

## ГЛАВА 6. ПРОМЫСЕЛ И ВОСПРОИЗВОДСТВО ПРОМЫСЛОВОГО ЗАПАСА

### 6.1. Промысел

#### 6.1.1. Краткая история промысла

История промысла морского ежа берет свое начало с незапамятных времен. Панцири морских ежей были извлечены археологами из мест захоронения пищевых отходов во время раскопок в Японии древних поселений периода неолита, датируемых еще периодом 8000 лет до н. э. – 200 лет н. э. Первое же упоминание о морских ежах или «gaze» [пристальный взгляд] в качестве пищевого продукта в японской литературе зафиксировано в 833 н. э. в «Ryonogike» — аннотации свода законов «Yoryo ritsuryo», принятого в 757 н. э. (Kawamura, 1969).

С античных времен морской еж был известен и в Европе. Как указывает А. Сойер (A. Soyer) в изданной им 150 лет назад книге «The Pantrophenon: or a history of food and its preparation in ancient times», античные греки знали рецепт деликатеса из гонад («икры») морского ежа. Они смешивали икру с уксусом, сладким подогретым вином, петрушкой и мятой. А у древних римлян, склонных к чревоугодию, в обиходе имела закуска для понижения аппетита, включавшая фаршированных морских ежей, начиненных смесью масла, сладкого вина и специй, а затем приготовленных на медленном огне (Lawtence, 2001).

Гонады морского ежа являются деликатесным и профилактическим продуктом питания населения многих стран Юго-Восточной Азии, прежде всего Японии и Китая, Океании и некоторых европейских и американских стран. Они съедаются в сыром виде или превращаются в различным образом консервированные продукты. В то же время на мелководьях юга Индии и прибрежных вод Шри-Ланки потомственные рыбаки собирают морских ежей для использования их панцирей и игл в качестве украшений и для декоративных целей. Гонады и все содержимое ежей выбрасываются: здесь они не пользуются спросом (Ramachandran, Terushige, 1991).

Индустрия добычи и переработки морского ежа сильнее всего в настоящее время развита в Японии, где поддерживается многовековая традиция употребления его не только как деликатеса, но и ритуального пищевого продукта, обеспечивающего, по бытующему здесь поверью, здоровье и долголетие. Для этого необходимо приобрести живого морского ежа, вскрыть его панцирь, выпить полостную жидкость, съесть хотя бы кусочек икры — и ваш организм будет полностью омоложен. Морской еж здесь часто используется и качестве новогоднего подарка. Традиции вынуждают Японию дополнительно к добываемому в прибрежных водах морскому ежу закупать его и продукцию из него в разных странах.

Мировой промысел морских ежей сконцентрирован на ограниченном числе видов: *Strongylocentrotus pulcherrimus*, *S. intermedius*, *S. franciscanus*, *S. droebachiensis*, *Mesocentrotus nudus*, *Anthocardis crassispina*, *Pseudocentrotus depressus*, *Tripneustes gratilla* и др. Основная продукция промысла — гонады обоих полов, обычно и называемые икрой. Кроме Японии, давние традиции потребления икры морских ежей есть во многих культурах стран Азии, в Полинезии, в Средиземноморье и в Чили. В последнее время наблюдается существенное активизирование промысла морских ежей в США, Канаде, Исландии, Чили, Перу. Наиболее крупными потребителями морских ежей является Франция и Япония, остальные страны производят добычу в основном с целью экспорта.

#### 6.1.2. Промысел в России

До недавнего времени морские ежи в морской промысловой практике России рассматривались лишь в качестве нежелательного прилова при добыче донных рыб, так как зачастую забивали тралы и снюрреводы и отнимали у рыбаков много времени для очистки орудий лова. Интерес к морскому ежу как объекту промысла начал расти к концу 80-х годов (до 1982 г. вылов был минимальным и составлял менее 500 т), когда в Приморье, по примеру Японии, впервые начали

организовывать водолазную добычу этого ценного морского животного. Попытки изготовления по собственной технологии и продажи икры морских ежей на отечественном рынке не принесли дальневосточным производителям желаемого успеха, так как не пользовались спросом у населения не только из-за экзотичности самого продукта, но и из-за его неумелого приготовления. Интенсивность промысла морских ежей в дальневосточном регионе начала резко возрастать только после установления сотрудничества с японскими фирмами и организации массовых поставок живого ежа на рынки Японии, являющейся наиболее крупной страной по импорту морского ежа.

Наиболее интенсивное развитие промысла началось в районах Северного и Южного Приморья, Сахалина и Южных Курильских островов. Это объясняется, во-первых, большими запасами серого морского ежа, являющегося традиционным и излюбленным видом для потребительского рынка Японии, во-вторых географической близостью этих районов к японскому рынку сбыта, что сводило к минимуму проблемы с транспортировкой улова в живом виде. Оба этих фактора значительно облегчили вхождение приморских производителей в весьма «капризный» и требовательный восточный рынок.

По-видимому, именно успехи дальневосточников воодушевили и промысловиков Севера. Наличие вдоль юго-западного побережья Баренцева моря значительных запасов зеленого морского ежа, являющегося хорошо адаптированным на японском рынке и одним из самых дорогих видов, послужило толчком к организации промысловых работ. Однако трудности, связанные с удаленностью мурманского региона от основного рынка сбыта, заставили пойти промысловиков по другому пути реализации пойманного ежа. Основной упор они сделали на разработку собственных технологий по производству новых продуктов из икры морских ежей и, на основе массовой рекламной кампании, их внедрение в российский рынок.

Промысел морских ежей в России сосредоточен на Дальнем Востоке (в Японском и Охотском морях, у берегов Камчатки и Сахалина, на Курильских островах) и у побережья Кольского п-ва в Баренцевом море (Bazhin, 1998; Keesing, Hall, 1998). При оптовой цене от 8,40 до 58,79 долл. США за 1 кг (Коммерческий бюллетень..., 1997) и сравнительно невысоких затратах на доставку в соседнюю Японию икра морских ежей приобрела в последние годы важную роль в качестве составляющей российского экспорта морепродуктов Приморья и Сахалина.

Статистика ФАО для России по всем иглокожим неполна и считается некоторыми авторами ненадежной. Вылов Советского Союза был очень небольшим; в 1986 г. он подскочил до 6328 т, до 1992 г. уловы колебались между 5000 и 6000 т, после чего резко снизились. Перед распадом Советского Союза в 1992 г. уловы России упали более чем наполовину. Начиная с 1999 года, уловы резко возросли (рис. 6.1). Запасы морских ежей у материкового япономорского побережья России составляют при этом более 34% от запасов во всем Дальневосточном бассейне (Прогноз..., 2000).

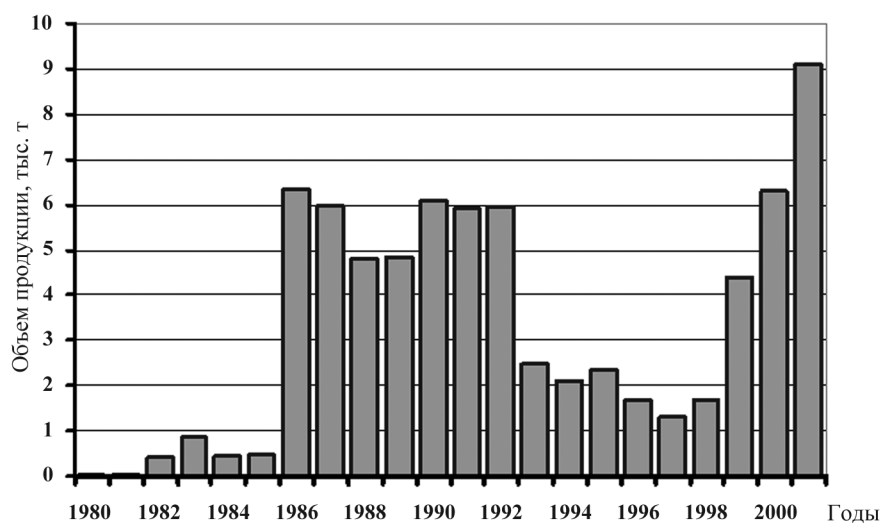


Рис. 6.1. Распределение уловов морских ежей в России с 1980 по 2001 гг. (Гоконаев, 2006)

Российский промысел в прибрежных водах Японского моря и у охотоморского побережья Сахалина преимущественно ограничен добычей *S. intermedius* и *M. nudus* (последний в относительно малых количествах). Дальше к северу, на Камчатке и от м. Лопатка до Командорских островов, добывают, в основном, морского ежа *S. polyacanthus*, массовый нерест которого происходит в сентябре–октябре. В результате исследований 1985–1988 гг. найдено, что средняя биомасса *S. polyacanthus* в районе Авачинского и Кроноцкого заливов варьирует от 170 до 303 г/м<sup>2</sup>, *S. droebachiensis* — в среднем составляет 132 г/м<sup>2</sup>, *S. pallidus* — 32 г/м<sup>2</sup>. Многолетние наблюдения показали, что последние два вида нерестятся в июле–октябре и в мае–июне, соответственно. В Корфо-Карагинском заливе отмечена значительная биомасса глубоководных ежей, составляющая около 240 тыс. т (Бажин и др., 1990; Архипова, Яковлев, 1994; Архипова, 2000).

На Камчатке лов идет с 1992 г. Ежегодно вылавливают менее 90 т (более 6% общего легального вылова) *S. polyacanthus*. Лов уже вызвал изменения в структуре населения многих местобитаний, особенно на юго-востоке, но нет никаких признаков, что он значительно уменьшил запасы. Плотность поселения морских ежей на некоторых участках увеличилась, и есть данные, что крупные животные замещены здесь меньшими по размеру особями, мигрирующими в прибрежье с больших глубин, часто с участков с пониженной продуктивностью среды. Отдаленность промысловых районов, тяжелые льды и неразвитость береговой инфраструктуры препятствуют здесь развитию этого вида промысла.

У Курильских островов промысляют *S. intermedius*, и в 2000 г. Япония импортировала отсюда 3300 т морских ежей. Большая часть этого вылова была переработана на Хоккайдо (Y. Agatsuma, перс. сообщ.). Хотя *S. droebachiensis* и *S. pallidus* довольно многочисленны и рассматриваются как потенциальные объекты промысла, спрос на них пока мал и добыча невелика. Большинство морских ежей, выловленных в России, отправляют на Хоккайдо в живом виде.

Морские ежи у Кольского п-ова (основной вид *S. droebachiensis*) добываются в очень небольшом объеме. В 2001 г., например, добыто 30 т (промышленный лов производится аквалангистами всего одной рыболовецкой фирмы). После 2002 года объемы вылова не превышали 10 т, в 2008 году вылов составил 200 кг (из которых половина выловлена катерами ПИНРО), а в 2009 году вылов составил около 3 тонн. В продаже икры в Мурманске нет, попробовать ее можно только в некоторых ресторанах. Подается она в свежем виде прямо в половинке расколотого панциря ежа.

В начале 1990-х годов промысловый запас мест наибольшей концентрации был определен примерно в 7 тыс. т. Причем к изъятию на первом этапе здесь было рекомендовано не более 20% промыслового запаса (1,42 тыс. т) с последующей корректировкой по результатам оценки степени влияния промысла на популяцию. Промысловые скопления плотностью выше 10 экз./м<sup>2</sup> на глубине 1–16 м были обнаружены на участках с повышенной гидродинамикой, преимущественно с жестким валунно-галечным и скалистым грунтом. Многие участки обследованных заливов, губ и бухт с песчаными и заиленными грунтами имели значительно более низкую численность ежа и оказались не пригодными для промысла. Промысловым размером считается диаметр панцирей от 50 мм и более, с массой от 75 до 125 г. Наибольший диаметр панциря и массу морской еж имеет в январе–июне — от 45 до 80 мм при массе от 60 до 170 г, соответственно (Лебская и др., 1998). Общее представление о распределении изученных промысловых скоплений дает рисунок 6.1.2.2.

Резервом увеличения объема добычи на Кольском п-ове может стать освоение новых, еще детально не обследованных районов Мурманского побережья и воронки Белого моря. Анализ фондовых материалов позволяет оценить потенциальный запас морского ежа у берегов Кольского п-ова на уровне 20–25 тыс. т, что соответствует уровню ежегодной добычи 4–5 тыс. т (Сенников, Матюшкин, 1996).

По прогнозам ТИНРО-Центра, оптимальный допустимый улов (ОДУ) *M. nudus*, *S. intermedius* и *S. pallidus* у побережья Приморья в период с 1996 по 2000 гг. колебался в пределах 1,52–3,37 тыс. т (по годам это составляло: 1996 г. — 2,06; 1997 — 3,19; 1998 — 3,37; 1999 — 1,52 и 2000 г. — 2,42). Доля официально добытого ежа в 1996–1998 гг. здесь составила всего 30% от ОДУ.

В зал. Петра Великого началось освоение запасов *S. intermedius* и *M. nudus*, промысловой мерой для которых принят диаметр панциря 45 и 50 мм соответственно. Из-за более высоких товарных показателей гонад предпочтение отдается *S. intermedius*. В 1997 г., согласно официальной статистике, в среднем по заливу выловлено 68% от рекомендованного ОДУ. Промысел

*M. nudus* только начинает развиваться. В 1997 г. его добыча составила 38 т — лишь 8% ОДУ, хотя биомасса этого вида в местах расселения остается достаточно высокой для всей акватории залива — 200–500 г/м<sup>2</sup>. К промысловому изъятию для обоих видов здесь предлагается 156 т (16%, среднее между максимально допустимым уровнем 23% и традиционным — 10%).

В Среднем и Северном Приморье (от мыса Поворотного до мыса Туманного) объем вылова *S. intermedius* предполагалось в 2000 г. поднять до 900 т. Перспективным объектом промысла здесь считается и *S. pallidus*, промысловый запас которого на глубинах 50–300 м примерно оценивается в 10 тыс. т при ОДУ 1000 т. С учетом отсутствия эффективных орудий лова и приманок для таких глубин, недоработанности тактики и стратегии промысла, вылов его предполагается только в режиме контрольного лова и вряд ли будет превосходить половину ОДУ. Промысловые запасы *M. nudus* в Северном Приморье незначительны (около 800 т), на 2000 г. ОДУ для него было определено в 80 т, из них 20 т — в режиме контрольного лова (Кафанов, Павлючков, 2001).

Промысел *S. intermedius* в настоящее время ведется далеко не повсеместно. Так, попытки организации добычи этого вида у берегов Северных Курил, южной оконечности Камчатки и у Шантарских островов до сих пор заканчивались на подготовительном этапе, доходя, в лучшем случае, до проведения неполной гидробиологической съемки. И хотя результаты ее подтверждали наличие интересующего промысловиков объекта в удовлетворительном для лова количестве и приемлемой для покупателей кондиции, однако ряд обстоятельств отпугивал потенциальных организаторов лова.

В основном это:

- сильные приливно-отливные течения в районах лова, что значительно сокращает периоды эффективной добычи в течение суток, по сравнению с более южными районами российского Дальнего Востока;
- удаленность районов промысла от портов оформления и портов назначения в Японии, что делает практически невозможной своевременную доставку в Японию кондиционного ежа традиционными средствами;
- отсутствие регулярного воздушного сообщения между российским побережьем и Японией, которое в принципе могло бы решить проблему транспортировки выловленного ежа и готовой продукции, т. е. икры.

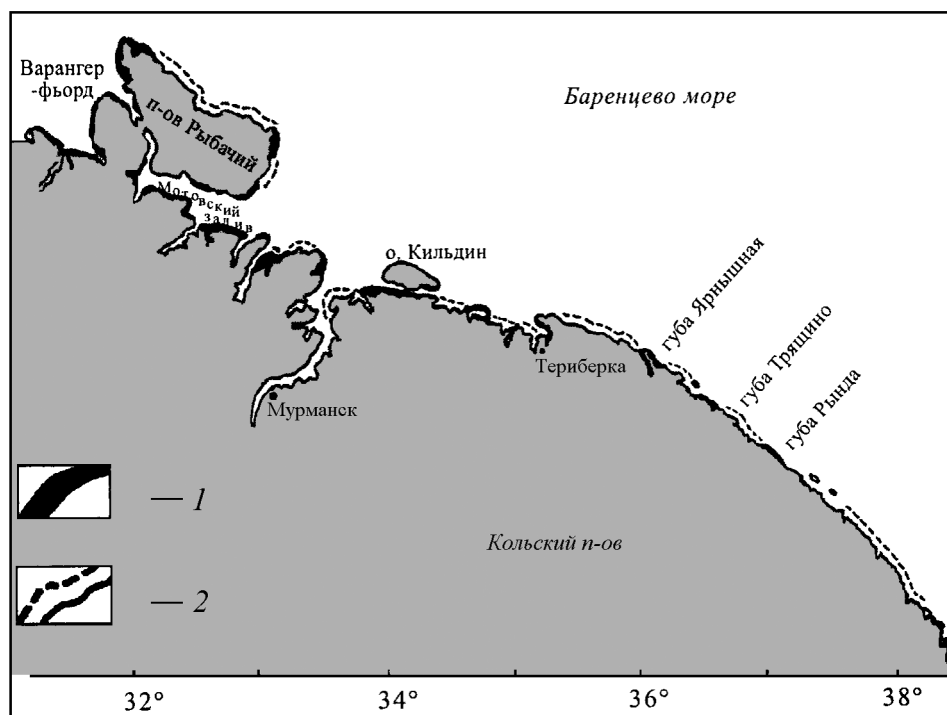


Рис. 6.1.2.2. Распределение промысловых скоплений *S. droebachiensis* у Мурманского побережья (по: Сеников, Матюшкин, 1996): 1 — районы исследований 1993–1995 гг., 2 — перспективные по геоморфологическим и гидрологическим условиям районы

Таким образом, пригодных для экспорта районов добычи серого ежа на российском Дальнем Востоке три: Приморский край, Сахалин и Южно-Курильские острова. Рассматривать Хабаровский край как район, в котором добывается *S. intermedius*, сейчас серьезно нельзя. Вот экспертное мнение приморского представителя в пров. Отару (цитируется по его отчету): «4–5 лет назад хабаровчане делали пробные поставки морских ежей в провинцию Отару, от которых японцы приходили в ужас. Их еж давал результат по гонадному индексу 2–3, максимум 4%. Еж был по преимуществу полупустой с темными тонкими гонадами. В последние два года качество хабаровского ежа заметно изменилось к лучшему. Но подвозимый хабаровчанами еж по своим характеристикам очень напоминает приморского ежа из района рыбозавода Светлая. Именно в этом районе неоднократно видели транспорт хабаровчан приморские добывающие бригады и в прошлом, и в этом году» (Скорик, 1999). Добываемый в небольших количествах на Камчатке еж практически целиком идет на внутренний рынок.

Промысел ежа в течение года в дальневосточных водах в типичном случае имеет два периода, плавно сменяющих друг друга. Они формируются за счет смены промысловой активности на Сахалине и Курилах, где добыча обычно ведется с ноября по май включительно, на промысел в Приморье, начинающийся в конце апреля, достигающий пика в июне–июле и затухающий в августе. Смена промысловой активности по районам связана с различными сроками созревания половых продуктов у большей части популяции.

Развитие рынка морского ежа и продуктов из него собственно в России пока находится в зачаточном состоянии. На отечественном рынке трудно найти даже соленую икру, не говоря уж о свежей. Вероятно, по мере развития системы профилактического питания и создания сети суши-баров, потребность в свежей и консервированной икре увеличится, а отечественный морской еж станет востребованным в стране пищевым продуктом. Кроме того, производители надеются на постоянно растущий интерес к биологически активным препаратам и пищевым добавкам из панциря и гонад морского ежа, что также со временем может интенсифицировать его промысел и даже разведение.

### 6.1.3. Краткая коммерческая характеристика видов

**Зеленый морской еж** *Strongylocentrotus droebachiensis* — традиционный промысловый вид морского ежа, в течение десятка лет импортируемого в Японию из США, Канады и Исландии. По своей стоимости и по качеству икры стоит на том же месте, что и традиционный **серый еж** *Strongylocentrotus intermedius*, распространенный на севере Японии, в Приморье и на Сахалине. **Многоиглый морской еж** *Strongylocentrotus polyacanthus* — новый объект на японском рынке и известен лишь в течение 2–3 лет с начала нерегулярных и малочисленных поставок (ряд которых из-за неопытности поставщиков был неудовлетворительного качества) с побережья Камчатки. По оценке японских специалистов, имеет высокие вкусовые качества, но не всегда отвечает высоким требованиям, предъявляемым к цветовым характеристикам икры. Встречающийся здесь темный цвет икры многоиглого ежа обусловлен отнюдь не его специфическими видовыми свойствами или неблагоприятными условиями вдоль побережья Восточной Камчатки, а отсутствием оптимального промыслового изъятия крупных и старых особей.

В качестве промыслового объекта **палевый морской еж** *Strongylocentrotus pallidus* известен в Японии, но, несмотря на высокие потребительские качества икры (цвет и наполняемость икры), в настоящее время, по-видимому, не имеет спроса на японском рынке. С точки зрения японских специалистов, вкус его икры отличается от такового традиционно используемых видов из-за высокой жирности. Согласно устному заявлению А.В. Шацкого (ФГУП ПИНРО), палевый морской еж в Баренцевом море резко отличается от зеленого качеством икры в худшую сторону. Цвет, за редким исключением, грязно-желтый, а то и просто черный.

В настоящее время в прикамчатских водах в качестве промысловых видов рассматриваются только многоиглый и зеленый морские ежи. Палевый еж, ввиду хрупкой скорлупы и отсутствия опыта промысла дистанционными орудиями лова (ловушками) на глубине 30–150 м, промыслом не охвачен. Однако существуют сведения, что на Аляске (США) данный вид добывается в больших количествах дистанционными орудиями лова.

#### 6.1.4. Критерии для достижения оптимального вылова

Для промысловиков особое значение имеет знание календарных сроков зрелости гонад, количества и качества икры в особях морских ежей разного размера, получаемой от разных видов на различных участках дна.

Общее количество икры морских ежей, которое способен дать облавливаемый участок дна, зависит от его площади, плотности скоплений, возрастной структуры запаса, состояния кормовой базы и правильного выбора сезона добычи. Для районов, лишенных предпочтительных для морских ежей видов водорослей, характерен недостаточный выход или бледный цвет гонад, а оба эти показателя весьма важны для переработчиков (Kato, Schroeter, 1985).

По мере развития особей размер их панциря, объем и масса гонад увеличиваются не одинаково. Примерно пропорциональное увеличение происходит только до некоторого момента, наступающего вскоре после достижения репродуктивного возраста. Например, *S. franciscanus* на западном побережье США впервые нерестится в возрасте двух лет при диаметре панциря 50 мм. После этого относительный размер и масса гонад могут не только не увеличиваться, но даже падать. Поэтому размер морского ежа с некоторого момента перестает являться критерием его продуктивности. На примере этого вида было показано, что отношение массы гонад к диаметру панциря увеличивается с ростом размера до тех пор, пока еж не достигнет 95 мм, после чего отношение несколько уменьшается (Bernard, 1977).

Подобный результат был получен и при изучении морского ежа *Lytechinus variegatus* на восточном побережье (Moore et al., 1963). Общий выход половых продуктов при нересте (рис. 6.1.4.1, а) был больше для крупных ежей (но не для самого крупноразмерного класса), однако более мелкие морские ежи были относительно более продуктивны (рис. 6.1.4.1, б). Таким образом, чтобы оценивать суммарный нерестовый потенциал популяции морского ежа, необходимо знать относительное содержание особей различного размера, равно как и количество половых продуктов, продуцируемых особями в отдельных градациях по размерам. Кроме того, по мере достижения «репродуктивной дряхлости» ухудшается и товарное качество гонад, снижающее рыночную стоимость крупных экземпляров (Kato, Schroeter, 1985).

С достижением половой зрелости связано еще одно обстоятельство. В течение репродуктивного периода условия обитания настолько сильно влияют на размер ежа, что само соотношение возраст–размер становится ненадежным и уже не может использоваться в качестве критерия оптимизации промысла. С учетом сказанного, для обеспечения оптимально долговременного выхода икры необходимо собирать урожай ежа начиная с некоторого размера после достижения зрелости и вступления в репродуктивный возраст до момента, предшествующего дряхлению. Соответствующие размеры для каждого региона и вида эксплуатируемой популяции различны и не поддаются точному ранжированию. Для оценки возможного получения икры важны и связанные с местами обитания локальные вариации в популяциях ежей. Различия отдельных мест по времени нереста, развитию пополнения, обеспеченности пищей, соматическому и гонадному росту будут приводить к различию в урожайности. Поэтому для более надежного определения потенциальной урожайности каждого района необходимо экспериментально определять соответствующие размерные ряды (Gordon, 1972).

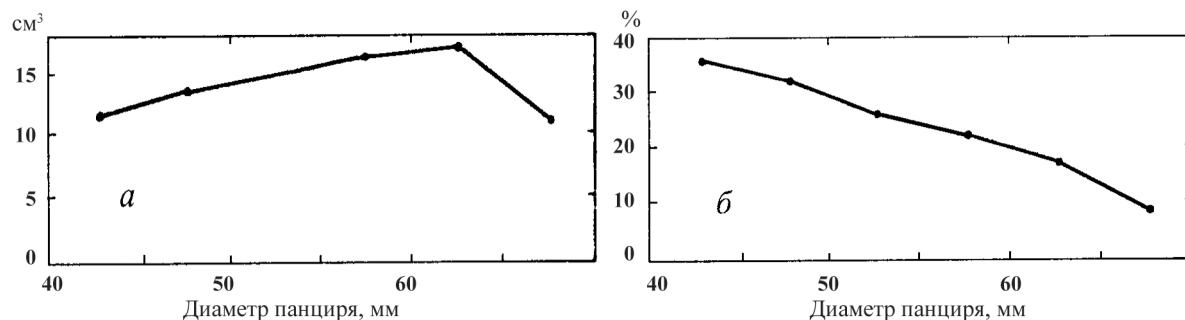


Рис. 6.1.4.1. Выход половых продуктов в зависимости от диаметра панциря для морского ежа *Lytechinus variegatus* (по: Moore et al., 1963): а — годовая продукция, см³; б — годовая продукция, проценты от объема панциря

Нужно также иметь в виду, что даже в сравнительно малоудаленных районах одного региона могут существенно изменяться такие промысловые параметры как плотность скоплений и сроки нереста. Если, например, у берегов Западного Мурмана (Варангер-фьорд, п-ов Рыбачий, Мотовский залив) средняя численность ежа в локальных скоплениях достигала 22 экз./м<sup>2</sup> при биомассе до 2 кг/м<sup>2</sup>, то на Восточном Мурмане эти показатели были выше: до 30 экз./м<sup>2</sup> и 3,6 кг/м<sup>2</sup> соответственно (крайние точки районов разнесены примерно на 600 км). При этом коэффициент агрегированности (доля покрытия площади скоплениями) в первом случае достигал 0,4, а во втором — только 0,3. Несколько отличается здесь и размерный состав ежа (рис. 6.1.4.2).

Исследованные районы также существенно различались сроками нереста. Анализ материалов наблюдений предыдущих лет и сезонные наблюдения в Мотовском заливе в 1994–1995 гг. показали, что массовый нерест морского ежа по мере продвижения на восток смещается от февраля–апреля в западных районах к июню на границе с Белым морем. Поэтому, исходя из имеющихся данных по репродуктивной биологии вида, добыча *S. droebachiensis* рекомендуется с ноября – начала декабря (при гонадном индексе 10–11%) с постепенным смещением промысла в восточные районы побережья, где завершать его можно в июне – начале июля (Сенников, Матюшкин, 1996).

Для оценки развития гонад принято использовать гонадные индексы, так или иначе характеризующие выход гонад по отношению к массовым или размерным характеристикам самого ежа. Этот показатель используется в коммерческих операциях как один из основных критериев качества продукта. Разные авторы определяют размер гонад, используя различные соотношения для гонадных индексов (The fishery..., 1976):

Масса гонад / Диаметр панциря × 100;

Масса гонад / Полная масса тела × 100;

Объем гонад / Общая масса тела × 100.

Наиболее часто применяется второй вариант, которым проще всего воспользоваться в полевых условиях. Определение гонадного индекса — единственный способ оценки репродуктивного состояния морского ежа на макроуровне. При оценке степени наполнения ежей на данном участке побережья или в поставляемой партии производят выборку (статистически достоверное количество — не менее 30) особей промыслового размера и высчитывают средний гонадный индекс.

Резкая потеря гонадами объема (массы), подтверждающаяся снижением гонадного индекса, показывает, что имеет место нерест (Kato, Schroeter, 1985). Во время нереста, а также за 1–1,5 месяца до его начала в поселениях начинает увеличиваться количество морских ежей, икра которых приобретает качества, делающие ее непригодной для коммерческого использования. Она становится рыхлой, полужидкой консистенции, и на поверхности появляются выделения половых продуктов (белого у самцов и желтого у самок цвета, то есть «течет»).

Наиболее благоприятный период лова — в течение 2–4 месяцев до начала нерестового периода, в зависимости от климатических вариаций. Следует отметить, что разные поселения ежей отличаются по скорости созревания из-за температуры воды и обилия пищи, поэтому сроки добычи могут варьировать даже между поселениями в пределах одной бухты.

Очевидно, что большие величины индексов соответствуют более крупным гонадам. Однако сами по себе индексы дают ограниченную информацию о последних: для того, чтобы сделать какие-то выводы на основе анализа индексов, необходимо иметь последовательность измерений.

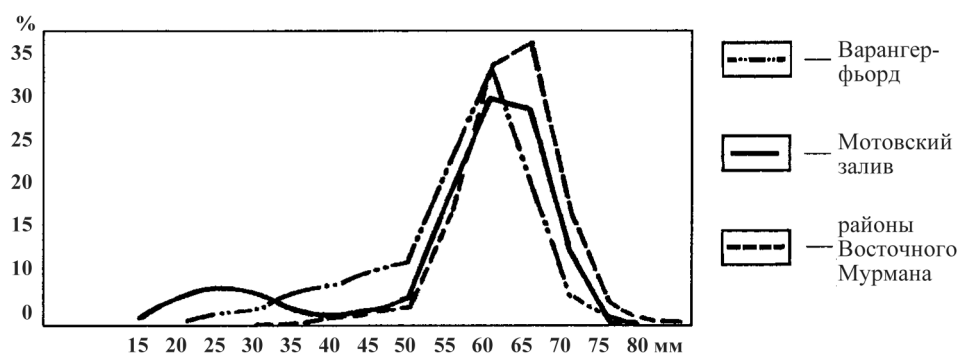


Рис. 6.1.4.2. Размерный состав морского ежа *S. droebachiensis* (по: Сенников, Матюшкин, 1996)

Так, оценка изменения индекса в зависимости от репродуктивной стадии позволяет выявить период развития, соответствующий максимуму продуктивности (рис. 6.1.4.3, а, б). Если одновременно определять содержание влаги в гонадах, то можно судить и об их качестве. Из графиков рисунка 6.1.4.3 (б) видно, что для женских особей ежей достижение максимума гонадного индекса соответствует зоне снижения качества вследствие наступающего обводнения гонад. Этот факт и то обстоятельство, что индексы не дают правильного представления для сравнения при переходе от одного годового класса к другому (индексы сначала резко увеличиваются с размером, а затем падают), создает некоторую неопределенность и позволяет утверждать, что пользоваться ими можно только для оценочной аппроксимации стадии зрелости или качества гонад.

Проведение соответствующих измерений необходимо для вновь включаемых в промысел популяций с целью определения начала нереста, после которого происходит быстрое падение индекса. При крупномасштабном промысле подобные измерения крайне полезны для мониторинга нереста с целью определения сроков начала и прекращения промысла, год от года варьирующих.

Помимо гонадного индекса, одними из важных критериев при оценке качества икры являются цвет и консистенция гонад.

После вскрытия панциря проводится визуальная сортировка икры по цвету:

- 1 сорт — желтая и красновато-желтая икра;
- 2 сорт — серая икра различных оттенков;
- 3 сорт — черная и коричневая икра, икра со следами выделения половых продуктов.

По консистенции более ценной считается плотная икра, сохраняющая форму ястычков после извлечения из панциря. При появлении на поверхности икры половых продуктов белого (у самцов) или желтого (у самок) цвета в значительных количествах икра считается бракованной.

Определяющими факторами, влияющими на состояние икры, являются:

- а) обилие и состав пищи морских ежей — чем более обильна пища, состоящая из морских водорослей, тем больше гонадный индекс и оттенок приобретает более светлые тона;
- б) возраст морских ежей — наиболее качественная во всех отношениях икра наблюдается у молодых и здоровых особей, по мере старения и приближения размеров к максимальному икра приобретает темные оттенки и уменьшается в размерах;

в) степень благоприятности местообитания морских ежей — в оптимальных местообитаниях со скалистым грунтом, глубиной не более 10–15 м, умеренным или слабым прибоем, нормальной океанической соленостью (32–33‰) и отсутствием загрязняющего стока качество и количество икры, как правило, выше;

г) сезон вылова — наиболее плотная по консистенции и крупная икра начинает встречаться за 2–3 месяца до начала нереста и резко теряет в качестве после его начала.

На практике оценка предполагаемой стоимости икры в поставляемой с заданного морского участка партии морского ежа с учетом градаций по сортам может быть сделана с учетом приведенного к высшему сорту гонадного индекса. Для этого необходимо собрать репрезентативную случайную выборку (не менее 0,2% от общей массы ежей), взвесить и пронумеровать каждый образец, отобрать и взвесить икру, рассортировать ее по сортам, для которых покупателем устанавливается условная градация стоимости от 1 до 0, после чего определить гонадные индексы каждого сорта и просуммировать их, предварительно помножив на условную стоимость.

На примере работ зарубежных специалистов отметим еще раз некоторые особенности промысловой биологии морского ежа, которые полезно учитывать при ведении его промысла. Так, выход икры максимален перед нерестом, когда

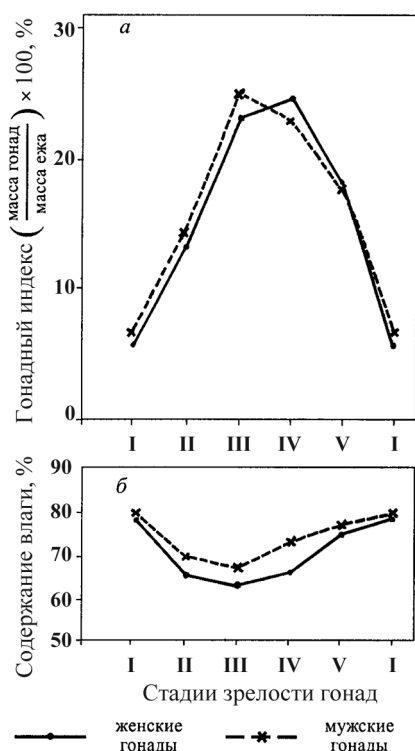


Рис. 6.1.4.3. Изменение массы (а) и насыщения жидкостью (б) гонад *S. intermedius* по мере их созревания (по: The fishery..., 1976)



он может достигать 10 и более процентов от общей массы тела животного. Однако в течение цикла репродуктивной активности насыщение гонад водой является причиной эксудации некоторого количества выделений гонадных субстанций, что снижает товарные качества гонад. Таким образом, икра имеет наилучшее качество незадолго до того, как зрелые гонады начнут активно абсорбировать воду, подготавливаясь к выбросу половых продуктов. После нереста гонады уменьшаются в размере, и выход икры становится слишком мал для экономически оправданного использования, снижаясь примерно в два и более раза по сравнению с максимальным (Kato, Schroeter, 1985).

Наиболее крупный промысел ежей, естественно, возможен в теплом климате, но и там он, в соответствии с гонадным циклом, является сезонным. Отнерестившиеся особи дают икру низкого качества, и лучше собирать урожай ежей с высококачественной икрой в течение периода быстрого роста гонад. Так, для *S. franciscanus* Северной Пацифики это лучше делать в осенне-зимний период (Sloan, 1986); у берегов Японии лов *M. nudus* ограничен июлем–августом, за исключением прол. Цугару, а в префектурах Аомори, Ивате и Мияги ловят с апреля по август.

Для *S. droebachiensis* в районе Кольского п-ова гонадные индексы самок и самцов бывают максимальными с января по июнь, что свидетельствует о прохождении нереста в этот период. Однако колебания гонадного индекса отражают значительную вариабельность сроков созревания даже отдельных особей. При взятии проб было отмечено также различие во времени созревания половых клеток в пределах одной половой железы. У самок масса гонад в преднерестовые периоды колебалась от 10 до 26%, в посленерестовый — от 2,7 до 5%. Наибольший выход икры (в среднем 12%) выявлен в марте–апреле, наименьший (7%) — в ноябре. Аналогичная картина наблюдалась и у самцов (Лебская и др., 1998).

Необходимым условием для обеспечения оптимального вылова является достаточно плотное поселение морских ежей промыслового размера (промысловыми считаются морские ежи с диаметром панциря не менее 50 мм). Наличие скоплений животных на дне обеспечивает эффективную работу водолазов и высокую производительность добывающей единицы.

Еще один важный для организации добычи морского ежа параметр — продолжительность периода, требующегося гонадам для восстановления их объема после нереста. Есть указания и на то, что возможны различные промежутки времени между нерестом и полным восстановлением. По полученным данным, для ежей, нерестившихся с декабря до конца января, период восстановления гонад оказался достаточно протяженным и длился с весны до начала лета (Kato, Schroeter, 1985). С другой стороны, в Британской Колумбии гонадный индекс *S. franciscanus* восстанавливался на 80% от максимального уровня уже к октябрю, т. е. всего через месяц после нереста, максимального же размера гонады достигали в мае (Bernard, 1977). Это различие также может быть следствием флуктуаций обилия пищи, оказывающейся доступной соответствующей популяции.

#### 6.1.5. Разведка промыслового запаса

Для организации хорошо организованного и успешного промысла в условиях быстро меняющихся погодных условий и не всегда надежной предсказуемостью качества эксплуатируемых поселений морских ежей важно своевременно и адекватно оценивать ситуацию при добыче. Для этих целей целесообразно проводить оперативную разведку предполагаемого района добычи малыми группами. Обычно это выполняют водолаз и обеспечивающий его на быстроходной лодке помощник. Однако зачастую, чтобы обнаружить и оконтурить скопление, необходимо провести большое количество спусков, которое требует значительных усилий и затрат времени. Предлагается использовать несложное и эффективное устройство («швабра») для экспресс-анализа характера грунта, количества и качества морских ежей на дне (рис. 6.1.5.1, 6.1.5.2).

Отрезки капронового каната привязываются к металлической трубе таким образом, чтобы его свободные части свободно свисали, после чего они тщательно распушаются. На нижнюю часть груза после каждой пробы наносится слой солидола или подобной смазки для прилипания частиц грунта. После кратковременного опускания на поверхность дна и протаскивания по его поверхности швабра поднимается на борт плавсредства и проводятся осмотр нижней части груза и анализ количества и качества морских ежей, впутавшихся в волокна каната. По маркам метража одновременно прослеживают глубину в месте взятия пробы. Применение устройства значительно снижает затраты времени и усилий по поискам перспективных для промысла точек.

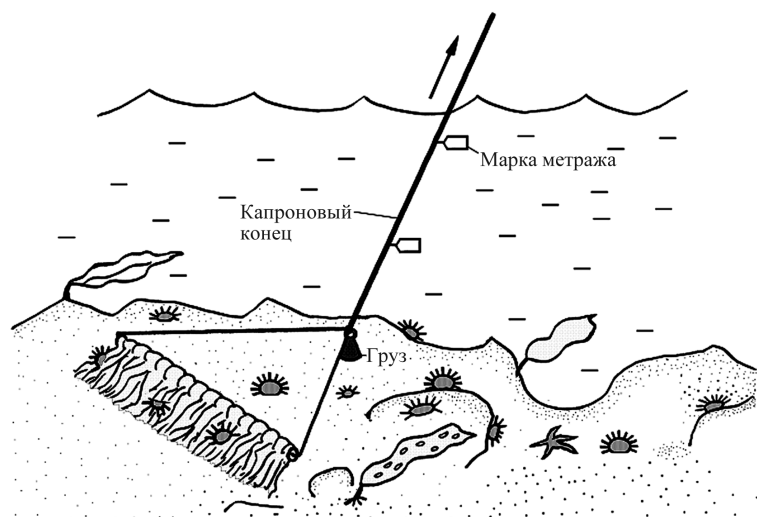


Рис. 6.1.5.1. Схема действия «швабры» при выполнении экспресс-анализа дна

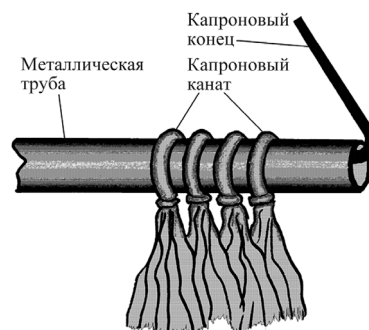


Рис. 6.1.5.2. Фрагмент устройства «швабры»

### 6.1.6. Способы и орудия лова

Способы добычи морского ежа в основном зависят от глубины, на которой обнаружены его скопления, рельефа дна и гидрологических условий (точнее, степени прибойности). Так, в приливно-отливной зоне или на отмелях для сбора ежей рыбаку достаточно вооружиться болотными сапогами, сачком или просто перчатками. На несколько более глубокой воде, работая уже в специальном комбинезоне, рыбаки используют скребки, грабли или небольшие рыболовные сети на длинной рукоятке, крючья и даже копыя. Для лучшего обзора дна можно использовать ящик со стеклом или маску. Если глубина требует применения плавсредства, используется небольшая лодка, оснащенная в донной части застекленным смотровым ящиком. Наконец, при нескольких больших глубинах ежей могут собирать аквалангисты или водолазы в шланговом снаряжении. Если глубины уже не позволяют или есть другие ограничения на использование водолазного труда (например, сильные течения, волнение, плохая видимость, сложный рельеф или сочетание различных факторов), используют различные драги, например гребешковые, донные тралы и ловушки (Kato, Schroeter, 1985; Левин, 1994). В.С. Левин (1994) приводит общий анализ современных орудий для лова донных беспозвоночных (рис. 6.1.6.1) и рассматривает некоторые его теоретические аспекты, в частности методы определения уловистости различных орудий, особенности водолаза как сверхселективного «орудия лова» и др.

Наиболее щадящий режим лова обеспечивают сборщики, ныряльщики и водолазы. В Японии, например, на мелководьях западного побережья Хонсю и Кюсю (глубины 3–5 м) ежей собирают женщины-ныряльщицы «ама». Время лова устанавливается с 8 утра до 15 ч, что служит консервативной мерой ограничения промыслового усилия. Один человек собирает примерно 5 кг гонад в день. В других регионах ежей добывают сетями, бимтралом и используя другие методы. На побережье п-ова Хидака (о. Хоккайдо) *S. intermedius* собирают от отливной зоны сетью для драгирования, которая запутывает морских ежей. В то же время в водах Хоккайдо развит водолазный промысел. Почти 90% морских ежей, собранных в Южной Корее (рис. 6.1.6.2), также добывают женщины-ныряльщицы (известны как «Хае-нуео», или «женщины моря»).

#### 6.1.6.1. Водолазный промысел

В последние годы интенсифицировался лов с помощью водолазного снаряжения, который по объему уловов фактически приходит на смену традиционным методам. Работа проводится, как правило, водолазной группой из 3–5 человек на пластиковом боте. При больших объемах добычи количество водолазных групп может быть увеличено до трех. Большее увеличение групп, как показала практика, нецелесообразно. Один человек (при хорошем улове — два) стоит на приемке и перегрузке пойманного ежа и обеспечивает безопасность работающих под водой водолазов.

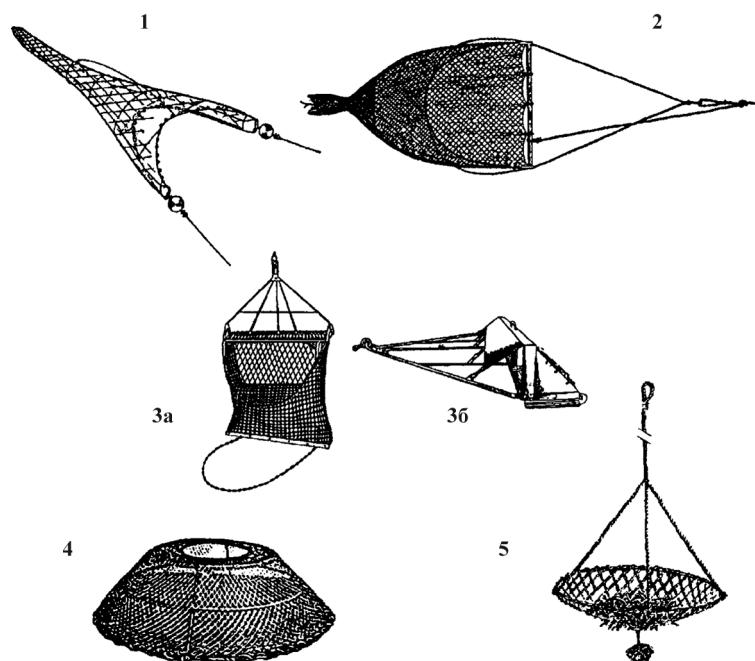


Рис. 6.1.6.1. Современные орудия, используемые для лова донных беспозвоночных и в том числе морского ежа (по: Левин, 1994): 1 — донный трал; 2 — бимтрал; 3 а, б — гребешковые драги; 4 — круглая коническая ловушка для лова трубача; 5 — традиционная японская ловушка



Рис. 6.1.6.2. Общий вылов морских ежей и улов на единицу промыслового усилия (CPUE) ныряльщиков и судов в Корее, т (по: Andrew et al., 2002)

Сбор ежа проводится в питомзу, которая представляет собой объемный сеточный мешок из грубой капроновой дели с входным отверстием, укрепленным рамкой с рукояткой из 5–10 мм стального прута. В нижней части сетного мешка имеется шворка для выгрузки улова. После заполнения питомзы водолаз передает ее на бот и продолжает сбор в следующую питомзу. При появлении водолаза на поверхности воды обеспечивающий метает ему выброску и подтягивает к борту бота в целях экономии времени разгрузки и сил водолаза. Пойманный еж сыпается в накопители, привязанные к борту бота и находящиеся в полуприотпленном положении. Накопители представляют собой стандартные конические трубачовые или крабовые ловушки, обшитые изнутри дополнительным слоем мелкой дели.

По мере наполнения ловушек, при необходимости отсрочки погрузки на транспортное судно, они транспортируются от берега и затапливаются на глубине не менее 12–15 м в малоприбойном месте с привязанными буйми. В таком положении еж может храниться до погрузки на транспортное судно в течение 1–3 суток. Более низкая температура воды, пониженное солнечное излучение и отсутствие травмирующих механических воздействий обеспечивают хранение ежей без ухудшения их качества. В процессе промысла дежурный механик на борту судна-матки производит забивку аквалангов сжатым воздухом и транспортирует их на моторной лодке к месту промысла по мере расходования воздуха. Комплект фирменного водолазного снаряжения, включающего сухой костюм, ласты, маску, свинцовые груза, легочный аппарат, консоль с манометром, глубиномером и компасом, спинку для баллона и два баллона, стоит 1,5–2 тыс. американских долларов. Использование отечественной легководолазной техники значительно уменьшает затраты на покупку, однако снижает эффективность работы и увеличивает риск водолазных спусков.

Профессиональный водолаз может работать под водой на добыче 2–3 часа в день, для этого ему требуется от 2 до 3 свежезабитых баллонов с воздухом при работе на глубине 2–7 м. Для забивки баллонов используются судовые воздушные компрессоры, развивающие давление до 180–200 кг/см<sup>2</sup>. Для очистки воздуха применяют специальные фильтры. Улов в день на одного водолаза может колебаться от 200 до 500 кг, в зависимости от погодных условий, плотности ежа и опытности сборщика. Положительная сторона водолазного промысла — высокая продуктивность и селективность сбора. Отрицательная сторона — большие затраты (оплата водолазам колеблется от 50 центов до 1 американского доллара за 1 кг пойманного ежа) и тяжесть работы для водолазов под водой.

#### 6.1.6.2. Снюрреводы и драги

Менее щадящий способ добычи — драгирование. Недостаток его состоит в том, что при его использовании разрушается все морское сообщество, а кроме того, изымаются ежи, неподходящие по размеру и сезону промысла. Повреждения, происходящие во время траления, могут стать причиной гибели попутно вылавливаемых некондиционных ежей и других животных даже в том случае, если принимаются меры по их возврату в среду обитания. Разрушается также и водорослевый покров (The fishery..., 1976).

При данном способе добычи морские ежи получают механические повреждения, выражающиеся, главным образом, в «облысении», реже — в проломе панциря. В результате они становятся непригодны для хранения и транспортировки в живом охлажденном виде, и годятся только для немедленной переработки на борту судна.

Положительной стороной этого типа лова является высокая вероятность получения больших уловов при относительно небольших затратах, а также высокая безопасность работ.

Исследования, выполненные, например, в 1993–1995 гг. в Баренцевом море сотрудниками ПИНРО, показали, что уловы ежей различных типов драг с шириной захвата от 1 до 1,5 м в отдельных случаях доходили до 100–150 кг за 10 минут лова. Однако анализ размерного состава уловов (рис. 6.1.6.2.1) все же заставляет отдать предпочтение специализированной водолазной добыче, а в некоторых случаях и ловушечной. Кроме того, при выборе способа лова необходимо помнить, что на восстановление последствий траления часто требуются длительные промежутки времени, продолжительность которых зависит от географических особенностей районов и конструкций тралящих орудий лова (Сенников, Матюшкин, 1994, 1996; Левин, Коробков, 1998).

Во Франции, в Японии, на восточном (Атлантическом) побережье США (штат Мэн), в Канаде (провинция Нью-Брансуик) и Новой Зеландии драгированием добывают небольшую часть общего количества ежей. Используются разнообразные конструкции небольших драг, которые обеспечивают приблизительно 20% полного вылова. На востоке штата Мэн и в районах с сильными подводными течениями используется модифицированная гребешковая драга. Другие типы драг — «тру-

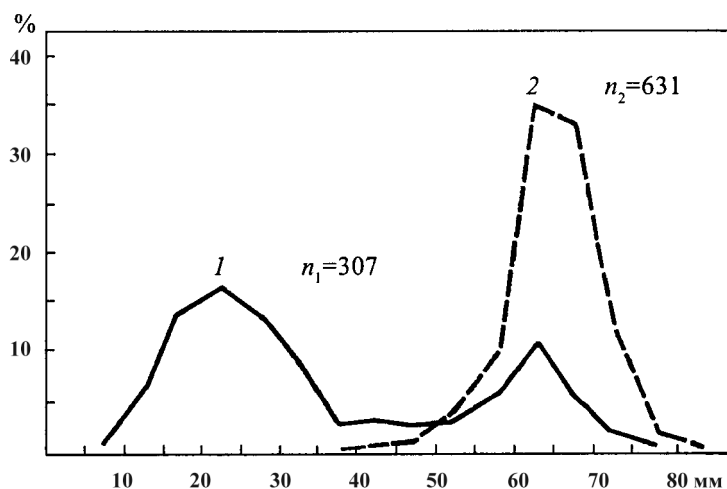


Рис. 6.1.6.2.1. Размерный состав морского ежа в уловах (по: Сенников, Матюшкин, 1996): 1 — драги различного типа ( $n_1$ ); 2 — водолазы ( $n_2$ );  $n$  — число измеренных ежей, экз.

ба» и «рот кита» — были сконструированы специально для промысла морских ежей; они имеют более легкую конструкцию и сейчас становятся все более популярными (Creaser, Weeks, 1998; Wahle, 1999). Нижняя сторона такой драги затянута прямоугольной сеткой из цепей, и морские ежи «выдергиваются» этой сеткой. Колеса и трубы перед драгой предохраняют ее от повреждения валунами и другими препятствиями. Но все же большую часть ежей здесь собирают аквалангисты. Драгами ежей добывают там, где использование труда аквалангистов по разным причинам невозможно или нерентабельно (Sea urchins..., 1995).

### 6.1.6.3. Ловушки с приманками

Судя по литературным данным, ловушечная техника, несмотря на возможность использовать для лова ежа современные промышленные ловушки, подбирая подходящее по размерам ячеи сетное полотно, считается наименее совершенной и редко используется даже в Японии. В своей традиционной форме такой метод, по всей вероятности, не эффективен, но возможно, что его принципы в современном оформлении можно применять в некоторых наших прибрежных районах, так как ловушки позволяют работать в местах со сложным скалистым рельефом, часто изобилующих морским ежом. В Японии, на побережье преф. Аомори при глубинах более 7 м для промысла *M. nudus* до сих пор используют небольшие примитивные плетеные ловушки различной формы, обвязываемые морскими водорослями и снабженные грузами (рис. 6.1.6.1, 5). Их опускают между скал и маркируют буйками. Уже через час после постановки они могут быть усеяны активно кормящимися животными. Если водоросли хорошо прилегают к поверхности ловушек, то ежи не отпадают, а с помощью сачка их вместе с ловушками поднимают в лодку. Для надежности лова обычная бурая водоросль (в Японии это *Ecklonia cava*), перед тем как ее использовать в качестве приманки, должна быть слегка подсушена на воздухе для удаления слизи; в противном случае ежам трудно крепко удерживаться за них с помощью своих амбулакральных ножек (The fishery..., 1976).

Сейчас чаще применяются ловушки, которые состоят из металлического обруча диаметром 40–70 см, обшитого сетным полотном с шагом ячеи около 8 см, с прикрепленными к нему четырьмя поводцами. К центру ловушки крепится приманка. В качестве приманки можно использовать бурые водоросли (ламинария) либо рыбу. Ловушки связывают в порядки по 200–300 штук и устанавливают на глубине 15–30 м на участках с ройным дном с незначительным водорослевым покрытием. Проверяют ловушки дважды в день, утром и вечером. По опыту работы в Приморье, на таких глубинах и грунтах гонады морских ежей имеют низкие товарные качества, поэтому этот дешевый, по сравнению с водолазным, метод добычи лучше применять для сбора ежей и пересадки в места с более благоприятными для нагула условиями (Атлас промысловых..., 2001).

Перспективы использования ловушечного лова исследовались и в России, в частности, Л.М. Царевой (1988) в губах побережья Кольского п-ова. Чтобы повысить изначально низкую концентрацию морского ежа на бедных пищей субстратах, с помощью различных растительных и животных приманок создавались искусственные концентрации животных, которые за 1–1,5 сут. достигали плотности 20–30 экз./м<sup>2</sup>, что существенно повышало эффективность применения ловушек. В ТИНРО был успешно опробован аналог предельно упрощенной конической ловушки (Царева, 1990).

В настоящее время наиболее эффективным в мире считается водолазный промысел морского ежа. На западном (тихоокеанском) побережье США, например, этим способом ведется в основном коммерческая добыча трех видов морского ежа — *S. franciscanus*, *S. intermedius* и *S. pulcherrimus*. Основные районы промысла — в прибрежных водах штатов Аляска, Вашингтон, Орегон и Калифорния. Используется шланговое снаряжение, воздух для которого подается с борта обеспечивающего судна от компрессора низкого давления (рис. 6.1.6.3.1).

Типичные промысловые суда на таком промысле имеют длину 8–12 м и способны поднимать 1–3 т морского ежа; обслуживают их от одного до трех водолазов. Добыча ведется на глубинах от 1,5 до 30 м, наибольшее количество погружений производится на глубинах 6–18 м. Водолазы поднимают ежа со дна вручную или с помощью простейших приспособлений типа грабель из проволоки или крючков, позволяющих им расширить зону поиска и защититься от травм, наносимых

через перчатки длинными иглами, например *M. nudus*. Улов собирают в большие сетчатые питомзы [wire basket] или в сетчатые корзины с обручем в горловине [hook-net bag], к которым прикреплены пенопластовые катушки-буйки с намотанным на них буйрепом. На плотных скоплениях морского ежа питомзы и корзины по мере наполнения оставляют на дне, их местонахождение обозначают буйками. Обычно водолаз берет под воду несколько вложенных друг в друга питомз или корзин. По другой методике водолазы наполняют ежами установленный на дне и помеченный бум большой садок-накопитель (например, из крупной краболовной ловушки, обтянутой мелкой делью). Средняя производительность сбора составляет около 400 кг/сут. на водолаза. В удаленных от порта или береговой базы районах для доставки продукции на переработку используют более крупные суда-перегрузчики, принимающие добычу от нескольких добывающих судов, работающих на промысле (Parker, Kalvass, 1992; Атлас промысловых..., 2001). Для наиболее важного для США коммерческого вида — *S. franciscanus* — наиболее продуктивными считаются глубины 5–10 м. В районах с хорошей подводной видимостью и безопасными условиями использование водолазов достаточно эффективно. Более того, при таком методе нет излишнего истребления как облавливаемого вида, так и сопутствующих. Нет и угрозы уничтожения морских сообществ, не представляющих коммерческой ценности. В районах с высокой плотностью ежей два водолаза с небольшими граблями с короткими ручками могут за день собирать по 2–2,5 тыс. животных. Ежа собирают в большие сетки и по мере необходимости поднимают на борт баркаса. Однако надежда только на водолазов означает, что много качественных популяций ежей могут быть занесены в разряд не приспособленных для сбора урожая. Поэтому от драг отказываться пока никто не собирается (The fishery..., 1976).

Опыт показывает, что для получения 1 т ежей в день (соответственно, около 100 кг икры) достаточно одного баркаса с пятью водолазами. Для предварительной переработки же этого количества ежей требуется еще 20–25 человек, которые могут вести подготовительные операции прямо на берегу под тентом. Для более глубокой переработки и выпуска готовой продукции в полевых условиях необходимо уже иметь временный павильон площадью 200–300 м<sup>2</sup> с электрическим освещением и холодильным оборудованием. Для получения 500 кг икры в день требуется примерно 50 человек.

Добыча морских ежей в России ведется исключительно водолазным способом в прибрежных водах на глубинах, редко превышающих 15–18 м. Водолазы объединены в бригады, обычно состоящие из 5–15 человек, в зависимости от размера судна, с которого ведется лов. Для этого

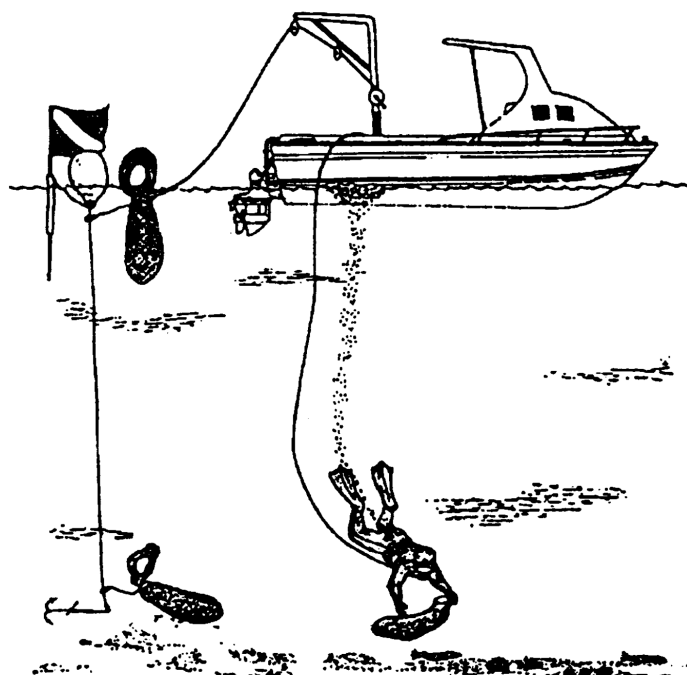


Рис. 6.1.6.3.1. Водолазный промысел морских ежей с использованием надувной плавучести для подачи улова на поверхность (по: Левин, 1994)

используются суда самых разнообразных типов — от мелких ботигов до судов типа СРТМ. Первые обычно дислоцируются в закрытых бухтах, выходят на промысел с утра и к вечеру вновь возвращаются в укрытия. Водолазы работают непосредственно с их палубы. Эти суда обеспечивают только добычу ежа в присутствии судов-перегрузчиков, на которые немедленно сдают продукцию, поскольку хранить ее на борту им не позволяют размеры судна и отсутствие охлаждаемых трюмов.

В Приморье промысел ведется в течение примерно трех месяцев, обычно с мая по июль, в достаточно теплой воде, до начала нереста ежей. Водолазы используют, как правило, сухие неопреновые костюмы и акваланги с баллонами различной емкости (чаще объемом 14 литров и давлением воздуха 200 атмосфер), позволяющими находиться на глубинах промысла в среднем в пределах 1 часа.

Основной сезон для сбора морского ежа на Шетландских островах должен начинаться самое позднее с декабря и длиться по конец февраля, когда обычно начинается нерест. Но этим периодом промысловики часто не ограничиваются, так как сбор может быть достаточно успешным и в течение октября–ноября. Как обычно, в качестве критерия эффективности промысла принимают средний гонадный индекс, который не должен быть ниже 10%. Сбор в основном производится водолазами, которые собирают ежей в сетчатые корзины для последующего подъема на поверхность. Средняя скорость сбора составляет здесь примерно 250 кг сырого ежа в час на водолаза (Penfold et al., 1996). Суда с большим водоизмещением, как правило, оснащенные оборудованными трюмами, могут длительно находиться в районе промысла, будучи в меньшей степени зависимыми от погоды. Водолазы дислоцируются на них, а к месту лова доставляются судовыми ботами или небольшими лодками с подносными моторами. После выхода водолазов на поверхность, лодки подбирают их и добытого ежа и доставляют на борт базового судна, где происходит сортировка продукции, загрузка ее в трюм, отдых водолазов и забивка аквалангов воздухом. При организации промысла с таких судов возможны варианты:

- постоянное нахождение судна в районе лова и использование его исключительно как промысловой базы с периодическими передачами собранного ежа на подходящие перегрузчики, обеспечивающие транспортировку продукции в пункт назначения (например, в Японию);
- периодическая смена режима лова на режим транспортировки, т. е. промысел и доставка осуществляется одним и тем же судном;
- комбинированный вариант, при котором большая часть уловов отправляется перегрузчиками, но время от времени (чаще в заключительные фазы промысла) транспортировка ежа производится непосредственно судном, с борта которого ведется промысел.

На Кольском полуострове промысел *S. droebachiensis* ведется только водолазным способом, в основном на глубине до 7–9 м, хотя известны простые орудия сбора морских ежей с малых глубин (Серебров, 1997), в том числе ловушки, которые могут быть использованы и для промысла глубоководного *S. pallidus* (Царева, 1988). Однако согласно устному заявлению А.В. Шацкого (ФГУП ПИНРО), Л.И. Серебров проводил свои исследования в идеальных условиях: плоская пологая плита, по которой можно протаскать трал и поставить ловушку. Основная же масса ежа сконцентрирована на сложно-пересеченном рельефе, где использование этих орудий лова невозможно.

Оценки, выполненные на основании результатов первых экспериментов, показали, что используя около 20 ловушек и один трал-сачок, рыбак может за рабочий день при средней плотности скопления ежа промысловых размеров 5,5 экз./м<sup>2</sup> обеспечить вылов примерно 70 кг, или около 640 экз., что сравнимо с часовой производительностью водолаза (около 100 кг/ч).

Положительной стороной ловушечного типа лова является экологическая чистота, возможность неограниченного увеличения количества ловушек, что повышает вероятность получения больших уловов, отсутствие повреждающего воздействия на улов и отсутствие приловов.

#### 6.1.6.4. Другие способы лова

Во многих, особенно открытых, районах побережья полуострова для лова ежа *S. droebachiensis* использование водолазного труда обуславливает высокие затраты на добычу сырья и сдерживает развитие промысла из-за высокой стоимости подводных работ. Зачастую оно делает добычу про-

сто невозможной из-за сложности организации погружений в зимний период в связи с погодными условиями, хотя гонады ежа в это время достигают максимальной зрелости (*S. droebachiensis* в восточной части Кольского побережья нерестится в январе–феврале). Для этих районов специалистами ПИНРО были предложены оригинальные модификации традиционных драг и ловушек, оказывающие минимальное повреждающее воздействие на донные сообщества.

Так, трал-сачок (рис. 6.1.6.4.1) имеет массу всего 4 кг при горизонтальном раскрытии 50 см и вертикальном — 23 см. Жесткая верхняя рама с распорным бимом, мягкий цепной грунтроп, рукоятка и стабилизатор позволяют буксировать эту миниатюрную конструкцию с помощью капронового конца гребной шлюпки типа «Фиорд» со скоростью до 0,7 узла при усилии на конце 20 Н (2 кг).

Л.И. Серебровым был разработан способ лова морского ежа, основанный на его способности «стряхивать» иглами со своего игольчатого покрова инородные предметы. В природе таковыми являются обрывки водорослей, которые служат пищей для ежей. С использованием этой поведенческой реакции ежа была сделана ловушка в виде кольца и свободно висящей на нем сетки или в виде дорожки (полосы сетного полотна). Экспериментальная ловушка «кружок» (рис. 6.1.6.4.2) состояла из обруча диаметром 120 см, обтянутого двумя слоями капроновой дели. Нижняя имела шаг ячеи 65 мм и свободно провисала, образуя достаточно вместительный сетный мешок, верхняя — 40 мм и была не сильно натянутой, для того чтобы ежи не могли уходить из ловушки или быть смытыми при подъеме. Площадь ловушки — 0,95 м<sup>2</sup> при массе 2,8 кг. При накрытии ежей делью действительно наблюдалось постепенное «стряхивание» ими прядей с игольного покрова за счет движения игл. Еж, таким образом, проходил сквозь ячею и оказывался между двумя слоями сетного полотна.

На рисунке 6.1.6.4.3 сопоставлены расчетные зависимости уловистости трала  $KY = C / (p \times S)$  и эффективной площади ловушки  $S_{эфф} = C/p$  в зависимости от диаметра панциря. В этих выражениях  $C$  — величина улова, кг;  $p$  — плотность облавливаемого скопления кг/м<sup>2</sup>;  $S$  — облавливаемая площадь, м<sup>2</sup>. Как видно из графиков, уловистость и эффективная площадь орудий с ростом размера ежей до какого-то размера повышается, а величина  $S_{эфф}$  даже для ловушек без приманки оказалась больше единицы, что свидетельствует об облове существенно большей площади, нежели площадь ловушки. Последнее показывает, что по отношению к ловушечному лову ежей, аналогично ловушечному лову краба, необходимо определять оптимальное время застоя ловушки, которое будет существенно зависеть от микрорельефа дна. Использование же приманки из фукусовых водорослей повышает уловы ловушек примерно в четыре раза.

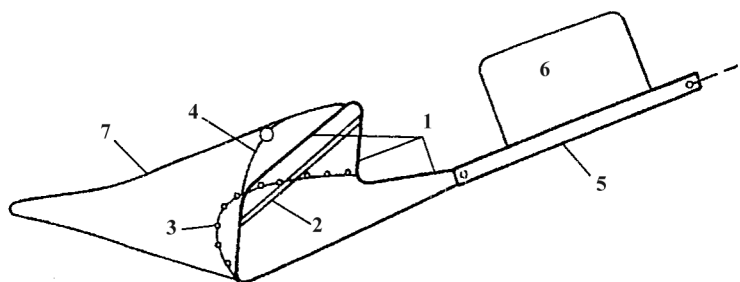


Рис. 6.1.6.4.1. Схема устройства трала-сачка (по: Серебров, Тарасова, 1998): 1 — рама, 2 — бим, 3 — грунтроп, 4 — верхняя подбора с поплавком, 5 — рукоятка, 6 — стабилизатор, 7 — сетный мешок

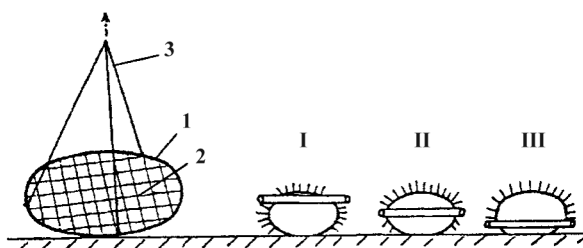


Рис. 6.1.6.4.2. Схема плоской ловушки (по: Серебров, Тарасова, 1998): 1 — обруч, 2 — сетная часть, 3 — стропы; I, II, III — фазы прохождения ежа через сетную ячею



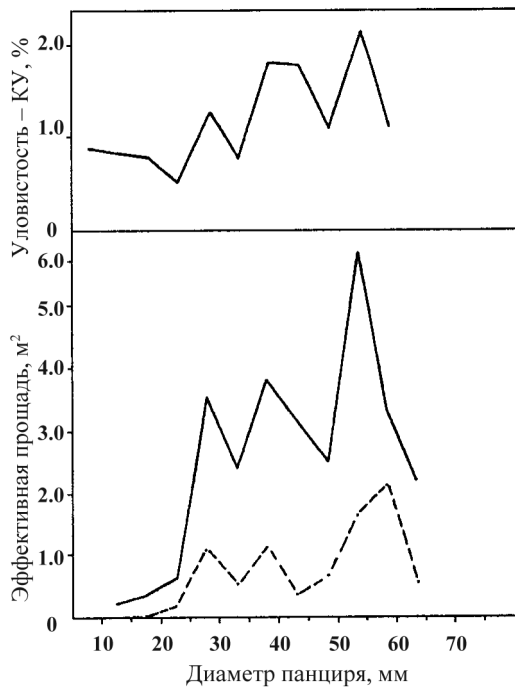


Рис. 6.1.6.4.3. Уловистость трала-сачка (вверху) и эффективная площадь ловушек в зависимости от размеров морского ежа (внизу). Пунктир соответствует ловушке без приманки (по: Серебров, Тарасова, 1998)

Оценки, выполненные на основании результатов первых экспериментов, показали, что используя около 20 ловушек и один трал-сачок, рыбак может за рабочий день при средней плотности скоплений ежа промысловых размеров 5,5 экз./м<sup>2</sup> обеспечить вылов примерно 70 кг, или около 640 экз., что сравнимо с часовой производительностью водолаза (около 100 кг/ч). Подобные орудия лова могли бы, наверное, найти применение в небольших прибрежных хозяйствах или для снаряжения рыбаков, занимающихся индивидуальным промыслом. Но для этого необходимо их дальнейшее усовершенствование с целью существенного повышения показателей уловистости и налаживание промышленного выпуска.

В последнее время появились сообщения о возможности применения специализированных судов, оснащенных погружаемым рабочим органом с телекамерой, позволяющей оператору на борту вести сбор ежа с помощью всасывающего устройства. Такой подход позволяет отказаться от использования водолазного труда, но имеет ограничения по глубинам, погодным условиям и стоимости используемого оборудования. Вероятно, подобное судно может найти применение в хозяйствах по выращиванию (подращиванию) морского ежа со специально

подготовленным дном акватории, отличающейся небольшими перепадами глубин.

При промысле морского ежа в тех случаях, когда уловы велики, а производственные мощности не позволяют их сразу перерабатывать, живого ежа можно достаточно долго держать под водой в сетках для сбора, заякорив их недалеко от берега, или выпуская в более просторные подъемные садки, где еж мог бы еще и подкармливаться. Особенно это удобно в случае неустойчивой погоды, когда часто приходится приостанавливать добычу. Улов в этом случае лучше отбуксировать в безопасную бухту. Если температура воздуха достаточно низка или есть возможность охлаждать улов, то ежей можно не менее нескольких суток продержать и на суше, периодически увлажняя морской водой.

### 6.1.7. Транспортировка живых ежей

Транспортировка ежей проводится в живом виде. Перегрузка ведется с максимальной скоростью при минимальной экспозиции солнечному свету и высокой температуре воздуха; попадание пресной воды на ежей исключается. Даже при незначительной задержке в солнечный день пойманные ежи в ловушках или в кучах на палубе судна накрываются брезентом, смоченным морской водой.

Процесс выбраковки сводится к удалению поврежденных особей, особей со следами половых выделений на панцире (нерест) и особей непромыслового размера (менее 50 мм в диаметре панциря для многоиглого и черного ежа, менее 40 мм — для зеленого и менее 45 мм — для серого). После выбраковки они тарируются в стандартные пластиковые ящики для рыбы с отверстиями в дне для вытекания воды и металлическими ручками. Вес ежа в одном ящике — около 25 кг. Наиболее подходящее судно для транспортировки — рефрижератор типа ПТР. Ящики складываются в рефтрюме стопками при соблюдении условия — не менее 40 см от стенок для успешной вентиляции и равномерного охлаждения транспортируемого живого ежа.

Покрывание верхнего слоя морских ежей в ящике бумагой (газетами) дает положительный эффект, способствуя более равномерному распределению температуры в таре. При постоянной температуре в пределах от 0° до –2 °С еж может транспортироваться в течение четырех, макси-

мум пяти суток. Однако качество ежа неуклонно снижается, особенно по истечении трех суток хранения. При хранении ежа в течение одних суток потери веса, за счет фильтрации полостной жидкости из панциря, достигают до 2%. При более длительном хранении потери веса увеличиваются. Минимальная рентабельная поставка — 9–10 т.

#### 6.1.8. Экологические эффекты промысла

Известны многочисленные случаи крупномасштабных биоценологических изменений в пределах промысловых участков, происходящих в результате сбора урожая экологически важных видов — морских ежей, рыб и хищных брюхоногих моллюсков. Примеры можно найти в различных регионах, например в Средиземноморье, на северо-востоке Тихого океана, в прибрежных водах штата Мэн и Чили. Независимо от направления вектора этих изменений, многотоннажный коммерческий промысел морских ежей способен приводить к сложным экологическим эффектам, иногда даже непропорциональным количеству удаленных животных (Andrew, Underwood, 1993).

Морские ежи часто оказываются доминирующей растительной группой на мелководье, и их удаление может очень сильно изменять структуру сообществ. С другой стороны, косвенно на увеличение численности популяции морских ежей могут сильно воздействовать изменения в окружающей среде, например через вспышки болезней. Такие эпизодические события могут иметь глубокие последствия: перед лицом быстрых крупномасштабных изменений в составе и обилии сообщества определение экологически обоснованного объема вылова становится проблематичным.

Большая часть морских ежей в мире собирается водолазами (ныряльщиками) или рыбаками без особого снаряжения прямо на литорали. В таком промысле эффект его воздействия на локальные популяции сравнительно легко устанавливается непосредственно по изменениям, происходящим в биотопах (Tegner, Dayton, 2000). Много видов морских ежей играет важную роль в экологии моря, что подтверждается данными последних публикаций (Edible sea..., 2001). Эксперименты неоднократно демонстрировали эффекты удаления морских ежей, но выводы о косвенных эффектах были обычно основаны на мелкомасштабных воздействиях или катастрофических крупномасштабных сокращениях обилия морских ежей. Результаты радикального воздействия на биоту за счет удаления многих тысяч тонн морских ежей в течение достаточно короткого промежутка времени на больших площадях обычно проявляются в быстром развитии крупных бурых водорослей и последовательных изменениях относительного обилия рыб и донных беспозвоночных. Последнее, в свою очередь, может затруднить естественное восстановление поголовья ежей в течение длительного промежутка времени.

Возможны и более сложные для понимания случаи взаимного влияния промысловых групп морских организмов. В качестве примера приведем изменения численности омара *Homarus americanus*, морского ежа *S. droebachiensis* и ламинарии в биоценозах прибрежных вод атлантического побережья Канады. Долгопериодные колебания вылова омара здесь коррелируют со снижением обилия ламинарии, которое, в свою очередь, является следствием периодического выедания ее морским ежом. Наиболее вероятная причина этого явления — конкуренция между омарами и ежами за убежища, т. е. не трофические факторы, а пространственные. В таком случае промысел ежа должен благоприятно сказываться на состоянии популяции омаров.

В свою очередь, некоторые альтернативные виды промысла, воздействующие на обилие морских ежей, могут воздействовать и на экологию прибрежных участков. Особенно влияет на обилие ежей промысел омаров в водах Новой Шотландии (Канада), штатов Мэн и Калифорния (США), рыбы в Северо-Западном Средиземноморье, омаров и рыбы в Новой Зеландии. Во всех этих случаях устранение хищников неоднократно предлагалось в качестве способа управления величиной запаса морских ежей и структурой сообществ, связанных с высокой плотностью поселений этих животных.

Взаимосвязь видов в экосистеме и возможность отрицательных последствий снижения обилия и/или площади распространения одного вида на другие необходимо обязательно учитывать при оценке промысловых ресурсов акватории. Это весьма важно в отношении фонообразующих видов, в особенности морских растений. Недостаточно обоснованный в биоценологическом отношении промысел водорослей и морских трав может нанести ущерб воспроизводству беспозво-

ночных, включая морского ежа, и рыб, которые откладывают в зарослях икру. Там же происходит нагул молоди (Левин, Коробков, 1998).

Существенную угрозу промыслам морских ежей на Аляске, в Британской Колумбии, штатах Вашингтон, Орегон и Калифорния в настоящее время представляет увеличивающееся изобилие и расширение географии местообитания каланов *Enhydra lutris*. Каланы были когда-то широко распространены по северной окраине Тихого океана, от Северной Японии до Калифорнии. Интенсивная охота на них в XVIII и XIX столетиях имела разрушительные последствия для популяции и сократила местообитание каланов до нескольких поселений. Плотность скоплений морских ежей в районах, которые ранее поддерживали численность каланов, увеличилась.

Для спасения каланов была проделана большая работа по увеличению их численности. Результат воздействия на популяции ежей немедленно проявился. Например, в 1965–1969 гг. на юго-восток Алеутских островов было переселено 402 калана. Теперь их в регионе более 10 тыс., и эффект их влияния на поселения морских ежей отмечается даже около Ситхи. Оценки, выполненные в 1993 г., показали общее снижение численности морских ежей по сравнению с предшествующими годами на 64% (D. Woodby, неопублик. данные). Промысел же калана практически повсеместно прекращен из-за отсутствия спроса на его мех.

В России каланы самую большую угрозу зарождающемуся промыслу морских ежей представляют на Камчатке, где они так же эффективно уничтожают крупных ежей. Каланы сейчас обитают на южной оконечности и вдоль тихоокеанского побережья полуострова. В результате работ по увеличению их поголовья, проводившихся между 1985 и 1988 гг., предел распространения каланов вдоль восточного побережья переместился более чем на 80 км к северу. Плотность же морских ежей на глубине до 10 м в зонах охоты каланов значительно снизилась, а максимальный размер уменьшился вдвое. В связи со снижением плотности морских ежей возникли целые подводные «леса» водоросли *Alaria fistulosa*. Появление каланов в бухтах Лиственичная и Русская в 1995 г. вскоре вызвало уменьшение плотности поселений морских ежей здесь с 1,21 до 0,19 кг/м<sup>2</sup>.

Многие экологические проблемы связаны непосредственно с биологией самих ежей. На нескольких видах, например, было показано, что уровень оплодотворения незначителен, когда нерестящиеся особи находятся на расстоянии более 4 м друг от друга (Styan, 1997). Морские ежи часто агрегированы, особенно виды рода *Strongylocentrotus* (Scheibling et al., 1999). Несмотря на неоднородное и скученное распределение, такое поведение не увеличивает численность, поскольку меньшее количество пятен и уменьшение их размера могут ограничивать успех оплодотворения. Можно предположить, что поселения ежей при очень низкой плотности скоплений более уязвимы к коллапсу, но определению критической плотности для успешного оплодотворения мешают океанографические условия, степень неустойчивости скоплений и др. Ранее изучение эффективности оплодотворения было основано только на нескольких экспериментах и принимало пороговое расстояние, вне которого успех оплодотворения очень низок. Кроме того, так как большинство видов эксплуатируемых популяций морских ежей имеет относительно большую продолжительность спаривания (14–40 сут.), то имеется значительный потенциал для смешивания среди субпопуляций в пределах промысла, что нарушает структуру запаса.

На численность потомства сильно влияют и внешние факторы. Увеличение, например, численности популяции *M. nudus* по южному побережью Хоккайдо коррелировало со средней температурой воды в сентябре года, предшествовавшего наблюдениям. Высокая температура воды в это время способствовала увеличению обилия молоди за счет сокращения личиночного периода (Agatsuma et al., 1998). Некоторое понижение температуры воды также может положительно влиять на промысел, содействуя росту крупных бурых водорослей *Laminaria religiosa* и *Eisenia bicyclis* на глубине (Taniguchi, 1991), а обилие пищи, в свою очередь, ускоряет рост *M. nudus* (Agatsuma et al., 1994; Sano et al., 1998).

Существует много гипотез относительно процессов, определяющих осаждение и последующее выживание личинок, но экспериментальных работ в этих направлениях еще явно недостаточно. Из приведенных выше примеров пока только ясно, что вторжение в динамику вод путем создания гидротехнических сооружений, способных изменить температурную стратификацию, перенос пляжного материала и самих личинок, может стать как фактором улучшения управления местным промыслом, так и его коллапса. Сказанное, конечно, не относится к сооружениям, пред-

назначенным для улучшения структуры мест обитания самого морского ежа, как правило не вносящих существенного вклада в динамику вод.

История эксплуатации морского ежа в большинстве стран имеет одинаковый драматический рост, ведущий к перелому, а за ним — коллапсу и запасов, и самой добывающей промышленности (Penfold et al., 1996). Поэтому там, где промысел только начинает развиваться, основной заботой должно стать обеспечение оптимизации вылова, учитывающей, что производство икры в популяциях ежа тесно связано со спецификой районов его обитания. Требуется комплекс экологических исследований и, в частности, аттестация питания ежа, роста, гонадного цикла и периода восстановления здоровья после нереста в соответствии с особенностями районов обитания. Усовершенствование оценок соотношения «ежи–водоросли» и будет в конечном счете вести к предотвращению утраты региональной продуктивности икры и таким образом поможет менеджерам определять приемлемый уровень сбора урожая (Conand, Sloan, 1989).

В качестве примера попытки подхода к организации промысловой эксплуатации отдельных промысловых участков, населенных морскими ежами, можно рассмотреть схему, используемую в Авачинском заливе (Восточная Камчатка). Здесь обитают три вида ежей, представляющих промысловый интерес: *S. droebachiensis*, *S. polyacanthus* и *S. pallidus*. Учитывая, что популяции этих животных легко уязвимы и чрезвычайно чувствительны к перепромыслу, на каждый промысловый участок до выдачи разрешений на лов составляется паспорт с детальной характеристикой промыслового запаса и условий обитания ежей (глубины, грунты, степень прибойности, охранные зоны других видов), позволяющий отслеживать состояние эксплуатируемой популяции. В процессе промысла оцениваются реальные изменения локального запаса и дается прогноз на последующие годы, позволяющий устанавливать будущий оптимальный вылов.

Правда, опыт развития промысла в других регионах показывает, что для обеспечения условий длительной эксплуатации такого описания участков уже недостаточно. Их паспортизация перед закреплением за конкретным потребителем ресурсов должна включать обобщенную оценку запасов основных малоподвижных и прикрепляемых форм в его пределах, в противном случае многие виды, не представляющие прямого интереса для потребителя конкретного ресурса, могут быть в результате неправильного хозяйствования просто утрачены. В конечном итоге это может привести к уничтожению пищевой базы самого объекта промысла. Последнее особенно важно, когда речь идет о многовидовом промысле (например, морской еж – ламинариевые). В этом случае квоты, сроки и методы изъятия обоих ресурсов должны четко оговариваться.

Комплексный подход при оценке промысловых участков необходим и при проработке экономической эффективности многовидового промысла. Например, можно оценивать районы с подходящей для промысла плотностью локальных скоплений ежа коммерческого качества и размера в зонах традиционного промысла гребешка с учетом возможной скорости сбора ежа и его гонадного индекса для коммерческой оценки выхода икры. Сравнение доходов от добычи традиционных видов с потенциальным доходом от лова ежа дает возможность оценить не только реальность промышленной переработки последнего, но и указывает направление развития промысла в целом, позволяя сделать обоснованный вывод в пользу того или иного ресурса или их совместной эксплуатации, если это экономически оправдано (Conand, Sloan, 1989).

Все это заставляет совершенно по-новому ставить вопрос о научном сопровождении промысла и охране запасов. Если до последнего времени эти функции были разделены, то в случае закрепления промысловых участков на долговременной основе за конкретными промысловыми организациями установившуюся практику необходимо пересмотреть. В идеале, никто кроме самого пользователя ресурса не может лучше заботиться о своем благополучии, но в этом ему нужна грамотная помощь, какую может оказать только специалист-биолог. К сожалению, ни для кого не секрет, из кого в настоящее время формируется основная масса инспекторов всех уровней надзора. Для такой перестройки нужно существенно усовершенствовать и нормативную базу.

### 6.1.9. Управление промыслом

#### 6.1.9.1. Методы управления

Управление промыслом морского ежа базируется на общих принципах и рекомендациях, выработанных к настоящему времени для промысла рыбы (см. например, Хилборн, Уолтерс, 2001)

и беспозвоночных (Jamieson, Caddy, 1986; Jamieson, 1993; Левин, Коробков, 1998). Традиционные приемы регулирования включают введение минимальной промысловой меры (МПМ), снижение мощности промыслового флота и величины улова, ограничение количества единиц промыслового флота, контроль промысловой активности, ограничение промысла во времени (сезонность) и в пространстве (районирование). Каждый прием имеет свои достоинства и ограничения; выбор приемов и их комбинаций зависит от конкретных условий, учитывается даже подход к управлению в условиях несанкционированного (браконьерского) промысла.

Как показывают многочисленные наблюдения, наиболее успешным может считаться такой подход к организации промысла, при котором запас облавливаемой популяции морского ежа будет поддерживаться на оптимальном уровне. Авторы (The fishery..., 1976) отмечают, что уникальная роль, играемая морскими ежами в экологии регионов, приводит к тому, что как сверхизъятие, так и недоиспользование запаса оказывают сильный эффект на состояние всего сообщества. Они предостерегают от попыток такого управления, которое добивается обеспечения постоянного максимума дохода (т. е. вылова ежа), способного в конце концов привести к его исчезновению и замене какими-нибудь другими организмами, например водорослями. Основным надо считать обеспечение качества продукции (в данном случае, качества гонад). Правда, здесь можно оговориться. Например, во вновь осваиваемых районах промысла, учитывая соотношение между возрастными группами ежей, есть смысл поступиться этим принципом и начинать лов с удаления наиболее крупных особей, отличающихся более низким качеством гонад.

Морской еж — типичный объект местного промысла, которому, в силу его биологических особенностей, не свойственны протяженные миграции. Поэтому его добыча скорее напоминает сбор урожая, нежели охоту, что делает сам объект предметом особого к нему отношения и создает предпосылки к использованию определенных агротехнических приемов для поддержания промысла на оптимальном уровне. В районах интенсивного лова (Япония, Чили) в силу этого морской еж давно уже стал объектом марикультуры.

Эта особенность заставила, например, правительство Японии законодательно закрепить часть полномочий по управлению промыслом морского ежа за местными (региональными) рыболовческими организациями. Побудительных причин к этому было несколько. Прежде всего, Япония — страна, где сохранились традиции пользования землей и охотничьими угодьями. Далее, японским государственным учреждениям приходится распределять слишком мало запасов морского ежа среди слишком большого количества рыбаков. Кроме того, так как промышленный лов здесь ведется в течение многих лет, то в результате девственные места обитания морского ежа уже наперечет. Тем более не приходится рассчитывать на введение в промысел новых районов (экстенсивный промысел невозможен).

В связи с этим важным фактором повышения эффективности добычи морского ежа и стало привлечение к управлению промысловой деятельностью и воспроизводством запасов самих рыбаков. При этом за государством фактически остались перспективное и макроэкономическое планирование, разработка нормативов, обеспечение исследований, контроль за состоянием ресурсов и их воспроизводством. Последнее для Японии — важное условие существования промысла, поскольку там, в отличие, например, от России или США, нет возможности рассчитывать на необлавливаемые популяции в качестве доноров личинок для районов с подорванным запасом.

Принципы управления прибрежным промыслом Японии заложены законами Ассоциации рыболовства 1948 г. и «О рыболовстве» 1949 г. Эти законы исправили и расширили Устав 1901 г., обеспечивавший исключительные права на осуществление промысла, полученные сообществом гильдий прибрежных деревень на основании прав и привилегий, подаренных еще феодальными землевладельцами. Закон о рыболовстве уступает право собственности на участки морского дна Кооперативным ассоциациям рыболовства (FCA), которые, в свою очередь, распределяют права рыболовства между пользователями, определяют размеры вылова, выбор времени и продолжительность лова. Права рыболовства могут быть унаследованы или переданы другими способами, хотя из-за сложностей местных обычаев и законов трудно как-то обобщить соответствующие процедуры.

Правительство Японии участвует в управлении прибрежным промыслом, обеспечивая субсидии для повышения и развития инфраструктуры и полностью отвечая за координирование дея-

тельности ассоциаций. Посредником между правительством и ассоциациями являются региональные Комиссии регулирования рыболовства морских районов (SAFAC), включающие представителей Кооперативных ассоциаций рыболовства в пределах одной префектуры и двух уровней правительств — муниципального и префектурального.

Для каждой префектуры устанавливается план лова в пределах отдельного «морского района», включающий принципы управления запасом через установление минимальных промысловых размеров, сезонов лова, закрытие для лова отдельных районов. На Хоккайдо, например, предписанный минимальный промысловый размер для *M. nudus* и *S. intermedius* был увеличен Кооперативными ассоциациями рыболовства с 40 и 50 мм на 49 и 25%, соответственно. Около половины ассоциаций здесь налагают ограничения на ежедневный улов участников сбора *S. intermedius*, а 44% — ограничивают ежедневный вылов *M. nudus*. Большинство ассоциаций устанавливают время ежедневного лова в течение 2–5 ч. Здесь же отметим, что в Южной Корее промысел ныряльщиков на глубинах менее 10 м также управляется исключительно местными рыбацкими кооперативами (деревнями). Ловом занимаются только женщины, живущие в данной деревне.

Стабильность общих результатов промысла морских ежей Японии при существующем режиме управления в течение более пятидесяти лет свидетельствует о долговечности ресурса и эффективности управления. Правда, за последние 20 лет в нескольких важных префектурах производство снизилось. Для удовлетворения своего огромного спроса Японии все более и более приходится компенсировать это импортом. Многие сокращения общих уловов происходят из-за снижения добычи *S. intermedius* в губернаторстве Хоккайдо и *M. nudus* в преф. Мияги. К сожалению, несмотря на достаточно давно проявляющиеся признаки снижения уловов, никаких формальных оценок состояния запасов по префектурам в научной литературе не приводится.

Результативность промысла морских ежей снизилась не только на крупных промыслах в Японии, но и в штатах Мэн, Вашингтон и Калифорния (США), в Южной Корее и на нескольких меньших по масштабу промыслах в Ирландии, Франции и Филиппинах. Причины этого, вероятно, разнообразны, а отсутствие оценок запаса затрудняет их идентификацию. Управление осуществляется *ad hoc* и/или неэффективно во многих промысловых районах. Общим для соответствующих промыслов является истощение отдельных промысловых районов и включение в них зон (областей) с низкой биопродуктивностью, дающих морских ежей с некачественной икрой. В отсутствие конкретных оценок трудно определить, результат ли это прошлых переловов или простое уменьшение накопленной биомассы.

Часто такое снижение — следствие именно масштаба управляемого как единое целое промысла. Во многих странах (США, Канада, Россия) промысел ежей в основном управляется по региональной шкале с характерными линейными размерами промысловой зоны от 100 до 1000 км. Последствием этого крупномасштабного управления становится то, что рыболовецкий флот может передвигаться для максимизирования улова на значительные расстояния. Опыт мелкомасштабного управления (например, в пределах промыслового участка протяженностью менее 10 км) осуществлен в Японии, Мексике и Южной Корее, а также на части промыслов Чили и Новой Шотландии (Канада). Чтобы максимизировать величину сбора морских ежей при сохранении перспективы долгосрочной устойчивости запаса, необходимо переходить от крупномасштабного промысла к мелкомасштабному, обеспечивающему более интенсивное управление. Ранее выполненные исследования пространственных подходов к управлению указывали на их потенциальные перспективы, но они опирались обычно на ряд неизвестных параметров (Andrew et al., 2002).

Постоянная пространственная структура запасов часто связана с крупномасштабным или неэффективным управлением и чрезмерным промысловым усилием подвижного флота. К этому добавляются большие трудности для исследователей и менеджеров вследствие сложности управления в условиях, когда собираемая икра одновременно нужна и для воспроизводства, и на пищевые нужды, а размер и качество гонад изменяется и в зависимости от репродуктивного цикла, и как вид продовольственного товара. Как следствие, ценность икры только частично известна во время сбора. Эти взаимодействующие процессы обеспечивают мелкомасштабную гетерогенность, превышающую отмеченную в других таксонах.

Динамика промысла морских ежей показывает, что, как и для многих видов беспозвоночных (Botsford et al., 1997; Orensanz, Jamieson, 1998), наилучшая перспектива долговременной устойчи-

ности лежит именно в мелкомасштабном управлении. Кроме того, некоторая форма исключительности доступа к конкретному ресурсу продвигает понимание специфики сбора урожая для максимизации ценности икры. Независимые же от промысла институты управления, способные быстро реагировать на изменения в обилии животных, по-видимому, обеспечивают лучшее преодоление различных неопределенностей (Хилборн, Уолтерс, 2001).

Чрезмерная промысловая нагрузка, в том числе браконьерская, на популяции *M. nudus* и *S. intermedius*, значительная продолжительность их жизни, низкие величины пополнения, а также уменьшение запасов ламинарии из-за нерационального ее промысла и использование травмирующих средств добычи (Крупнова, 1996) — все это настоятельно требует совершенствования методов квотирования вылова и расчета оптимальных промысловых нагрузок на популяции. Именно на них строится искусственное регулирование среднестатистических величин уловов в зависимости от промыслового усилия (Брегман, Седова, 1995; Малкин, 1995; Раков, 1996; Низяев, Букин, 1999).

Морские ежи — одни из лучших кандидатов на многовидовое или экосистемное управление: они играют ясную и часто доминирующую роль в прибрежной экологии, их промысел происходит на мелководье, он может наблюдаться и управляться непосредственно; ежи взаимодействуют с другими высокоценными видами, и снижение их уловов безусловно свидетельствует о необходимости изменения самого подхода к управлению. Однако, за исключением Японии и Южной Кореи, всемирный промысел морских ежей управляется на одновидовом основании. В указанных же странах вылов ежей управляется как часть общего прибрежного промысла иглокожих, ракообразных, моллюсков, водорослей и рыб, и воздействие на среду обитания используется для увеличения запаса всех видов.

Широко распространенные перелов и падение запасов морского ежа в странах, сравнительно недавно приступивших к его добыче, подтверждают, что это весьма уязвимый источник сырья. Японцы в особенности осознали это, и поэтому используют различные приемы увеличения запаса уже в течение не менее 100 лет. В Японии перелов контролируется комплексной системой мер регулирования, ограничивающих количество ловцов (промысловое усилие) и районов, открытых для лова, устанавливаемой правительством и рыболовными кооперативами.

Известны многочисленные приемы такого увеличения плодородия: 1) строительство искусственных рифов для расселения пищевых водорослей и создания защищенных мест обитания для ежа; 2) увеличение продуктивности пищевой базы ежей за счет использования техники разведения келпа в местообитаниях ежей; 3) установка коллекторов для личинок ежа, культивирование молоди, охрана подрастающего поколения; 4) переселение взрослых животных на места с обильной пищей для интенсификации роста гонад; 5) удаление крупных особей, дающих относительно низкий выход гонад, из локальных популяций (Conand, Sloan, 1989).

Подход к регулируемому промыслу морского ежа чрезвычайно сильно зависит от местных условий и поэтому различается от одного района к другому, часто заставляя использовать специфические методы. Наибольший опыт в этом отношении накоплен специалистами Японии.

*Рыболовный сезон.* Так как отдельные виды морского ежа, как и ранее, имеют определенный сезон нереста, для районов распространения различных видов приходится устанавливать свои периоды закрытия промысла, охватывающие эти сезоны. За счет этого обеспечивается защита хода нереста и, что не менее важно, ежи не утилизируются, пока их гонады имеют низкое качество. Так как возможны вариации срока нереста от района к району и от года к году, то соответствующие даты могут нуждаться в установлении путем выборочного контроля качества гонад.

В некоторых районах Японии прекращение лова длится более года, и лов ограничивается несколькими месяцами, когда гонады находятся на пике качества. Такое удлинение закрытого сезона связано как с нерестом, так и со следующим за ним периодом ускоренного восстановления гонад, когда они еще относительно малы.

*Минимальная промысловая мера (МПМ).* В большинстве районов вводится ограничение минимального размера отлавливаемых животных. Такое регулирование выполняет несколько функций. Прежде всего, от вылова защищается молодой еж со слишком малыми гонадами. Размер гонад значительно увеличивается за несколько первых лет жизни, и если небольших ежей несколько лет не вылавливать, их гонады могут вырасти в 1,5–2 раза. Кроме того, каждый год

находящиеся под защитой ежи идут на нерест, обеспечивая поддержание запаса. Это может быть особенно важным в районах, где количество пререкрутов мало. Очевидно, что минимальная промысловая мера устанавливается в зависимости от видовой принадлежности и географических факторов.

Минимальные размеры устанавливаются на всех основных промыслах морских ежей, за исключением южнокорейских и новозеландских, и даже на сравнительно менее значимых промыслах Исландии, Ирландии, Филиппин, Испании и Тасмании. Предельные размеры традиционно используются для того, чтобы позволить индивидуумам отнереститься несколько раз. Но при промысле морских ежей эта цель усложнена, так как (в отличие от многих других промысловых видов) индивидуумы промежуточного размера у ежей как раз наиболее коммерчески ценны. Ограничения максимальных предельных размеров использовались только в штатах Мэн, Вашингтон и в Британской Колумбии (для *S. franciscanus*). Во всех остальных случаях максимальный допустимый размер использовался в сочетании с минимальным.

*Ограничения на методы лова.* Эта мера позволяет управлять промысловым усилием, т. е. эффективностью лова. Как уже упоминалось, на большинстве участков лова ежей в Японии существует опасность перелова из-за слишком большого количества рыбаков. Следовательно, необходимо ограничивать промысловое усилие. В этой связи только в нескольких районах разрешен лов с помощью акваланга или шлангового снаряжения. Это преимущественно районы, где лов ведется недавно, и нет достаточного количества опытных ловцов. В большинстве районов Северной Японии, где эти ограничения есть и лов ведется только с помощью «средств малой механизации», средний вылов на человека в день составляет около 50 кг. В то же время в районах, где разрешено вести промысел на больших глубинах с использованием водолазного снаряжения, эта величина доходит от 100 до 800 кг в день на человека.

*Запретные для лова районы.* Введение таковых на постоянной основе может быть особенно удачным, если защищаемое молодое поколение, войдя в промысловый возраст, будет мигрировать в облавливаемые районы. Некоторые районы могут быть закрыты для лова вследствие снижения плотности промысловых скоплений. Это позволяет в течение года–двух защитить молодь, дав ей возможность адекватного развития, и восстановить локальную популяцию. Другие районы постоянно используются для лова по трехлетнему циклу (именно столько времени нужно морскому ежу для достижения промыслового размера). В течение первого года цикла в пределах такого района облавливаются ежи промыслового размера. Это позволяет в последующие два года восстановить водорослевое покрытие, обеспечить корм для личинок и молоди. В результате отсутствия пищевой конкуренции со взрослыми особями молодые ежи растут значительно быстрее. Их облавливают в начале следующего трехлетнего цикла. Естественно, что выбор способа поддержания запаса таким способом целиком зависит от конкретных условий промысла.

В заключение этого раздела еще раз вернемся к анализу двух основных подходов к управлению промысла морского ежа в зависимости от права собственности на ресурсы (Conand, Sloan, 1989).

*1. Ресурсы общественного пользования.* Запас является одинаково доступным для всех участников промысла, имеющих лицензии центрального правительственного органа; так это делается, например, в Северной Пацифике при лове *S. franciscanus* (обзор: Sloan, 1985). Из-за общественной природы собственности на местные запасы ежей рыбаки не имеют большой побудительной причины для осуществления увеличения запаса. Однако возможна масса вариаций в пределах подобного управленческого подхода. Например, вылов ежей в Северной Калифорнии длительное время был фактически нерегулируемым, контроль осуществлялся только рынком. В результате местного снижения цен представители промышленности вынуждены были потребовать регулирования. Рыболовство Британской Колумбии, напротив, давно управляется правительственными учреждениями: набором мер типа закрытия районов, сезонного закрытия промысла, введения местных порайонных квот, ограничения размера. Однако надзор и принуждение или регулирование затруднены из-за того, что сборщики чрезвычайно мобильны в пределах протяженных прибрежных районов.

*2. Ресурсы частного пользования.* Оценка запаса и управление — не государственные; промыслы ведут региональные кооперативы с доступом только их членов, такие как на промысле морского ежа в Японии. Местные кооперативы имеют закрепленные законом имущественные права



на их местный запас ежей и ведут собственное регулирование, направленное на введение ограничений районов лова или сезонного их закрытия, ограничение вылавливаемого размера, увеличение запаса. Японский менеджмент морского ежа — смесь режимов государственного и местного регулирования, надзор и принуждение представителей последнего может обеспечить действенный контроль в условиях хорошо известных районов лова и ограниченной мобильности сборщиков.

Впрочем, как отмечалось еще в обзоре, подготовленном департаментом рыболовства штата Вашингтон (The fishery..., 1976), поскольку в американском и японском рыболовстве существует ряд различий, применяемые в Японии методы не могут быть прямо использованы в США. В частности, только небольшое количество видов американских прибрежных морских ежей вылавливается; многие крупные популяции эксплуатируются незначительно из-за недоступности для водолазов и удаленности перерабатывающих предприятий и международных аэропортов. Как следствие, в нескольких небольших, но удачно расположенных районах наблюдается перелов, в то время как большинство не облавливается вовсе. Подобная ситуация совершенно незнакома для Японии, где серьезный (промышленный) лов ведется в течение многих лет и где есть всего несколько девственных мест обитания морского ежа. Этих мест уже недостаточно для обеспечения естественного воспроизводства.

Еще одно отличие между японским и американским прибрежным промыслом состоит в методах регулирования рыболовства. В США стратегию управления вырабатывают правительственные учреждения, а они главной целью ставят снижение изъятия ресурсов. Правительственное регулирование также важно и для Японии, но в прибрежной зоне некоторая часть управляющих функций передана местным рыболовецким кооперативам, а они главной целью считают оптимизацию вылова.

Относительно целей отечественных управленцев промыслом морских беспозвоночных, в частности морского ежа, можно только догадываться. По всей вероятности, нам также нужно ориентироваться на комплексное управление и вести его в зависимости от конкретных условий регионов, понимая, что подход к управлению промыслом морского ежа на шельфе, например Камчатки, будет существенно отличаться от такового для Южных Курил, Приморья, Сахалина и Кольского п-ова. Но большинство специалистов, изучающих промысел морского ежа, сходятся на том, что будущее управления промыслом стоит за совершенствованием организации промысловой деятельности, методов сохранения природного запаса и его увеличения (т.е. за марикультурой).

#### **6.1.9.2. Проблемы незаконного вылова**

Для решения вопросов о реальном объеме добычи морских ежей в дальневосточном регионе России существенными являются географические параметры — расстояние до ближайших Японских портов, в которых может быть сдана продукция; расстояние до ближайших российских портов, в которых производится таможенное оформление груза; степень и качество контроля над промысловыми судами и судами-перегрузчиками со стороны пограничников и других государственных организаций, охраняющих морские ресурсы — Региональная инспекция охраны морских биологических ресурсов, Спецморинспекция, Рыбвод и др. (Лебедев, 2000).

Все промысловые районы можно расположить в ряд по возрастанию степени привлекательности их для нелегального промысла морского ежа: Приморье — Сахалин — Южные Курилы. Возможны несколько сценариев функционирования нелегального промысла. Как показывает практика, ни один из них не является чисто теоретическим, по вероятности реализации в различных географических районах и на различных этапах существования промысла, они, безусловно, различны:

- морской еж добывается и без оформления в российском порту сразу транспортируется в Японию;
- добытый еж оформляется в российском порту и легально отправляется в Японию, но объем поставки при оформлении занижается;
- добытый еж полностью по всем правилам проходит оформление в российской таможне, но судно после оформления идет в Японию не сразу, а выходит на дополнительный уже нелегальный промысел и лишь после этого отправляется в японский порт.

Разновидность последнего сценария: еж добывается весь сразу, но часть его нелегально берется перегрузчиком на борт в море, а после оформления в российском порту уже легально заби-

раются остатки улова. Вполне вероятно, что существуют и другие модификации всех приведенных сценариев.

Осуществление нелегального вывоза продукции, добытой у берегов Приморья, возможно по всем представленным схемам. Описание их можно встретить в рассказах водолазов, относящихся к первой половине 90-х годов. Однако более чем 8-летний ряд личных наблюдений указывает на то, что вероятность их реализации в Приморье крайне невелика, а именно — зарегистрирована лишь однажды за весь период наблюдений. Из общего количества (около 1000 аквалангов) за 8 лет лишь один был зафиксирован как использовавшийся в режиме нелегального промысла. Отсюда величина вероятности подобного события невелика — около 0,1%, т. е. браконьерского вылова морского ежа в Приморье практически нет.

Совсем иное положение с браконьерским выловом морского ежа у берегов Сахалина и Курильских островов. Теоретически здесь возможно существование всех сценариев, однако первый вариант, при котором промысел осуществляется полностью нелегально — пусть и наиболее рискованный, но экономически максимально привлекательный, доминирует, если не сказать, что в условиях этих районов — единственный. Очень прозрачным формальным прикрытием почти двухмесячного присутствия промысловых судов в районах добычи служат официальные квоты размером в 10–15 т, которые реально, при учете минимальных расстояний транспортировки даже при неблагоприятных погодных условиях, могут быть выбраны максимум за десять дней. К этому неоднократно привлекала внимание пресса, но мизерные квоты продолжают выдаваться.

По данным Дальневосточного таможенного управления, в 1999 г. в Японию было вывезено ежа серого — 889 т, ежа черного — 152,3 т, и «просто» морского ежа — 395,2 т. Таким образом, всего в 1999 г. было вывезено 1436,5 т ежей, в то время как официальный вылов по трем районам составил 996,5 т.

К сожалению, таможенное управление смогло предоставить только общие данные по региону без разбивки их на вывоз из Приморья, Сахалина и Курильских островов, мотивируя это тем, что в базе данных управления такая разбивка отсутствует. Ввоз ежа хабаровскими предприятиями, по данным нашего представителя в провинции Отару, в 1999 г. ориентировочно составляет всего около 20 т (Скорик, 1999). Таким образом, остается предположить, что разница в 420 т между общим вывозом в Японию и выловом по Приморью и Хабаровскому краю составляет вылов и вывоз по Сахалину и Курильским островам. Однако в публикации А.М. Левашева (2000) есть указание на то, что размер выделенных квот в 1999 г. по этому району составил 120 т, из которых промысловики отчитались только за 35. Таким образом, разница между выловом и вывозом оказывается равной 385 т, а доля нелегально добытого ежа по отношению к общему объему уловов, рассчитанная этим способом по всему дальневосточному региону, составляет 26,8%.

Все попытки получить официальную информацию из Японии об объемах ввозимого морского ежа были безуспешными. В качестве иллюстрации — ответ на наш запрос из Дальневосточного таможенного управления: «Информацией не располагаем по причине отсутствия соответствующего соглашения с японской стороной». Выход из положения дает возможность получать сведения из отчетов представителя «Координационного совета по организации промысла морских ежей в Приморье» в Японии (Скорик, 1999). По его данным, приморскими экспортерами было доставлено в Японию около 900 т *S. intermedius*. Из них 800 т — согласно предоставленным фирмами-экспортерами документам, плюс 12 поставок, осуществленных без предоставления документов представителю — что, согласно его экспертной оценке, составляет еще около 80–90 т.

По полученным данным, в весенне-летний период промыслом и экспортом *M. nudus* в 1999 г. занималась приморская компания, которая поставила на японский рынок 20,26 т.

Эта цифра совершенно не согласуется с данными таможенного управления о вывозе в Японию в 1999 г. как минимум 153,2 т ежа этого вида. И в этом случае приходится делать заключение, что информация о ввозе ежа в Японию, собранная представителем координационного совета, неполная. Видимо, вне поля его зрения оказался еж, поставленный осенью 1999 г. Основанием для подобного заключения служат следующие строки из его отчета: «После 20 августа, когда квота *S. intermedius* в Приморье была практически выбрана, японцы подтвердили готовность работы на *M. nudus*. Но проверка *M. nudus* в районе промысла не дала возможность приморским

компаниям начать их экспорт с августа месяца. Ни наполнение, ни цветность гонад не соответствовали контрактным условиям в этот период времени».

Способ оценки вылова ежей, возможно, несколько менее точный, но более легкий и доступный — это оценка уровня добычи, опирающаяся на данные о числе добывающих судов, находящихся в конкретных районах промысла, и продолжительности их пребывания там. Эта информация вполне доступна: определение среднего количества морского ежа, выводимого судном за один рейс; численность обеспечивающих добычу водолазов, средняя производительность их труда; эмпирически рассчитанное время загрузки одного судна и потраченное на транспортировку продукции и возврат к месту промысла.

В зависимости от уровня организации промысла, плотности промысловых скоплений, качества гонад и состояния погоды, объемы добываемого одним водолазом ежа могут колебаться в довольно значительных пределах. Но средняя производительность водолазного труда на промысле *S. intermedius* у берегов Приморья, по нашим наблюдениям, в 1998–1999 гг. составила 307 кг (колебания от 164 до 460 кг) на одного водолаза за промысловый день (табл. 6.1.9.2.1).

По данным промысла на Южном Сахалине за 1992 г., бригада в 15 водолазов за два дня добывала около 6–7 т ежа. Работа велась как с ботов, так и с берега. Производительность труда водолаза на добыче ежа составляла от 215 до 250 кг (средняя около 230 кг) в день. Более низкие показатели по отношению к Приморью сами участники промысла объясняют низкой квалификацией большинства промысловиков в бригаде и особенностями организации промысла. Тем не менее, за один рабочий месяц в этом районе Сахалина было выловлено около 60 т *S. intermedius*. В Приморье, при более высокой производительности водолазного труда, средний вылов за месяц составил близкую цифру — 64 т. Таким образом, более низкая производительность труда водолазов компенсировалась уменьшением потерь времени на транспортировку.

На Южных Курильских островах осенью–зимой 1999 г. на промысле находились суда различного водоизмещения — от СРТМ до ПТР. Промысел велся бригадами численностью от 8 до 12, в среднем 10 водолазов. За это время одно промыслово-транспортное судно совершило до 10 рейсов в Японию. Среднее количество морского ежа, вывозимого за один рейс, составляло около 6 т. Таким образом, общий сезонный вылов одной бригады составлял около 60 т.

По данным управления федеральной службы налоговой полиции РФ по Сахалинской области (Левашев, 2000), транспортировку *S. intermedius* из этого района в Японию в 1999 г. осуществляли 13 предприятий. Интенсивность работы судов-перегрузчиков, работающих в одном и том же промысловом районе, примерно одинакова и зависит преимущественно от погоды, поскольку расстояние до порта сдачи продукции и время на транспортировку тоже близки. Таким образом, есть все основания, увеличив пропорционально упомянутые 60 т, принять общий объем ежа, перевезенного в ноябре–декабре 1999 г. 13-ю перегрузчиками, ориентировочно равным 780 т.

Данные, полученные таким простым подсчетом, ни в коей мере не завышают результативность промысла, поскольку многие из находившихся на промысле судов занимались только промыслом, не тратя время на транспортировку продукции в порты Японии, а значит и перегрузчики, работавшие в таком промысловом режиме, сами не тратили время на добычу и поэтому могли совершить более 10 рейсов с продукцией. Известно (информация от японцев и сахалинцев — из отчета Приморского представителя в провинции Отару), что промысел *S. intermedius* на Курилах в 1999 г. шел с февраля по середину мая, когда большинство сахалинских компаний прекратили работу, но некоторые фирмы осуществляли поставки вплоть до 10 июля. По информации японцев, в порты северо-востока Хоккайдо в этот период по два раза в неделю заходили 7 российских судов с грузом ежа по 4–5 т.

Таблица 6.19.2.1. Производительность труда на промысле *S. intermedius* в Приморье

Год	1998	1999
Аппаратов на водолаза, шт.	7,25	7,0
Водолазов, чел.	14	13,6
Суммарный вылов, кг	8273	9075
Вылов на водолаза в день, кг	295	313,3

Нетрудно подсчитать, что только за один месяц ими было поставлено до 250 т *S. intermedius*. Часть сахалинских компаний в 5-кратном размере превысили объемы поставок, оговоренные в контрактах с японцами. Если довериться приведенной в публикации А.М. Левашева (2000) величине общего объема выданных квот, равной 120 т, то общий уровень вылова составил примерно 600 т. Однако, по-видимому, и эта величина не окончательна, поскольку, как следует из того же отчета, по сообщению японской стороны только за апрель–май сахалинцами было поставлено в Японию более 800 т ежа. Суммируя эти цифры, можно прийти к выводу, что общий годовой вылов *S. intermedius* по этому району составил не менее 2000 т.

Способ оценки, опирающийся на величину средних индивидуальных сезонных выловов водолазов, составивших, по нашим данным, около 6 т (размах от 5,9 до 6,4 т на человека) и общее число водолазов на промысле, ориентировочно равное 130 (по 10 водолазов, обеспечивающих морским ежом каждый перегрузчик), дает величину вылова всего за два месяца (ноябрь–декабрь) те же 780 т. Поскольку путина в этом районе продолжалась в 1999 г. с февраля по май включительно, и после летне-осеннего перерыва — вновь, с конца октября по конец декабря, т. е. в общей сложности не менее 5 месяцев, можно сделать заключение, что за год в этом районе вылавливается до 2 тыс. т *S. intermedius*.

Анализ добычи морских ежей, проведенный Управлением федеральной службы налоговой полиции РФ по Сахалинской области в 1999 г., показал, что по данным наших добывающих организаций, в этом районе ими было выловлено только 35 т из выделенных квот на вылов 120 т, в то время как, по данным японской стороны, сахалинскими промысловиками было ввезено в Японию около 400 т (Левашев, 2000). Процент нелегальной добычи в этом случае превышает 90% от всего выловленного *S. intermedius*. По данным опроса водолазов, объем нелегально добытого ежа одним из судов, находившихся на промысле в этом районе в 1999 г., во всяком случае превышал 75% от всего объема добычи.

Подобная методика подсчета реальных уловов была бы более надежна при условии точного определения количества судов и продолжительности их пребывания в данном промысловом районе. Очевидно, что в условиях Южных Курил промысловики вероятнее всего будут вести добычу наиболее прибыльного биоресурса, оттягивая момент окончательной реализации квоты по разрешенному виду, позволяющей им находится в данном районе.

Как показывает практика, получить желаемую информацию значительно легче у занятых на промысле водолазов, чем у организаций, призванных им управлять и его контролировать. Например, в Управление налоговой полиции по Сахалинской области на запрос о данных по вывозу промысловых беспозвоночных в Японию пришел ответ, что подобная информация отсутствует, хотя, как совершенно очевидно следует из публикации в «Рыбаке Сахалина» от 18–24.02.2000, подобными данными там располагали и их анализировали.

Цифры браконьерски выловленного морского ежа очень высоки. По данным японской газеты «Суйсан симбун» («Морские биоресурсы») от 16.04.2001, в первом квартале 2001 г. общий допустимый улов морского ежа составлял всего 50 т (Комаров, 2002); при этом, судя по официальным российским документам, его промысел не проводился. Но в порты на Хоккайдо (Отару, Вакканай, Момбецу, Абасири, Ханасаки, Немуро) за те же три месяца морской еж поступил в количестве 757 т — превышение общего допустимого улова в 15,1 раз. За эти три месяца морского ежа попало в Японию на 541 млн иен (более 4,6 млн долл. США). Среди портов по теневому обороту «ежовых долларов» лидирует Немуро: поступило 676 т на сумму 499 млн иен. Контрабанда шла и по воздуху: например, в аэропорты г. Титосе (о. Хоккайдо, юго-восточнее г. Саппоро) была доставлена из России 1 т икры морского ежа. Согласно утверждениям авторов аналитической записки, содержащей эти сведения, «указанный объем может быть пересчитан на объем сырца с учетом среднего показателя выхода готовой продукции около 10%. Следовательно, 1 т икры могла быть получена из 10 т сырца».

Уже после того, как был подготовлен к печати этот материал, появилось сообщение, что наконец решен вопрос о недопущении незаконной сдачи морепродуктов в портах Японии. Если ранее российские суда могли свободно заходить в японские порты, то теперь каждое судно должно иметь таможенную декларацию, подтверждающую происхождение находящейся на борту продукции. Незаконный промысел немедленно откликнулся: с 1 апреля 2002 г. не зафиксировано ни

одного захода в порт Вакканай на Хоккайдо (ближайший к Сахалину) судов с нелегальной продукцией (в то время как раньше их насчитывали до 30 единиц в одном порту ежедневно). Почти одновременно был запрещен выход на промысел судов, не имеющих оборудования для автоматической передачи сведений о координатах и уловах.

Все это, как отпартовали средства массовой информации, уже сократило браконьерский вылов на 40%. Но на самом деле радоваться пока особенно нечему: пресечен только самый простой по данной выше классификации способ браконьерства, два других остались. И это подтверждает августовский номер газеты «Совершенно секретно» (№ 7, 2002), где приводятся данные о том, что с 1 апреля по 17 мая 2002 г. только в порты Ханасаки и Кусиро на Хоккайдо было доставлено 1900 т морского ежа (при ОДУ 1006 т).

До тех пор, пока браконьерство кому-то выгодно, рыбаки-неформалы будут искать все новые и новые способы переправки незаконно добытых морепродуктов в сопредельные страны. Насколько серьезна ситуация в дальневосточном регионе, свидетельствует, например, недавний (май 2002 г.) террористический акт в отношении начальника Южно-Сахалинского территориального отдела ТОРУ ФПС России генерал-майора В.И. Гамова, принимавшего непосредственное участие в борьбе с браконьерством — в том числе и с браконьерством на промысле морского ежа.

Судя по всему, данный материал имеет уже скорее историческое, чем практическое значение. Используя механизм совместных предприятий и четко отлаженный российско-японский нелегальный бизнес, в который втянуты и контролирующие органы обеих стран, браконьеры научились юридически выводить незаконно добытую продукцию из-под контроля инспекторов уже в момент подъема улова на борт. Поэтому вполне вероятно, что морского ежа на Южных Курилах и Сахалине ждет та же участь, что и дальневосточного трепанга, незаконный вылов которого просто подошел к естественному концу, достигнув порога экономической эффективности даже в акваториях Дальневосточного морского заповедника.

Кроме того, не стоит забывать, что в регионе есть еще и быстро развивающийся внутренний рынок браконьерских морепродуктов. По своим потребностям в недалеком времени он может стать весьма притягательным.

## 6.2. Воспроизводство промыслового запаса

### 6.2.1. Принципы воспроизводства

#### 6.2.1.1. *Сохранение генофонда*

Основные причины изменений качества генофонда кроются в естественных и вносимых в среду антропогенных загрязнениях, рассматриваемых в широком смысле и включающих физические, химические и биологические составляющие. Кроме того, важен фактор неразумно ведущегося промысла, выбивающего, как правило, наиболее сильных и продуктивных производителей. Изменения в генофонде могут также возникнуть на этапе искусственного разведения за счет угнетения животных в результате длительного нарушения водного обмена или развития паразитофауны и эпизоотий.

Наибольшие надежды на сохранение генофонда исследователи связывают с криоконсервацией половых продуктов и личинок. Одновременно ведутся работы по исследованию снижения воздействия пресса загрязнений на генетическую структуру диких популяций и самих культивируемых объектов, однако последние меры ограничены пока выявлением патогенов и регуляторов генетической основы организмов, созданием генетических банков как диких, так и культивируемых животных (Душкина, 1996).

Теорией и практикой криоконсервации занимается криобиология. Сейчас криоконсервация зародышевых клеток и эмбрионов — одно из перспективных направлений сохранения генофонда как промысловых, так и редких (исчезающих) видов животных и растений (последнее необходимо для сохранения в природе биоразнообразия). Способ сохранения генофонда посредством создания низкотемпературных генетических коллекций (криобанков) позволяет за счет использования метода глубокого замораживания половых продуктов десятки лет сохранять генетический материал и затем использовать его для оплодотворения. Проблема криоконсервации привлекает

внимание российских и зарубежных специалистов как при выполнении фундаментальных исследований, так и для практического использования замороженного эмбрионального материала в медицине, сельском хозяйстве и марикультуре.

Однако при работе с половыми продуктами морского ежа оказалось, что если сперма и зародыши его, начиная со стадий морулы-бластулы, выдерживают низкотемпературное замораживание в присутствии криопротекторов без значительной потери жизнеспособности, то яйцеклетки и зиготы заморозить в жидком азоте пока не удастся. В опыты по замораживанию отбирали эмбрионы *S. intermedius* на стадии средней бластулы, поздней гаструлы, призмы и раннего плутеуса (Гахова и др., 1988). Доля жизнеспособных зародышей после оттаивания была очень мала (Naidenko et al., 1991). Требовался подбор специального криопротектора, который должен был быть нетоксичным, хорошо растворимым в воде, эффективно снижать количество вымораживаемой воды, предотвращать кристаллизацию и поддерживать в растворенном состоянии соли и белки (Одинцова, 2001).

Использование в качестве такового диметилсульфоксида (ДМСО) — наиболее распространенного криопротектора с ярко выраженными криозащитными свойствами для различных соматических и половых клеток — здесь не помогло. Было выяснено, что ДМСО нельзя использовать при замораживании яйцеклеток морских ежей, поскольку сам он вызывает различные нарушения внешнего слоя цитоплазмы. Возможно, именно поэтому функционально более зрелые и метаболически активные зародыши поздних стадий развития морского ежа (бластулы — плутеусы) не повреждаются при действии ДМСО и выдерживают замораживание в жидком азоте (Межевикина и др., 1995; Одинцова, 2001).

Существенное улучшение результатов удалось получить за счет использования в качестве криоконсерванта пигмента морского ежа эхинохрома А. Эксперименты, совместно выполнявшиеся сотрудниками Института биологии моря (ИБМ) и Тихоокеанского института биоорганической химии (ТИБОХ) ДВО РАН, показали, что предварительное введение эхинохрома А в культуру личинок *M. nudus* до начала замораживания обеспечивает большую их выживаемость после оттаивания. Было показано, что личинки морского ежа в присутствии эхинохрома А на стадиях поздней гаструлы и раннего плутеуса переносят процедуру замораживания-оттаивания лучше, чем на стадии бластулы и призмы. Оказалось, что эхинохром А оказывает комплексное позитивное действие на выживаемость личинок благодаря защите липидов клеточных мембран в процессе криоконсервации и бактерицидным свойствам. Было также сделано предположение о том, что повышение уровня эндогенного эхинохрома А способствует усилению репарационных процессов в клетках личинок морского ежа и восстановлению поврежденных в ходе замораживания-оттаивания клеточных структур (Koltsova et al., 1981; Найденко, Кольцова, 1998).

Основные работы в этом направлении пошли по пути именно криоконсервации зародышей или личинок на разных стадиях развития. Последние, как оказалось, не только лучше переносят криоконсервацию, но и несут более полную генетическую информацию. В результате этих работ, проводившихся у нас в стране с 1986 г. по программе «Низкотемпературный генетический банк промысловых и редких видов рыб и беспозвоночных», были разработаны методы криоконсервации личинок морских ежей и других видов беспозвоночных. Заложенные в криобанк Института биофизики клетки РАН (г. Пущино Московской обл.) личинки дальневосточных морских ежей сохраняются уже около 20 лет, причем после оттаивания около 90% из них восстанавливают свои функциональные свойства. По методике, разработанной в ИБМ ДВО РАН (г. Владивосток), после культивирования криоконсервированных личинок уже были получены взрослые особи морских ежей и показано, что личинки второго поколения развиваются без отклонения от нормы (Ананьев и др., 1997).

#### 6.2.1.2. Принципы марикультуры

Под марикультурой (синонимы: аквакультура, морская аквакультура) обычно понимают выращивание морских гидробионтов с целью воспроизводства запаса. Это понятие включает: 1) культивирование растений или животных в пресной, солоноватой или морской воде, включающее их искусственное воспроизводство и товарное выращивание; 2) промышленное выращивание гидробионтов по определенной технологической схеме с полным контролем над всеми основ-

ными звеньями процесса; 3) хозяйствование на водоемах с целью повышения их продуктивности (аналогичное сельскому хозяйству на суше). Таким образом, марикультура в широком смысле — это активное вмешательство в управление биологическими процессами в морской среде, включающее разнообразные формы биологической мелиорации, акклиматизации и трансплантации промысловых и кормовых организмов, создание новых гибридных форм, уменьшение с использованием технических и биологических методов количества вредных животных и др.

В марикультуре определились два основных подхода: многоцелевое использование и стратегия «расчленения», т. е. создание монокультурных хозяйств. В первом случае мы имеем дело с ситуацией, более приближающейся к естественной среде, во втором — среде с искусственно поддерживаемым видом, дающим максимальный доход. К такому разделению в конце концов пришло наземное сельское хозяйство. Цена его — необходимость использования пестицидов, инсектицидов, фунгицидов и пр. для защиты культурных растений от сорняков, вредителей, вирусов и микроорганизмов, а также массовых вакцинаций для предотвращения эпизоотии животных.

Можно выделить три основных типа водных систем для марикультуры: открытые, замкнутые и полужамкнутые. В открытых системах продукцию получают в естественном водоеме, и вмешательство человека в основном идет по линии повышения его продуктивности. В полужамкнутых системах вода из природного водоема поступает в систему после предварительной обработки (или без таковой) и после прохождения через систему возвращается в водоем. В замкнутую систему вода подается один раз и далее не заменяется или заменяется через значительные промежутки времени. Здесь речь уже идет о возможности реализации полного цикла — от личиночной стадии до получения продукции (Левин, Коробков, 1998).

Поскольку и легальный, и нелегальный промыслы морского ежа повсеместно снижают его запасы, требуются альтернативные меры как для обеспечения рынка, так и для поддержки природных популяций этих животных. Ввиду важности проблемы марикультура морских ежей постепенно становится специализированной отраслью, рассматривающейся сейчас не только как альтернатива промыслу, но и как дополнение к нему. Для искусственного культивирования морских ежей уже есть и собственное название — эхинокультура (в отличие от марикультуры иглокожих вообще — эхинокультуры).

Первой страной, начавшей заниматься увеличением численности морских ежей, была Япония. Применяемые методы включают улучшение среды обитания (в т. ч. строительство искусственных рифов), создание системы искусственного питания, перемещение популяций в более продуктивные районы и строительство инкубационных устройств, продуцирующих миллионы молоди в год, которую затем переносят в море. Такие устройства могут быть решением задач воспроизводства при подходящих географических условиях, например при наличии достаточно крупных приливно-отливных ванн, дающих достаточную защиту осаждаемой молоди. Использование при этом подходящих искусственных кормов дает возможность добиться увеличения размера гонад. Таким образом, особенности биологии морского ежа применительно к товарной марикультуре позволяют говорить не только об увеличении численности, но и степени развития гонад.

Повышения уровня добычи морских ежей можно достичь за счет улучшения среды обитания, путем их разведения или трансплантации. Разведение включает искусственное получение молоди, выпуск ее в море для нагула и увеличения численности естественного пополнения или в искусственную (модифицированную) среду для контролируемого дорастивания. Для обозначения процесса нагула молоди в естественной среде в зарубежной литературе обычно используется термин «ранчирование» (от англ. ranch — фермерство, скотоводство), но в нашей литературе под этим термином обычно понимается выращивание рыбы в пресноводных водоемах.

Само ранчирование может вестись в нескольких вариантах, отличающихся масштабами ограничения распространения животных и воздействия человека на среду. В свою очередь, повышение производства икры может достигаться как переселением ежей из среды обитания с низким темпом роста массы тела и гонад в более богатые пищей районы, так и переводом их на искусственную подкормку. Более того, взрослые морские ежи могут также пересаживаться в районы с подходящими условиями, где их ранее практически не было. Это уже относится к технологиям трансплантации, после осуществления первого этапа которой речь, практически, снова идет о вариантах ранчирования. Причем, подходящие условия могут быть созданы искусственно.

Все эти пересекающиеся взаимодополняющие друг друга технологии и объединяются термином «марикультура». Последняя стала сейчас активно развивающейся областью деятельности. Конечным шагом в управлении получением продукции морских ежей принципиально может стать полная независимость от естественных ресурсов, когда контролируются все жизненные циклы животного в культуре — от нереста до развития гонад (Grosjean, 2001). Однако методология данного направления марикультуры, с одной стороны, еще не доведена до коммерческого использования, а с другой, не подтверждена экономическими расчетами (Imamura, 1999).

#### **6.2.1.3. Улучшение среды обитания**

Методы улучшения условий обитания морских ежей включают устранение источников загрязнения морской среды, формирование пищевой базы, модификацию субстрата и гидрофизических условий, устранение или контроль хищников. Под устранением источников загрязнения подразумеваются отвод промышленных и бытовых стоков за пределы зоны воздействия на участки будущей марикультуры, установка защитных санитарных рифов на пути распространения выбросов, применение мер управления естественным транспортом наносов.

Выше были сформулированы условия, определяющие возможность эффективного роста молоди ежей. В большой степени их выполнение обеспечивает и воспроизводство водорослей. Поэтому цель программ улучшения среды обычно состоит в том, чтобы расширить области обитания одновременно и морских ежей, и пищевых водорослей (Morikawa, 1999). Для этого применяют методы изменения структуры грунта на более подходящую для ежей и водорослей, а также защиты участков побережья от прямого воздействия волн и ограничения транспорта наносов.

В Японии, например, многие рыбацкие кооперативы привлекаются к участию в соответствующих проектах. В районах с плоским подводным ландшафтом простое добавление валунов позволяет им увеличить урожайность многих морских видов. Являясь субстратом для развития водорослей, камни обеспечивают как пищу, так и убежище морским ежам. Некоторые районы приспособляются специально для молоди, тогда как примыкающие — для взрослых обитателей, что обеспечивает всем соответствующие условия развития. Районы мелководий, например, покрываются привлекающей молодь галькой. Во множестве префектур для улучшения среды обитания и обеспечения большого количества убежищ используются простые наброски из камня и/или крупных бетонных блоков (Agatsuma, 1991). Но кроме этого кооперативные объединения рыбаков во многих районах строят и достаточно сложные искусственные рифы (Ramachandran, Terushige, 1991).

Более 200 лет японцы применяют такие рифы, позволяющие более эффективно использовать водное пространство за счет концентрации организмов, их более рационального размещения, защиты от хищников. Кроме того, в сочетании с волнозащитными сооружениями искусственные рифы дают возможность создавать защищенные от природных катаклизмов фермы у открытых берегов. Акватории с искусственными рифами занимают в японских прибрежных водах около 10% от общей площади. Объем выполняемых работ очень велик: только в период с 1976 по 1984 гг. на работы по сооружению искусственных рифов здесь было выделено более 4 млрд долл. США (Vick, 1984).

Не отстает от Японии в этом отношении и Южная Корея, где с 1971 г. было установлено 7,6 км<sup>3</sup> искусственных рифов. Это главным образом крупные бетонные структуры, составленные из модулей объемом 8 м<sup>3</sup> каждый. Рифы устанавливались на всех побережьях, особенно на восточных и южных. С 1990 г. искусственные рифы используются для оборудования мелководных (до 10 м глубиной) участков, предназначенных для халиотисов, водорослей и морских ежей. К сожалению, несмотря на 30-летнюю историю этого предприятия, эффект воздействия на прибрежный промысел и экосистемы еще не был детально проанализирован.

В России по программам сохранения запасов также ведутся работы по созданию искусственных рифов, но носят они пока в основном исследовательский характер. Обобщение опыта использования рифов в Приморье показало, что устанавливавшиеся в южной части Амурского залива конструкции, выполненные из отработавших свой срок автопокрышек, действительно демонстрировали высокие результаты по увеличению площади естественных нерестилищ и твердых субстратов (Явнов, 1990). Правда, настораживает тот факт, что в указанной работе отсутствуют сведения о морских ежах. Последнее может быть связано как с недостаточной чистотой



для эхинокультуры вод даже в этой части залива, так и фактором выделения в среду характерных для непищевых резин дитиокарбаматов, являющихся фунгицидами, избирательно влияющими на зародыши разных видов. Возможно, пророческим оказалось предупреждение К.М. Хайлова о том, что массовое затопление автопокрышек может войти в противоречие с задачами охраны моря (Хайлов и др., 1987).

Решающую же роль в развитии техники марикультуры вообще и эхинокультуры в частности для нашей страны, по всей вероятности, будут играть не только и не столько технические приемы, но преобразование структуры управления отраслью. Опыт наших восточных и западных соседей показывает, что передача части властных полномочий в области управления ресурсами кооперативам приводит к тому, что как только рыбаки чувствуют прирост дохода от увеличения запаса их собственных промысловых участков, они начинают активно вкладывать время и средства в поддержание этого увеличения. У американских и российских рыбаков, которые не имеют соответствующих прав, не возникает и побудительных мотивов для приложения усилий в подобной практике улучшения субстрата и т. п.

### 6.2.2. Практика воспроизводства

#### 6.2.2.1. Корма для марикультуры

Коммерческая марикультура ежей зависит от наличия легко доступного недорогого корма. Опыт показывает, что ежи потребляют и хорошо растут на гранулированных кормовых смесях при определенных консистенции, размерах и форме гранул. При этом абсорбция питательных веществ из корма — сои, зерновых, креветок, мяса рыбы и т. п., приготовленного на связующих веществах или прессованием, обычно достаточно высока. Эффективность абсорбции пищевых веществ, входящих в корм, составляет по органическим веществам — 20–60%, по белку — 61–84%, по углеводам — 34–68% и по липидам — 42–47%. Когда крупные особи питаются таким кормом, они не существенно увеличиваются по размеру и массе, но при длительном потреблении (1–3 мес.) различных видов корма кишечный и гонадный индексы животных достигают экологического максимума. Особенно примечателен тот факт, что такие корма способствуют достижению максимальной продукции гонад даже за пределами репродуктивного сезона и быстрому росту молоди морских ежей (Klinger et al., 1998).

В России первые опыты по практической оценке возможностей создания системы искусственного питания для морских ежей были начаты в 1985 г. (Левин и др., 1987; Левин, Найденко, 1987). Цикл экспериментов, позволивших оценить потребление морским ежом *S. intermedius* различных видов корма, был проведен в аквариальной Опытной морской базы в б. Витязь (ОМБ «Витязь»). Использовались водоросли *Laminaria cichorioides*, *L. japonica*, *Ulva fenestrata*, *Ahnfeltia tobuchiensis*, *Rhodomenia pertusa*, морская трава *Zostera marina*, мягкие ткани мидии Грея и рыбы, а также смесь на связующем, состоявшая из агар-агара, сухого молока и воды (2,5:20:100).

Наиболее интенсивно морские ежи потребляли мидию, ламинарию и агаровую смесь, несколько медленнее — рыбу, ульву и анфельцию, наименее интенсивно поедалась zostера. Родимению морские ежи не ели. *L. japonica* поедалась почти в два раза интенсивнее, чем *L. cichorioides* (табл. 6.2.2.1.1).

Таблица 6.2.2.1.1. Скорость потребления *S. intermedius* различных видов корма,  $10^{-2} \text{ г} \times \text{г}^{-1} \times \text{сут.}^{-1}$

Корм	X±s
<i>Laminaria cichorioides</i>	2,1±1,0
<i>L. japonica</i>	4,4±2,3
<i>Ulva fenestrata</i>	1,0±0,6
<i>Ahnfeltia tobuchiensis</i>	2,2
<i>Rhodomenia pertusa</i>	не потребляли
<i>Zostera marina</i>	0,6±0,4
<i>Crenomytilus grayanus</i>	2,2±2,4
Рыба	1,4±0,8
Искусственный корм	1,8±1,0

Скорость потребления контролировалась по выделению экскрементов. Выяснилось, например, что фекалии анфельции не образуют оформленных агрегатов и сходны с измельченным пищевым материалом. Неусвоенные компоненты рыбы представляют собой мелкие шарики желтоватого цвета. Фекалии, выделяемые после поедания мидии, не образуют агрегатов, но имеют характерную темно-бурую окраску. Типичные оформленные экскременты *S. intermedius* выделяют после кормления ульвой (светло-зеленые), агаровой смесью (белые), ламинарией и зостерой (зеленые разного оттенка). Время от начала кормления разными типами пищи до выделения фекалий значительно варьирует (табл. 6.2.2.1.2).

Различия в окраске экскрементов, образованных несколькими видами корма, достаточны, чтобы использовать их для установления времени прохождения конкретного вида пищи через кишечник. Наиболее удобными для использования в качестве метки оказались агаровая смесь (перед ламинарией, ульвой и анфельцией) и ламинария (перед рыбой и агаровой смесью).

На основе предварительных исследований была отработана методика содержания морских ежей *S. intermedius* с использованием кормовых смесей на основе агар-агара с пищевыми добавками различного состава. Кормовые смеси промерялись в опытах продолжительностью 27–43 сут. в разные сезоны в проточной установке из 8 идентичных по конструкции блоков, состоящих из винипластовых ванн с установленными в них кассетами, разделенными на 25 индивидуальных ячеек размером 10×10×17 (высота) см.

В качестве натурального корма использовали листья *Zostera marina* и слоевища *L. cichorioides*, а также мясо камбал, отделенное от костей. Для приготовления муки из *L. japonica* отбирали здоровые однолетние слоевища, промывали, сушили при 50 °С, измельчали на шаровой мельнице. Состав опробованных в опытах кормовых смесей приведен в табл. 6.2.2.1.3.

В процессе опытов отмечалась высокая скорость потребления ежами корма с добавкой сгущенного молока (до  $5,8\text{--}3,4 \times 10^{-2} \text{ г} \times \text{г}^{-1} \text{сут.}^{-1}$ ); скорость потребления корма с мукой из высушенной *L. japonica* была сравнимой с таковой для свежей ламинарии. Максимальная скорость роста гонад была отмечена при использовании корма, включавшего яичный порошок и рыбную муку. Гонады ежей, питавшихся только сгущенным молоком, не увеличивались, хотя скорость потребления этого корма в несколько раз выше, чем для кормов, вызывающих интенсивный рост гонад.

В результате экспериментов было показано, что пищевые добавки в искусственный корм в виде обладающих приемлемой стойкостью в воде брикетов, содержащие: яичный порошок — 4%, рыбную и ламинариевую муку, а также сгущенное молоко — по 5% и агар — не более 4%, сбалансированно обеспечивают пищевые потребности морских ежей.

Позднее приведенные выше результаты были неоднократно подтверждены. Например, авторами работы (Fernandez, Boudouresque, 1998), использовавшими три типа корма: «растительный» (низкий уровень содержания белка, высокий — углеводов), «смешанный» (средний уровень животного и растительного белка, углеводов) и «животный» (высокий уровень белка, низкий — углеводов), было показано, что степень усвоения отрицательно коррелировала с поглощением и уровнем содержания углеводов в корме. Самый высокий уровень потребления корма получен при использовании овощной диеты; наивысший уровень усвоения получен при употреблении животного корма, самый низкий — овощного.

Корм, приготовленный на связующих веществах — обычно комбинация из сухих гранул, овощей и животного мяса, которые включаются в матрикс из агара, желатина или различных клеящих веществ. Несмотря на различия в составе, есть элементы, обычные для большинства кор-

Таблица 6.2.2.1.2. Время от начала кормления *S. intermedius* до выделения фекалий, сут.

Корм	Появление	Массовое выделение	Следы
<i>Laminaria cichorioides</i>	1	2	не менее 8
<i>Ulva fenestrata</i>	1	3	не менее 6
<i>Ahnfeltia tobuchiensis</i>	1	4	не менее 6
<i>Zostera marina</i>	1	3	—
<i>Crenomytilus grayanus</i>	2	5	—
Рыба	1	4	—
Искусственный корм	1	3	5

мов, включающих, как и показано выше, в качестве главного компонента мясо рыб. Корма также почти всегда содержат зерно в качестве легко доступного источника углеводов; в некоторые включены и зерно, и водоросли (*Laminaria spp.*). Более вариабельные составные части корма, такие как соя, креветки, дрожжи, дают альтернативный источник белка. Второстепенные компоненты, такие как минералы и витамины, также варьируют.

Альтернативный способ приготовления корма — прессование давлением с минимальным включением клеящих веществ. Прессование позволяет вводить в корм меньше непищевых компонентов. Такие корма подобны по составу приготовленным на связующих веществах — в их состав входят соя, зерновые (кукуруза, пшеница), мясо рыб и различные добавки (табл. 6.2.2.1.4). Применение этих кормов имеет свои ограничения. Чтобы приниматься ежами, корм должен иметь мягкую консистенцию и, следовательно, быть насыщенным водой. Эта насыщенность — уязвимое место для его сохранности.

Успехи по внедрению прессованного корма начались после того, как братья Джон и Адисон Лоренсы (John и Addison Lawtence) совместно с фирмой Wenger начали его промышленное производство. В 1990 г. в Техническом центре Wenger был организован выпуск корма с использованием нескольких модификаций обычного промышленного метода шнековой экструзии, применяющегося в кулинарии. Установка включает питающую систему с бункером и шнеком, подающим сухие кормовые компоненты в барабан-смеситель. Туда же подаются жидкие компоненты корма. После тщательного преремешивания масса поступает на валки экструдера, где окончательно готовится корм. По завершении процесса обработки корм продавливается через отверстие, получая требуемую форму цилиндрических гранул (в некоторых работах такой вид корма называют пеллетезированным).

Для избежания порчи корма влагосодержащие компоненты требуют специальных мер контроля водной активности. В частности, для поддержания в норме количества влаги в корм добавляют гигроскопичный пропиленгликоль, а для снижения pH с целью не допустить повышения кислотности — фосфорную кислоту. Для подавления плесневых грибов обычно используют сорбат калия. При охлаждении горячего влажного продукта используется нержавеющая сталь, специальные конструкционные меры принимают и для устранения конденсирования влаги внутри охладителя.

Таблица 6.2.2.1.3. Компоненты кормовых смесей для морских ежей *S. intermedius*, % от общей массы

№ смеси	Компонент	Содержание*
1	Мука из <i>L. japonica</i>	1; 10
	Молоко сгущенное	1; 3; 10; 35
	Яичный порошок	10
	Сахароза	1; 5; 10; 25
	Глюкоза	1; 2,5; 10
	Рыбная мука	10; 20
	Дрожжи	25
2	Рыбная мука	20
	Молоко сгущенное	3,5
3	Рыбная мука	20
	Сахароза	5
4	Рыбная мука	20
	Сахароза	5
	Растительное масло	1
5	Рыбная мука	8
	Мука из <i>L. japonica</i>	1
	Молоко сгущенное	1
6	Рыбная мука	7
	Мука из <i>L. japonica</i>	1
	Молоко сгущенное	1
	Растительное масло	1

\* Все корма включали агар-агар (3% по массе) и пресную воду (дополнительно до 100%)

Более детально с историей создания продуктов из кормовых смесей и технологией их приготовления можно ознакомиться в работах зарубежных авторов (Lawrence et al., 2001; Kearns et al., 2001).

Надо отметить, что в настоящее время применение продуктов из кормовых смесей, включающих специальные кормовые добавки, уже стало необходимым элементом марикультуры, без которого невозможно обеспечить нормальный пищевой режим выращивания животных в условиях морской среды. Важны стабильность таких продуктов, сравнительно невысокие цены, возможность включения в их состав различных биологически активных веществ, позволяющих как управлять качеством продукции, так и создавать разновидности кормов, необходимые для питания ежей на различных стадиях зрелости гонад и роста. Последнее немаловажно, так как эксперименты подтверждают, что для эффективного выращивания ежей в различные возрастные периоды необходимы отличающиеся по составу корма.

Например, при оценке скорости роста молоди на стандартном гранулированном корме фирмы Wenger, предназначенном для подрашивания взрослых животных, был получен неудовлетворительный результат. Было проведено сравнение роста молодых морских ежей *S. droebachiensis* при кормлении их наиболее известным натуральным кормом из *Laminaria saccharina* с добавкой из мшанки *Membranipora membranacea* и гранулированным кормом. Диаметр панциря морских ежей в течение первых двух месяцев увеличивался быстрее при питании искусственным кормом, однако после третьего месяца кормления скорость роста на естественном корме стала выше. Кроме того, ежи на гранулированном корме имели более бледную окраску панциря и более короткие иглы, чем на естественном. Различия в окраске и в длине игл возникали, по-видимому, из-за недостатка в корме некоторых питательных веществ, необходимых для ювенильных особей (Williams et al., 1998).

Как отмечают проф. Дж. Лоренс и его коллеги, крупномасштабное использование приготовленного корма для выращивания очень небольших по размеру особей морского ежа представляет ряд технических проблем. Одна состоит в увеличении отношения поверхность / объем для очень мелких частиц корма. Это увеличивает потерю органического вещества частицами, изменяющую качество корма, увеличивает возможность эвтрофирования и снижения качества воды. Другая проблема — удаление несъеденного корма и подача свежего. Здесь, по всей вероятности, применимы разработанные в марикультуре других водных животных технологии управления интенсивностью и временем питания, посредством регулирования общего количества выданного корма и числа кормлений в сутки. Значительное увеличение скорости роста на приготовленном корме, обуславливающее снижение времени для достижения рыночного размера, показывает, что

Таблица 6.2.2.1.4. Типичные составы искусственных кормов, приготовленных с использованием связующих веществ и прессованием, % сухой массы (Klinger et al., 1998)

С использованием связующих веществ			Прессованием		
Состав	Соя, рыба, пшеница	Соя, пшеница	Состав	Зерновые, соя	Зерновые, соя, келп
Рыба	28,6	—	Кукуруза	36,5	32,0
Пшеница	27,5	25,9	Пшеница	36,4	27,3
Соя	23,2	44,5	Соя	11,1	11,1
Лецитин	0,9	0,9	Водоросли	—	14,0
Витамины	2,6	2,6	Рыба	10,0	12,0
Минералы	9,1	15,3	Карбонат кальция	1,7	—
Холестерин	0,5	0,5	Дифосфат натрия	1,1	<0,1
Рыбий жир	—	2,4	Дифосфат калия	—	1,3
Целлюлоза	5,9	5,9	Фосфолипиды	1,0	1,0
			Рыбий жир	0,7	0,2
			Хлорид натрия	0,6	—
			Холестерин	0,3	0,3
			Витамины	0,2	0,2
			Антиоксидант	0,2	0,2
			Витамин С	0,1	0,1

5% муку готовят в 3% агаре как связующее вещество

усилия, затраченные на решение этой проблемы, сулят определенные результаты (Lawrence et al., 2001).

Другая проблема связана с окраской гонад, являющейся одним из основных критериев их рыночного спроса. Гонады, продуцированные с использованием существующих кормовых смесей, обычно не имеют желаемого цвета. Возможно, окраску гонад морских ежей удастся надежно регулировать, изменяя каротиноидный состав диеты, как это делается для мяса других культивируемых видов (Lawrence et al., 2001; Matsuno, Tsushima, 2001).

Эксперименты в этом направлении сейчас ведутся. Например, проводились испытания влияния каротиноидов на цвет икры ежа *Evechinus chloroticus*. Животных кормили экспериментальной пищей — соевым порошком с добавлением каротиноидных пигментов. Каротиноидные добавки влияли на окраску гонад. Добавка астаксантина придавала им столь популярный желто-оранжевый цвет. Однако морские ежи из естественной среды, питавшиеся водорослями, имели значительно более крупные гонады и меньший кишечный индекс, чем ежи, содержащиеся на искусственной диете.

В то же время морские ежи, взятые из природной среды, даже с одного участка, показывают чрезвычайную вариабельность цвета гонад. Это создает проблему при коммерческом промысле, поскольку большая доля животных отбраковывается. Астаксантиновая диета продуцирует окраску гонад почти так же хорошо, как и водорослевая, но дает более стойкий результат. Это подтверждает возможности астаксантина в качестве специальной пищевой добавки (Goebel, Barker, 1998). Правда, как предупреждают Дж. Лоренс и др. (Lawrence et al., 2001), при развитии технологии приготовления кормов необходимо обратить внимание на роль каротиноидов в биологии морских ежей, а не только их влияние на окраску гонад.

Коммерческое развитие марикультуры морских ежей серьезно задержалось по сравнению с другими видами животных из-за длительности выращивания и высокой цены продуцируемых особей коммерческого размера. Теперь уже стало ясно, что применение кормовых смесей уменьшает время достижения продажного размера ежей и увеличивает продукцию гонад. Кроме того, как уже говорилось выше, промышленный корм создает потенциал для оптимизации продуцирования и управления качеством питательных клеток в икре. Необходимо обратить внимание еще на одно обстоятельство: сейчас марикультура морских ежей ориентирована только на продукцию икры для потребления, однако она не менее привлекательна и важна в научных целях. В этом случае требования к корму существенно усложняются, так как возникает необходимость учета сложных взаимоотношений между ростом питательных клеток и гамет, что представляет интересную проблему для промышленности (Lawrence et al., 2001).

Морские ежи долгое время применяются как модели в биологии развития. Ж. Гиудице (Giudice), автор одного из руководств по этой проблеме, назвал их «драгоценным камнем» экспериментальной эмбриологии. Использование морских ежей было ограничено преимущественно прибрежными лабораториями из-за отсутствия искусственного корма. Поскольку качество естественной пищи, такой как водоросли, очень сильно варьирует, продукты из кормовых смесей дают возможность получения качественных стандартных гамет и использования морских ежей для изучения развития даже в удаленных от моря лабораториях. Хотя этот специфический рынок для гонад морских ежей не так велик в сравнении с использованием гонад для еды, стоимость корма, пригодного для этих целей, будет более высокой. Возможно, что достаточно высокая цена корма для «лабораторных» морских ежей сделает его рентабельным для промышленного выпуска (Lawrence et al., 2001).

Очевидно, что оптимальный промышленный корм для экспериментальных морских ежей должен удовлетворять целому ряду требований. Прежде всего, такой корм должен обеспечивать нормальное протекание физиологических процессов в организме животного в течение длительного времени; во-вторых, содержать доступные компоненты и обладать относительно стабильным химическим составом; в-третьих, технология приготовления должна обеспечивать возможность его производства в любое время года или/и длительное хранение; и, наконец, в-четвертых, стандартными должны быть форма и физиологические свойства его гранул (Левин и др., 1987).

Впервые приготовленный для морских ежей корм был сделан с использованием связывающих веществ, но применяли его исключительно для исследовательских целей. Такой корм ока-

зался непрактичным для крупномасштабного применения, поэтому основное внимание было уделено разработке влагосодержащего (влажного) корма, приготовленного экструзией. Однако работы по созданию технологически более дешевых кормов с применением различных связующих продолжаются. Так, по сообщениям из Норвегии, основу разработанного там корма для ежей составляют рыбные отходы, включающие кожу и различные (не публикуемые) добавки, по всей вероятности, регулирующие содержание различных аминокислот. Наличие желатинообразных веществ делает этот корм достаточно плохо растворимым и способным находиться в морской воде до 12 сут. Выпускается он в виде плиток, но планируется выпуск и в виде кубиков. За два месяца получения такого корма животные увеличивают гонадный индекс с 8 до 19%; на производство 1 кг икры затрачивается всего 3 кг корма. Качество получаемой икры по цвету, вкусу и консистенции удовлетворяет требованиям японского рынка (Luktrat..., 1999; Vokser..., 1999).

#### 6.2.2.2. Разведение

Теоретически повышение запаса морских ежей при разведении основано на представлении о том, что пополнение популяции ограничено процессами, действующими на личинки до стадии метаморфоза, т. е. в период до их оседания на субстрат и приобретения промыслового размера (Doherty, 1999). Чтобы процесс разведения имел смысл, смертность молоди должна быть относительно независима от плотности. В противном случае высаживаемые животные (повторно отобранные морские ежи) просто «заменили бы» животных в естественной популяции.

Половые продукты, выметанные морскими ежами, уязвимы для хищников. Некоторые виды в природе защищены от этого за счет снижения вкусовых качеств яиц и спермы выработкой вторичных метаболитов. Однако просто несъедобность недостаточна, если не достигается некоторый уровень непригодности. Кроме того, необходимо, чтобы хищник мог узнавать несъедобную пищу.

Например, в странах Средиземноморья морского ежа *Arbacia lixula* едят только местами, тогда как *Paracentrotus lividus* широко используется в пищу. При этом первый вид рассматривается как «отцовский еж», а второй — как «материнский еж». Но почему икра *A. lixula* имеет не только плохой вкус, но темно-фиолетовый цвет в противоположность обычно желтой или оранжевой окраске икры коммерческих видов, таких как *P. lividus* и стронгилоцентротиды? Необычный цвет может быть апосематическим (предупреждающим) сигналом потенциальному хищнику (а человек в данном случае рассматривается как таковой) о несъедобности или токсичности предлагаемой жертвы (Lawrence, Bazhin, 1998).

Повышение численности морских ежей разведением достигло самого большого распространения в Японии, где оно стало главным инструментом управления запасом (Saito, 1992; Imamura, 1999). Число выращенных морских ежей резко увеличилось и конце 1980-х годов и вышло на плато в 1994 г. (рис. 6.2.2.2.1). Так, в 1996 г. было выращено 78 464 млн экз. Из них *S. intermedius* составляет 84%, причем большинство было выпущено в водах Хоккайдо. Культивировались и другие виды: *M. nudus*, *Pseudocentrotus depressus*, *Hemicentrotus pulcherrimus*, *Anthocardis crassispina*, *Tripneustes gratilla*.

В Южной Корее разведение ежей началось совсем недавно. Сейчас 700 тыс. молоди *A. crassispina* и *S. intermedius* размером около 10 мм производят ежегодно в принадлежащих государству инкубационных установках и выпускают в воды восточного побережья (National fisheries..., 2000). Публикаций об эффективности этой программы пока нет.

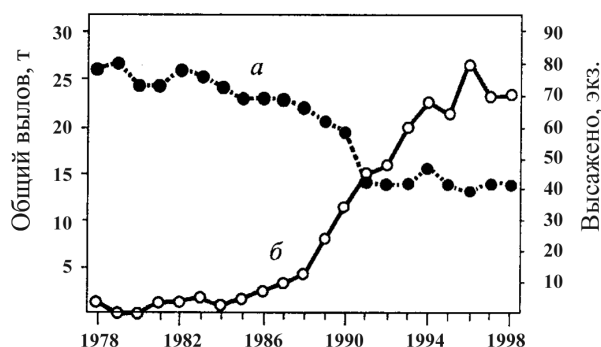


Рис. 6.2.2.2.1. Общий вылов (а) и количество морских ежей (б), высаженных в Японии, в период с 1978 по 1998 гг. (по: Saito, 1992; Imamura, 1999)

*Выращивание молоди.* Как уже упоминалось, принципиально морских ежей можно выращивать из яиц до зрелости. Однако хотя и возможно на период нагула после инкубирования приспособить некоторые районы специально для молоди, вряд ли в ближайшие годы будет выгодным повсеместно подрашивать ее до взрослого состояния — для этого, прежде всего, необходимо оптимизировать сами методы выращивания. Последнее связано с тем, что преобразование пищи морским ежом весьма неэффективно. Допустим, что один еж съедает ежедневно пищу, составляющую 4% от массы своего тела, тогда в предположении о линейной скорости роста и урожае гонад 15% потребуется 4 года для достижения им массы 400 г (речь идет о наиболее крупных видах). За это время еж должен будет съесть около 12 кг пищи, а продуцирует он примерно 60 г гонад. Таким образом, показатель преобразования пищи (естественные корма) составляет не менее 200:1.

Успешное решение этого вопроса как раз и связано с созданием специальных искусственных кормов и с климатическими условиями районов предполагаемого культивирования (The fishery..., 1976).

Одна из проблем массового культивирования личинок — правильный выбор подходящих для этого видов морских ежей. Анализ жизненных стратегий ряда видов показывает, что наиболее подходящие для марикультуры должны отличаться быстрым ростом, высокой плодовитостью, интенсивным метаболизмом, низкими расходами на содержание, непродолжительным жизненным циклом (Lawrence, Bazhin, 1998). Другая проблема — необходимость значительных инвестиций в параллельное культивирование фитопланктона для питания морских ежей. По масштабам и энерговооружению сооружения для промышленного выращивания личинок практически не отличаются от сооружений для производства фитопланктона. В Японии уже имеется береговая система для выращивания ежей диаметром до 20 мм в больших емкостях с последующим выпуском их для дорашивания на промысловые участки (Harris, 2000). Основное препятствие дальнейшему развитию соответствующих систем культивирования — высокая стоимость оборудования и затрат труда на поддержание водорослевых культур и самих ежей. В то же время, если выращивание личинок морских ежей — хорошо отлаженный процесс, а водоросли *Isochrysis* и *Rhodomonas* служат прекрасной пищей для продуцирования здоровых личинок, способных к метаморфозу, то подрашивание миллионов молодых особей до размера, при котором они имеют большую вероятность выживания — одна из потенциальных трудностей для организации воспроизводства в промышленном масштабе.

Часто природа сама подсказывает способы повышения устойчивости зародышей. Это, например, подтверждают исследования влияния водорастворимых полисахаридов бурых водорослей *Fucus evanescent* на развивающиеся эмбрионы морского ежа *S. intermedius*. Выделенные фракции фукоиданов добавляли к яйцеклеткам морских ежей в двух вариантах — сразу после оплодотворения и после вылупления (поздняя бластула). Было показано, что почти все испытанные фукоиданы стимулируют развитие эмбрионов морского ежа. Обнаружено, что предварительная обработка оплодотворенных яйцеклеток некоторыми из них предохраняет развивающиеся эмбрионы от ингибирующего действия известных цитостатиков (Киселева и др., 1998; Киселева, Звягинцева, 2001).

В установках для подрашивания молоди необходимо постоянно следить за параметрами среды. Например, молодь очень чувствительна к концентрации растворенных в воде карбонатов, необходимых для скелетогенеза, и поглощению  $\text{CO}_2$  в полужамкнутой системе выращивания. Необходимо учитывать изменение потребности в кислороде при возникновении температурных перепадов. Так, скорость потребления кислорода *S. intermedius*, акклимизированным к определенным температурам в диапазоне 5–20 °C, с увеличением температуры закономерно возрастает в среднем в 1,9 раза при ее повышении на 10 °C (Седова, 2000). Кроме того, нужно постоянно поддерживать соленость в пределах 24–28‰, pH в пределах 6,8–7,4 и периодически контролировать состояние микробиологического фона.

Исследования показали, что пища и движение воды могут сильно влиять на скорость роста молоди и что наблюдаются большие вариации в росте животных даже при сходных условиях выращивания. При этом водорослевая пленка из донных диатомовых водорослей весьма подходит для выращивания молодых ежей диаметром до 10 мм (Harris, 2000).

Правда, существует альтернативный вариант: начинать выращивание ежа сразу после метаморфоза, переводя, например, оседающие личинки, полученные естественным путем, на искусственную подкормку. Это позволяет избежать чрезмерных затрат времени и труда, тем более что способы управления процессом оседания известны. Исследователями замечено, что корралиновые водоросли, например *Bossiella cretacea* и *Corallina pilulifera*, образующие известковые корки и членистые разветвленные побеги длиной до 9 см, являются притягательным субстратом для оседания личинок ежа в период метаморфоза. Оказалось, что связано это с хорошо распространяющимся в воде («летучим») дибромметаном  $\text{CH}_2\text{Br}_2$ , в избытке секретируемым в среду этими водорослями, и не только индуцирующим оседание молоди, но и сам метаморфоз.

Необходимости транспортировать искусственно выведенную молодь из одного региона в другой также содействует химия. Выяснено, например, что бромфенолы, выделенные из метанольного экстракта красной водоросли *Odonthalia corymbifera*, дают возможность искусственно продуцируемой молоди продолжать нормально развиваться в процессе переселения с побережья Тихого океана в воды Хоккайдо (Kurata et al., 1997).

К настоящему времени для культивирования на уровне выпуска товарной продукции появились новые возможности. Так, успехи в понимании процессов гаметогенеза сделали возможным использование отдельных его стадий для управления развитием гонад (Walker et al., 2001).

На этапе интергаметогенеза и активного поглощения питательных фагоцитов при выдерживании ежей в береговых бассейнах под длительным воздействием интенсивного освещения можно получать высокопродуктивных полиплоидных (тетраплоидных) особей со сверхкрупными гонадами.

На стадии прегаметогенеза и восстановления питательных фагоцитов сразу же после нереста возможно стимулирование роста усиленным кормлением ежей естественной или искусственной пищей. Рост питательных фагоцитов может быть инициирован как в нормальный период гаметогенеза, так и значительно раньше. В первом случае возможно продуцировать необычно крупные гонады к обычному для нереста времени, во втором — получать второй урожай особей, содержащих гонады с не по сезону крупными фагоцитами.

Отмечаемые на стадии гаметогенеза и утилизации питательных фагоцитов различия во вкусовых (для человека) качествах мужских и женских гонад морских ежей могут быть результатом различий в метаболизме питательных веществ, мобилизованных из питательных фагоцитов самцами и самками. Можно предотвращать различия во вкусе яичников и семенников, подавляя гаметогенез у обоих полов манипуляциями с длительностью освещенности и плоидностью. В результате неограниченного кормления ежей можно стимулировать накопление питательных веществ в фагоцитах, даже если они частично мобилизуются для гаметогенеза.

Окончание гаметогенеза, расходование питательных фагоцитов и нерест негативно сказываются на качестве гонад морских ежей; это особенно заметно в конце его, когда гонады становятся очень непрочными и содержат преимущественно гаметы. Грубые манипуляции с ежами в это время приводят к разрушению гонад и преждевременному освобождению половых продуктов. В Японии для увеличения природного запаса и для целей марикультуры применяют регулирование температуры воды, позволяющее управлять нерестом.

Могут найти практическое применение и другие способы управления нерестом перед сбором морских ежей и подготовкой гонад к переработке, обсуждавшиеся ранее.

**Ранчирование.** В простейшем случае, как по практикуется в Норвегии (Раа, 1995) и в России (Крупнова, Павлушков, 1999), предлагается просто собирать и подращивать молодь морских ежей: при хорошем кормлении гонадный индекс может при этом увеличиться с обычных 10–15% до 35%.

Ранчирование ведут в защищенных от штормов бухтах и заливах или в полузакрытых бухтах, куда вода поступает только во время приливов. При этом оптимальным способом увеличения выхода продукции и улучшения ее коммерческих свойств считается создание моно- или поликультурных хозяйств. Биотехнология соответствующих процессов достаточно хорошо разработана в Японии (Department of mariculture..., 1984; Otaki et al., 1984; и др.), в Канаде (Bedard, 1973) и в США (Shaw, 1987).

В случае подращивания в садках как для моно-, так и для поликультуры разрушение их штормами — серьезная проблема. Естественно, что необходимо выбирать наиболее спокойные уча-



стки побережья. Количество же таких участков в странах с высокой плотностью населения ограничено, и часто наблюдается серьезная конкуренция за пространство с другими видами марикультуры, например, разведением лососевых или мидий. Морские ежи в процессе питания сами могут разрушать сетку садка, что увеличивает стоимость содержания. Им в этом «помогают» крабы, для которых ежи — обычная пища. Для защиты от хищных рыб используют пузырьковые завесы, а от морских звезд японские специалисты, например, в свое время предложили прокладывать по дну микроперфорированные виниловые трубки с минеральногелевой смесью, содержащей 40% сульфата меди, губительно действующей на переползающих через трубки звезд.

Другая проблема — аутозагрязнения, возникающие вследствие неполной переработки пищевых веществ, потребляемых животными с кормом. Одним из способов предотвращения аутозагрязнений как раз и является выращивание гидробионтов в поликультуре, подобранной так, чтобы реализовать замкнутую трофическую цепь. Например, В.В. Евдокимовым на примере моделирования поликультуры (грацилярия, морской еж и гребешок) показано, что продукционные возможности у гидробионтов, выращиваемых в сообществе, повышаются. Так, в контролируемых условиях за время опыта у беспозвоночных наблюдалось увеличение массы гонад, а у водоросли — таллома: у морского ежа масса гонады в монокультуре составляла 18 г, а в поликультуре 21 г; у грацилярии масса таллома в монокультуре достигала 28 г, а в поликультуре — 40 г. Плодовитость же у гидробионтов в поликультуре увеличивалась по сравнению с монокультурой в среднем на 10%. Выживаемость же в ходе раннего онтогенеза у морского ежа увеличивалась на 10%, а у грацилярии — на 15%.

При дорастивании в садках с использованием технологии поликультуры происходило заметное увеличение темпов роста и выживаемости ежей. Так, на втором году жизни если диаметр панциря морского ежа в монокультуре составлял 2,8 см, то в поликультуре 3,2; выживаемость же его увеличилась на 10% и в поликультуре достигла 98% (Евдокимов, 1996).

Рост искусственно выращенной молоди *S. intermedius* сильно зависит от температуры воды. Зимой она заметно растет при температуре ниже 5 °С. Продолжительность роста также зависит от средних величин температур. Отмечено, например, что на тихоокеанском побережье Восточного Хоккайдо *S. intermedius* постоянно растет до 8 лет, тогда как ежи Японского моря у берегов Северного Хоккайдо растут только до 3 лет, после чего рост прекращается.

В естественных условиях основная пища для *M. nudus* диаметром менее 10 мм — детрит, прикрепленные диатомовые, мелкие водоросли, корковые известковые водоросли; особи диаметром более 1 см уже поедают крупные водоросли. В районах с низкой биомассой водоросли в их кишечниках находят песок, раковины, корковые кораллиновые водоросли. Этот еж также потребляет донных животных — *Mytilus edulis*, *Balanus* sp., *Celleporina* sp. Пищевая селективность по отношению к различным водорослям определяется плотностью их распределения, видовым составом и плотностью распределения самих морских ежей (Agatsuma, 2001b).

Именно водоросли оказываются наилучшей пищей для ежей. Вкусовые качества гонад, прямо влияющие на их коммерческую ценность, определяются наличием свободных аминокислот глицина, аланина и валина, причем первые две придают гонадам сладковатый вкус, а третья — горьковатый. Преобладание того или иного компонента вкуса, в свою очередь, связано с особенностями питания морского ежа. Так, при «рыбной» диете гонады хорошо развиваются, но имеют горьковатый вкус, обусловленный преобладанием валина. При «ламинариевой» — содержание глицина и глутамина относительно валина в гонадах всегда выше, и вкус у них сладковатый. Цвет икры при этой диете оказывается ярко-желтым или лимонным, а это — один из основных визуальных показателей хороших товарных качеств (Hoshikawa et al., 1998; Крупнова, Павлючков, 2000). Поэтому японские фермеры для выращивания морских ежей и создают специальные ламинариевые плантации, а для повышения качества гонад «диких» особей их трансплантируют в окультуренные заросли ламинарии. Отметим также, что в культуре морские ежи едят и наземные растения, например *Reynoutria sachalinensis*, и прикрепленных животных — съедобную мидию, баланусов (Kittaka, Imamura, 1981).

Следующие условия оптимальны для эффективного роста молоди: сравнительно слабые течения и низкая прибойность («низкая» гидродинамика); наличие камней с поперечником около 30 см с прикрепленными водорослями (пленка диатомовых, макрофиты) или аккумулярованным на поверхности детритом; отсутствие песка или ила; постоянная циркуляция воды, препятствующая

существенному подъему температуры летом и промерзанию зимой, а также обеспечивающая снабжение животных кислородом; отсутствие хищников — морских звезд, крабов и др. (Agatsuma, 1998).

Таким образом, при ранчировании температурный и гидродинамический факторы с учетом обилия и качества пищи оказываются определяющими. Существует также мнение, что наилучшие условия для развития искусственно выращенной молодежи могут дать только районы, где обитали родители, и поэтому ее надо возвращать именно в эти районы (Hoshikawa, Agatsuma, 1999). Правда, такой подход может серьезно усложнить выращивание ежей и проще говорить о каком-то приемлемом уровне соответствия условий обитания оптимальным.

Оценка успешности разведения морских ежей в естественной среде затруднена, поскольку, в отличие от моллюсков халиотисов и других искусственно выращиваемых видов, у морских ежей не наблюдается заметных различий между повторно отобранными и дикими особями. Для идентификации может применяться и мечение при условии, что оно не приводит к существенному увеличению смертности и задержке роста (Ebert, 2001). Было показано, что возможный путь такого безопасного для ежей мечения — использование химических, например тетрациклиновых и кальцеиновых (металлофлуоресцентных), индикаторов (Hagen, 1998).

Необходимость оптимизации процесса разведения по всем показателям заставляет выбирать между созданием наиболее подходящих для животных экофизиологических условий и удовлетворением экономических требований. Важно правильно выбрать саму стратегию разведения и установить, до каких товарных показателей (размер и возраст) вести подращивание животных, должны ли медленно растущие животные исключаться из процесса выращивания и др.

Интерес к социальным, экономическим и техническим аспектам управления предприятиями эхинокультуры проявляют специалисты самых разных стран (Devin, 2002; Balsamo, 2002; Halvorson and Quezada, 2002).

С увеличением рыночного размера гонад стоимость их растет почти экспоненциально, но с какого-то возраста этот размер оказывается отнюдь не пропорциональным размеру ежа. Чем больше средств затрачивается на получение товарных животных, тем, с некоторого момента, меньше получаемая прибыль. Поэтому выбор оптимального размера, до которого необходимо выращивать ежа, должен определяться не максимумом возможной рыночной цены продукции, а уровнем рентабельности (Grosjean, 2001). Выявлением взаимосвязей между ростом гонад и успешным развитием марикультуры морских ежей занимаются специалисты Национального исследовательского института аквакультуры Японии (Unuma, 2002).

Приморье, Сахалин, Южные Курилы обладают высоким потенциалом для развития эхинокультуры. В настоящее время активно обсуждаются проекты создания здесь специализированных хозяйств по воспроизводству и выращиванию морских ежей на природных и искусственно созданных кормовых полях (Павлючков, Крупнова, 1999, 2000; Крупнова и др., 2000). Однако для того, чтобы перейти от экспериментов к реализации проектов, требуется решить задачу передачи подходящих морских угодий в ту или иную форму владения ими.

#### **6.2.2.3. Трансплантация**

Некоторые японские кооперативы ежегодно переселяют морских ежей из бедных пищей районов в районы, обильные подходящими водорослями. Обычно это делается для увеличения урожая гонад высокого качества только в начальной стадии их быстрого роста. Уже через несколько месяцев пребывания этих ежей в новом районе их гонады развиваются практически до тех же размеров, что и у местных. По массе гонад переселенцы могут в 4–5 раз обгонять их собратьев, оставленных в бедных пищей районах. Другую цель преследует переселение ежей в защищенные заливы с тем, чтобы легко было вновь их собрать позднее, невзирая на непогоду.

Повышения качества икры обычно достигают, пересаживая взрослых морских ежей в места с обильными поселениями водорослей. Например, так уже несколько лет поступают рыбаки на западном побережье Ирландии для увеличения размера гонад и повышения доходности промысла. В большинстве других промысловых районов, например, Мексики и Калифорнии, эта работа остается пока в рамках научного поиска и еще не поставлена на коммерческую основу. Опыты показывают, что гонады морского ежа увеличиваются в размере за 3–4 мес. в любое время года

(Andrew; 1986; Klinger et al., 1997; Vadas et al., 2000), но наиболее эффективно это происходит в месяцы, когда питательные вещества начинают мобилизоваться для гаметогенеза.

В Японии рост тела и развитие гонад наиболее коммерчески важных видов — *S. intermedius* и *M. nudus* — были заметно улучшены пересадкой взрослых морских ежей из глубоководной или бедной среды обитания на богатые кормом мелководья (Kawamura, 1965, 1966a; Yano et al., 1994; Kawamata, 1998). Эксперименты подтверждают возможность увеличивать массу гонад до 18% от массы тела (коммерческий минимум) за два месяца в аквариумах или за три — в море с обилием пищи (Agatsuma, 1999). Таким образом, морское выращивание (фактически – это ранчирование) дает худшие результаты, чем искусственная среда. Кроме того, к достоинствам последней относятся преимущества, даваемые экономией кормов и упрощением сбора урожая.

Скорость роста популяции после трансплантации в другие районы существенно отличается от таковой в исходном районе. Например, молодь с диаметром панциря 15 мм, перенесенная в Японское море на юго-западе Хоккайдо, вырастала до 40 мм за один год и 8 месяцев, а иногда за два года; молодь диаметром 20 мм, перенесенная в Сангарский пролив и зал. Функа, достигала 40 мм через год, а 50 мм — через два года после трансплантации (Agatsuma, 1998).

Трансплантация морских ежей, требующая менее крупных капитальных вложений, на современном этапе может заменить их культивирование. Это вполне жизнеспособная альтернатива более дорогостоящей технике инкубирования молоди при культивации. Участки моря с плохо развитой кормовой базой часто не дают возможности морским ежам достигать рыночных размеров или требуемого качества гонад, но они вполне могут обеспечивать поставку животных для трансплантации. Требуется учесть и возможность проявления в местах трансплантации неблагоприятных результатов выедания переселенцами растительности и увеличения падежа ежей в процессе их перемещения из бедных пищей районов, где они фактически защищены и от промысла, и от природных врагов. Дело в том, что в зарослях бурых водорослей, куда молодых ежей обычно переселяют, они не только находят пищу, но и встречаются, например, укрывающихся там же молодых крабов. Это может привести к полному уничтожению пополнения. При высокой изменчивости в пополнении, связанной с различными факторами, важно повторять трансплантацию в коммерческом масштабе с тем, чтобы определить затраты и выгоды ее осуществления в течение периодов с низким относительно среднего уровнем пополнения запаса (Dixon et al., 1999).

С трансплантацией связан целый ряд нерешенных вопросов, острота которых при переходе от одного района к другому не одинакова. Прежде всего, перед ее проведением необходимо убедиться, что здоровье предполагаемых переселенцев находится на должном уровне, и отсутствует возможность переноса заболеваний ежей из одних районов в другие. Далее, до сих пор не известно, приводит ли сам процесс трансплантации к серьезным стрессам, вызывающим фатальные болезни перемещенного пополнения, и при каких условиях риск таковых минимален. Для различных районов нет точных данных об оптимальных сезонах трансплантации и о том, каким образом необходимо подготавливать дно для приема переселенцев. В частности, нужно ли удалять часть водорослей для создания «плацдарма для наступления» ежей на заросли водорослей, какими по величине должны быть освобождаемые участки, как быстро они будут расширяться вследствие выедания, с какой периодичностью можно повторять заселение для того, чтобы водорослевое покрытие успевало бы восстановиться (DMR research..., 2001).

#### **6.2.2.4. Анализ типов жизненных стратегий морских ежей как метод оценки перспективности их использования в аквакультуре**

Несмотря на большое количество видов морских ежей, обитающих в прибрежных водах разных стран, в качестве промысловых употребляются лишь некоторые. На первый взгляд не всегда очевидно, какие критерии использовались потребителями при выборе видов. В частности, при доступности и большом обилии прибрежного морского ежа *Tetrapygus niger* в Чили (Vasquez, Buschmann, 1997), он практически не используется в пищу местным населением. Основной причиной игнорирования этого вида, как оказалось, является отсутствие вкусовой привлекательности его гонад. Аналогичная ситуация наблюдается с морским ежом *Arbacia lixula* из того же семейства. Этот вид употребляется в пищу в средиземноморских странах только в некоторых

районах, в то время как *Paracentrotus lividus* широко промышляется в данном регионе (Boudouresque, 1990).

Икра морских ежей сем. Arbacia, помимо своей вкусовой непривлекательности, имеет темно-фиолетовый цвет, в отличие от обычно желтой или оранжевой икры традиционных промысловых видов морских ежей, таких как *P. lividus* и стронгилоцентротиды.

Необычный цвет может сигнализировать о наличии продуктов вторичного метаболизма, предупреждающих потенциальных хищников о несъедобности или даже ядовитости потенциальной жертвы (Harvey, Greenwood, 1978). Характер подобного предупреждения является важным и для выметанных яиц, свободно плавающих в толще воды и уязвимых для хищников. Почему виды сем. Arbacia производят дополнительные энергетические траты, вырабатывая вторичные метаболиты, в то время как *P. lividus* и виды рода *Strongylocentrotus* не делают этого? Может ли данный специфический вид метаболизма быть связан с типом стратегии? И, если связан, может ли анализ стратегий быть важным в оценке перспективности видов морских ежей для использования в аквакультуре? Имеют ли стратегии свою основу в энергетических потребностях и тратах, которые могут быть использованы в понимании функциональных особенностей, необходимых для оценки их потенциала? Далее предлагается использование некоторых основных видовых характеристик, связанных со стратегиями видов, полагая, что они могут быть вполне полезны для данной цели.

**Энергетический баланс.** Согласно второму закону термодинамики, живые системы должны использовать энергию для поддержания своей жизнедеятельности во времени (Bertalanffy, 1952). Как открытые системы, организмы делают это, получая энергию из окружающей среды и размещая ее в различные виды деятельности. Связь между полученной энергией и ее распределением выражено в уравнении баланса энергии (Ricker, 1968):

$$C - F = A = R + U + Pr + Ps,$$

где  $C$  — потребление,  $F$  — фекалии,  $A$  — адсорбция,  $R$  — дыхание,  $U$  — выделение,  $Pr$  — репродуктивная продукция, и  $Ps$  — соматическая продукция. Энергия, связанная с дыханием, тратится на анаболизм и поддержание жизнедеятельности.  $Ps$  используется на рост и восстановление скелетных структур для защиты тела.  $Pr$  и  $Ps$  вместе составляют общую продукцию или ассимиляцию. При расчете энергетического баланса используются единицы энергии (джоули). Другие единицы (масса) могут быть использованы для других целей, но только единицы энергии позволяют производить вычисление относительного, не абсолютного, распределения энергии на использование в различных функциях, рассмотрение которых является существенным для установления типов стратегий (Calow, Townsend, 1981).

Известны только немногочисленные попытки составления энергетического баланса для морских ежей, и все они не могут считаться полными. Например, в бюджете энергии для *Strongylocentrotus intermedius*, предложенном Фуджи (Fuji, 1967), недостает рассмотрения аспектов дыхания, а в энергетическом балансе *S. droebachiensis* М.В. Проппа (1977) явно не хватает аспектов потребления.

**Типы стратегий.** Выбор стратегии может быть связан с энергетическим балансом, лежащим в основе концепции стратегии (Ebert, 1982). В энергетической системе организма существуют различные варианты переключения путей энергетических трат: на соматический рост, гонадную продукцию и на выживание, причем при поступлении ее на поддержание одной функции энергия становится не доступна для других функций (Calow, 1984).

Жизненные стратегии отражают, как эти характеристики изменяются, чтобы увеличить соответствие окружающей среде (Stearns, 1992). Взаимодействие этих характеристик четко выражено в уравнении Эулер-Лотка (Calow, 1984):

$$1 = \sum e^{-rt} s_n,$$

где  $r$  — параметр Мальтуса (скорость экспоненциального роста),  $t$  — время до наступления половозрелости, функция соматической продукции;  $s$  — выживание, функция поддержания жизнедеятельности (восстановление поврежденных и утраченных частей тела) и защиты организма; и  $p$  — плодовитость, функция гонадной продукции. Соответствие организма окружающей среде увеличивается при увеличении  $s$  и  $p$  и при уменьшении  $t$ .

Грайм (Grime, 1977) связал стратегии жизни с двумя внешними факторами, которые ограничивают энергию индивидуума. Первый — это воздействие стресса, который ограничивает про-

дукцию биомассы. Он включает в себя слабую доступность пищи, низкую способность к питанию и субоптимальные абиотические условия. Другой фактор — нарушение, приводящее к потере биомассы. Обычно это воздействие, определяемое хищничеством или влиянием летальных абиотических факторов. Виды, которые испытывают высокую степень нарушения — *рудеральные виды*, очевидно, будут иметь низкую степень выживаемости  $s$ , высокую скорость роста (незначительное время до наступления половозрелости)  $t$ , и высокую плодовитость  $n$ . Эти виды расходуют незначительное количество энергии на поддержание и защиту тела, поскольку большая часть энергии используется на рост и воспроизводство. Виды, которые испытывают высокую степень стресса, *стресс-толерантные виды*, очевидно, имеют высокую степень выживаемости, низкую плодовитость и низкую скорость роста. Эти виды расходуют много энергии на поддержание жизнедеятельности или защиту, поскольку она не используется на рост и воспроизводство. Это увеличивает вероятность выживания этих видов длительное время, достаточное для успешного воспроизводства. Виды, которые испытывают незначительную степень нарушения и стресса, *виды-конкуренты*, используют энергию для обеспечения всех функций.

Эти три первичных типа стратегий встречаются при экстремальных уровнях стресса и нарушения. Очевидно, что вторичные типы стратегий реализуются видами при промежуточном уровне внешних факторов.

*Типы стратегий и перспективность видов морских ежей для аквакультуры.* Если в качестве основного критерия использовать уровень продукции, то виды морских ежей, наиболее пригодные для аквакультуры, должны иметь самое короткое время до наступления половозрелости (высокую скорость роста), самую высокую плодовитость и самую низкую степень выживаемости. Они не должны расходовать много энергии на поддержание жизнедеятельности или защиту тела. С другой стороны, виды, вкладывающие энергию в поддержание жизнедеятельности, оказываются способны лучше противостоять стрессовому воздействию. Д. Лоуренс (Lawrence, 1990) определил специфические типы жизненных стратегий различных видов морских ежей. Возникает вопрос, можно ли использовать эти характеристики для оценки перспективности видов морских ежей для аквакультуры?

Выбор определенного вида для использования в аквакультуре может диктоваться двумя требованиями — доступностью вида или соответствием его набору специфических критериев. Доступность вида является весьма существенным доводом, но пример с *Tetrapygus niger* показывает, что этого не достаточно. Очевидно, что различные функциональные характеристики связаны с различными типами стратегий видов морских ежей (табл. 6.2.2.4.1). Виды должны иметь набор определенных характеристик, присущих определенному типу реализуемой стратегии. К примеру, такие виды как *Tripneustes ventricosus*, обитающие в биотопах, подверженных большому уровню нарушений, но с высоким обилием пищи, очевидно, будут иметь высокую скорость роста, высокие репродуктивные усилия, высокий уровень метаболизма, незначительные энергетические траты на поддержание жизнедеятельности и короткую продолжительность жизни. Следует рассмотреть, действительно ли эти характеристики свидетельствуют о пригодности видов морских ежей для аквакультуры.

*Скорость роста.* Эберт (Ebert, 1975, 1982) разделил виды морских ежей в соответствии с их темпом роста, делая вывод, что такие виды как *Strongylocentrotus droebachiensis* растут медленнее, чем *Tripneustes ventricosus* и *Lytechinus variegatus*. Сравнение видов может быть сделано лучше всего, если особи питаются одной пищей при прочих равных условиях. Молодь *Echinometra mathaei*, *Diadema setosum* и *Tripneustes gratilla* при содержании в одном аквариуме кормили водорослями. Результаты показали существенную разницу в темпах роста (табл. 6.2.2.4.2). Размер панциря особей, достигших возраста один год, также указывает на значительную видоспецифичную вариабельность в скорости роста (табл. 6.2.2.4.3). Определение темпа роста молодежи является важным моментом, поскольку этот показатель связан с временем наступления половозрелости (табл. 6.2.2.4.4).

Хотя результаты этих исследований весьма показательны в различиях темпов роста между видами, они не дают информации о продукции в единицах энергии. Так, измерение темпов роста у видов, имеющих массивную стенку тела, содержащую большое количество карбоната кальция, даст завышенные результаты по продукции; кроме того, увеличение объема имеет следствием

увеличение общей массы тела, связанное, однако, с увеличением количества целомической жидкости, а не с продукцией.

Тем не менее, приведенные данные свидетельствуют о значительных функциональных различиях, которые, как предполагается, непосредственно связаны с различными типами стратегий.

*Продолжительность жизни.* Т. Эберт (Ebert, 1975, 1982) обнаружил различия в продолжительности жизни видов морских ежей и общую отрицательную корреляцию со скоростью их роста. Используя литературные данные, этот автор (Ebert, 1975) показал большую продолжительность жизни *Echinus esculentus*, *Strongylocentrotus purpuratus* и *Strongylocentrotus franciscanus*, чем таковую *Lytechinus anamesus*, *Diadema antillarum* и *Tripneustes ventricosus*. Результаты его исследований (Ebert, 1982) показали, что *Tripneustes gratilla* — по существу, однолетний вид, имеющий продолжительность жизни около одного года, в то время как виды типа *Heterocentrotus mammillatus* и *Helicidaris erythrogramma* имеют вероятность ежегодного выживания более чем 0,9. Литературные источники свидетельствуют о значительной разнице между видами в продолжительности жизни (табл. 6.2.2.4.5). Даже довольно длительные сроки продолжительности жизни, приведенные для видов р. *Strongylocentrotidae*, по-видимому, являются заниженными, исходя из данных Т. Эберта (Ebert, 1988), свидетельствующих о продолжительности жизни *Strongylocentrotus franciscanus* в 100 и более лет. Другие авторы (Russell et al., 1998) получили близкие значения продолжительности жизни для *Strongylocentrotus droebachiensis* в зал. Мэн и сделали вывод, что данный вид растет медленно и является долгоживущим.

Таблица 6.2.2.4.1. Предполагаемые функциональные характеристики, связанные с различными типами стратегий видов морских ежей

Стратегия	Конкуренты	Стресс-толеранты	Рудералы
<i>Функциональные характеристики</i>			
Темп роста	Высокий	Низкий	Очень высокий
Продолжительность жизни	Большая	Очень большая	Небольшая
Время до наступления половозрелости	Короткое	Большое	Очень короткое
<i>Особенности скелета</i>			
Прочность панциря и игл	Относительно прочные	Очень прочные	Непрочные
<i>Воспроизводство</i>			
Репродуктивные усилия	Высокие	Низкие	Очень высокие
Фенология воспроизводства	После периода максимального питания	Без определенной связи с питанием	В начале онтогенеза
Частота размножения	Обычно каждый год	Прерывисто	Каждый год
<i>Физиология</i>			
Влияние недостатка пищи на рост	Значительное	Незначительное	Очень сильное
Устойчивость к голоданию	Умеренная	Высокая	Низкая
Интенсивность дыхания	Высокая	Низкая	Очень высокая
Способность к потреблению пищи	Высокая	Низкая	Очень высокая
Устойчивость к абиотическому стрессу, включая загрязнение	Высокая	Очень высокая	Низкая
<i>Вторичный метаболизм</i>			
Вкусовые качества	Различные	Низкие	Очень высокие
Фенотипическая пластичность	Высокая	Низкая	Умеренная

Таблица 6.2.2.4.2. Рост (сырая масса тела, мг) морских ежей, содержащихся в аквариуме г. Эйлат, Израиль

	<i>Echinometra mathaei</i>	<i>Diadema setosum</i>	<i>Tripneustes gratilla</i>
23 октября 1969 г.	118±12	142±23	246±92
22 апреля 1970 г.	1175±92	4235±364	25454±3207
Прирост с октября по апрель, %	9,9	29,7	103,4

*Воспроизводство.* Под термином «гонадная продукция» обычно понимают репродуктивный выход (различие между максимальным и минимальным гонадным индексом), а не репродуктивные усилия (относительное количество поглощенной или адсорбированной энергии, использованной для гонадной продукции) (Lawrence, 1985, 1987). Хотя измерение количества гонадной продукции является важным моментом для понимания репродуктивного потенциала, для оценки типа стратегии необходимо определение именно относительного распределения энергии на гонадную продукцию. Таким образом, более существенным для практического использования в аквакультуре является анализ репродуктивных усилий вида.

Вид, использующий большую часть потребленной пищи на поддержание своей жизнедеятельности, будет иметь низкую эффективность ассимиляции. Хотя стресс-толерантные виды способ-

Таблица 6.2.2.4.3. Размер (диаметр панциря, мм) различных видов морских ежей в возрасте 1 год

Вид	Размер, мм	Автор
Поп. Diadematoida		
Сем. Diadematidae		
<i>Diadema antillarum</i>	40	Lewis, 1966
<i>Diadema setosum</i> *	45	Drummond, 1993
Поп. Phymosomatidae		
Сем. Stomechinidae		
<i>Stomopneustes variolaris</i>	15	Drummond, 1993
Поп. Temnopleuroidea		
Сем. Toxopneustidae		
<i>Lytechmus variegatus</i> *	50	Moore et al., 1963
—/—	50	Allain, 1975
—/—	50–70	Oliver, 1987
<i>Tripneustes gratilla</i> *	50	Shokita et al., 1991
—/—	70	Dafni, 1992
—/—	40	Maharavo, 1993
<i>Tripneustes ventricosus</i> *	80–90	Lewis, 1958
Поп. Echinoida		
Сем. Echinidae		
<i>Echinus esculentus</i> *	35	Comely, Ansell, 1988
—/—	15	Gage, 1992
<i>Loxechmus albus</i> *	35	Bustos et al., 1991
—/—	20	Gebauer, Moreno, 1995
<i>Paracentrotus lividus</i> *	7–15	Cellano, Fenaux, 1990
—/—	12	Brias, LeGall (Leighton, 1995)
—/—	8–11	Willis (Leighton, 1995)
—/—	5–16	Leighton, 1995
—/—	8	Jangoux (персон. сообщение)
—/—	20	Shpigel (персон. сообщение)
Сем. Echinometridae		
<i>Echinometra mathaei</i>	25	Drummond, 1993
Сем. Strongylocentrotidae		
<i>Strongylocentrotus</i>	10–15	Miller, Mann, 1973
<i>droebachiensis</i> *	15	Fletcher et al., 1974
—/—	15–20	Sivertsen, Hopkins, 1995
—/—	5	Meidel, Scheibling, 1998
<i>S. franciscanus</i> *	20	Bernar, Miller 1973
—/—	13	Ebert, Russell 1993
<i>S. intermedius</i> *	15	Fuji, 1960
—/—	<10	Kawamura, 1964
—/—	18	Taki, 1986
<i>S. purpuratus</i> *	18	Kenner, 1992
<i>Mesocentrotus nudus</i> *	30	Fuji, 1960
—/—	16	Kawamura, 1966b

\* — виды, представляющие промысловый интерес

ны продуцировать крупные гонады, по эффективности они будут уступать таковым рудеральных видов. Таким образом, хотя в литературе существуют многочисленные данные о гонадной продукции разных видов, они не могут быть применены для оценки эффективности репродуктивных усилий.

*Скелетные структуры.* Т. Эберт (Ebert, 1982) обнаружил, что развитие скелета (панциря и игл) и гидродинамическая экспозиция различных видов морских ежей варьируют независимо и, с другой стороны, связаны с фактором выживания (табл. 6.2.2.4.6). При равных гидродинамических условиях в биотопах выживание было непосредственно связано с массой стенки тела. При сходных значениях масс стенки тела, выживание было непосредственно связано со степенью прибойности местообитания. А. Драммонд (Drummond, 1993) также нашел прямую корреляцию между массой стенки тела и воздействием прибоя на трех видов морских ежей. Исследования, проведенные в морях России, показали статистически достоверную корреляцию между факторами

Таблица 6.2.2.4.4. Возраст (месяцы) и размер (диаметр панциря, мм) наступления половозрелости видов морских ежей

Вид	Возраст	Размер	Литературный источник
Пор. Diadematoida Сем. Diadematidae			
<i>Diadema setosum</i>	6	н.д.	Drummond, 1993
Пор. Phymostomatidae Сем. Stomechinidae			
<i>Stomopneustes variolaris</i>	18–24	н.д.	Drummond, 1993
—//—	н.д.	27	Drummond, 1991
Пор. Arbacioida Сем. Arbaciidae			
<i>Arbacia punctulata</i>	н.д.	10–60	Harvey, 1956
Пор. Temnopleuroidea Сем. Toxopneustidae			
<i>Tripneustes gratilla</i> *	16	60–70	Shokita et al., 1991
—//—	9	40	Dafin, Tobol, 1986, 1987
—//—	10	50	Maharavo, 1993
<i>T. ventricosus</i> *	8	20–30	Lewis, 1958
—//—	н.д.	30–45	McPherson, 1965
<i>Lytechinus variegatus</i> *	12	40–50	Moore et al., 1963
Пор. Echinoida Сем. Echinidae			
<i>Echinus esculentus</i> *	18–30	94–166	Nichols et al., 1985
<i>Loxechinus albus</i> *	24	42	Guisado (перс. сообщение)
<i>Paracentrotus lividus</i> *	н.д.	15–20	Jangoux (перс. сообщение)
Сем. Echinometridae			
<i>Evechinus chloroticus</i> *	18–30	30–50	Dix, 1970
—//—	<50–65	н.д.	McShane et al., 1996; McShane, Anderson, 1997
<i>Echinometra mathaei</i>	н.д.	12	Drummond, 1993
Сем. Strongylocentrotidae			
<i>Strongylocentrotus droebachiensis</i> *	40	29	Sivertsen, Hopkins, 1995
<i>S. franciscanus</i> *	24	30	Bernard, Miller, 1973
—//—	н.д.	40	McBride (перс. сообщение)
<i>S. intermedius</i> *	24	15–35	Kawamura, Taki, 1965; Kawamura, 1973
—//—	18	20–30	Fuji, 1960, 1967
<i>S. purpuratus</i> *	12	25	Gonor, 1972
—//—	н.д.	16	Kenner, Lares, 1991
<i>Mesocentrotus nudus</i> *	н.д.	15	Fuji, 1960
—//—	н.д.	30–40	Agatsuma, 1997

\* — виды, представляющие экономический интерес; н.д. — нет данных



среды, такими как глубина обитания и степень прибойности, и морфологическими характеристиками морских ежей рода *Strongylocentrotus* — формой, толщиной и максимальным диаметром панциря, а также характером игольного покрова (Бажин, Степанов, 2002). Размещение ресурсов на структурную защиту является характерной чертой видов с низким продукционным потенциалом. Как следствие, эти виды имеют низкие темпы роста и уровень репродукции и высокие траты энергии на поддержание жизне-деятельности.

*Способность к потреблению пищи.* Т. Эберт (Ebert, 1975), проанализировав литературные данные, сделал вывод, что вариабельность в темпах питания не связана с различиями в скорости роста и выживании видов морских ежей. Это довольно неожиданный вывод, поскольку все энергетические траты в правой стороне уравнения энергетического баланса зависят от количества потребленной энергии. Особенности, которые увеличивают способность добывать и всасывать пищу более высокого качества, по-видимому, наиболее сильно развиты у видов, реализующих рудеральную или конкурентную стратегии.

Способность использовать такой источник пищи, как обрывки водорослей, уменьшает или даже устраняет зависимость морских ежей от продукции *in situ*. *Tetrapyrgus niger*, к примеру, обнаруживает наиболее высокие темпы питания при использовании инкрустирующих водорослей, в то время как *L. albus* наиболее эффективно питается дрейфовыми водорослями (Contreras, Castilla, 1987). *L. albus* имеет обилие амбулакральных ножек с большими присосками, в то время как таковые *T. niger* менее многочисленны и имеют минимальный размер присосок. Аристотелев

Таблица 6.2.2.4.5. Продолжительность жизни (годы) у разных видов морских ежей

Вид	Продолжительность	Источник
Пор. Diadematoida Сем. Diadematidae		
<i>Diadema setosum</i>	3–5	Drummond, 1993
Пор. Phymosomatoida Сем. Stomechinidae		
<i>Stomopneustes variolaris</i>	15–20	Drummond, 1993
Пор. Temnopleuridae Сем. Toxopneustidae		
<i>Lytechinus variegatus</i> *	9	Moore et al., 1963
—//—	2–3	Allain, 1975
<i>Tripneustes gratilla</i> *	1	Ebert, 1982
—//—	1 – несколько	Dafni, Tobol, 1986, 1987
—//—	8	Maharavo, 1993
Пор. Echinoida Сем. Echinidae		
<i>Echinus esculentus</i> *	12	Nichols et al., 1985
—//—	>9	Comely, Ansell, 1988
—//—	6–10	Gage, 1992
<i>Paracentrotus lividus</i> *	>10	Allain, 1978
—//—	>14	Delmas, 1992
Сем. Echinometridae		
<i>Evechinus chloroticus</i> *	>15	Dix, 1972
<i>Echinometra mathaei</i>	8–10	Drummond, 1993
Сем. Strongylocentrotidae		
<i>Strongylocentrotus droebachiensis</i> *	8	Propp, 1977
—//—	10–12	Sivertsen, Hopkins, 1995
<i>S. franciscanus</i> *	>50	Russell et al., 1998
—//—	18	Breen, Adkins, 1976
—//—	12	Ebert, Russell, 1993
<i>S. intermedius</i> *	>100	Ebert, 1998
—//—	7–10	Taki, 1986
<i>Mesocentrotus nudus</i> *	>10	Agatsuma, 1997

\* — виды, представляющие промысловый интерес; н.д. — нет данных

фонарь *Tetrapygyus niger* по размеру больше, чем таковой у *L. albus*, что непосредственно связано с пасущимся типом его пищевого поведения. На побережье средиземноморья *Paracentrotus lividus* использует в пищу как прикрепленные, так и дрейфующие водоросли, другой вид — *Arbacia lixula* — питается инкрустирующими водорослями, а также пасется в куртниках макроводорослей (Frantzis et al., 1988). Темпы питания *Lytechinus variegatus* выше, чем у *Arbacia punctulata* (Hill, 1998). Вероятно, именно найденное различие между другими пасущимися и чисто растительноядными видами ответственно за больший выход продукции у *P. lividus*, *Tripneustes spp.* и *Strongylocentrotus spp.*

На темпы питания оказывают воздействие температура, размер тела, физиологическое и репродуктивное состояние особи и даже вид пищи (Klinger, 1982). Наилучший сравнительный материал может быть получен при изучении разных видов в одинаковых условиях, как выполнено С. Контерасом и Д. Кастиллой (Contreras, Castilla, 1987). Фенотипическая изменчивость аристотелева фонаря — обратная зависимость между обилием пищи и его относительными размерами — была обнаружена у *Paracentrotus lividus* (Regis, 1978), *Diadema setosum* (Ebert, 1980), *Echinometra mathaei* (Black et al., 1982, 1984), *Strongylocentrotus purpuratus* (Ebert, 1982) и *Diadema antillarum* (Levitan, 1991). С другой стороны, подобной фенотипической изменчивости аристотелева фонаря не было обнаружено у *Strongylocentrotus franciscanus* (Ebert, Russel, 1993), *Tetrapygyus niger* (Lawrence et al., 1996) и *Strongylocentrotus droebachiensis* (Lawrence et al., 1998). Т. Эберт и М. Рассел (Ebert, Russel, 1993) предположили, что отсутствие вышеописанного типа морфологической изменчивости у *Strongylocentrotus franciscanus* может определяться более жесткой программой развития, чем у других видов. Другое объяснение предложил Д. Лоуренс с соавторами (Lawrence et al., 1996) для *Tetrapygyus niger*. По их мнению, отсутствие данной изменчивости аристотелева фонаря является характерной для стресс-толерантных видов и обусловлено более жестким контролем размеров тела.

**Дыхание и обмен веществ.** Анализ дыхания и обмена веществ является сложной проблемой, поскольку эти процессы вовлечены и в продукцию (анаболизм) и в поддержание жизнедеятельности (восстановление поврежденных и утраченных частей тела). Можно предположить, что у рудеральных видов преобладающая часть ресурсов расходуется на процесс анаболизма, тогда как у стресс-толерантных видов — на поддержание жизнедеятельности. Однако данные различия в путях размещения ресурсов не отражаются на общем энергетическом балансе.

Расчет связанной с дыханием энергии, так же как и темпов роста, на основе методики измерения сырой или сухой массы может ввести в заблуждение, поскольку оба этих подхода не используют метаболически активную ткань. Использование общего количества органического вещества или общего количества белка также полностью не устраняет проблему расчета энергии, так как эти методы включают метаболически бездействующие органические соединения.

Более адекватным методом для этой цели представляется метод измерения концентрации ДНК. Исходя из присущей каждому виду интенсивности обмена веществ, наиболее показательным

Таблица 6.2.2.4.6. Интерсепт (отрезок, отсекаемый на координатной оси) аллометрического отношения между сырой массой стенки тела и общей сырой массой тела видов морских ежей

Вид	Интерсепт	Степень прибойности	Источник
<i>Heterocentrotus mammilatus</i>	0,919	4	Ebert, 1982
<i>Colobocentrotus atratus</i>	0,788	1	Ebert, 1982
<i>Stomopneustes variolaris</i>	0,718	—	Drummond, 1993
<i>Echinometra mathaei</i>	0,672	3	Ebert, 1982
	0,607		Drummond, 1993
<i>Diadema savignyi</i>	0,516		Drummond, 1993
<i>Echmothrix diadema</i>	0,570	4	Ebert, 1982
<i>Strongylocentrotus purpuratus</i> *	0,559	7	Ebert, 1982
<i>Heliocidaris erythrogramma</i> *	0,537	5	Ebert, 1982
<i>Strongylocentrotus franciscanus</i> *	0,530	7	Ebert, 1982
<i>Lytechinus anamesus</i> *	0,502	8	Ebert, 1982
<i>Tripneustes gratilla</i> *	0,398	4	Ebert, 1982

\* — виды, представляющие промысловый интерес

1 — наибольшая степень прибойности; 8 — наименьшая степень прибойности

может оказаться метод измерения активности метаболических ферментов.

Действительно, специфическая активность гликолитических и гексозомонофосфат-шунтирующих ферментов была самая высокая у *Lytechinus variegatus*, промежуточная — у *Echinometra lucunter*, самая низкая — у *Arbacia lixula* (Bianconcini et al., 1980), как и можно было ожидать, исходя из других характеристик этих видов.

Высокая степень устойчивости к голоданию может рассматриваться как признак низкой интенсивности основного обмена веществ. Например, было предсказано *a priori*, что степень устойчивости к голоданию у особей *Lytechinus variegatus* будет минимальной, у *Echinometra lucunter* — промежуточной и у *Eucidaris tribuloides* — максимальной. Особи были помещены в один аквариум с замкнутой системой циркуляции морской воды без источника пищи. Результаты эксперимента полностью подтвердили прогнозируемые различия в способности видов выдерживать голодание (рис. 6.2.2.4).

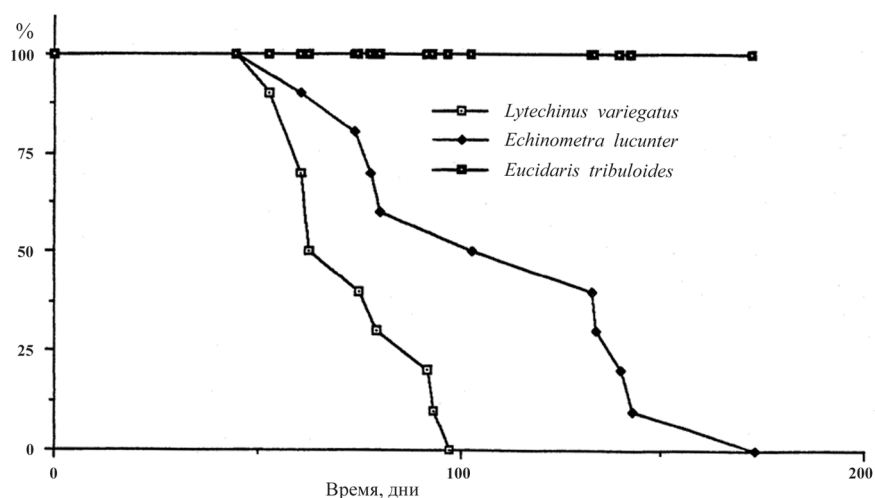


Рис. 6.2.2.4. Время со дня поймки до наступления смерти вследствие голодания *Lytechinus variegatus*, *Echinometra lucunter* и *Eucidaris tribuloides*. По оси ординат — доля выживших особей (Бажин, Лоуренс, 2010)

**Вкусовые качества (съедобность).** Выметанные в процессе нереста яйцеклетки морских ежей весьма уязвимы к воздействию хищников. Одним из эффективных средств предотвращения хищничества посредством снижения съедобности особи является выработка вторичных метаболитов. Однако само по себе приобретение свойства «несъедобности» недостаточно, если это не приводит к соответствующим результатам. Р. Фишер (Fisher, 1958) предположил, что если один или несколько потомков одной пары изъяты хищником из большого скопления особей, и при этом хищник приобрел опыт избегать других потомков, то в процессе отбора частота гена, отвечающего за свойство несъедобности, будет увеличиваться в данном скоплении. В процессе поймки важно, чтобы хищник мог различать непригодные для питания объекты. Если принять во внимание, что ядовитые или несъедобные насекомые часто окрашены в яркие цвета, то вполне вероятно, что непригодность яиц морских ежей сем. *Arbaciidae* в качестве пищи обуславливается содержащимся в них фиолетовым эхинохромом полигидрооксинафтохиноном (McClendon, 1912). Концентрация этого эхинохрома в яйцах *Arbacia punctulata* достигает 0,58 г/100 мл (Ball, Cooper, 1949).

Такой тип реакции, как можно объяснить, является показательным для стресс-толерантных видов, плодовитость которых ограничена. Иными словами, подобный механизм увеличивает вероятность выживания потомства.

**Пластичность в реализации стратегий.** Судя по относительно большой продолжительности жизни (Ebert, 1975; Sivertsen, Hopkins, 1995; Russell et al., 1998; Ebert, 1998) и относительно низкой скорости роста (Fuji, 1960; Ebert, 1975, 1982; Sivertsen, Hopkins, 1995 и др.) стронгилоцентротиды в условиях наиболее типичных местообитаний, которые чаще всего характеризуются как оптимальные, реализуют первичный конкурентный тип стратегии (см. табл. 6.2.2.4.1). В этих условиях виды расходуют ресурсы равномерно на три базовые функции: поддержание, рост, вос-

производство. Наиболее ярким примером, демонстрирующим пластичность в реализации типов жизненных стратегий в различных условиях, является *Strongylocentrotus droebachiensis*. Он проявляет разнообразие адаптационных возможностей широко распространенного вида, типично обитающего в верхних горизонтах сублиторали, где факторы среды варьируют в широком диапазоне в зависимости от широтного расположения биотопа (Бажин, 1995, 2002, 2005; Бажин, Степанов, 2002). При заселении границ биотопов или границ своего ареала (где доминируют субоптимальные условия среды) этот вид подвергается стрессу абиотического характера (табл. 6.2.2.4.7). При этом он проявляет черты стресс-толерантного вида, направляя основные энергетические траты на поддержание жизнедеятельности. При этом у данного вида снижается (иногда до негативного) скорость роста (Himmelman, 1986), а продукция гонад сводится почти к нулю. Аналогичным образом вид реализует свои жизненные функции при обитании в так называемых «ежиных пустошах», где при благоприятных условиях оседания и низком прессе хищничества длительное время поддерживается высокая плотность особей (до 200–400 экз./м<sup>2</sup>). Вследствие этого наблюдается острая нехватка пищевых ресурсов, и, уже как результат напряженной пищевой конкуренции, среди особей морских ежей *S. droebachiensis* возникает явление каннибализма.

При воздействии достаточно сильного пресса хищничества или промышленного изъятия и при отсутствии других негативных факторов происходит переключение размещения ресурсов полностью на рост и размножение. В условиях обилия пищи животные переходят к пассивному типу питания «сиди и жди». Увеличение темпов роста и гонадной продукции в этих условиях дает право обозначить данный тип стратегии как конкурентно-рудеральную.

Этот эврибионтный вид способен заселять районы с пониженной соленостью, подверженные загрязнению или эвтрофикации, где реализует вторичную конкурентно-стресс-толерантную стратегию (табл. 6.2.2.4.7).

Аналогично *S. droebachiensis*, другие виды этого рода вполне вписываются в предложенную схему реализации функциональных особенностей при обитании в различных биотопах. Некоторая специфичность этих видов заключается в меньшем спектре условий среды и воздействующих на них экологических факторов в отличие от эвритопного *S. droebachiensis*.

Рассмотрение видов морских ежей показывает, что они имеют набор скоординированных характеристик, которые могут быть связаны с различными типами жизненных стратегий. Эти стратегии могут быть интерпретированы на основе энергетического баланса, который свидетельствует об относительном размещении ресурсов в различные функции. Эти данные, естественно, нельзя считать заключительными, во многих случаях они просто недоступны. Нельзя ожидать, что все характеристики недвусмысленно укажут определенный тип жизненной стратегии. Не только характеристики могут взаимодействовать сложными путями, но и сами виды могут иметь вторичные жизненные стратегии, связанные с биотопами, которые отличаются по степени стресса и нарушения и приводят к проявлению промежуточных уровней этих характеристик. Необходимо учитывать, что у некоторых видов встречается фенотипическая изменчивость, которая затрудняет интерпретацию; особенно это касается конкурентных видов.

Однако внимательное рассмотрение функциональных характеристик показывает широкое различие в первичных стратегиях. Например, токсопнеустиды реализуют стратегию, по своим свойствам более близкую к рудеральной стратегии. Ближе к стресс-толерантной стратегии — цидароиды и некоторые эхинометриды, ближе к конкурентной стратегии — эхиниды и стронгилоцентротиды. Среди них наиболее пригодными для аквакультуры могут считаться токсопнеустиды, так как они расходуют на продукцию энергии больше, чем на защитные функции и поддержание жизнедеятельности. Как следствие этого, они быстро растут и имеют высокий уровень гонадной продукции в раннем возрасте. По сравнению с токсопнеустидами, эхиниды и стронгилоцентротиды на продукцию тратят относительно меньше энергии, в результате чего они медленнее растут и имеют меньшие репродуктивные усилия.

Высокая степень лабильности стронгилоцентротид в реализации разных типов жизненных стратегий, по-видимому, не является исключительным случаем среди других видов морских ежей, и, очевидно, связана с их довольно широким географическим распределением. Однако последнее, скорее всего, является не причиной, а следствием их высокой адаптационной способности. Ограничения, накладываемые со стороны относительно низкой скорости роста, не позволяют стронги-

Таблица 6.2.4.7. Типы первичных и вторичных стратегий и связанные с ними функциональные характеристики, реализуемые морскими ежами рода *Strongylocentrotus* в различных местообитаниях северо-западной части Тихого океана. Модифицировано из: Lawtence, Bazhin, 1995

Условия среды		Субоптимальные					
Наличие и характер стресса или нарушений	Оптимальные	Субоптимальные					
		Отсутствие стресса и нарушений	Биотический стресс	Биотический и абиотический стресс	Абиотический стресс: смертность молоди или отсутствие условий для ее оседания	Биотическое нарушение: смертность крупных особей	Абиотическое нарушение: смертность мелких особей
Характеристика местообитания	Обилие пищи и низкий пресс хищничества	«Ежовая пустошь»	Граница биогеоценоза, ареала	Пониженная соленость, загрязненный или эвтрофицированный район	Высокий пресс хищничества	Высокий пресс хищников	Периодический сброс талых или загрязненных вод
Влияние факторов	Соленость	+	+	-	+	+	±
Температура	+	+	±	-	+	+	±
Гидродинамика	+	+	±	+	+	+	+
Субстрат	+	+	±	±	±	+	+
Пища	+	-	-	+	+	+	+
Хищничество	+	+	+	+	+	-	+
Конкуренция	+	-	+	+	+	+	+
Преобладающий тип стратегии (по Грайму)	Конкурентная (C)	Стресс-толерантная (S)	Стресс-толерантная (S)	Конкурентно-стресс-толерантная (CS)	Конкурентно-рудеральная (CR)	Конкурентно-рудеральная (CR)	Рудерально-стресс-толерантная (RS)
Размещение энергии	Размножение, поддержание жизнедеятельности, рост	Поддержание жизнедеятельности	Поддержание жизнедеятельности	Поддержание жизнедеятельности	Размножение, рост	Размножение, рост	Размножение, рост
Наличие и характер стресса или нарушений	Отсутствие стресса и нарушений	Биотический стресс	Биотический стресс	Абиотический стресс: смертность молоди или отсутствие условий для ее оседания	Биотическое нарушение: смертность крупных особей	Биотическое нарушение: смертность мелких особей	Абиотическое нарушение: смертность мелких особей
Характеристика местообитания	Обилие пищи и низкий пресс хищничества	«Ежовая пустошь»	Граница биогеоценоза, ареала	Пониженная соленость, загрязненный или эвтрофицированный район	Высокий пресс хищничества	Высокий пресс хищников	Периодический сброс талых или загрязненных вод
Преобладающие размеры особей	Все размерные группы или крупные	Мелкие и средние	Мелкие и средние	Крупные	Мелкие и средние	Крупные	Крупные
Плотность особей	Высокая	Очень высокая	Низкая	Низкая	Высокая или очень высокая	Низкая	Низкая

Окончание таблицы 6.2.2.4.7. Типы первичных и вторичных стратегий и связанные с ними функциональные характеристики, реализуемые морскими ежами рода *Strongylocentrotus* в различных местообитаниях северо-западной части Тихого океана. Модифицировано из: Lawtence, Bazhin, 1995

Условия среды	Субоптимальные					
	Оптимальные	Угнетенные		Молодые особи		Долгожители
Характеристика поселения	Процветающее поселение	Агрессивные карликовые особи	Угнетенные карликовые особи	Долгожители	Долгожители	Долгожители
Пищевое поведение	Полупассивное	Активное	Активное	Пассивное (сиди и жди)	Пассивное (сиди и жди)	Пассивное (сиди и жди)
Гонадная продукция	Высокая	Низкая	Низкая	Высокая	Высокая	Очень высокая

«+» — благоприятное воздействие фактора; «-» — неблагоприятное воздействие фактора

лоцентротидам в полной мере реализовать рудеральный тип стратегии, наиболее подходящий для аквакультуры. Однако при создании соответствующих благоприятных условий, а также при искусственно регулируемой плотности, виды, по-видимому, будут способны реализовать вторичный тип стратегии, следствия, осуществление которой будет вполне удовлетворять нуждам аквакультуры.

Знание основных биологических особенностей морских ежей, которые эволюционировали для максимального соответствия видов специфическим местообитаниям, является существенным как для оценки перспективности их использования в аквакультуре, так и для установления самой аквакультуры морских ежей. Необходимым условием для вида, планируемого к использованию в процессе аквакультуры, является составление его энергетического баланса. Это представляется весьма сложной и трудоемкой задачей, поскольку для этого требуется анализ, как минимум, размерных характеристик, репродуктивного цикла, температурных условий и режима питания конкретного вида. Однако эта базисная информация, которая должна применяться в аквакультуре морских ежей, отсутствует для большинства видов.