

Сахалинский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии
(СахНИРО)



ПРИБРЕЖНОЕ РЫБОЛОВСТВО – XXI ВЕК

МАТЕРИАЛЫ
МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

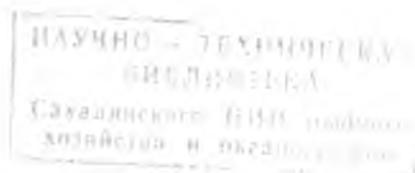
19-21 сентября 2001 г.

Труды СахНИРО
Том 3

Часть 1



Южно-Сахалинск
Сахалинское книжное издательство
2002



ЛИТЕРАТУРА

- Анисимова Н. А.** Питание морского ежа *Strongylocentrotus droebachiensis* // Промысловые и перспективные для использования водоросли и беспозвоночные Баренцева и Белого морей. Апатиты, 1998. С. 421 – 424.
- Евсеева Н. В.** О питании морских ежей *Strongylocentrotus intermedius* в прибрежье южных Курильских островов // Биомониторинг и рац. исп. морских и пресноводных гидробионтов. Тез. докл. конф. мол. ученых. Владивосток, 1999. С. 34 – 36.
- Евсеева Н. В.** Ресурсы промысловых водорослей Южных Курил // Прибрежное рыболовство - XXI век. Тез. докл. межд. научно-практич. конф. Ю-Сахалинск, 2001. С. 37 – 39.
- Кузнецов В. В.** Питание и рост растениеядных морских беспозвоночных восточного Мурмана // Изв. АН СССР. 1946. Сер. Биол. №4. С. 431 – 457.
- Левин В. С., Найденов В. П., Туркина Н. А.** Интенсивность питания морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* в экспериментальных условиях // Исследования иглокожих дальневосточных морей. Владивосток, 1987. С. 56 - 82.
- Пропп М. В.** Экология морского ежа *Strongylocentrotus droebachiensis* Баренцева моря: метаболизм и регуляция численности // Биология моря. 1977. №1. С. 39 – 52.
- Холодов В. И.** Питание морского ежа *Strongylocentrotus droebachiensis* многоклеточными водорослями // Биология моря. 1978. Вып. 44. С. 74 – 86.
- Холодов В. И.** Трансформация органического вещества морскими ежами (Regularia). Киев, 1981. 160 с.
- Fuji A.** Studies on the biology of the urchin. 5. Food consumption of *Strongylocentrotus intermedius* // Jap. Jour. of Ecology. 1962. Vol. 12. No.5. P.181 - 186.

УДК 593.95

ГОНАДНЫЙ ИНДЕКС, СТЕПЕНЬ ЗРЕЛОСТИ И МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ГОНАД МОРСКОГО ЕЖА *STRONGYLOCENTROTUS INTERMEDIUS*, ОБИТАЮЩЕГО В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ (АМУРСКИЙ ЗАЛИВ ЯПОНСКОГО МОРЯ)¹

Ващенко¹ М.А., Жадан² П.М., Слинко² Е.Н.,

¹Институт биологии моря ДВО РАН, г. Владивосток

²Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН, г. Владивосток

Представлены результаты анализа данных о состоянии гонад морских ежей *Strongylocentrotus intermedius*, собранных в августе 1984, 1985, 1989 и 1999 гг. на 5 станциях в Амурском заливе. Станции 1-3 расположены в загрязненной прибрежной зоне у г. Владивостока, станции 4 и 5 – в открытой (островной) части залива. Выявлена значительная вариабельность гонадного индекса и индекса зрелости гонад. Наиболее сильные колебания этих показателей характерны для морских ежей со станций 1-3. Корреляционный анализ многолетних данных показал отсутствие положительной корреляции между величинами гонадного индекса и индекса зрелости гонад. В целом степень зрелости гонад самцов практически во всех случаях была выше, чем у самок, и в период наблюдений с 1984 по 1999 гг. она снизилась у животных обоих полов. Анализ микроэлементного состава показал, что гонады морских ежей из «пригородной» зоны и с ближайшей от нее «островной» станции 4 содержали несколько больше Cu и в 1,5 раза больше Pb, чем гонады ежей с контрольной станции 5. В 1999 г. концентрации Cd и Pb в гонадах ежей были на порядок выше, а концентрации Cu – в 4-10 раз выше, чем в 1989 г. Донные осадки со станции 1-4 характеризовались в 2-12 раз более высокими концентрациями ТМ (Co, Cu, Ni, Zn и Pb), чем осадки со станции 5. Сделан вывод о том, что условия обитания морского ежа *S. Intermedius* в «пригородной» зоне и на станции 4 в конце 90-х гг., как и в 80-е гг., были неблагоприятными для его воспроизводства. Одним из факторов, негативно влияющим на репродукцию морского ежа, видимо, является повышенное содержание ТМ в среде и в гонадах животных.

¹Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (грант № 01-04-96917).

This work describes the results of the analyzed data on gonads of sea urchins *Strongylocentrotus intermedius* sampled in August 1984, 1985, 1989, 1997, and 1999 at 5 stations in the Amur Bay. Stations 1-3 were located in the polluted coastal zone near Vladivostok city, stations 4 and 5 – in the open (“island”) part of the bay. A significant variability of gonad index and the index of gonad maturity has been established. The strongest fluctuations of these indices are typical for sea urchins from stations 1-3. A correlation analysis of the long-term data shows the absence of positive correlation between the values of gonad index and the index of gonad maturity. On the whole, a level of gonad maturity for males practically in all cases was higher than for females, and during observations since 1984 through 1999, it lowered for animals of both sexes. Analysis of microelement composition has shown that the gonads of sea urchins from a “near-city” zone and from the nearest “island” station 4 contained a little more Cu and 1.5 times more Pb comparing to the gonads of sea urchins from the control station 5. In 1999, the concentrations of Cd and Pb in urchin gonads were an order of magnitude higher, and concentrations of Cu – 4-10 times higher than in 1989. Bottom sediments from stations 1-4 were characterized by higher (2-12 times) concentrations of HM (Co, Cu, Ni, Zn, and Pb) comparing to sediments from station 5. It was concluded that habitat conditions for a sea urchin *S. intermedius* in the “near-city” zone and at station 4 in the late 1990s as well as in the 1980s were unfavorable for its reproduction. One of the factors negatively affecting the reproduction of sea urchins is, evidently, a high content of HM in the environment and animal gonads.

Морской еж *Strongylocentrotus intermedius* широко распространен в зал. Петра Великого (Бирюлина, 1975; Арзамасцев, 1997). Это ценный промысловый вид, гонады которого употребляют в пищу. Ухудшение экологической ситуации в отдельных районах залива, связанное главным образом с поступлением загрязняющих веществ от береговых источников (Огородникова и др., 1997), негативно влияет на состояние здоровья морских организмов. Результаты проведенных ранее исследований (Ващенко, Жадан, 1995) показали, что состояние репродуктивной функции *S. intermedius*, оцениваемое по ряду показателей (гонадный индекс, степень зрелости гонад и наличие в них гистопатологических изменений, качество потомства), зависит от загрязнения среды. По состоянию репродуктивной функции морских ежей можно судить о благополучии экологической ситуации в прибрежных водах залива. По данным физико-химического мониторинга, проведенного различными научно-исследовательскими организациями в конце 80-х – начале 90-х годов, одним из наиболее загрязненных заливов второго порядка зал. Петра Великого является Амурский залив, особенно его северо-восточная часть и прилегающие к г. Владивостоку акватории (Ващенко, 2000). В 1984–1989 гг. у морских ежей, обитающих в прибрежных водах залива у г. Владивостока, выявлены существенные нарушения репродуктивной функции (низкие значения гонадного индекса, гистопатологические изменения в гонадах, нарушение развития и гибель потомства). Экологическая ситуация в районе о-ва Скребцова (северная часть Амурского залива) была признана наихудшей. В 1984–1985 гг. потомство морских ежей с этой станции погибало на ранних стадиях развития, а в 1989 г. исчезли и взрослые особи.

С ухудшением экономической ситуации и спадом сельскохозяйственного и промышленного производства в Приморье в 90-е годы появилось мнение о том, что это будет способствовать очищению Амурского залива и восстановлению его экосистемы (Огородникова и др., 1997). В 1997 и 1999 гг. мы повторно исследовали состояние репродуктивной функции морского ежа *S. intermedius* с целью оценки динамики экологической ситуации в Амурском заливе. В настоящей работе приведены результаты исследования степени зрелости и микроэлементного состава гонад.

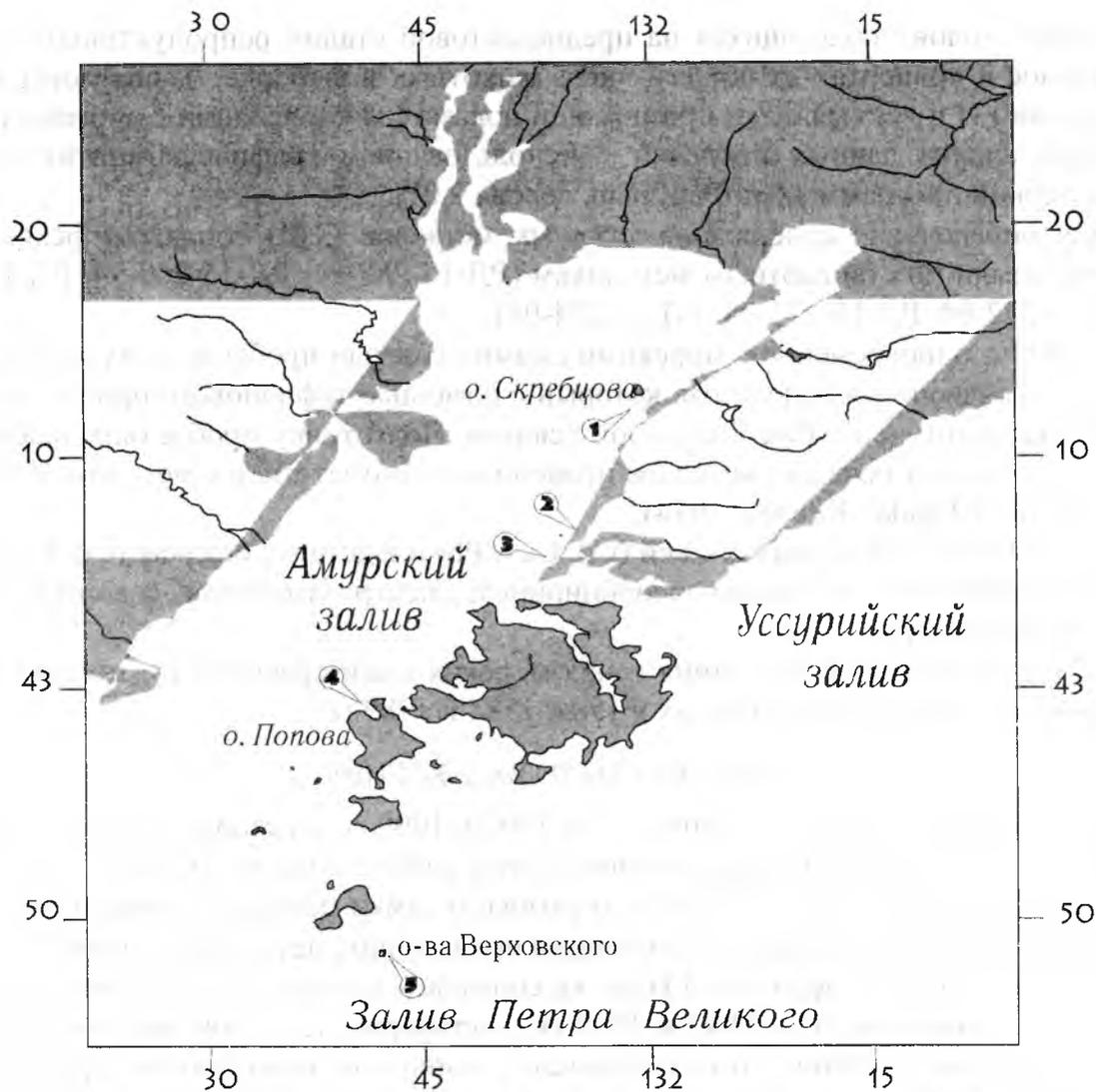


Рис. 1. Карта-схема расположения станций в Амурском заливе (зал. Петра Великого Японского моря): 1 – о-в Скребцова, 2 – Спортивная гавань, 3 – м. Токаревского, 4 – б. Алексева, 5 – о-ва Верховского

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Морских ежей собирали на пяти станциях в Амурском заливе (рис. 1) в период с 13 по 25 августа 1997 и 1999 гг. Станции 1–3 расположены в прибрежной зоне у г. Владивостока, станция 4 – в открытой (островной) части залива, станция 5 (контрольная) – за пределами залива. Животных отбирали на глубине 3–5 м и транспортировали без воды, в емкости со льдом. Объем выборки – 30–40 экз., за исключением станций 2 и 3 в 1999 г., где удалось отобрать 13 и 24 экз. соответственно.

Гонадный индекс (ГИ) определяли отдельно у самок и самцов по формуле: $ГИ(\%) = \frac{\text{масса гонады}}{\text{масса тела животного}} \times 100\%$. Находили среднее значение ГИ и ошибку среднего; достоверность различий определяли по критерию Стьюдента.

Для определения стадий репродуктивного цикла и индекса зрелости гонад приготавливали гистологические препараты по общепринятой методике. Срезы просматривали под световым микроскопом. Стадии репродуктивного цикла определяли согласно классификации Гнездиловой (1971) с небольшой модификацией. Выделяли следующие стадии: половой инертности (после нереста), начало развития, активный гаметогенез и преднерестовая. Индекс зрелости (ИЗ) определяли как число морских

ежей обоих полов, находящихся на преднерестовой стадии репродуктивного цикла, выраженное в процентах от общего числа животных в выборке. Зависимость между величинами ГИ и ИЗ выявляли при помощи показателя корреляции Спирмана (статистический анализ данных проведен с использованием графическо-статистической компьютерной программы GrafPadPrism, версия 2.01).

Для определения содержания тяжелых металлов (ТМ) гонады морских ежей подготавливали по стандартным методикам (РД-15-268-94, РД-15-269-94, РД-15-271-94, РД-15-272-94, РД-15-273-94, РД-15-274-94).

В 1999 г. одновременно с морскими ежами отбирали пробы донных осадков. Отбор проб производился водолазом, который с помощью тefлонового пробоотборника собирал верхний, не глубже 2 см, слой осадков. Подготовку проб и определение валового содержания тяжелых металлов проводили в соответствии с методом 3050 (U.S. EPA, цит. по: Iskandar, Keeney, 1974).

Содержание ТМ в гонадах ежей (Cd, Cu и Pb) и в донных осадках (Co, Cu, Ni, Zn и Pb) анализировали в атомно-абсорбционном спектрофотометре с относительной ошибкой определения 3–5%.

Результаты анализа состояния гонад морских ежей сравнили с данными аналогичных исследований, проведенных в 1984, 1984 и 1989 гг.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Прежде всего следует отметить, что в 1997 и 1999 гг. на станции 1 были найдены морские ежи *S. intermedius*, исчезнувшие в этом районе в период между 1985 и 1989 гг. (Ващенко, Жадан, 1995). В 1997 г. и самцы, и самки обладали самыми высокими значениями ГИ, превышающими показатели предыдущих лет у обоих полов в 1,5–2,5 раза (табл. 1); в 1999 г. величина ГИ вновь снизилась почти в 3 раза. У морских ежей со станции 2 значения ГИ в 1997 и 1999 гг. достоверно не отличались от таковых в 1984 г.; значимое снижение этого показателя у животных обоих полов зарегистрировано в 1985 и 1989 гг. У морских ежей обоих полов со станции 3, напротив, значения ГИ повысились (более чем в 2 раза) в 1989 г. и остались на этом же уровне в 1997 и 1999 гг. У морских ежей со станции 4 зарегистрировано постепенное уменьшение ГИ в период исследований: достоверное снижение этого показателя у самцов произошло в 1989 г., а у самок – в 1997 г. Существенное снижение (почти в 2 раза) ГИ зарегистрировано также у морских ежей обоих полов со станции 5 в 1999 г. (по сравнению с данными 1989 г.).

Таким образом, выявлена существенная вариабельность ГИ у морских ежей, собранных в Амурском заливе на разных станциях в августе разных лет. Наиболее сильные колебания этого показателя характерны для животных со станций 1 (коэффициенты вариации среднегодовых значений ГИ для самцов и самок составили 52,0 и 51,5% соответственно) и 3 (34,9 и 27,4% соответственно). Значения ИЗ гонад морских ежей также значительно варьировали (см. табл. 1).

**Гонадный индекс ($M \pm m$) и индекс зрелости гонад морских ежей *S. intermedius*
из Амурского залива в августе разных лет**

Станция	Год	Число животных		Гонадный индекс, %		Индекс зрелости гонад, %	
		самцы	самки	самцы	самки	самцы	самки
1	1984	14	9	8.3±1.6	7.9±1.8	45.5	0
	1985	14	13	13.6±1.4**	10.5±2.0	42.8	41.7
	1989	н	н	но	но	но	но
	1997	19	17	20.0±1.4***	19.4±1.8***	0	0
	1999	11	21	6.7±0.4	7.7±0.8	10.0	4.8
2	1984	22	17	14.8±0.8	18.0±1.6	40.0	33.3
	1985	17	12	10.0±0.8***	12.5±2.0*	54.5	66.7
	1989	28	17	11.9±0.9*	13.6±0.9*	66.7	29.2
	1997	23	9	12.5±1.4	14.5±1.2	9.0	0
	1999	6	7	14.6±1.8	14.9±2.3	16.7	14.3
3	1984	15	9	5.2±1.1	6.4±0.8	62.5	0
	1985	20	15	8.2±1.2	9.6±1.6	42.9	15.0
	1989	22	17	13.4±1.2****	13.2±1.2***	50.0	12.5
	1997	11	20	13.5±1.0**	13.6±1.3***	0	0
	1999	15	9	12.2±1.1****	10.7±1.1*	70.5	46.7
4	1984	18	22	11.6±0.9	10.4±1.0	75.0	22.2
	1985	15	15	10.2±1.0	11.9±1.2	62.8	28.6
	1989	21	15	7.9±0.8**	11.0±1.4	50.0	22.2
	1997	20	12	7.9±0.7**	7.0±1.1*	69.0	27.0
	1999	18	22	7.2±0.7***	6.1±0.9**	20.9	17.6
5	1989	34	16	18.8±1.0	22.6±1.4	54.5	46.7
	1997	21	10	14.4±1.1	14.6±1.5	43.0	0
	1999	34	16	10.9±1.0****	11.5±1.4****	15.0	15.0

Примечание. Значения ГИ достоверно отличаются от соответствующих величин в 1984 г. при: * $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$, *** $P \leq 0.001$, **** $P \leq 0.0001$; “но” – ежи не обнаружены.

Максимальные коэффициенты вариации среднегодовых значений ИЗ гонад выявлены у животных со станции 1 (93,6 и 173,6% для самцов и самок соответственно) и 3 (60,7 и 128,8% соответственно). У животных со станций 1 и 2 степень зрелости гонад в 80-е годы была в целом существенно выше, чем в 1997 и 1999 гг.; исключение составило нулевое значение ИЗ у женских особей со станции 2 в 1984 г. У морских ежей со станции 3 наблюдали очень низкую степень зрелости женских гонад в 80-е годы; в 1997 г. у животных обоих полов с этой станции зарегистрированы нулевые значения ИЗ гонад, а в 1999 г. – максимальные значения этого показателя. Степень зрелости гонад морских ежей со станции 4 была практически на одном уровне во все годы исследований, лишь в 1999 г. наблюдали ее существенное снижение у животных обоих полов. Гонады морских ежей со станции 5 в 1997 и 1999 гг. также были менее зрелыми, чем в 1989 г. Анализ средних для обоих полов значений ГИ и ИЗ гонад позволил сделать вывод о том, что степень зрелости гонад морских ежей в 90-е годы была ниже, чем в 80-е годы; исключение составляет резкий скачок этого показателя у

ежей со станции 3 в 99 г. (рис. 2). Заслуживает внимания также факт высокой степени зрелости гонад в сочетании с низким значением ГИ у ежей со станции 4 в 1997 г.

Известно, что в норме значения ГИ морского ежа зависят от степени зрелости гонад: чем больше зрелых половых клеток содержат гонады, тем выше ГИ (Хотимченко и др., 1993). Однако корреляционный анализ многолетних данных не выявил достоверной положительной связи между ГИ и ИЗ гонад морских ежей, обитающих в Амурском заливе (табл. 2). Более того, анализ данных для всех 5 станций и отдельно для станций 1–3 показал явную тенденцию к наличию обратной зависимости между этими двумя показателями у самцов, особенно из выборок с трех «пригородных» станций. Слабая тенденция к появлению положительной зависимости обнаруживается лишь при анализе данных для «островных» станций 4 и 5.

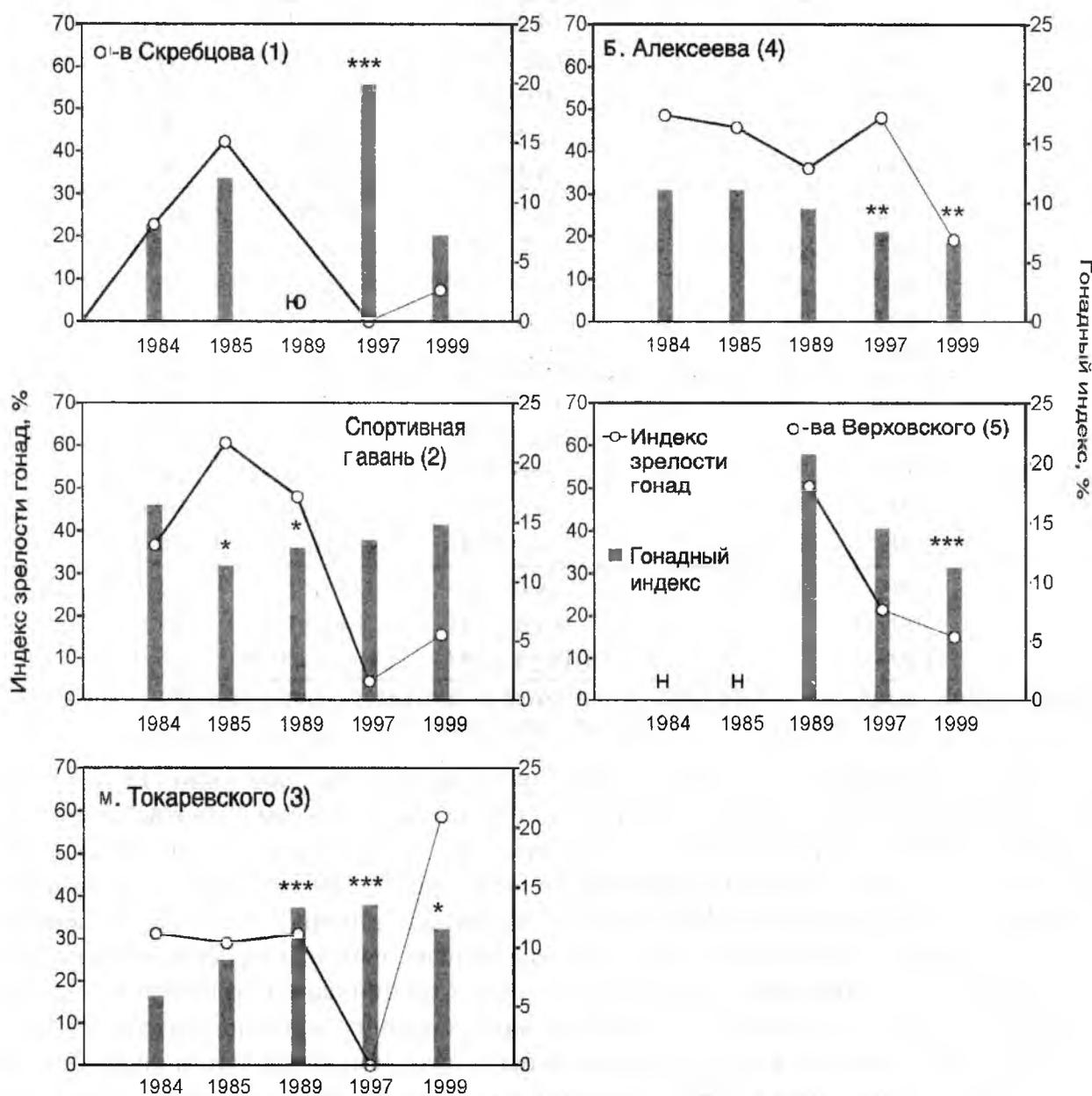


Рис. 2. Многолетние изменения гонадного индекса и индекса зрелости гонад у морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* из разных районов Амурского залива: “но” – морские ежи не обнаружены, “н” – ежей не отлавливали. Приведены осредненные для обоих полов данные. Различия достоверны при: * $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$, *** $P \leq 0.001$

Значения коэффициента корреляции Спирмана, характеризующего связь между величинами гонадного индекса и индекса зрелости гонад морского ежа *Strongylocentrotus intermedius*, обитающего в Амурском заливе (в скобках приведены значения P при 95%-ном уровне значимости)

Станции*	Самцы	Самки
1–5, n=22	-0,269 (0,23)	0,035 (0,88)
1–3, n=14	-0,491 (0,075)	0,009 (0,98)
4–5, n=8	0,132 (0,75)	0,18 (0,66)

*Значения r определены для выборок морских ежей со станций 1–5, 1–3 и 4–5;
n – число парных величин

Во все годы исследований мы собирали морских ежей во второй-третьей декаде августа, когда гонадный индекс и степень зрелости гонад у этого вида в южной части зал. Петра Великого достигают максимальных значений (Хотимченко и др., 1993). Массовый нерест *S. intermedius* происходит в сентябре; в августе, по данным наших наблюдений, встречались лишь единичные отнерестившиеся особи с мелкими спавшимися гонадами. Гонады подавляющего большинства животных были нормального размера и цвета, однако гистологический анализ выявил отсутствие в них гамет на поздних стадиях развития. Ацинусы гонад были заполнены вспомогательными клетками с большим количеством трофических включений в их цитоплазме.

Вариабельность значений ГИ и ИЗ гонад морских ежей, отсутствие корреляции между этими показателями и понижение степени зрелости гонад в конце 90-х гг., по сравнению с данными 80-х гг., свидетельствуют о воздействии неблагоприятных факторов среды на животных. Такими факторами могут быть неоптимальные температура и соленость воды, недостаток пищи, загрязнение среды обитания (Касьянов, 1989; Хотимченко и др., 1993; Ващенко, Жадан, 1995).

Некоторые вариации ГИ и ИЗ гонад можно объяснить влиянием неоптимальной температуры среды. Верхняя граница диапазона оптимальной температуры для *S. intermedius* – 20–23°C (Бажин, 1995). Лето 1984 г. было теплее, чем в другие годы (Куликова, Колотухина, 1991; Ващенко и др., 1992), что обусловило аномально высокую температуру воды в Амурском заливе в августе – до 26,8°C на глубине 3–5 м. Этот фактор усилил процессы некроза и резорбции половых клеток у морских ежей со станций 1 и 3, что привело к резкому снижению количества половых клеток и обусловило низкие значения ГИ (табл. 1). Тем не менее, у морских ежей со станций 2 и 4 процесс разрушения гамет был выражен слабее, а значения ГИ были выше. По нашим и литературным данным, температура воды в Амурском заливе на глубине 3–4 м в августе 1985, 1989, 1997 и 1999 гг. не превышала верхней границы оптимального интервала. Вместе с тем, в 1997 г. среднемесячная температура воды в июне и июле, когда у *S. intermedius* активизируются процессы гаметогенеза и происходит накопление половых клеток в гонаде, была на 2–3°C ниже, чем в предыдущие годы (персональное сообщение А. Г. Погодина, ИБМ ДВО РАН). Возможно, этот фактор обусловил очень низкую степень зрелости гонад у животных с большинства станций (см. табл. 1). При этом значения ГИ у них либо не отличались достоверно, либо были выше, чем в предыдущие годы. Напротив, степень зрелости гонад морских ежей со станции 4 была высокой при низких значениях ГИ. В 1999 г. наиболее зрелыми были гонады морских

ежей со станции 3, не обладавших самым высоким ГИ. Такие явные несоответствия нельзя объяснить одним лишь температурным фактором.

Возможность негативного влияния двух других экологических факторов – солености воды и обеспеченности пищей – на гаметогенез морских ежей подробно обсуждена в предыдущей работе (Ващенко и др., 2001). Мы пришли к выводу, что, во-первых, морские ежи на всех станциях хорошо обеспечены пищей, поэтому низкие значения ГИ, наблюдавшиеся у животных с некоторых станций в отдельные годы, не могут быть связаны с голоданием; во-вторых, колебания солености придонных вод на разных станциях в годы исследований были не столь значительны, чтобы оказать существенное влияние на состояние гонад морских ежей.

Основным негативным экологическим фактором в Амурском заливе является загрязнение среды. Хроническое действие комплекса загрязняющих веществ, присутствующих в воде и донных осадках залива, видимо, вызывает нарушение регуляции процессов гаметогенеза и, как следствие, снижение количества зрелых гамет в гонадах.

Анализ донных отложений, отобранных в 1999 г. на станциях 1–5 одновременно с морскими ежами, выявил высокое содержание ТМ на станциях 1–4 (рис. 3).

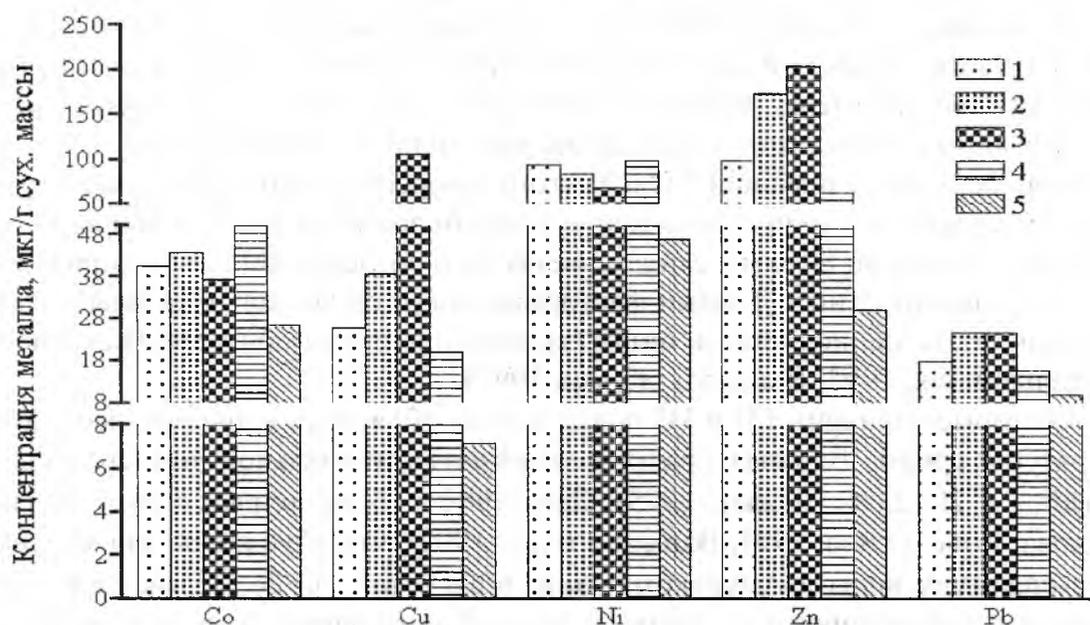


Рис. 3. Содержание тяжелых металлов (мкг/г сух. массы) в донных осадках с разных станций в Амурском заливе в августе 1999 г.

Максимальные концентрации Cu и Zn обнаружены в осадках со станции 3, Pb – в осадках со станций 2 и 3, Ni – в осадках со станций 1 и 4, Co – в осадках со станции 2 и 4. В целом донные осадки со станций 1–4 характеризовались в 2–12 раз более высокими концентрациями всех ТМ, чем осадки со станции 5. Концентрации ТМ в донных осадках исследованных станций превышали фоновое содержание металлов для грунтов открытой части зал. Петра Великого: Cu – 2,5–30, Zn – 21–70, Pb – 10, Ni – 5 и Co – 7,5 мкг/г сух. массы (Ковековдова, 1993; персональное сообщение В.М. Шулькина, Тихоокеанский институт географии ДВО РАН). По мере убывания концентраций ТМ в донных осадках исследованные станции можно расположить в следующем порядке:

м. Токаревского > Спортивная гавань > о-в Скребцова > б. Алексеева > о-ва Верховского.

Полученные результаты согласуются с данными мониторинга предыдущих лет (Христофорова и др., 1993; Tkalin et al., 1993), свидетельствующими о высоком уровне загрязнения тяжелыми металлами юго-восточной части Амурского залива (станции 2, 3). Кроме того, они подтверждают вывод о загрязнении тяжелыми металлами экосистемы б. Алексеева (станция 4), сделанный ранее рядом исследователей (Чернова и др., 1988; Лучшева, 1995; Ващенко и др., 1999). Сравнение результатов анализа 1999 г. с данными начала 90-х годов (Христофорова и др., 1993; Shulkin, Kavun, 1995) для двух районов, м. Токаревского и б. Алексеева, показало, что уровень содержания Zn, Fe и Mn в донных осадках на этих станциях практически не изменился; в то же время значительно увеличились концентрации Cu и Ni.

Более высокому содержанию ТМ в донных осадках в конце 90-х годов соответствовали и более высокие концентрации металлов в гонадах ежей (рис. 4).

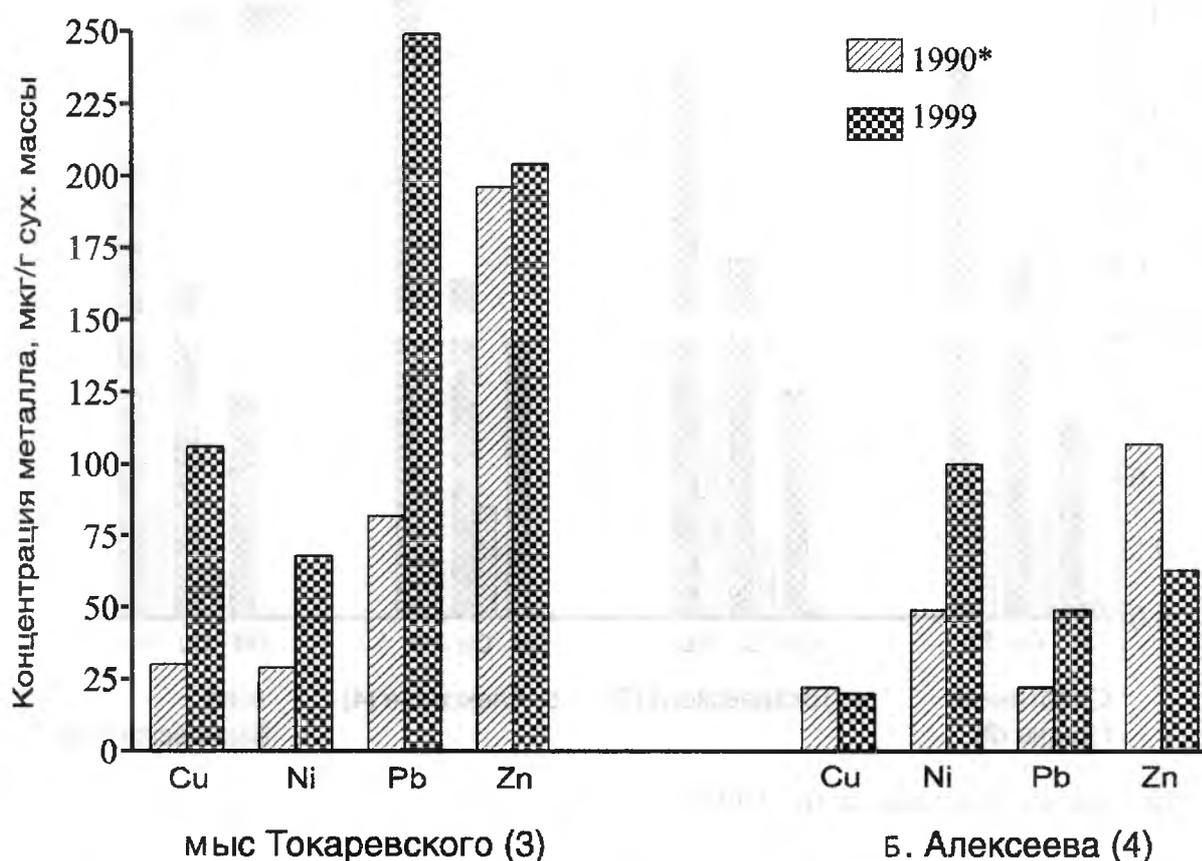
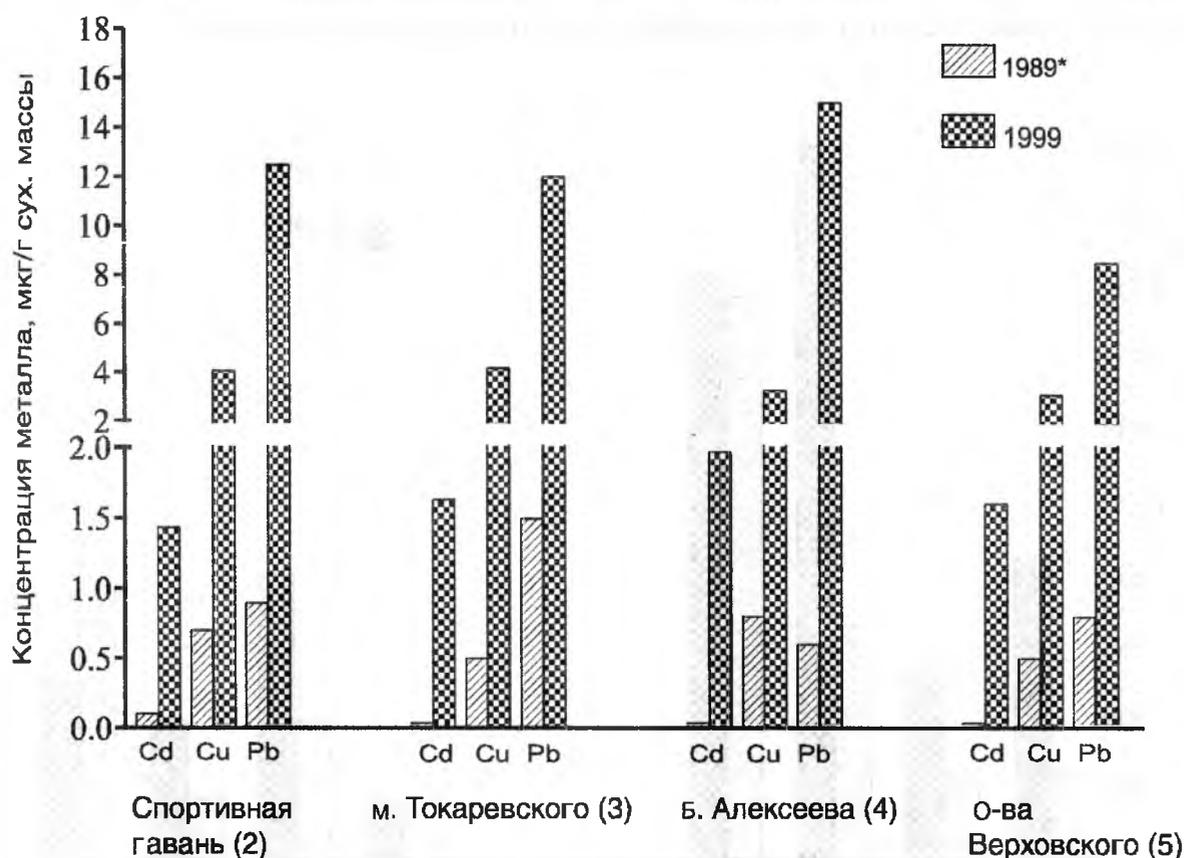


Рис. 4. Содержание тяжелых металлов (мкг/г сух. массы) в гонадах морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* из разных районов Амурского залива в августе 1989 и 1999 гг. Приведены осредненные для обоих полов данные

Анализ данных о средних для обоих полов концентрациях Cd, Cu и Pb показал, что, во-первых, гонады морских ежей со станций 2, 3 и 4 содержат несколько больше меди и в 1.5 раза больше свинца, чем гонады ежей со станции 5; во-вторых, в 1999 г. концентрации кадмия и свинца в гонадах ежей были на порядок выше, а концентрации меди – в 4–10 раз выше, чем в 1989 г. (данные по: Ващенко и др., 1993).

Сравнение данных о содержании металлов в гонадах *S. intermedius* и других видов морских ежей (*Sphaerechinus granularis*, *Paracentrotus lividus* и *Echinocardium cordatum*) из загрязненных ТМ мест обитания (Guillou et al., 2000) показало, что концентрации Cd и Cu в гонадах всех 4 видов сходны, однако гонады *S. intermedius* содержат гораздо больше Pb.

Тяжелые металлы относятся к числу наиболее опасных для морской биоты токсикантов. Однако не все отклонения от нормы в состоянии репродуктивной функции морского ежа *S. intermedius* из Амурского залива можно объяснить повышенным содержанием ТМ в донных осадках и в гонадах животных. Так, наиболее высокие индексы патологических изменений в гонадах и наибольшее отклонение от нормы в развитии потомства обнаружены у морских ежей со станции 1 (Ващенко и др., 1994, 2001), тогда как уровень загрязнения ТМ на этой станции ниже, чем на станциях 2 и 3, и практически такой же, как на станции 4 (см. рис. 3).



*Данные по: Ващенко и др., 1993.

Следует учитывать, что ТМ – это лишь один из компонентов комплексной смеси загрязняющих веществ, присутствующей в подверженной антропогенному воздействию морской среде. Видимо, животные на станции 1, расположенной в северо-восточной и относительно мелководной части Амурского залива, испытывают действие и других стресс-факторов, таких, как более сильный прогрев воды летом и опреснение в сезон дождей (Подорванова и др., 1989), а также органическое загрязнение. Нарушение репродуктивной функции – это, по сути, интегральная реакция организма на ухудшение качества окружающей среды. Следовательно, состояние репродуктивной функции морских ежей можно рассматривать как чувствительный биомаркер загрязнения среды их обитания.

ВЫВОДЫ

1. Условия обитания морских ежей в «пригородной» зоне и в б. Алексеева в конце 90-х годов, как и в 80-е годы, были неблагоприятными для их воспроизводства. Одним из факторов, негативно влияющим на репродукцию морского ежа, может быть повышенное содержание тяжелых металлов в среде и в гонадах животных.

2. Вопреки ожиданиям, связанным со спадом промышленного производства в Приморье, уровень загрязнения Амурского залива за период с 1984 по 1999 гг. не снизился; более того, в конце 90-х годов возросло содержание некоторых тяжелых металлов (Cu, Ni и Pb) в донных осадках пригородной зоны и в гонадах обитающих здесь морских ежей.

3. Произошло смещение границы экологически значимого уровня загрязнения в сторону открытой («островной») части залива, о чем свидетельствует ухудшение состояния репродуктивной функции морского ежа *S. intermedius* на «островных» станциях б. Алексеева и о-ва Верховского.

ЛИТЕРАТУРА

Арзамасцев И.С. Атлас промысловых морских беспозвоночных, водорослей и трав Приморского края. Владивосток: Арт-Пилот. 1997. С. 28.

Бажин А.Г. Видовой состав, условия существования и распределение морских ежей рода *Strongylocentrotus* морей России. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: Ин-т биологии моря ДВНЦ АН СССР. 1985. 26 с.

Бирюлина М.Г. Распределение и запасы морских ежей *Strongylocentrotus nudus* и *Strongylocentrotus intermedius* в заливе Петра Великого (Японское море) // Гидробиологические исследования в Японском море и Тихом океане. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1975. С. 102–113.

Ващенко М.А. Загрязнение залива Петра Великого Японского моря и его биологические последствия // Биол. моря. 2000. Т. 26. № 3. С. 149–159.

Ващенко М.А., Жадан П.М., Ковалева А.Л., Чекмасова Н.М. Морфологическая и морфометрическая характеристика половых желез морских ежей *Strongylocentrotus intermedius*, обитающих в условиях антропогенного загрязнения // Экология. 1992. № 1. С. 6–54.

Ващенко М.А., Жадан П.М., Карасева Е.М., Лукьянова О.Н. Нарушение репродуктивной функции морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* в загрязненных районах залива Петра Великого Японского моря // Биол. моря. 1993. Т. 19, № 1. С. 57–66.

Ващенко М.А., Жадан П.М., Медведева Л.А. Нарушение развития личинок морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* из загрязненных районов залива Петра Великого Японского моря // Биол. моря. 1994. Т. 20, № 2. С. 137–147.

Ващенко М.А., Жадан П.М. Влияние загрязнения морской среды на воспроизводство морских донных беспозвоночных // Биол. моря. 1995. Т. 21, № 6. С. 369–377.

Ващенко М.А., Лучшева Л.Н., Жадан П.М., Бельчева Н.Н. и др. Оценка экологической ситуации в бухте Алексеева (залив Петра Великого Японского моря) по биологическим и биогеохимическим показателям // Биол. моря. 1999. Т. 25, № 2. С. 96–97.

Ващенко М.А., Жадан П.М., Латыпова Е.В. Многолетние изменения в состоянии гонад морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* из Амурского залива Японского моря // Экология. 2001. Т. 32, № 5. С. 358–364.

Гнездилова С.М. Морфологическая и цитохимическая характеристика оогенеза и половых циклов у морских ежей *Strongylocentrotus nudus* и *S. intermedius*. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: Ин-т биологии моря ДВНЦ АН СССР. 1971. 24 с.

Касьянов В.Л. Репродуктивная стратегия морских двустворчатых моллюсков и иглокожих. Л.: Наука. 1989. 184 с.

Ковековдова Л.Т. Тяжелые металлы в промысловых беспозвоночных залива Петра Великого в связи с условиями существования. Автореф. дис. ...канд. биол. наук. Владивосток: ТИНРО. 1993. 23 с.

Куликова В.А., Колотухина Н.К. Распределение пелагических личинок некоторых промысловых двустворчатых моллюсков в северо-восточной части залива Петра Великого // Экосистемные исследования. Прибрежные сообщества залива Петра Великого. Владивосток: ДВО АН СССР. 1991. С. 99–110.

Лучшева Л.Н. Содержание ртути в компонентах экосистемы б. Алексеева (залив Петра Великого Японского моря) // Биол. моря. 1995. Т. 21, № 6. С. 412–415.

Огородникова А.А., Вейдеман Е.Л., Силина Э.И., Нигматулина Л.В. Воздействие береговых источников загрязнения на биоресурсы залива Петра Великого (Японское море) // Экология нектона и планктона дальневосточных морей и динамика климато-океанологических условий: Изв. ТИНРО. 1997. Т. 122. С. 430–450.

Подорванова Н.Ф., Ивашишникова Т.С., Петренко В.С., Хомичук Л.С. Основные черты гидрохимии залива Петра Великого (Японское море). Владивосток: ДВО АН СССР. 1989. 201 с.

Хотимченко Ю.С., Деридович И.И., Мотавкин П.А. Биология размножения и регуляция гаметогенеза и нереста у иглокожих. М.: Наука. 1993. 168 с.

Христофорова Н.К., Шулькин В.М., Кавун В.Я., Чернова Е.М. Тяжелые металлы в промысловых и культивируемых моллюсках залива Петра Великого. Владивосток: Дальнаука. 1993. 296 с.

Чернова Е.Н., Кавун В.Я., Христофорова Н.К. Оценка химико-экологических условий в районах культивирования моллюсков по микроэлементному составу съедобной мидии // Биол. моря. 1988. № 4. С. 71–74.

Iskandar I.K., Keeney D.R. Concentration of heavy metals in sediment cores from selected Wisconsin Lakes // Environ. Sci. Technol. 1974. V. 8, № 2. P. 165–170.

Shulkin V.M., Kavun V.Ia. The use of marine bivalves in heavy metal monitoring near Vladivostok, Russia // Mar. Pollut. Bull. 1995. V. 31, № 4–12. P. 330–333.

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

Guillou M., Quiniou F., Huart B., Pagano G. Comparison of embryonic development and metal contamination in several populations of the sea urchin *Sphaerechinus granularis* (Lamarck) exposed to anthropogenic pollution // Arch. Environ. Contam. Toxicol. 2000. V. 39. P. 337–344.

УДК 594.1

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИИ ЯПОНСКОЙ КОРБИКУЛЫ (*CORBICULA JAPONICA PRIME*), ОБИТАЮЩЕЙ В ОЗЕРЕ АЙНСКОЕ

Щукина Г.Ф., Полупанов П. В.,

*Сахалинский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии, г. Южно-Сахалинск*

Различия гидрологических условий северной и южной частей озера Айнское оказали влияние на характер распределения и структуру поселений корбикулы. Всего на акватории водоема выделено шесть скоплений корбикулы высокой плотности. Определены районы с наиболее благоприятными для японской корбикулы условиями обитания.

Анализ размерной структуры популяции показал, что в северной части озера средний размер моллюсков существенно ниже, чем в южной.

Differences in hydrological conditions of northern and southern parts of the Ainsky Lake have influenced upon the character of distribution and structure of colonies of *Corbicula japonica Prime*. In total, six high-dense aggregations of this species have been distinguished on the area of this water body. Regions with the most favorable conditions for corbicula habitat were determined.

Analysis of size structure of the population has shown that in the northern part of the lake a mean size of molluscs is significantly lower than in the southern one.

Корбикула японская (*Corbicula japonica Prime*) - двустворчатый моллюск, обитатель низовий и эстуариев рек, солоноватоводных озер и лагун. Его ареал охватывает континентальное побережье Японского моря к югу от устья р. Амур, юг о. Сахалин и Курильские острова, Японию (о-ва Хоккайдо, Хонсю, Сикоку, Кюсю), а также Корейский п-ов (Лихарев, 1953).

Данный вид является доминирующим по биомассе в донной фауне солоноватоводных озер о. Сахалина (Ключарева, Коренева и др., 1964). Несмотря на это, популяции японской корбикулы, обитающей в лагунах острова, практически не исследованы.