря // Биол. моря. 1994. Т. 20. № 1. С. 73–81.
16. Сергеенко В.А., Огородников В.С. Некоторые результаты исследований трепанга о. Кунашир // Рыбохозяйственные исследования в Сахалино-Курильском районе и сопредельных акваториях. Южно-Сахалинск, 1994. С. 95–97.
17. Li Y., Wang Y., Wang P. Studies on the living environment and the selection of sea area for *Stichopus japonicus* // Trans. Oceanol. Limnol. (Китай). 1994. № 4. P. 42–47.
18. Liu Y., Li F., Song B. Study on propagation techniques of releasing to artificial breeding larvae of *Apostichopus japonicus*. 1. Choice of releasing on the sea // Chin. J. Mar. Drugs. (Китай). 1988. V. 7, № 3. P. 36–40.

Characteristics of the Sea Cucumber *Apostichopus Japonicus* Population in Japan Sea (Kievka Bay)

G. S. Gavrilova, I. Yu. Sukhin

Under the conditions of the open coastline (Kievka Bay, Sea of Japan) the population of sea cucumber *Apostichopus japonicus* allocates at the rocky bottom biotopes with composition relief only. This allocation is necessary for animal protection from the wave impact. The total sea cucumber population area is about 80 ha, and about 200.000 animals inhabit here at last years. The population area changes within a year by behavioral peculiarities of the animals themselves and distribution of the food supply. Younger age group abundance increased significantly on part of the population area by bottom-seeding of the hatchery juveniles in 2003.