

ГЛАВА 4. ОБРАЗ ЖИЗНИ

4.1. Питание

Морские ежи семейства *Strongylocentrotidae* — пример преимущественно растительноядных представителей этого класса (Human, 1955). Они едят в основном бурые водоросли, но не брезгают диатомовыми водорослями, трубчатыми червями, гидроидами и другими животными, а также их остатками. Росту гонад морских ежей особенно способствуют крупная ламинария и мясо рыб.

Пищевые отношения морских ежей с растительными организмами, водорослями и морскими травами — детально рассмотрел Дж. Лоренс (Lawrence, 1975). В ряде публикаций рассматривается питание отдельных видов: *S. droebachiensis* (Prince, LeBlanc, 1992), *M. nudus* (Agatsuma, Nakata, Matsuyama, 1993; Сухин, 1998, 2002а, б, в, г, д), *S. intermedius* (Евсеева, 1999; Седова, Брегман и др., 1999; Крупнова, Павлючков, 2000; Евсеева, 2002; Седова, Викторовская, 2002).

В.И. Холодов детально описывает питание морского ежа *S. droebachiensis* в Баренцевом море. Подробно рассмотрены качественные и количественные закономерности питания, состав пищи, включение углерода твердой и растворенной пищи в биосинтез морских ежей, выделение неусвоенной пищи и продуктов распада, энергетический баланс, роль в питании животных и др. (Холодов, 1981; Холодов и др., 1983).

На большей части ареала основным пищевым объектом этого ежа являются ламинариевые водоросли (цветная вкладка, рис. 16, 17). Количественный состав потребляемой пищи зависит от горизонта обитания и времени года. Летом ежи в основном потребляют ламинарию и алярию. Охотнее они потребляют спорофиты, молодые проростки, разрушенные талломы водорослей. Также ежи поедают сезонные зеленые водоросли. В разгар полярной ночи (декабрь, январь) пищевая активность животных падает и на какое-то время прекращается совсем.

Помимо растительной пищи, в желудках *S. droebachiensis* с верхней сублиторали обнаруживаются все виды животных-эпифитов. Канныализм среди этих ежей — нормальное явление на опустошенных ими участках дна. Помимо этого, в литературе есть указания на поедание ежами трупов животных (Кузнецов, 1946; Турпаева, 1953). У ежей, обитающих на глубине свыше 50–100 м, пища в значительной мере состоит из детрита и малоподвижных животных.

Морские ежи *M. nudus* и *S. intermedius* практически всеядны, но предпочитают питаться бурыми, зелеными и красными корковыми водорослями, морскими травами, а также детритом (Fuji, Kawamura, 1970b; Nabata, Sakai, 1996). При наличии специфических репеллентов, выделяемых макрофитами (Sakata et al., 1991; Shiraishi et al., 1991), морские ежи проявляют определенную селективность в выборе отдельных видов водорослей в качестве пищевых объектов (Hayakawa, Kittaka, 1984; Gao Xusheng et al., 1990).

Ламинария считается наиболее важной пищей для морских ежей (Nabata et al., 1999), так как способствует продуцированию гонад с хорошими качественными и количественными показателями.

Источник липидов	Нейтральные	Фосфолипиды	Гликолипиды
Ламинария	23,9	32,8	43,3
Фекалии ежей	67,0	12,7	20,3

Усваиваются компоненты кормов по-разному. Например, исследование состава липидов *Laminaria cichorioides* и фекалий *S. intermedius* по фракциям (% суммы липидов) дало следующее распределение.

По сравнению с исходными водорослями, в фекалиях оказалось значительно меньше фосфо- и гликолипидов. В процессе переваривания и усвоения водорослей в фекалиях резко уменьшается содержание полиненасыщенных кислот и относительно возрастает доля кислот насыщенных и

монокенасыщенных. Было найдено, что уменьшение относительной концентрации полиненасыщенных компонентов происходит во всех трех фракциях, что можно объяснить только наличием у ежа механизмов избирательного расщепления и усвоения именно этих жирных кислот (Васьковский и др., 1982).

Степень накормленности ежей может определяться разными показателями. Одним из них является кишечный индекс — отношение массы кишечника к массе тела, выраженное в процентах. Величина этого показателя, замеренного в популяциях *S. intermedius* у о. Итуруп, варьировала в очень широких пределах — 0,01–22,9% (Викторовская и др., 2001). Наиболее интенсивно питались неполовозрелые ежи. Этот факт подтверждает известную закономерность снижения скорости питания морских ежей в период созревания гонад (Son, 1999).

Пища в кишечнике морских ежей оформлена в основном в виде почти правильных шарообразных глобул диаметром 2–4 мм. Выполненные нами наблюдения за питанием морских ежей на участках дна разного типа показали, что консистенция и цвет пищевых шариков варьирует относительно мало. Значительно разнообразнее состав непеллетизированных частиц. Фрагменты макрофитов представлены в кишечниках только у ежей, обитающих на заросших водорослями и zostерой участках, в кишечниках животных с песчаных участков много песка.

Химические вещества, освобождаемые водорослями при питании ими ежей, действуют как пищевой аттрактант. Глицеролипиды, экстрагируемые из бурой водоросли *Eisenia bicyclis* — мощный пищевой стимулятор *S. intermedius*, тогда как аплизинтерпеноид А, выделенный из двух видов красных водорослей, является мощным пищевым ингибитором (Agatsuma, 2001).

4.2. Хищники, паразиты, болезни

В ряде работ описаны взаимоотношения морских ежей с хищниками и паразитами (Scheibling, Hamm, 1991; Wheatley et al., 1998; и др.).

Несмотря на хорошую защищенность морских ежей иглами и ядовитыми педицелляриями, они могут поедаться другими животными — крабами, морскими звездами, крупными рыбами, млекопитающими (шакалы, песцы и др.) и птицами (в частности, на литорали ежей поедают чайки и вороны). У восточного побережья Камчатки морские ежи *S. pallidus* и *S. polyacanthus* интенсивно поедаются каланами (Бажин, 1989б, 1990, 1991; Бажин, Рязанов, 1991; Зименко и др., 1988; Ошурков, Бажин, 1992; Ошурков и др., 1989; Ошурков, Бажин, Лукин, 1991; Bazhin, 1996).

Степень влияния на популяции морских ежей хищников зависит от многих внешних факторов, например времени года. Так, возможно выпускать молодь ежей зимой или ранней весной, когда большинство хищников (в частности, крабы) неактивны (Harris, 2000). Отмечено, что *S. droebachiensis* не образует защитного полога из игл, как полагали ранее, но уменьшает возможность получения убежищ хищникам, таким как амфиподы и молодые крабы (Harris, 2000).

Хищником для молоди *S. intermedius* диаметром более 15 мм являются крабы *Pugettia quadridens*. В Сангарском проливе и на побережье Тихого океана основными врагами морских ежей являются этот краб и морская звезда *Lysastrosoma anthosticta*. Два вида крабов — колючий *Paralithodes brevipes* и волосатый *Telmessus cheiragonus* — питаются молодью ежей на тихоокеанском побережье Восточного Хоккайдо. Морские звезды *Patiria pectinifera* уничтожают молодь 10 мм в диаметре; эффект увеличивается с увеличением плотности молоди.

Инфекционные заболевания препятствуют жизнедеятельности морских ежей в естественных популяциях и представляют главный барьер при их выращивании. Каждый вид чувствителен к болезнетворным организмам нескольких типов.

Массовую смертность *S. droebachiensis* вызывает патогенная амeba *Paramoeba invadens*. Амеба широко распределена по организму морского ежа, встречается в стенке тела, амбулакральной и нервной системе, в кишечнике. В лаборатории время гибели пораженных животных прямо связано с температурой воды; нижний порог наблюдается при 8–12 °С (Tajima, Lawrence, 2001). У пораженных животных возникает дегенерация мышц амбулакральных ножек, игл и ротовых частей, в результате чего развиваются эпидермальный некроз и потеря игл, а затем — прекращение питания и гибель. Было показано, что результатом болезни может быть инфекция грам-

положительных бактерий и грибов, которые встречаются в незначительных количествах на поверхности тела здоровых животных и могут быть ответственны за болезнь «лысых морских ежей» у животных, инфицированных *P. invadens*.

Неспособность амёбы выживать при отрицательной температуре воды показывает, что она периодически интродуцируется из теплых районов. Заболеванию подвергаются как молодёжь, так и взрослые ежи. Температура является ключевым фактором в развитии парамебиазиса. Вспышки заболевания заканчиваются с понижением температуры воды поздней осенью. Помогают излечению и эпизодически наблюдаемые понижения температуры воды поздним летом–осенью в необычно теплые годы. Морские ежи, обитающие в воде глубже границы термоклина, избегают заболевания (Scheibling, Hatcher, 2001).

В популяции *S. droebachiensis* у берегов Норвегии с 1981 г. отмечается присутствие паразитической нематоды *Echinomermella matsu* (Tajima, Lawrence, 2001). Встречаемость различных жизненных стадий этой нематоды в целомах морских ежей показывает, что паразиты размножаются в их теле. Самки этой нематоды яйцеживородящие, с яйцами и личинками, остающимися в псевдоцеломе. Глотки взрослых особей рудиментарны, питательные вещества абсорбируются ими из целомической жидкости. Нематоды влияют на редукцию гонад ежей; тяжелое заражение может быть причиной их гибели. *E. matsu* заметно снижает выживание и репродукционную способность ежей в пораженном районе.

Морские ежи служат хозяевами множества комменсальных и более или менее паразитических животных. Их иглы часто заселяются различными сидячими организмами — водорослями, губками, гидроидами, кишечнорастворимыми, трубчатыми полихетами, усовыми раками и др. В их пищеварительном тракте присутствуют, часто в больших количествах, комменсальные инфузории, грегарины и др. С морскими ежами постоянно ассоциируются офиуры, полихеты, брюхоногие и даже двусторчатые моллюски, паразитические копеподы, остракоды, креветки, крабы и другие животные. Например, паразитические брюхоногие моллюски рода *Pelseneeria* могут жить на поверхности тела и засверливаясь в основаниях первичных игл *S. droebachiensis*.

Распространены у морских ежей и бактериальные заболевания. Массовая смертность *S. intermedius* однажды наблюдалась при их культивировании в Центре рыборазведения на юго-востоке о. Хоккайдо. Погибли почти все ежи — около 800 тыс. экз. Заболевание получило название «пятнистая болезнь» [spotting disease]. Оно наблюдается почти ежегодно в центрах культивирования в южной или центральной части Хоккайдо. Болезнь также наблюдается после переборки морских ежей при температуре воды 11–13 °С на юге Хоккайдо. Отмечены две формы этой болезни: одна (летняя) — при высокой температуре воды, другая (весенняя) — при низкой.

На теле заболевших животных появляются зеленые или черные пятна, происходит частичная потеря игл, затем отслоение эпидермиса на оральной стороне, обесцвечивание перистомы и появление темно-зеленых пятен на ротовой части. Развиваются черно-красные повреждения панциря, выпадают иглы, ножки не могут прикрепляться к субстрату. Симптомы сходны с известной болезнью «лысых морских ежей», но являются, по-видимому, ответом на вторичную инфекцию эпидермального поражения. Типичным внешним признаком заболевания является красноватая окраска перистомы на ранней стадии заболевания и сине-черная — на поздней. Интенсивные исследования показали, что заболевание вызывается бактериальной инфекцией (Tajima, Lawrence, 2001).

Специалистами также отмечались изменения оксидативной активности в целомической жидкости *S. droebachiensis*, вызываемые патогенной бактерией, предварительно идентифицированной как *Pseudomonas* sp. (Wheatley et al., 1998).

4.3. Изменения поселений под воздействием хищничества и промыслового изъятия

На основе многочисленных данных, полученных в течение семи лет исследования популяций морских ежей, была проведена классификация поселений. В основу классификации были положены такие основополагающие биологические показатели как численность, биомасса всех особей и особей промыслового размера на единице площади дна (табл. 4.3.1).

Каждый тип поселения обладает своим характерным типом размерно-частотного распределения, которое, в свою очередь, складывается под воздействием целого ряда биотических и абиотических факторов. В результате этого для каждого типа местообитания характерен свой тип поселения морских ежей.

Поселения типа КП и КУ. Характеризуются большой плотностью (от 10 экз./м² и более) крупных, диаметром до 80–100 мм, морских ежей, образующих на глубине 2–7 м биомассу от 1 кг/м² и более. На этой глубине крупные особи промысловых размеров (не менее 50 мм) концентрируются отдельными скоплениями вдоль каймы водорослей, мелкие особи практически отсутствуют.

Поселения подобного типа встречаются на открытом или слабозащищенном побережье со слабым или умеренным уклоном дна. Грунт представлен скалистыми платформами, валунами, реже — крупнорасчлененными скалами. Вдоль берега хорошо выражена кайма бурых водорослей, отдельные куртины водорослей встречаются и среди скоплений морских ежей. Такие биотопы расположены в районах, удаленных от влияния речных стоков, на входных мысах бухт чаще встречаются с северной стороны.

Поселения типа СП и СУ. Отличаются от первого типа прежде всего размерным составом особей. На глубине от 2–5 до 7 м ежи часто образуют плотные поселения до 25–80 экз./м² дна и биомассой до 3,0 кг/м².

Максимальные размеры особей могут достигать 90 мм в диаметре, однако их основная часть представлена животными средних размеров. Доля ежей промысловых размеров колеблется в пределах 15–60%.

Биотопы, где обитают поселения этого типа, чаще встречаются на открытых и слабо защищенных участках побережья, на южных выходных мысах закрытых бухт. Характер дна и грунт аналогичны таковым в первом типе поселения, однако кайма бурых водорослей вдоль берега выражена слабее.

Поселения типа КР и СР. Для подобных поселений характерна невысокая плотность морских ежей. При варьирующих размерах особей (от 40 до 80 мм), биомасса редко превышает 1,7 кг/м². Уклон дна в биотопах, как правило, незначительный, грунт — слабо расчлененные скалы или валуны. Водоросли растут широкой и плотной каймой и образуют мощные заросли, опускающиеся до глубины 7–10 м.

Поселения подобного типа расположены, как правило, на мелководье, в районах, находящихся под влиянием стока небольших рек, ручьев, а также на побережье полузакрытых бухт, ближе к их устьевой части, где среди скальных выходов появляются линзы песка.

Тип поселения МП. Характерна большая концентрация (45–100 экз./м²) особей незначительных размеров, среди которых довольно редко встречаются более крупные. Доля ежей промыслового размера колеблется от 0 до 15%. Биомасса на глубине 3–7 м редко превышает 2 кг/м².

Таблица 4.3.1. Количественные показатели типичных поселений многоиглых морских ежей, встречающихся на побережье Восточной Камчатки на глубине

Тип поселения	Доля особей промысловых размеров, %	Плотность особей, экз./м ²	Плотность особей промысловых размеров, экз./м ²	Биомасса, кг/м ²
КП	60–100	более 30	более 20	более 3,0
КУ	60–100	10–30	8–20	1,0–3,0
КР	60–100	1–10	менее 8	менее 1,0
СП	15–60	более 50	более 15	более 2,5
СУ	15–60	25–50	5–15	0,9–2,5
СР	15–60	менее 25	менее 10	менее 1,7
МП	0–15	более 40	0–15	0,4–2,5
МУ	0–15	20–40	0–5	менее 1,0
МР	0–15	менее 20	0	менее 0,4

Примечание: КП — крупные, плотно; КУ — крупные, умеренно; КР — крупные, редко; СП — средние, плотно; СУ — средние, умеренно; СР — средние, редко; МП — мелкие, плотно; МУ — мелкие, умеренно; МР — мелкие, редко.

Подобный тип поселения морских ежей встречается в биотопах на открытых и слабозащищенных местах побережья, для которых характерен слабый или умеренный уклон дна, сформированного плоской скалистой платформой или плоскими валунами. Водорослевая кайма практически отсутствует.

Поселения типа МУ и МР. По размерному составу морских ежей идентичны поселениям типа МП, но отличаются невысокой плотностью особей и более низкой биомассой.

Характер биотопа, включающий тип побережья, наличие макроводорослей, а также степень расчлененности и состав дна, очень близок по своим характеристикам к биотопам, свойственным для поселений типа МП. Отличительной чертой в местонахождении подобных поселений является большая глубина: как правило, они формируются на 20–35 м.

Рассмотрим влияние хищничества и промысла на примере поселений морских ежей вдоль побережья Юго-Восточной Камчатки. В настоящее время существуют два негативных фактора, подрывающие запасы. Эти факторы имеют устойчивую тенденцию к усилению. Первый — это промысловое изъятие, и второй — хищничество каланов. В результате воздействия этих факторов происходит элиминация в первую очередь крупных особей на мелководье. Если пресс промысла на прибрежные поселения направлен от Петропавловска в основном в южном направлении, то экспансия каланов, продолжающаяся уже более 10 лет, происходит в противоположном направлении, на север со стороны юго-западной оконечности п-ва Камчатка и о. Шумшу, где расположена крупная популяция каланов.

Если в 1985–1988 гг. крайней северной точкой обитания каланов с их высокой плотностью был район о. Уташуд, то по данным 1992–1993 гг. фронт массового распространения каланов сдвинулся на север на расстояние около 80 км, в район б. Асача. В результате хищничества в течение четырех лет в этом районе, на глубине 3–10 м, биомасса многоиглых морских ежей упала почти в 8 раз и максимальный размер сократился в 2 раза. Вдоль берегов бухты и особенно вдоль берега южной экспозиции появились заросли гигантской бурой водоросли *Alaria fistulosa*, ранее там не наблюдавшейся. Если в 1988 г. средний размер промысловых особей достигал $67,2 \pm 1,7$ мм, то в 1993 г. при взятии проб ежей промыслового размера на глубине 2–7 м обнаружено не было. Общие запасы многоиглых морских ежей в этом районе сократились с 31 т до 7 т. В 1993–1996 гг. колонизации каланов подверглись бухты Мутная и Березовая, а с 1995 г. по настоящее время происходит колонизация районов бухт Лиственичная и Русская. Здесь отмечена серьезная деградация промысловых скоплений многоиглых морских ежей (табл. 4.3.2). На участке от б. Лиственичной до б. Русской биомасса промысловых особей сократилась в среднем с $1,21 \text{ кг/м}^2$ до $0,19 \text{ кг/м}^2$, то есть примерно в 6 раз.

Как видно из таблицы 4.3.2 и рисунка 4.3.1, процесс деградации в б. Лиственичной происходил в основном за счет элиминации крупных особей. При отсутствии притока молоди этот процесс должен был завершиться деградацией поселений из типа КП в тип КР. Однако вследствие пополнения мелководных поселений за счет миграции более мелких ежей с более глубоководных биотопов плотность особей в 1999 г., по сравнению с 1995 г., осталась на прежнем уровне (табл. 4.3.2). Процесс деградации практически осуществился по пути $\text{КП} \rightarrow \text{СУ} \rightarrow \text{МУ}$, который мож-

Таблица 4.3.2. Средние показатели обилия многоиглых морских ежей в районах бухт Авачинского залива в 1992, 1995, 1996 и 1999 гг. на глубине 2–7 м

Район	Год	В	В*	%	d	d*	Тип поселения
Б. Лиственичная	1992	5560	4476	71,3	78,5	52,4	КП
	1995	1938	1329	40,1	36,5	15,7	СУ
	1996	1435	856	23,2	44,1	10,8	СУ
	1999	468	46	0,7	34,8	0,2	МУ
Б. Русская	1995	1462	985	26,9	32,8	8,7	СУ
	1996	1121	874	24,7	28,1	6,1	СУ
	1999	561	216	29,0	7,1	2,2	СР

Обозначения здесь и в таблице 4.3.3: В — средняя биомасса особей, г/м^2 ; В* — средняя биомасса особей промысловых размеров (более 50 мм), г/м^2 ; % — средняя доля промысловых особей, %; d — средняя плотность особей, экз./ м^2 ; d* — средняя плотность промысловых особей, экз./ м^2

но считать классическим для мелководных поселений (глубина 3–7 м) при условии повышенной элиминации крупных особей и при наличии устойчивого пополнения молодью из глубжележащих поселений типа МП-МУ (глубина 7–20 м), где в основном и происходит успешное оседание личинок.

При этом плотность особей промысловых размеров упала с 15,7 до 0,2 экз./м². Модальный размер с 45 мм уменьшился до 25 мм (рис. 4.3.1).

Таким образом, поселения на участке побережья в районе б. Лиственичной по количественным показателям стали соответствовать типу МУ (мелкие, умеренно), то есть фактически вышли из разряда промысловых.

В районе б. Русской процесс деградации шел по несколько другому пути. По мере элиминации крупных морских ежей на мелководье (глубина 2–7 м) не наблюдалось пополнения особей за счет молоди. Это объясняется тем, что в этом районе мелководные скалистые участки побережья ограничены неблагоприятными для морских ежей мягкими и смешанными грунтами уже с глубины 8–12 м. Другими словами, в данном районе отсутствуют глубоководные поселения морских ежей, являющиеся по сути рефугиумом для огромного количества мелких особей (тип поселений М*) и основным источником пополнения мелководных поселений. Кроме того, в этот период времени, вероятнее всего, не наблюдалось процесса успешного массового оседания личинок. В результате упала как общая плотность (примерно в 5 раз), так и плотность промысловых особей (в 4 раза), но при этом модальный размер в этих разреженных поселениях увеличился с 40 до 50 мм (рис. 4.3.2). Таким образом, поселения типа СУ в районе б. Русской по показателям обилия через четыре года стали соответствовать типу СР, и также перестали представлять серьезный промысловый интерес.

Поселения многоиглых морских ежей более северных участков побережья (район б. Вилучинской, б. Опасная), пока не подвергнутая прессу хищничества каланов, испытывали в последние годы только влияние водолазного промысла. Таблица 4.3.3 показывает, что в данных поселениях многоиглых морских ежей за четыре года произошли определенные изменения. В частности, в б. Опасной, являющейся одним из наиболее посещаемых промысловых полигонов, в 1999 г. произошло уменьшение общей биомассы в два раза, а биомассы промысловых особей — в три раза по сравнению с таковыми в 1995 г. И хотя плотность животных осталась на том же уровне, плотность промысловых особей уменьшилась почти в два раза. Модальный размер уменьшился с 85–90 до 60 мм, а доля промысловых особей — со 100 до 58,6% (рис. 4.3.3., табл. 4.3.3).

Очевидно, что по мере промыслового изъятия крупных морских ежей их освободившуюся нишу занимали средние и мелкие особи из глубжележащих биотопов. Таким образом, постепенно на-

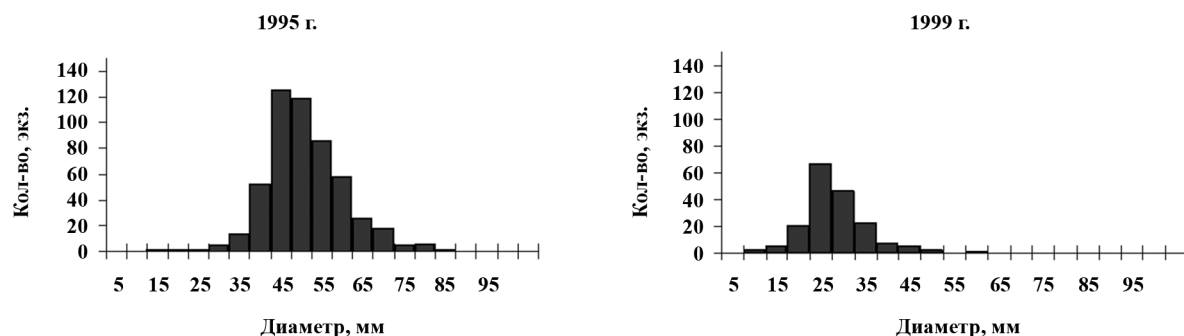


Рис. 4.3.1. Размерно-частотное распределение многоиглого морского ежа в районе б. Лиственичной на глубине 2–7 м в 1995 и 1999 гг.

Таблица 4.3.3. Средние показатели обилия многоиглых морских ежей в районах бухт Авачинского залива в 1995 и 1999 гг. на глубине 2–7 м

Район	Год	B	B*	%	d	d*	Тип поселения
Б. Опасная	1995	8755	8756	100	53,0	53,0	КП
	1999	4283	2928	58,6	51,0	29,3	СП
Б. Вилучинская	1995	1141	776	46,5	20,1	8,1	СУ
	1999	3013	2189	48,6	54,0	24,5	СП

капливающиеся изменения привели к тому, что поселения многоиглого ежа в б. Опасной на глубине 2–7 м из типичного КП стали по количественным показателям соответствовать типу СП.

Неожиданное увеличение количественных характеристик скоплений многоиглых морских ежей было зарегистрировано на участке от выходного берега южной экспозиции б. Вилучинской до м. Отвесный. Здесь, на глубине 2–7 м, общая биомасса ежей увеличилась в среднем с 1141 г/м² в 1995 г. до 3031 г/м² в 1999 г., то есть более чем в 2,5 раза (табл. 4.3.3), биомасса промысловых особей увеличилась почти в три раза. Примерно в таком же соотношении увеличились общая плотность и плотность особей промысловых размеров. Характерно, что при этом неизменными остались такие параметры как доля промысловых особей в поселении (46,5% в 1995 и 48,6% в 1999 г.) и средний размер особей (46,6 мм в 1995 и 1999 гг.). Здесь налицо наличие миграций морских ежей крупных и средних размеров с соседних обильных участков, в пользу чего говорит увеличение модальных размеров с 40 до 55 мм (рис. 4.3.4), однако есть вероятность ошибки взятия проб, то есть несовпадение координат учетных точек на этом участке побережья в 1995 и 1999 гг. В любом случае, эти результаты свидетельствуют о вполне удовлетворительном состоянии и об отсутствии деградиционных процессов в поселениях многоиглых морских ежей на участке побережья от б. Вилучинской до б. Опасной.

После интенсивного промысла в поселениях ежей типов КП и КУ, ввиду высокой плотности промысловых особей и низкой плотности непромысловых особей, происходит элиминация особей промысловых размеров и снижение всех количественных показателей поселений (табл. 4.3.4).

Таким образом, при отсутствии постоянного притока молодых особей из близлежащих более глубоководных и мелкоразмерных поселений (при их пространственной изолированности) могут произойти подрыв ресурсов и исключение данного поселения из промысловой эксплуатации на несколько лет. В такой ситуации происходит деградиация типа поселения по принципу КП→КУКР при умеренном прессе добычи и К*→СП при интенсивном промысле. Восстановление первоначального потенциала поселения может занять период порядка 5–10 лет, в зависимости от темпов роста ювенилов из успешного пополнения. Например, до 1996 г. в районе к. Капорык поселения многоиглого ежа были представлены в основном поселениями типа КУ и СП. В результате ин-

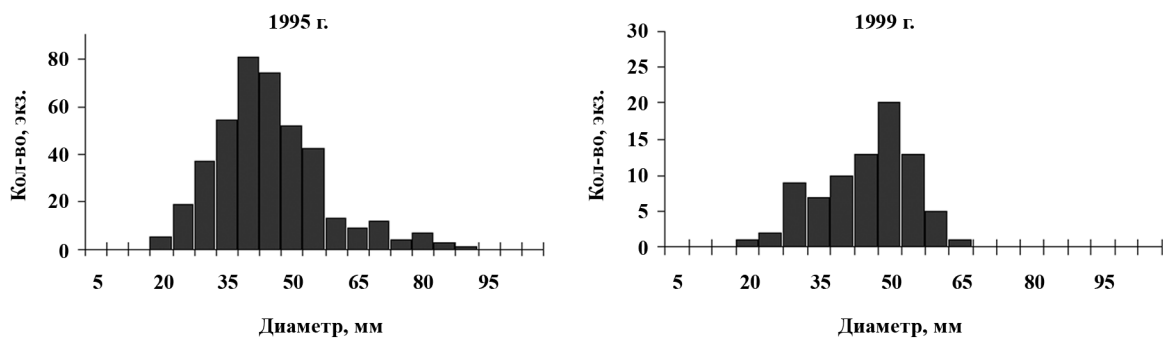


Рис. 4.3.2. Размерно-частотное распределение многоиглого морского ежа в районе б. Русской на глубине 2–7 м в 1995 и 1999 гг.

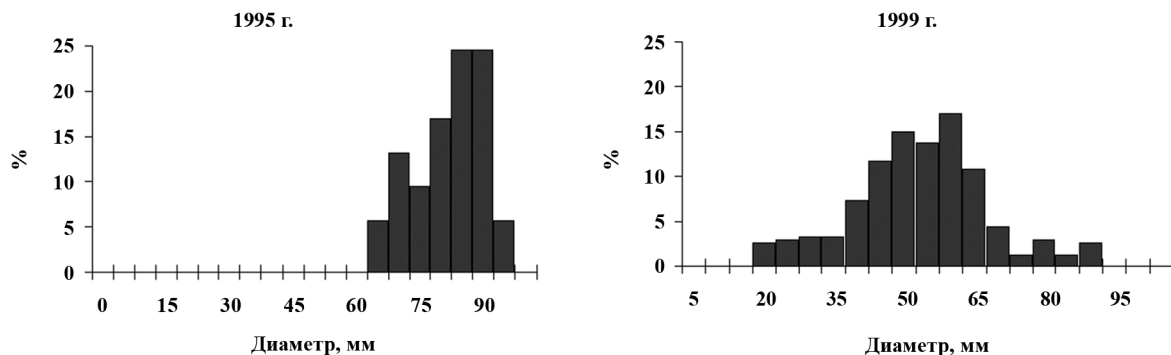


Рис. 4.3.3. Размерно-частотное распределение многоиглого морского ежа в районе б. Опасной на глубине 2–7 м в 1995 и 1999 г.

тенсивной промысловой нагрузки средняя доля особей промысловых размеров в поселении здесь снизилась с 12,6% в 1996 г. до 3,7% в 1997 г. (тип СР). Это практически вывело данный район из разряда потенциально пригодных для промысла. Ввиду отсутствия сопряженных более глубоководных поселений и, как следствие, притока оттуда особей, а также ежегодного промыслового изъятия в этом районе, в 1999 г. не было отмечено достоверного увеличения количественных показателей данного поселения.

При эксплуатации поселений типа С* деградация идет по пути СП→СУ→СР или СП→СУ→М* при особенно интенсивном промысле. В обоих случаях, даже при пространственной изолированности данного поселения, после элиминации части крупных особей промыслового размера оставшаяся молодая мелкоразмерная часть поселения получает возможность занять освободившуюся часть экологической ниши, в результате чего получает доступ к обильным пищевым ресурсам и, как следствие, имеет возможность ускоренного гонадного и соматического роста. При таком варианте развития событий восстановление потенциальной промысловой пригодности данного поселения сводится к гораздо более короткому сроку, в отличие от крупноразмерных поселений, и может ограничиваться 1–2 годами.

Следует заметить, что в обоих вариантах при пространственной сопряженности данных поселений с глубоководными поселениями, представленными в основном типами МП и МУ, темпы восстановления после воздействия промысла существенно сокращаются в связи с ускоренной миграцией крупных особей из более глубоководных поселений (по сравнению с мелкими и слабо конкурирующими особями) на более кормное мелководье.

При отсутствии пресса хищников и значительной промысловой смертности крупных особей, а также нормальном пополнении в поселениях типа КП-КУ возникает вероятность уничтожения прибрежной водорослевой каймы бурых водорослей. Ламинариевые вплоть до нижней литоральной зоны вследствие ее выедания. При отсутствии достаточного количества пищи темпы роста морских ежей значительно снижаются, и данная биосистема становится стабильной во времени, превращаясь в «ежиную пустошь» (тип поселения М*) на длительное время. Вдоль побережья Восточной Камчатки они встречаются как в Кроноцком заливе (районы б. Моржовой, б. Железной и б. Крачковой), так и в Авачинском заливе (районы б. Безымянной, б. Саранной). Подобная эволюция прибрежных экосистем широко известна из литературных источников (Leighton et al., 1966; Breen, Mann, 1976; Mann, 1982). Важными факторами необратимости происшедших изменений являются: во-первых, плоское скалистое дно с незначительным уклоном, и во-вторых — отсутствие значительного прибоя, препятствующего прикреплению морских ежей к талломам бурых водорослей и придавливанию их ко дну. По данным литературных источников, даже незначительная плотность (около

Таблица 4.3.4. Изменение количественных показателей поселения многоиглых морских ежей в контрольной точке б. Опасной в результате интенсивного промысла в 1999 г.

Взятие проб	В	%	d	d*	Тип поселения
До промысла	3,7	82,3	36,3	31,7	КУ
После промысла	0,6	17,0	13,1	2,2	СР

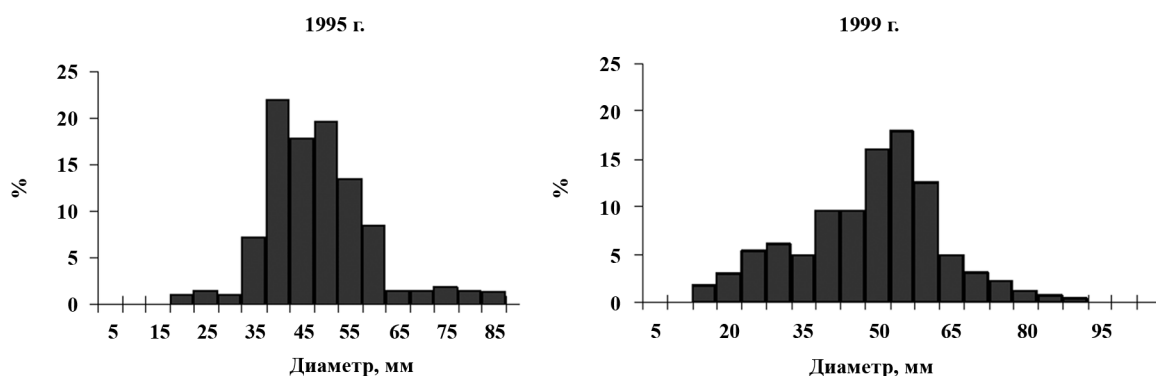


Рис. 4.3.4. Размерно-частотное распределение многоиглого морского ежа в районе б. Вилучинской на глубине 2–7 м в 1995 и 1999 гг.

10 экз./м²) (Leighton et al., 1966) или биомасса (не менее 150 г/м²) (Breen, Mann, 1976) некрупных морских ежей в зоне пустоши может являться фактором, препятствующим развитию водорослевого покрова, когда заростки бурых водорослей поедаются ежами непосредственно после их оседания на скалы.

Факторами, способными вывести экосистему из состояния устойчивого равновесия или не допустить ее вхождения в подобное состояние, могут служить либо снижение плотности морских ежей вследствие увеличения элиминации и уменьшения интенсивности оседания молоди, либо наличие периодической повышенной гидродинамики, высвобождающей прибрежные водоросли из-под пресса выедания морскими ежами.

Таким образом, процесс деградации поселений морских ежей может происходить как под влиянием излишне сильного пресса изъятия крупных особей из промыслового поселения, так и при его полном отсутствии.