

Юданов К.И. 2001. Роль учетных съемок в экосистемном регулировании промысловых ресурсов // Рыбное хозяйство. № 2.— С. 30.

Shuntov V.P., Dulepova E.P., Radchenko V.I., Temnykh O.S. 1993. On the beginning of large reformation in communities of plankton and nekton of the far-eastern seas // PICES: Seattle. Washington. USA. October, 25–30.— P. 35.

УДК 639.2.053.7:639.223.5

## Об оценке запасов охотоморского минтая инструментальными методами

Смирнов А.В., Авдеев Г.В., Николаев А.В.,  
Шевцов В.И. (ТИНРО-центр)

### Введение

Минтай (*Theragra chalcogramma*) в настоящее время является и, очевидно, в обозримом будущем будет являться важнейшим промысловым видом в водах северной части Тихого океана. Для рыбной промышленности российского Дальнего Востока его значение трудно переоценить. В 1980-е гг. суммарный вылов минтая Россией достигал 4 млн т и более и, хотя впоследствии его запасы уменьшились, на рубеже веков он составлял более половины от общего вылова (рис. 1). В среднем за 1990-е гг. ежегодный вылов минтая достигал примерно 2,5 млн т. Особое значение запасы минтая приобрели в последнее время, когда численность других ценных видов рыб, таких, как сардина-иваси, треска, палтусы, значительно сократилась. Не умаляя роли других районов воспроизводства и промысла минтая, следует подчеркнуть, что наиболее важными для российских рыбаков остаются его ресурсы в Охотском море. Вылов минтая в Охотском море в 1990-е гг. составлял 65% от суммарного по Дальневосточному бассейну. В 1990-е гг. в северной части моря ежегодно добывалось более 1,5 млн т, а максимальный улов (2,0 млн т) был получен в 1996 г. [Фадеев, Веспестад, 2001].

Особую роль играет минтай и в экосистеме Охотского моря. Он является основным видом нектонного сообщества: его доля в северной части моря при наблю-

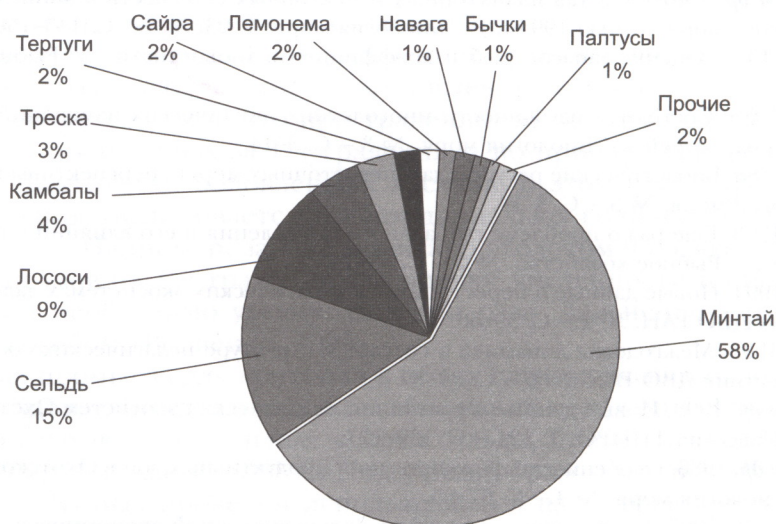


Рис. 1. Доля минтая в общем среднегодовом вылове в российской экономзоне в 1990-е гг.

давшихся межгодовых и региональных колебаниях составляла от 77 до 86% [Шунтов и др., 1993; Дулепова, 2002; Мерзляков, Василенко, 2002].

Ведущая роль охотоморского минтая в рыболовстве Дальнего Востока и определила приоритетность исследований по сравнению с другими важными промышленными объектами. В течение двух последних десятилетий ТИНРО-центр основные материальные и судовые ресурсы вкладывал в выполнение экспедиций, направленных на оценку численности и биомассы, эффективности нереста и дислокации нерестилищ, определение места и роли минтая в экосистеме Охотского моря. По инициативе Н.С. Фадева с 1983 г. в Охотском море были развернуты экспедиционные исследования в зимне-весенний период (преднерестовый и нерестовый сезоны). В 1980-х – начале 1990-х гг. они носили явно выраженный «объектный» (минтайный) характер: на всей акватории моря, исключая наиболее глубоководную часть, целенаправленно выполнялись ихтиопланктонные съемки по оценке нерестового запаса в сопровождении контрольных тралений и гидрологических работ для сбора данных по биологическим параметрам производителей, размерно-возрастному составу и океанологическим условиям в период нереста [Смирнов, 1985; Фадеев, 1987; Фадеев, Смирнов, 1987]. В летне-осенний период тех лет в рамках экосистемных исследований на всей акватории моря также проводились крупномасштабные комплексные экспедиции, включавшие выполнение траловых, гидробиологических и гидрологических съемок, нацеленных на количественную оценку и функционирование всех компонентов планктонных и нектонных сообществ и в целом экосистемы Охотского моря [Шунтов и др., 1986; Шунтов и др., 1997; Дулепова, 2002, и др.].

В весенний период 1997 г. были впервые одновременно выполнены прямые учетные съемки по величине запасов минтая: ихтиопланктонная, траловая и эхометрическая в сопровождении фоновых гидрологических и гидробиологических наблюдений, чем была достигнута высокого уровня комплексность исследований. Первый опыт показал, что количество получаемой первичной информации по всем областям морской биологии многократно увеличилось, поэтому с тех пор ТИНРО-центром оценка запасов минтая и других биологических ресурсов в Охотском море в весенний период осуществляется в рамках таких комплексных экспедиций.

Применение различных методов учетных работ дало возможность получать несколько независимых величин запаса минтая, что повысило их репрезентативность и соответственно уменьшило риск значительных ошибок при определении величины его изъятия. Накопленный к настоящему времени массив данных позволяет провести сравнительный анализ оценок численности и биомассы, полученных по ихтиопланктонным, траловым и эхометрическим съемкам и подвести предварительные итоги этих исследований за 6-летний период (в 2003 г. ряд наблюдений был прерван).

Несмотря на достаточно хорошее освещение в литературе методов выполнения указанных съемок и расчета на их основе оценок численности и биомассы [Качина, Сергеева, 1978; Золотов и др. 1987; Фадеев, 1999; Мерзляков, Василенко, 2002, и др.], считаем необходимым еще раз остановиться на основных моментах и некоторых особенностях проведения этих работ, поскольку в мировой практике рыбохозяйственных исследований в настоящее время учетные съемки, выполняемые ТИНРО-центром в Охотском море, являются наиболее масштабными.

## **Методы оценки запасов**

### *Ихтиопланктонные съемки*

Обловы развивающейся икры и личинок минтая в Охотском море были начаты сравнительно давно, в конце 30-х гг. прошлого века [Расс, Желтенкова, 1948]. С 1972 г. ихтиопланктонные съемки, направленные на оценку запасов минтая в западнокамчатских водах, регулярно выполнялись КоТИНРО [Золотов и др., 1987], а в северной части моря на отдельных участках эпизодически Магаданским филиалом ТИНРО [Вышегородцев, 1978]. Основным недостатком этих съемок являлось то, что ими охватывалась лишь незначительная часть репродуктивного

ареала североохотоморского минтая. В разработанной Н.С. Фадеевым [1986] схеме станций этот недостаток был устранен: акватория съемки включала все известные и предполагаемые районы воспроизводства (рис. 2). Относительно стабильные гидрологические условия в 1980-е — начале 1990-х гг. способствовали определению стандартных сроков выполнения съемок на каждом из нерестилищ.

В западнокамчатских водах съемка ежегодно должна была начинаться 4 апреля и продолжаться максимум 15–17 суток, в зал. Шелихова — в начале первой декады мая (продолжительность — 4–5 суток), в северо-центральной и северо-западных частях моря — в течение двух последних декад мая и у Северо-Восточного Сахалина — в первой декаде июня, т.е. в соответствии в периодом массового нереста в каждом из районов [Фадеев, 1981; Фадеев, 1987]. В середине 1980-х гг. хорошая обеспеченность судами позволяла выполнять экспедиции одновременно двумя НИСами, что давало возможность проведения двух и более съемок в одном и том же районе (основное значение придавалось Западно-Камчатскому району как наиболее важному в воспроизводстве минтая). В начале 1990-х гг. от такой практики пришлось отказаться, более того, по различным причинам не выдержи-

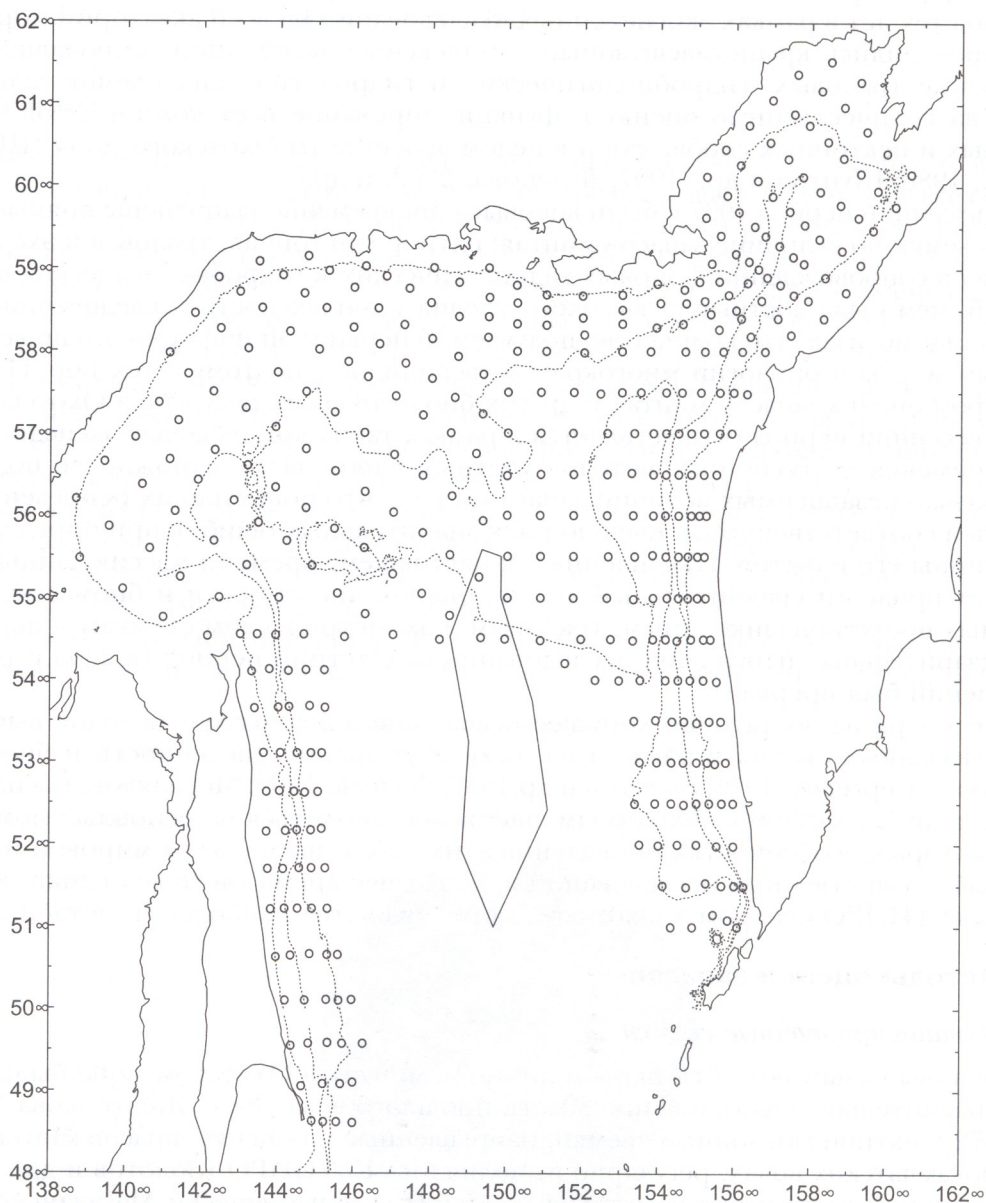


Рис. 2. Схема икhtiопланктонной съемки, выполняемой ежегодно в зимне-весенний период в северной части Охотского моря

вались сроки проведения съемок (особенно в 1990 г.), а в 1993 и 1994 гг. съемка была ограничена лишь восточной частью моря. С 1997 г., как уже отмечалось, одновременно стали выполняться как ихтиопланктонные, так и траловые и эхометрические съемки. Относительно мягкие зимы в 1995–1997 гг. привели к значительному смещению массового нереста на более ранние сроки, поэтому стандартную съемку в водах Западной Камчатки стало целесообразнее выполнять на месяц раньше, т.е. в марте.

Обловы ихтиопланктона и расчет количества выметанной на момент съемки икры осуществлялись по стандартным общепринятым методикам [Расс, 1953; Расс; Казанова, 1966; Аксютин, 1968; Smith and Richardson, 1977]. Расстояние между разрезами составляло 30 миль (ок. 60 км), они были ориентированы перпендикулярно изобатам, а дистанция между станциями устанавливалась с расчетом их равномерного распределения по диапазонам глубин. На каждой станции выполнялись вертикальные обловы слоя 200–0 м (в отдельных случаях, особенно у Юго-Западной Камчатки, 400–0 м) либо от дна до поверхности на меньших глубинах. Орудием сбора являлась ихтиопланктонная коническая сеть ИКС –80, уловистость которой была принята за единицу. В период исследований скорость выборки была неизменной и составляла 0,8–1 м/с. Всего за время весенних экспедиций выполнялось 400–700 (в случае повторных съемок) станций. Стадии развития икры определялись по классификации Н.Н. Горбуновой [1954].

Если оценка количества икры, выметанной ко времени выполнения съемки, не представляет особой сложности, то определение общей численности икры, продуцируемой самками за весь нерестовый сезон на каждом из нерестилищ, весьма трудоемкая задача. Связано это, в первую очередь, с довольно длительным периодом нереста и продолжительным эмбриональным развитием, а также значительными площадями нерестилищ. Температурный режим водных масс на их отдельных участках, а также в отдельные периоды нереста изменчив. Нерест и развитие основной массы выметанной икры протекают при наиболее низких (отрицательных), в сравнении с другими районами воспроизводства, температурах.

Заметим, что успешных работ по инкубации икры минтая с целью определения общей продолжительности эмбриогенеза и отдельных его стадий при таких условиях до сих пор не выполнялось. Все это, на наш взгляд, делает несостоятельным для определения общей численности выметанной охотоморским минтаем за нерестовый сезон икры применение большинства наиболее распространенных в мировой практике методов оценки общей продукции икры [Дехник, Ефимов, 1984], поскольку они требуют выполнения серии съемок в течение всего репродуктивного периода, что зачастую нереально.

Многолетняя практика оценки запасов минтая в Охотском море показала, что применявшиеся ранее и используемые в настоящее время ТИНРО-центром и КамчатНИРО подходы к расчету биомассы минтая на основе численности выметанной икры вполне приемлемы для надежной оценки его ресурсов [Фадеев, Смирнов, 1987; Фадеев; 1999; Золотов и др., 2000]. Основным отличием методик расчета общей численности икры, используемых учеными, является следующее. В ТИНРО-центре в основу положены данные однократной съемки и соотношение отнерестившихся и преднерестовых половозрелых особей на момент выполнения съемки, а в КамчатНИРО расчеты строятся исходя из кривой нереста (метод Сэвилла), основанной на результатах нескольких съемок за нерестовый сезон, либо с использованием среднесезонной в случае однократной съемки [Качина, Сергеева, 1978]. В последние годы предпринимаются попытки определять общую численность выметанной икры по суточной продукции [Лисовенко, 2000].

Принципиальным моментом при расчетах является оценка параметра смертности икры в процессе эмбриогенеза. Хорошо известно, что у тех видов тресковых, которые имеют пелагическую икру, смертность в раннем онтогенезе чрезвычайно высока, что требует учета этого фактора в оценке общей продукции икры. Однако, как будет показано ниже, этот момент не столь однозначен. По крайней мере, до сих пор в расчетах численности и биомассы на основе ихтиопланктонных съемок, используемых при формировании прогностической базы по охото-

морскому минтаю (прогноз состояния запасов на перспективу, установление ОДУ), смертность не учитывалась.

В настоящее время оценка численности и биомассы минтая в Охотском море осуществляется по методике, разработанной Н.С. Фадеевым [1999]. К ее несомненным достоинствам следует отнести возможность определения численности и биомассы не только половозрелой части популяции, но и пополнения, благодаря использованию всего комплекса биологической информации, получаемой в ходе параллельного выполнения траловой съемки по достаточно плотной сетке станций. Принципиальная блок-схема расчетов представлена на рис. 3. В общих чертах ей соответствует схема, опубликованная О.Г. Золотовым с соавторами [2000].

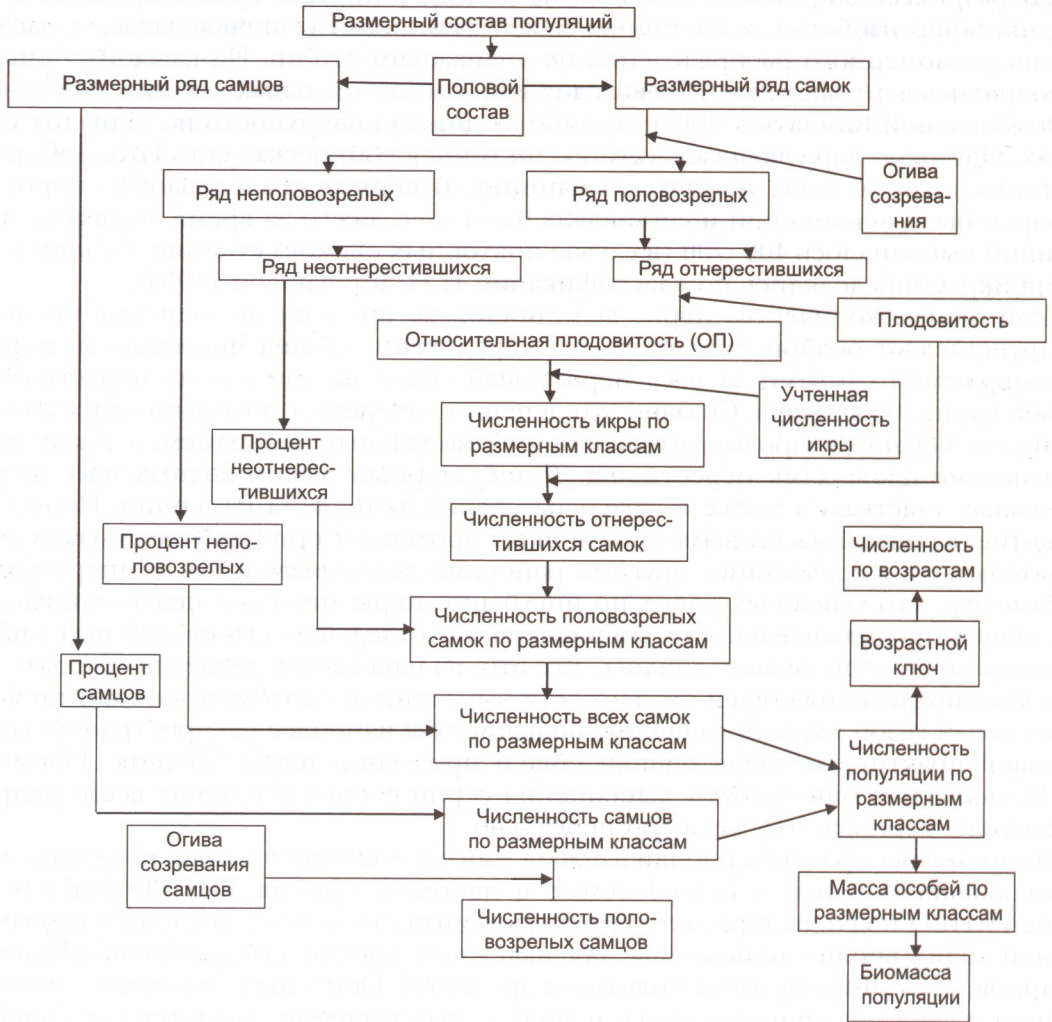


Рис. 3. Принципиальная схема расчетов для оценки численности (биомассы) охотоморского минтая по размерному ряду и численности учетной икры [Фадеев, 1999]

### Траловые съемки

Как упоминалось выше, тотальные траловые съемки по оценке биологических ресурсов в Охотском море в летне-осенний период начали выполняться с первой половины 1980-х гг. Их результаты представлены в значительном количестве публикаций, обобщены в монографиях [Шунтов и др., 1993; Лапко, 2002; Дулепова, 2002]. Большая часть этих съемок имела экосистемную нацеленность и была направлена на оценку биомассы и численности минтая, являющегося основным компонентом пелагических сообществ. Как правило, съемки выполнялись в эпипелагиали, что приводило к значительному недоучету минтая, обитающего в придонных слоях и в мезопелагиали. Особого упоминания заслуживают I и II комплексные охотоморские экспедиции, выполненные соответственно в 1987 и 2000 гг.,

когда силами всех дальневосточных рыбохозяйственных институтов под эгидой ТИПРО-центра на всей акватории моря были выполнены учетные работы, включавшие пелагические и донные траловые съемки [Шунтов и др., 2002]. Методы выполнения и количество траловых съемок, а также оценка точности полученных результатов подробно освещены в соответствующих работах [Волвенко, 1998; Дулеповой, 2002]. В данном случае ограничимся изложением процедуры проведения траловых съемок, выполненных параллельно с ихтиопланктонными и гидроакустическими в весенний период 1998–2002 гг. Материалы, получаемые в ходе траловых съемок, обеспечивают необходимую информацию для двух последних методов и достаточны для оценки биомассы и численности промысловых объектов.

В течение пяти лет (1998–2001 гг.) съемка выполнялась одним и тем же судном – НИС «ТИПРО». В 2002 г. экспедиция проведена однотипным НИС «Профессор Кагановский». Во все годы неизменными являлись сроки, районы работ, орудия лова, количество и расположение траловых станций (рис. 4), единой оставалась методическая основа расчета численности и биомассы. Более того, обра-

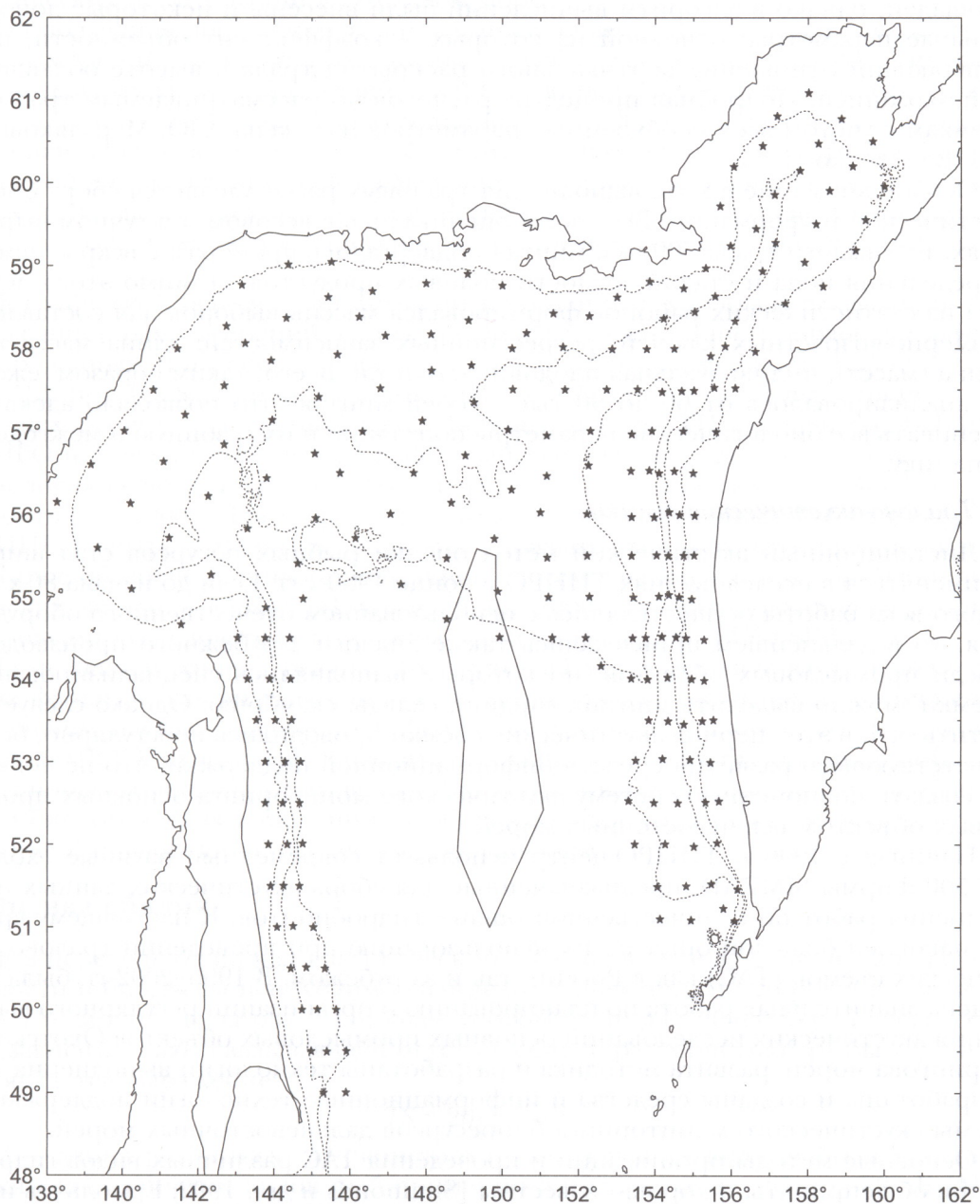


Рис. 4. Схема траловой съемки, выполняемой в Охотском море в зимне-весенний период параллельно с ихтиопланктонной

ботка траловых уловов осуществлялась одними и теми же специалистами – сотрудниками ТИНРО-центра под руководством Г.В. Авдеева, одного из авторов данной статьи. Незначительные коррективы в ход выполнения съемок вносили особенности ледовой обстановки, поэтому общее количество тралений, выполненных в разные годы, варьировалось от 180 до 220. Траления продолжительностью 1 ч выполнялись стандартным разноглубинным тралом РТ/ТМ-57/360 с мелкочечной (10 мм) вставкой в кутцовой части тралового мешка. Работы осуществлялись круглосуточно, горизонты тралений выбирались с учетом характера и вертикального развития эхозаписей, а в случае их отсутствия – ступенчато, с равномерным обловом трех горизонтов: придонного, среднего и поверхностного. В отдельных случаях, когда в светлое время суток наблюдались плотные придонные эхозаписи, траления выполнялись непосредственно у грунта с касанием его нижней подборой. Коэффициент уловистости для минтая возрастом от 2 лет и более принят равным 0,4, для годовиков – 0,1 [Шунтов и др., 1993]. Расчет численности и биомассы минтая по данным траловых съемок производился методом площадей, однако в алгоритм вычислений были внесены и некоторые дополнительные параметры, основной из которых – коэффициент объемности, представляющий отношение вертикального раскрытия трала к высоте облавливаемой эхозаписи. Подробная процедура расчетов по рассматриваемым траловым съемкам с учетом всех необходимых параметров изложена А.Ю. Мерзляковым и А.В. Василенко [2002].

Особое внимание в ходе выполнения траловых работ уделяется сбору биостатистической информации. Все уловы оценивались в весовом и штучном выражении, из каждого трала 300 экз. минтая подвергались промерам с вскрытием для определения пола и стадий зрелости половых продуктов. Помимо этого, в каждом из статистических районов формировался массив выборок для составления размерно-возрастных ключей, регрессионных зависимостей: длина–масса тела, длина (масса), индивидуальная плодовитость и т.п. Всего, таким образом, ежегодно анализировалось от 60 до 90 тыс. особей минтая, что позволяло адекватно оценивать все биологические параметры популяции и их сезонную и межгодовую динамику.

### *Тралово-акустические съемки*

Дистанционный акустический метод оценки рыбных ресурсов стал широко применяться в исследованиях ТИНРО в конце 1960-х гг. Если до начала 80-х прошлого века работы осуществлялись с использованием отечественного оборудования, то в дальнейшем привлекались также аналоги зарубежного производства. Среди промысловых объектов, по которым выполнялись специализированные съемки, можно выделить минтай, сардину, сельдь, скумбрию. Однако следует отметить, что в этот период акустические съемки проводились нерегулярно, без соответствующего развития средств информационной поддержки, что не позволило создать полноценную систему акустического мониторинга основных промысловых объектов дальневосточных морей.

Начиная с 1996 г. ТИНРО-центр использует современные научные эхолоты EK-500 фирмы SIMRAD, предназначенные для сбора акустических данных и выполнения работ по количественной оценке гидробионтов. К настоящему времени накоплен большой опыт по их использованию при проведении тралово-акустических съемок (ТАС) как в России, так и за рубежом. В 1996–2002 гг. была проведена значительная работа по планированию и организации регулярного выполнения акустических исследований основных промысловых объектов Охотского и Берингова морей; развита методика и разработаны технологии выполнения ТАС; разработаны и созданы средства и информационные технологии поддержки системы акустического мониторинга биоресурсов дальневосточных морей.

Основные методы организации и проведения ТАС различных видов гидробионтов общеприняты и хорошо известны [Simmonds и др., 1992; Ермольчев и др., 1993; Юданов и др. 1984], но технологии их выполнения в зависимости от района съемки и распределения объектов исследования могут различаться. Для дости-

жения объективности и сопоставимости результатов оценок численности и биомассы рыб, необходимы практическая адаптация существующих методов ведения ТАС применительно к объектам и району ее проведения с учетом методически правильной организации всех основных ее этапов, включая планирование и организацию съемки, выполнение калибровки и при необходимости интеркалибровки измерительной гидроакустической аппаратуры, наличие развитой технологии постпроцессорной обработки акустических измерений с использованием современных компьютерных технологий и др. [Simmonds и др., 1992].

Рассмотрим кратко практику организации и технологию выполнения ТАС, принятую в настоящее время в ТИНРО-центре. Следует отметить, что технология проведения акустических исследований в Беринговом и Охотском морях различается. Это обусловлено в основном тем, что в Беринговом море выполняется специальная учетная ТАС, а в Охотском море – акустические исследования в составе комплексной экспедиции. Различия в целях и задачах экспедиций соответственно накладывают определенные ограничения на технологию выполнения акустических исследований в Охотском море.

Для получения достаточно точных и представительных результатов акустических измерений проводятся специальные работы по калибровке акустических измерительных систем. Для калибровок ЕК-500 используются медные сферы диаметром 60 мм (на частоте 38 кГц) и диаметром 30,4 мм (на частоте 120 кГц). Калибровки эхолотов ЕК-500 на двух частотах выполняются, как правило, перед началом и по завершении рейса в Уссурийском заливе (вблизи Владивостока). Использование данной технологии совместно с современными цифровыми научными эхолотами существенно повысило надежность и точность акустических измерений.

Методической основой организации и создания технологии проведения эхоинтеграционных измерений, сбора, накопления и вторичной обработки акустических данных при оценке биоресурсов послужили рекомендации рабочей группы FAST при ICES [Simmonds и др., 1992], обобщенный опыт выполнения акустических съемок в восточной части Берингова моря ТИНРО-центра, ВНИРО, ПИНРО и Аляскинского центра рыбохозяйственных исследований (AFSC, США). Технология выполнения ТАС оформлена в виде методического руководства [Руководство ..., 2000]. Для информационной поддержки эхоинтеграционных работ в ТИНРО-центре создано и продолжает развиваться алгоритмическое и программное обеспечение информационной системы накопления и обработки акустических данных – FAMAS [Николаев и др., 2000], ориентированное на работу с цифровыми исследовательскими эхолотами типа ЕК-500/ЕК60 SIMRAD.

На нынешнем уровне реализации система FAMAS обеспечивает выполнение таких функций, как визуализация, сбор и накопление акустических измерений в реальном масштабе времени в файлах со структурой данных, совместимой с BI-500 SIMRAD; вторичная обработка и анализ акустических изображений; расчет биомассы, численности; ведение интегрированной базы данных акустических и биологических измерений, необходимой для поддержки средств постпроцессорной обработки акустических изображений.

## Оценка обилия

При переходе от индекса акустического обилия в виде  $S_A$  к оценке в виде численности и биомассы необходимо знание акустических характеристик (силы цели –  $TS$ ) данного вида рыб. Наиболее употребимой для целей акустических съемок зависимостью, связывающей акустические характеристики рыбы с длиной ( $L$ ), является выражение:

$$TS = 20LgL - b,$$

где  $L$  – длина рыбы в см;  $b$  – константа, зависящая от вида рыбы и изменяющаяся для различных видов рыб примерно в интервале от  $-65$  до  $-72$  дБ [MacLennan, Simmonds, 1992]. В частности, для минтая используется зависимость:  $TS = 20Lg_{10} FL - 66$  [Traynor, 1996].



Базовая эхоинтеграционная технология (БЭТ) выполнения акустических съемок проводимых ТИНРО-центром как в Беринговом, так и Охотском морях достаточно подробно представлена в соответствующих работах [Николаев и др., 2000; Николаев, Степаненко, 2001; Кузнецов и др., 2002; Борец и др., 2002]. Алгоритм перехода от относительной плотности в виде акустического индекса обилия скоплений  $S_A$  к абсолютной в виде численности и биомассы также подробно изложен Е. Макленнаном и Н. Симмондсом [MacLennan et Simmonds, 1992].

Адаптивная эхоинтеграционная технология (АЭТ) развита и используется в ПИНРО при проведении многовидовых тралово-акустических съемок [Мамылов, 1999]. Данная методика позволяет включить в схему стандартной технологии механизм учета влияния селективных и улавливающих свойств трала на результаты обработки акустических измерений. В течение 2001–2002 гг. были выполнены экспериментальные работы по оценке возможностей использования технологии многовидовых тралово-акустических съемок ПИНРО [Мамылов, 1999] в ходе весенне-летних экспедиций в Охотском море.

Для сопоставления акустических и траловых данных вводится понятие  $SA_{TR}$ , когда улов каждого вида (включая объедачку) пересчитывается в эквивалентные акустические единицы ( $\text{м}^2/\text{миля}^2$ ) с учетом известных данных о силе цели ( $TS$ ) или о силе цели на 1 кг массы ( $TS_{\text{кг}}$ ):

$$SA_{TRj} = \frac{\sum_i (N_{ij} \cdot \sigma_{ij} \cdot K_{ij}) \cdot 1852 \cdot H}{D_{TR} \cdot L_{\text{eff}} \cdot h_{TR}}, \quad (1)$$

где  $i$  – индекс размерного ряда;  $j$  – индекс вида гидробионтов;  $D_{TR}$  – дистанция траления, миля;  $N_{ij}$  – количество особей  $j$ -го вида  $i$ -й размерной группы в улове, экз.;  $K_{ij}$  – дифференцированный по размерно-видовому составу рыбы «индекс уловистости трала» ( $K_{ij} = 1$  для крупных гидробионтов и  $K_{ij} > 1$  для гидробионтов с размерами, сопоставимыми с ячейкой трала);  $h_{TR}$  – вертикальное раскрытие трала, м;  $L_{\text{eff}}$  – эффективное горизонтальное раскрытие трала, м [ $L_{\text{eff}} = L_{TR} \times K_{\text{улов}}$ ];  $H$  – ширина слоя глубины, для которого экстраполируется значение  $SA_{TR}$ , т.е. вертикальное развитие исследуемого смешанного скопления, м.

Наиболее критичными в данном выражении являются коэффициенты  $L_{\text{eff}}$  и  $K_{ij}$ , связанные с уловистостью трала, т.е. определяемые его конструкцией и параметрами. При проведении тралово-акустических съемок в ПИНРО в последние 10–15 лет для разноглубинных тралов принималось  $L_{\text{eff}} \sim (0,5–0,7)L_{TR}$  в зависимости от типа трала, что эквивалентно примерно 25% расстояния между досками [Бердичевский и др., 1984]. При экспериментальном апробировании данной технологии применительно к пелагическим тралам в ТАС минтая в Охотском море (март–июнь 2001 г.) использовался коэффициент уловистости 0,4. Методика определения индексов  $K_{ij}$  достаточно подробно изложена у В.С. Мамылова [1999]. В процессе съемки производится расчет  $SA_{TR}$  по результатам контрольных тралений, которые использовались в качестве размерно-частотных ключей при переходе от акустического индекса обилия  $SA_{AC}$  к абсолютным оценкам численности и биомассы минтая. Если  $SA_{TR}$  более чем в 1,5–2 раза превышает значение  $SA_{AC}$ , то выполняется корректировка  $SA_{AC}$  в зоне действия соответствующего размерно-частотного ключа. Оценки обилия минтая по адаптивной эхоинтеграционной технологии использовались в последующем при сравнительном анализе акустических оценок обилия с траловым и ихтиопланктонным методом.

В результате последовательной постпроцессорной обработки данных формируются следующие акустические оценки скоплений: акустического индекса обилия ( $Sa$ ), интегральной численности и биомассы, численности и биомассы по размерному ряду вдоль галсов с шагом 0,5 мили и с шагом 5 м по глубине в пределах выделенных слоев с учетом межгалсового расстояния. Суммарная численность и биомасса для галса (или некоторого района в целом) получается как сумма оценок на обработанных участках пути. Для расчета распределения биомассы и численности минтая по возрастному ряду используются соответствующие раз-

мерно-весовые соотношения и размерно-возрастные ключи. Результаты работ представляются в виде нескольких оценок (абсолютных величин биомассы и численности как в целом по району съемки, так и по отдельным подрайонам; пространственного распределения плотности скоплений для размерных групп, возрастов и др.; оценок распределения скоплений в зависимости от глубины места, горизонтов обитания и т.д.) и используются при прогнозировании и исследованиях межгодовой изменчивости [Николаев, Степаненко, 2001; Борец и др., 2002; Кузнецов и др., 2002,].

## Результаты и обсуждение

Полученные результаты предварим ретроспективным анализом данных о состоянии ресурсов охотоморского минтая в предыдущие годы, поскольку, как говорилось выше, ихтиопланктонные съемки, охватывавшие всю акваторию моря, выполнялись ежегодно, начиная с 1984 г. Достаточно много оценок биомассы минтая получено за два последних десятилетия и в ходе комплексных экосистемных съемок.

Основные черты динамики численности и высокий уровень запасов минтая в Охотском море в 1980-е гг. определялись очень высокочисленными поколениями, появившимися в 1976–1978 гг. Их вступление в нерестовый запас обеспечило высокий уровень воспроизводства на протяжении всего десятилетия. Первые оценки, полученные по ихтиопланктонным съемкам в 1983–1984 гг., оказались неожиданно высокими, несмотря на то что расчеты выполнялись без учета смертности икры [Фадеев, Смирнов, 1987]. Однако выполненные под руководством В.П. Шунтова [Шунтов и др., 1993] в летне-осенний период траловые съемки эпипелагиали моря подтвердили высокую численность минтая (табл. 1).

Тогда же был установлен факт миграций минтая в глубоководную часть моря в нагульный период, чего ранее никогда не отмечалось [Шунтов и др., 1993]. Недостатком ихтиопланктонных учетов, выполнявшихся в 1980-е гг., являлась невозможность расчета численности пополнения, а траловых — недоучет донной составляющей общей биомассы, хотя особых расхождений в полученных оценках не наблюдалось, поскольку недоучет в том и другом случае, по видимому, также составляет примерно равную величину. Тем не менее, несмотря на некоторое их занижение, для решения конкретных задач, в первом случае, — для прогнозирования и установления ОДУ, во втором, — для определения роли и значения минтая как составной части пелагических экосистем полученные оценки были вполне пригодными.

Это позволило в течение короткого времени значительно увеличить вылов, доведя его до 1,5–2,0 млн т, в том числе за счет освоения ресурсов в северной части моря и в зал. Шелихова, ранее практически не использовавшихся. Очевидно, что доля изъятия и абсолютный вылов в 1980-е гг. могли быть выше с учетом того, что расчетные величины промыслового запаса являлись заниженными. Однако дальнейшие события, связанные с иностранным нерегулируемым промыслом минтая в открытых водах Охотского моря и интенсификацией добычи российским флотом показали, что такой подход оказался верным. Это было лаконично

Таблица 1  
Оценки биомассы минтая (тыс. т) в северной части Охотского моря, полученные по ихтиопланктонным и траловым экосистемным съемкам в 1984–1997 гг.

Год	Ихтиопланктная съемка		Траловая экосистемная съемка
	Нерестовая	Общая	Общая
1984	8506	–	7410
1985	5730	–	8870
1986	7882	–	9400
1987	8365	–	–
1988	7175	–	11260
1989	5647	–	–
1990	3387 <sup>1</sup>	–	3610 <sup>2</sup>
1991	4124	26160	–
1992	6217	24870	–
1995	7198	8759	–
1996	5065	8543	–
1997	3991	6352	7755 <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Недоучет из-за позднего проведения съемки.

<sup>2</sup> Только эпипелагиаль (50-0 м).

<sup>3</sup> Суммарная по пелагической и донной съемкам.

и четко сформулировано В.В. Кузнецовым [1996]: «... для сохранения устойчивости популяции в условиях изменчивой среды должен оставаться существенный резерв численности, и изъятие не следует доводить до расчетной величины максимального уравновешенного улова».

В апреле–июне 1998–2002 гг. на НИС «ТИНРО» (4 рейса) и НИС «Профессор Кагановский» (1 рейс) при выполнении комплексных съемок были получены оценки биомассы и численности охотоморского минтая с применением тралового, ихтиопланктонного и акустического методов. Оценки запаса приводятся как для отдельных районов, так и в целом для северной части моря (табл. 2).

Таблица 2

**Общие численность (*N*, млн экз.) и биомасса (*P*, тыс. т) охотоморского минтая, рассчитанные на основе различных методов прямого учета**

Метод учета	Год	Западная Камчатка		залив Шелихова		Северо-охотоморский район		Всего		
		N	P	N	P	N	P	N	P	
Ихтиопланктонный	1998	9273	2043	15973	349	29985	2420	55231	4812	
	1999	8977	1766	1040	110	25320	2959	35337	4835	
	2000	7514	1863	620	178	8650	1412	16784	3453	
	2001	33261	2830	997	232	8226 <sup>1</sup>	1381 <sup>1</sup>	42822	4577	
	2002	8803	2378	1615	573	4243	1093	14661	4044	
Траловый	1998	12570	2395	16645	728	44961	3017	74176	6140	
	1999	12395	2001	2437	203	30958	2857	45790	5061	
	2000	12287	2804	627	168	10815	1695	23894	4667 <sup>2</sup>	
	2001	30693	2639	2220	398	9038 <sup>1</sup>	1374 <sup>1</sup>	42377	4587	
	2002	8012	1927	2420	754	6328	1427	16760	4108	
Гидроакустический	БЭТ <sup>3</sup>	1998	5471	1072	1600	164	11700	1336	18771	2572
	БЭТ	1999	3087	689	–	–	5022	933	–	–
	БЭТ	2000	5474	1326	293	88	3140	885	8907	2299
	БЭТ	2001	3666	770	670	166	2785 <sup>1</sup>	724 <sup>1</sup>	7121	1660
	БЭТ	2002	1957	453	208	76	1723	390	3888	919
	АЭТ <sup>4</sup>	2001	12064	2216	2279	291	6702 <sup>1</sup>	1529 <sup>1</sup>	21045	4036
	АЭТ	2002	4908	1430	494	178	3768	979	9170	2587

<sup>1</sup> Включая район Северо-Восточного Сахалина.

<sup>2</sup> Суммарная биомасса по результатам II Комплексной Охотоморской экспедиции с учетом пелагической и донной составляющих оказалась равной 4,2 млн т.

<sup>3</sup> БЭТ – базовая эхоинтеграционная технология.

<sup>4</sup> АЭТ – адаптивная эхоинтеграционная технология.

В общий запас по Охотскому морю (исключение – 2001 г.) не включен район Северо-Восточного Сахалина, так как учет здесь проводился в основном с использованием одного или двух методов. С 2001 г. в технологии обработки акустических данных наряду с базовой эхоинтеграционной технологией стала использоваться адаптивная эхоинтеграционная технология, учитывающая влияние селективных и улавливающих свойств трала на результаты обработки акустических измерений. Однако для сохранения преемственности при сравнении данных, полученных разными методами, мы использовали оценки запаса в основном определенные по БЭТ.

Полученные результаты показывают, что основные тенденции в межгодовой динамике запаса минтая за рассматриваемый период в целом для северной части

моря наиболее хорошо просматриваются по траловому и ихтиопланктонному методам и характеризуются следующими двумя особенностями. **Во-первых**, в период с 2000 по 2002 г. наблюдалась относительная стабилизация биомассы на низком уровне – соответственно 4108–4667 (траловая съемка) и 3453–4577 тыс. т (ихтиопланктонная съемка). Она была обусловлена ростом массы особей урожайного поколения 1997 г., которые при малочисленности двух следующих отчасти компенсировали убыль биомассы, связанную с естественной и промысловой смертностью предыдущих возрастных классов (1995 и 1996 г.). Согласно БЭТ в этот же период произошло резкое снижение биомассы: с 2299 до 919 тыс. т. **Во-вторых**, периоду стабилизации нерестового запаса по биомассе предшествовали годы (начиная с 1995 г.), когда из-за элиминации высокоурожайных поколений 1988 и 1989 гг. и неумеренной промысловой эксплуатации урожайного поколения 1995 г. происходило его стремительное снижение (рис. 5). В 1998–2000 гг. данная тенденция в межгодовой динамике не только по биомассе, но и по численности отчетливо прослеживается по всем методам учета. Снижение численности, происходившее в 1998–2000 гг., сменилось резким ее ростом, связанным с появлением урожайного поколения 2000 г., оцененного у Западной Камчатки по ихтиопланктонной съемке 2001 г. в возрасте одного года в 16,5 млрд экз., а в целом по морю, в – 19,5 млрд экз.



Рис. 5. Динамика нерестового запаса минтая в северной части Охотского моря в 1995–2004 гг. (2003–2004 гг. – прогноз)

По траловой съемке его численность составила соответственно 13,0 и 16,0 млрд экз. Очень низкие оценки были получены для этого поколения по акустическому методу. У Западной Камчатки по БЭТ оно было оценено в 0,2 млрд экз., а по АЭТ – в 1,6 млрд экз. Весной 2002 г. его численность по ихтиопланктонной съемке была оценена всего в 2,7 млрд экз., что, по-видимому, вызвано неполным охватом исследованиями впадины ТИНРО (сложная ледовая обстановка), являющейся основной выростной зоной североохотоморского минтая. Здесь, начиная с 2-летнего возраста, происходит концентрация молоди минтая [Темных, 1989; Смирнов, Авдеев, 2001; Авдеев, Овсянников, 2001]. О недоучете этого поколения свидетельствуют результаты траловой съемки, выполненной НИС «Профессор

Кагановский» в Охотском море в конце 2002 – начале 2003 г. По ее результатам численность поколения 2000 г. (3-летки) была оценена в 4,1 млрд экз. Хорошая сопоставимость наблюдается и при анализе межгодовой динамики общего запаса в основных районах воспроизводства, ход которой имел некоторые особенности (см. табл. 1).

В западнокамчатских водах межгодовые изменения биомассы в 1999–2002 гг. носили монотонный характер с крайними значениями по траловому методу 1927 и 2804 тыс. т, по ихтиопланктонному – 1766 и 2830 тыс. т. В соответствии с этим наблюдался значительный разброс максимальных и минимальных значений. В последние годы в данном районе установилась стабилизация запаса на низком уровне, которая сопровождалась неумеренным выловом практически всех возрастных групп и была бы невозможна без пополнения западнокамчатского родительского стада впервые нерестящимися особями поколения 1997 г., обитавшими до наступления половой зрелости в Северо-Охотоморской подзоне.

Холодные зимы 1998–2001 гг., обусловившие высокую ледовитость моря и выхолаживание водных масс в северо-западной части моря, привели к смещению в восточном направлении (в пределах выростной зоны) скоплений молоди, в том числе впервые созревающих особей. Интенсификация Западно-Камчатского течения, наблюдавшаяся в 2002 г., вызвала повышение температуры в деятельном слое практически на всем шельфе Западной Камчатки, формированию здесь более высокопродуктивных вод по сравнению с предыдущими годами. Это привело к отмеченному выше смещению поколения 1997 г. преимущественно на западнокамчатское нерестилище. При этом следует отметить, что данное поколение изначально (в возрасте одного года) было более многочисленным в североохотоморском районе.

Межгодовая изменчивость биомассы по БЭТ у западной Камчатки характеризовалась большей амплитудой, по сравнению с двумя другими методами. Удовлетворительного объяснения этому пока не найдено. Результаты оценок по траловому и ихтиопланктонному методам за последние три года, на наш взгляд, более реально отражают межгодовую динамику запаса минтая в этом районе, заключающуюся в преимущественном, по сравнению с североохотоморским районом, вхождении в нерестовый запас рекрутов 1997 г. рождения, которое при отсутствии в ближнем пополнении сколько-нибудь значимых по численности поколений более или менее компенсировало общую элиминацию старшевозрастного минтая. В результате запас в этом районе в последние годы находился на стабильно низком уровне с некоторой тенденцией увеличения.

В североохотоморском районе в отличие от западнокамчатского результаты оценок всеми методами показали схожую тенденцию снижения как численности, так и биомассы по вышеназванной причине. Кроме того, в 2002 г. произошло частичное перераспределение половозрелых особей поколений 1995 и 1996 гг. в преднерестовый период в зал. Шелихова.

Межгодовая изменчивость численности и биомассы в зал. Шелихова, как правило, определяется только нерестовой составляющей общего запаса, поскольку неполовозрелая часть, исключая годовиков, не покидающих мест нереста, сосредоточена в выростной зоне молоди, расположенной к юго-западу от входа в залив [Авдеев, Овсянников, 2001]. В межгодовой динамике по всем трем методам отчетливо прослеживается снижение запаса к 2000 г. В дальнейшем наблюдался рост биомассы до максимальных значений в 2002 г. Однако максимум численности пришелся на 1998 г. благодаря годовикам поколения 1997 г., которое в этом районе, как и в североохотоморском центре воспроизводства, было урожайным. Таким образом, снижение численности в 1999–2000 гг. было обусловлено, с одной стороны, смещением поколения 1997 г. в выростную зону, с другой – преднерестовой миграцией впервые созревающих рыб урожайного поколения 1995 г. на западнокамчатское нерестилище. Серьезные расхождения в межгодовой динамике оценок запаса между акустическим и двумя другими методами приходятся на 2001–2002 гг. По первому методу рост запаса наблюдался в 2001 г. На следующий год биомасса уменьшилась, по БЭТ, в 2,2 раза и, по АЭТ, в 1,6 раза, а численность

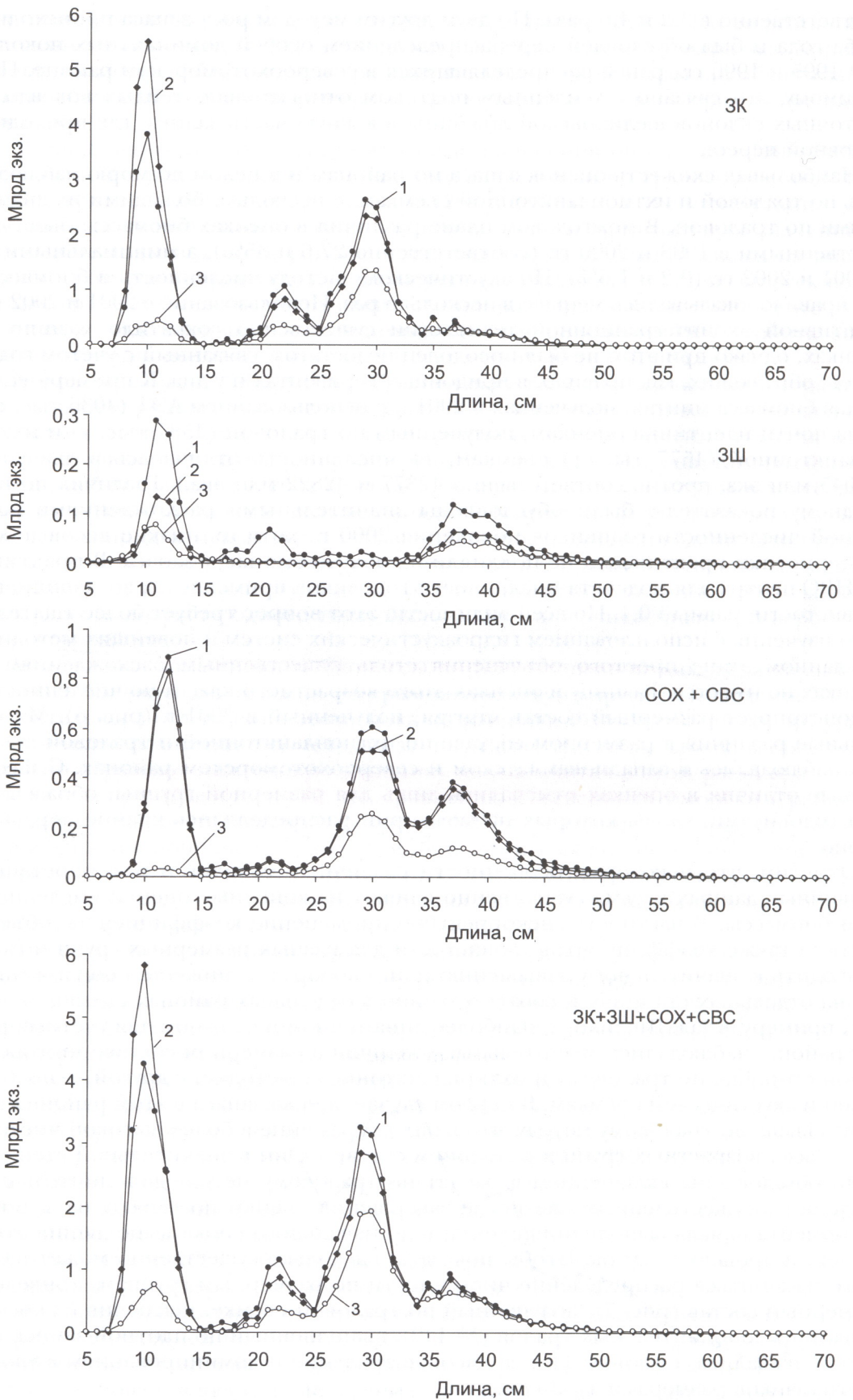
соответственно в 3,2 и 4,6 раза. По двум другим методам рост запаса происходил в оба года и был обусловлен перераспределением особей доминантных поколений 1995 и 1996 гг., ранее распределявшихся в североохотоморском районе. По-видимому, это связано с усиленным подтоком относительно теплых вод вдоль восточных склонов шелиховской ложбины в южную часть залива, где проходил основной нерест.

Наибольшая схожесть оценок запаса по районам и в целом по морю наблюдалась по траловой и ихтиопланктонной съемкам, с несколько большими их значениями по траловой. В межгодовом плане различия в оценках биомассы были существенными в 1998 и 2000 гг. (соответственно 27,6 и 35%), а минимальными — в 2001 и 2002 гг. (0,2 и 1,6%). По акустическому методу численность и биомасса, как правило, оказывались меньше в несколько раз. Использование в 2001 и 2002 гг. адаптивной эхоинтеграционной технологии существенно сократило разницу в оценках, однако при этом не был преодолен недостаток, связанный с учетом годовиков, обитающих, как правило, в придонных горизонтах и у дна. К примеру, если общая биомасса минтая, полученная в 2001 г. с использованием АЭТ (4036 тыс. т), была почти идентична оценкам, полученным по траловой (4587 тыс. т) и ихтиопланктонной (4577 тыс. т) съемкам, то численность отличалась в два раза (21045 млн экз. против соответственно 42377 и 42822 млн экз.). Различия по последнему показателю были обусловлены значительными расхождениями расчетной численности годовиков поколения 2000 г., хотя их низкие весовые характеристики практически не повлияли на общую биомассу запаса. В практике ТИНРО-центра для подсчета численности годовиков применяется коэффициент уловистости, равный 0,1. По всей видимости, этот вопрос требует более тщательного изучения с использованием гидроакустических систем и новейших методик. На данном этапе простого объяснения столь существенным расхождениям в оценках не имеется. Разницу в оценках этого возрастного класса по численности демонстрирует размерный состав минтая, полученный в 2001 г. (рис. 6). Минимальные различия в размерном составе по ихтиопланктонной и траловой съемкам наблюдались в западнокамчатском и североохотоморском районах. Существенные отличия в оценках отмечались лишь для размерной группы, образованной годовиками, уловы которых на акватории распределялись крайне неравномерно.

Отметим, что некоторые особенности различных методик и интерпретация первичных данных весьма существенно влияют на конечные оценки численности и биомассы. В частности, некорректное применение коэффициентов объемности, а также коэффициентов уловистости для разных размерных групп может приводить к значительному завышению или, наоборот, занижению обилия минтая на отдельных станциях и соответственно в отдельных районах съемки.

К примеру, в зал. Шелихова, наиболее динамичном и сложном для учетных работ районе, наблюдались значительные различия в размерном составе минтая, с одной стороны, по траловому и ихтиопланктонному методам, с другой, — по траловой и акустической съемкам. В первом случае оценка запаса в этом районе оказалась выше по траловому методу, что нашло отражение в более высокой численности всех возрастных групп в размерном составе. Они в значительной степени были обусловлены включением в расчет по траловому методу дополнительных тралений, осуществленных уже после завершения съемки по выходу из залива. От момента начала выполнения съемки и до начального срока выполнения этих тралений прошло 12 суток. Чтобы показать, насколько существенно может из-за этого измениться распределение численности по размерным группам, приведем размерный состав (рис. 7), полученный по траловой съемке, исключив из обседа один из дополнительных тралов (№ 142), выполненный по плотной записи на выходе из залива, с уловом 11 т за часовое траление и доминированием в улове 2–3-годовиков размерами 17–30 см.

Результаты этого траления, как и других дополнительных, при обработке ихтиопланктонной и акустической съемок были исключены по следующим обстоятельствам. При проведении съемки в южной части залива молодь указанных воз-



**Рис. 6.** Размерный состав минтая по данным траловой (1), ихтиопланктонной (2) и акустической (3) съемкам в Охотском море в апреле-июне 2001 г.: 3К – Западная Камчатка, 3Ш – зал. Шелихова, COX – Северо-Охотоморский район, СВС – Северо-Восточный Сахалин

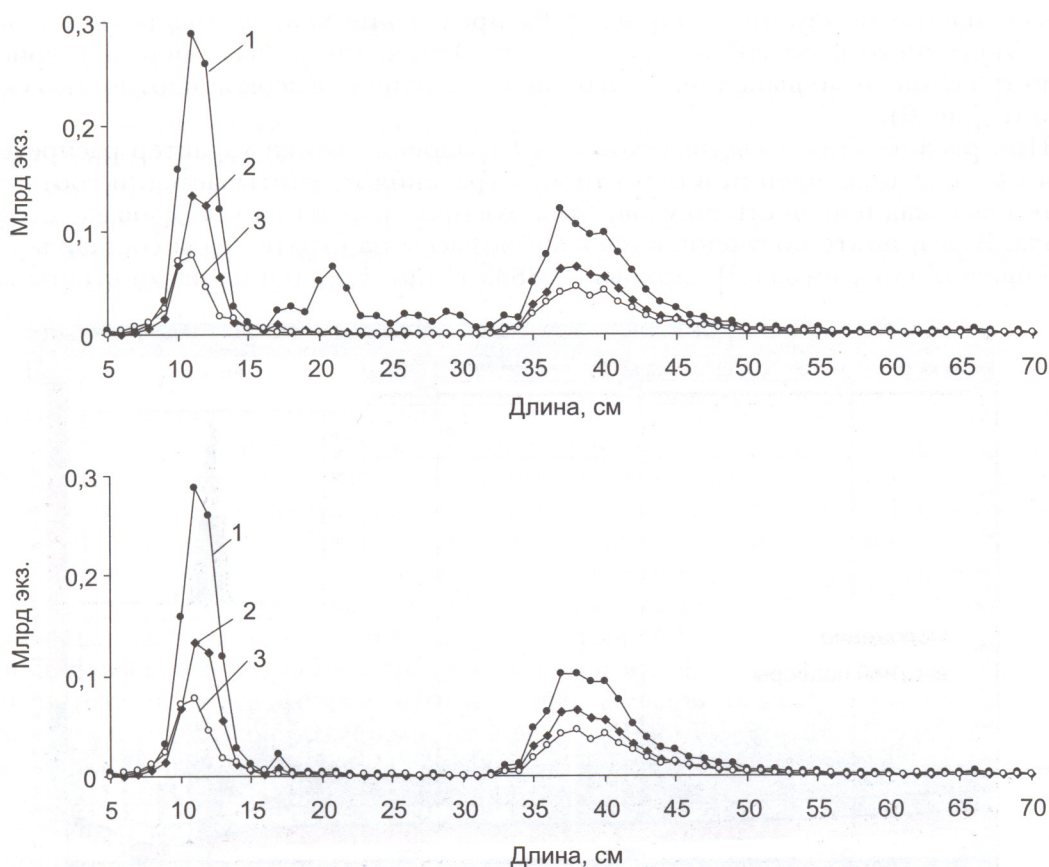


Рис. 7. Размерный состав минтая по данным траловой (1), ихтиопланктонной (2) и акустической (3) съемкам в зал. Шелихова в мае 2001 г.: а – в траловую съемку включен трал № 142; б – траловая съемка, но без трала № 142

растов в уловах практически отсутствовала. Это видно из размерного ряда, полученного по каждому методу. Поэтому велика вероятность, что обловленный минтай проник в район выполнения дополнительного траления из камчатских вод, прилегающих к заливу, уже после проведения съемки на этой акватории. Следовательно, он попал бы в расчеты повторно, поскольку до съемки в зал. Шелихова работы проводились в районе Северо-Западной Камчатки, где данная размерная группа была представлена достаточно хорошо в уловах непосредственно у границы с заливом. Исключение из расчета по траловой съемке указанного траления привело к исчезновению различий в модальных группах кривой размерного состава (см. рис. 7) и уменьшило величину запаса в этом районе по траловому методу на 156 млн экз., или 16,4 тыс. т.

В качестве другого примера различной интерпретации первичных данных сравним оценки, полученные по траловому и акустическому методам на локальной площади, соответствующей страте контрольного траления 167 в зал. Шелихова (май 2002 г.). По результатам обработки контрольного траления рассчитанная плотность по улову составила 160326,5 кг/км<sup>2</sup>, площадь зоны траления 1361,1 км<sup>2</sup>, коэффициент охвата скопления – 4, биомасса – 218220,4 т (без учета коэффициента уловистости – 0,4) или 73% от общей оценки биомассы в зал. Шелихова (298835 т). С учетом коэффициента уловистости эта оценка становится равной 754 тыс. т.

Распределение плотности скоплений минтая по глубине было неравномерным (рис. 8). Основная масса минтая концентрировалась в слое 30–40 м над дном, что примерно соответствовало положению верхней подборы трала. Акустический коэффициент охвата скопления (отношение относительной плотности  $S_a$  во всем слое развития скопления к величине ее в слое соответствующем раскрытию трала) был равен в этом случае 1,5, что вполне соответствует характеру распределе-



ния скопления по глубине (см. рис. 8). Распределение  $S_a$  вдоль участка галса съемки, отнесенного к страте контрольного траления, также было неравномерно, а само траление было выполнено в районе с достаточно высокой плотностью скоплений (рис. 9).

При расчете биомассы по технологии траловой съемки характер распределения плотности скоплений в окрестности траления не учитывается, и соответственно высокая плотность по улову была распространена на всю площадь страты трала. В результате полученная оценка биомассы на страте трала составила 73% от общей оценки по зал. Шелихова (298835 т) при  $k = 1,0$  и площади страты кон-

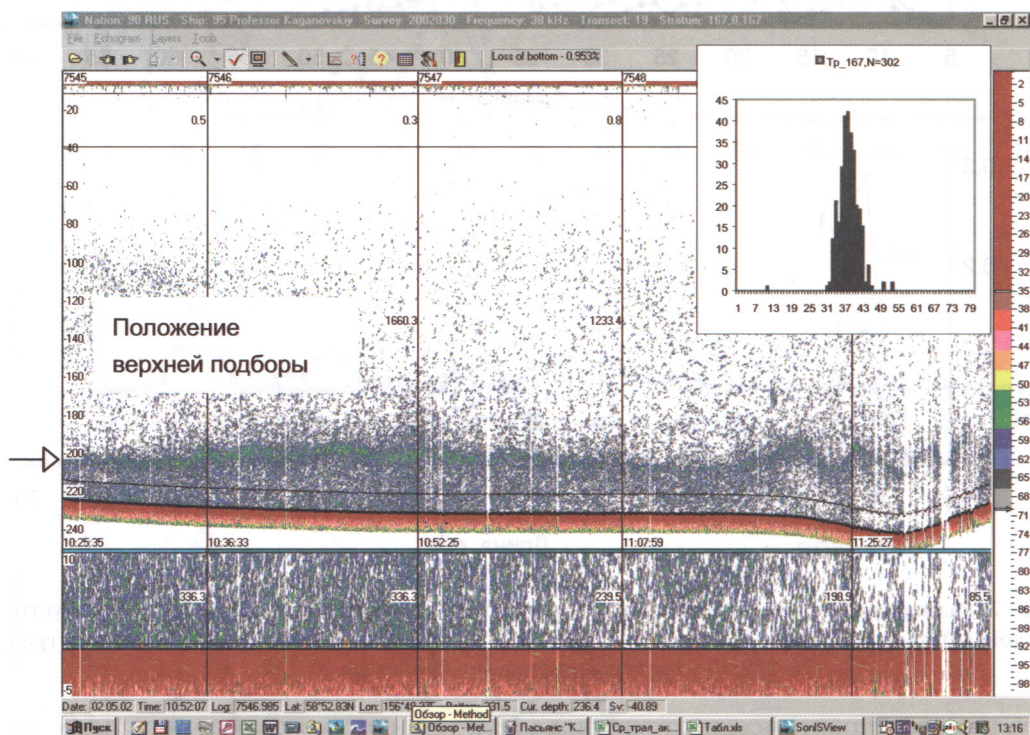


Рис. 8. Фрагмент акустического изображения скоплений минтая в районе контрольного траления (трал 167, зал. Шелихова, май 2002 г.)

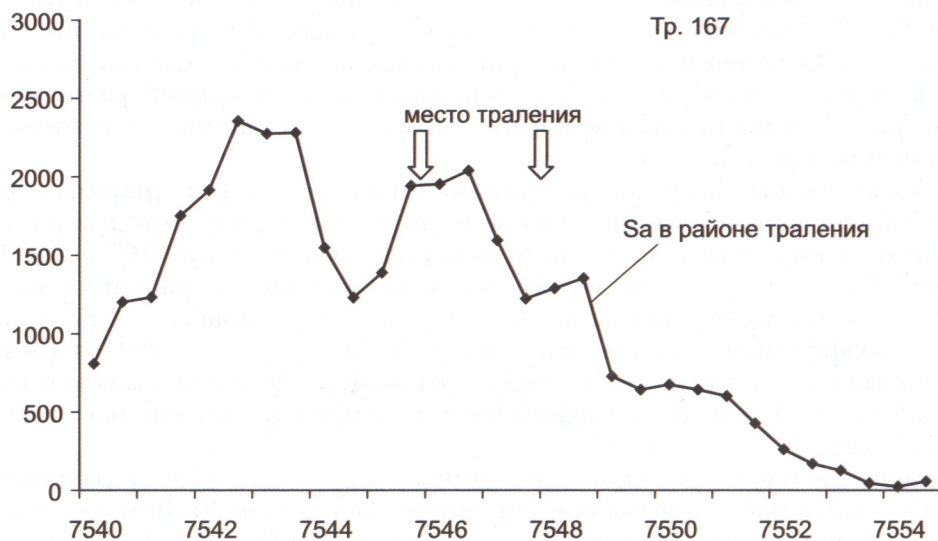


Рис. 9. Изменение относительной плотности ( $S_a$ ) в зоне интерполяции улова из траления №167

трольного траления, составляющей 14,9% от общей оцененной площади в зал. Шелихова.

Если плотность по улову пронормировать с учетом распределения  $Sa$  (см. рис. 9), то оценка биомассы на страте трала составит 139,5 тыс. т (63,9%) от первоначальной оценки. При дальнейшем пересчете биомассы на коэффициент охвата скоплений, равный 1,5, оценка составит 52,3 тыс. т (24% от первоначальной оценки), что вполне соответствует оценке, полученной по АЭТ (50,0 тыс. т) при использовании значения эффективного горизонтального раскрытия трала, равного принятому при траловой съемке (1,0). В этом случае общая оценка по зал. Шелихова составит 132,9 тыс. т или 44,5% от первоначальной оценки. С учетом коэффициента уловистости это составит 332,3 тыс. т вместо первоначальных 754,0 тыс. т.

Размерный состав, полученный по траловым уловам с учетом протяженности характерных экозаписей (АЭТ), в каждом районе значительно отличался от такового, полученного по траловой и ихтиопланктонной съемкам, но эти различия касались только абсолютных величин каждой размерной группы. Качественный же состав, отражающий наличие модальных групп и их положение в размерном ряду, в целом хорошо согласуется по всем методам оценки. Наибольшие расхождения наблюдались по самым мелким особям, обитающим, как правило, в придонных горизонтах. Это происходит в силу ряда причин. Во-первых, как уже говорилось выше, не совсем корректно, на наш взгляд, при расчете численности минтая используются жестко ограниченные коэффициенты уловистости — для сеголеток и годовиков размерами от 5 до 17 см — 0,1, для рыб остальных размеров — 0,4. По-видимому, для 2–3-годовиков такая уловистость слишком высока. В АЭТ для таких рыб вводятся дифференцированные коэффициенты. Во-вторых, в придонных горизонтах находится зона акустической тени, в которой проводится коррекция результатов акустических измерений с использованием поправочных коэффициентов [Мамылов, Ратушный, 1996], что, как видим, не всегда дает приемлемые результаты. Оценки запаса, получаемые с использованием АЭТ, безусловно, более близки к траловым и ихтиопланктонным оценкам, по сравнению с БЭТ, однако и при применении этой технологии результаты не всегда бывают однозначными. Так, например, в 2001 г. оценки биомассы, полученные с помощью АЭТ, в целом по морю были довольно близки по всем методам учета. В течение года величина биомассы, определенной по траловой и ихтиопланктонной съемкам, уменьшилась в 1,1 раза, а по АЭТ — в 1,6 раза (см. табл. 2).

Оценка численности и биомассы минтая на отдельных участках акватории Охотского моря на основе инструментальных методов выполнялась и другими рыбохозяйственными институтами. В восточной части моря во второй половине 1990-х гг. на японских траулерах ВНИРО совместно с КамчатНИРО была выполнена серия учетных съемок (ихтиопланктонные, акустические и траловые), результаты которых были опубликованы в ряде работ [Лисовенко, 1997; Лисовенко, 2000; Кузнецов, Николаев, 2000]. О.Г. Золотов с соавторами [2000], с выводами которых мы вполне согласны, подвергли критическому анализу полученные оценки биомассы. Хотелось бы лишь еще раз прокомментировать некоторые данные, касающиеся оценок по ихтиопланктонной съемке 1996 г. [Лисовенко, 2000]. Напомним прежде, что по съемке, выполненной ТИНРО-центром, нерестовый запас оказался равным 4214 тыс. т, а общий — 6226 тыс. т (от 51°00' с.ш. до зал. Шелихова); по расчетам КамчатНИРО — 3658 тыс. т (ихтиопланктонная съемка) и 3660 тыс. т (ВПА). По данным Л.А. Лисовенко, нерестовый запас западнокамчатского минтая, рассчитанный по суточной продукции без учета смертности, был в пределах 4,7–5,4 млн т, с учетом смертности — 9,4–11,6 млн т. Добавим, что, основываясь на данных о смертности икры берингоморского минтая, полученных О.А. Булатовым [1988], Н.С. Фадеев (персональное сообщение) рассчитал биомассу нерестового запаса североохотоморского минтая для 1984–1986 гг. Она оказалась равной 80–90 млн т, что представляется нереальным.

Полагаем, что и те, и другие оценки следует считать завышенными в силу следующих обстоятельств. Во-первых, 1-я стадия развития икры минтая довольно

продолжительна, поэтому в судовых условиях очень сложно учесть икру в возрасте не более суток, очевидно, что в расчеты может попасть икра 1-ой стадии, выметанная в предыдущие 1–2 дня. Во-вторых, в расчетах, направленных назад, используется наряду с живой и погибшая, а также неоплодотворенная икра, находящаяся в планктоне достаточно долгое время и деструкция которой при отрицательных температурах происходит очень медленно. В-третьих, совершенно очевидно, что не вся икра, находящаяся в половых железах, реализуется во время нереста. А.М. Привалихиным [1998] было убедительно показано, что у значительной части самок наблюдается частичная либо полная резорбция яйцеклеток, причем потери потенциальной плодовитости по этой причине в отдельные годы могут достигать 50% и более. Полагаем, что недоучет смертности икры в процессе эмбриогенеза в какой-то степени компенсируется игнорированием указанных явлений. Нетрудно представить, к каким катастрофическим последствиям привел бы промысел, базирующийся на общем допустимом улове, установленном исходя из оценок нерестовой биомассы, полученной с учетом некорректных данных по смертности икры.

Резюмируя, можно отметить, что использование и развитие инструментальных методов исследования гидробионтов является важной и необходимой составляющей системы мониторинга экосистем дальневосточных морей, в том числе и Охотского. Достаточно хорошо известны также основные достоинства и проблемы каждого из методов оценки биоресурсов, включая и примеры, рассмотренные в настоящей статье.

По сути, траловая и ихтиопланктонная съемки представляют дискретный метод измерений, тогда как акустическая — дискретно-непрерывный. Каждый из методов на том или ином этапе использует информацию, полученную по другим методам. Так, траления являются источником информации о размерном составе гидробионтов при выполнении акустической и ихтиопланктонной съемок.

Следует также отметить, что система акустического мониторинга биоресурсов, разрабатываемая ТИНРО-центром с использованием современных научных акустических измерительных систем (ЕК-500 SIMRAD), позволяет получать качественно новую информацию о поведении гидробионтов, биометрическом распределении, взаимосвязи факторов среды и горизонтов обитания рыб, взаимосвязи горизонтов обитания рыб и объектов питания, особенностей суточных и сезонных миграций гидробионтов и др.

В то же время технология проведения комплексных съемок в Охотском море в определенной степени ограничивает возможности, например эхоинтеграционно-траловых съемок. Выполнение ступенчатых тралений при формировании целостного размерного ряда во всем слое не позволяет дифференцировать размерные ряды для акустических записей с различным размерным составом скоплений, что приводит к смещению в оценках доминирующих размерных групп и результирующего размерного ряда после обработки акустических измерений, искажению реального батиметрического распределения доминирующих размерных групп; большая продолжительность комплексной съемки усиливает эффект влияния сезонных, нерестовых миграций на результаты оценок, смещения реального местоположения скоплений, трудностей комплексной обработки данных и т.д. [Юданов, 1992]. Отсутствие синхронной донной съемки не позволяет учесть эффект суточных миграций на результаты оценок. Отсутствие постоянной схемы галсов для статистических районов и их вариация в межгодовом плане без учета основных требований по планированию съемок также может привести к ошибкам из-за неучета распределения галсов и доминирующего направления миграции скоплений в данный период съемки. Отсутствие адаптивного подхода при планировании съемки с учетом изменившейся величины запаса и соответственно поведения объекта [Кадильников, 2001] и адекватных значений «силы цели» основных видов рыб в зависимости от биологического состояния, особенностей поведения в период суточных и сезонных миграций, времени суток и др. — все это может влиять на конечный результат.

Учитывая изложенное, можно сделать вывод о необходимости совершенствования технологии выполнения комплексных съемок в Охотском море таким

образом, чтобы учесть все основные требования, предъявляемые каждой методикой оценки запасов. Реализация данного положения позволит повысить достоверность, надежность получаемых результатов и сэкономить немалые средства.

### Литература

- Авдеев Г.В., Овсянников Е.Е.** 2001. Распределение поколений минтая на первых годах жизни в восточной части Охотского моря // Известия ТИНРО. Т. 128.— С. 250–258.
- Аксюткина З.М.** 1968. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных наблюдениях.— М.: Пищевая промышленность.— 288 с.
- Бердичевский З. М. и др.** 1984. Акустическая оценка уловистости трала // Рыбное хозяйство. № 8.— С. 60–61.
- Борец Л.А. и др.** 2002. Состояние запасов минтая в наваринском районе Берингова моря и причины, определяющие эффективность его промысла // Известия ТИНРО. Т.130. Ч.III.— С. 101–114.
- Булатов О.А.** 1988. Межгодичная изменчивость запасов восточноберингоморского минтая // Изменчивость состава ихтиофауны, урожайности поколений и методы прогнозирования запасов рыб в северной части Тихого океана.— Владивосток: ТИНРО.— С. 4–16.
- Волвенко И.В.** 1998. Проблемы количественной оценки обилия рыб по данным траловой съемки // Известия ТИНРО. Т. 124.— С. 473–500.
- Вышегородцев В.А.** 1978. О размножении минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas) в северо-западной части Охотского моря // Известия ТИНРО. Т. 102.— С. 58–60.
- Горбунова Н.Н.** 1954. Размножение и развитие минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas) // Труды ИО АН СССР. Т. 11.— С.132–205.
- Дехник Т.В., Ефимов Ю.Н.** 1984. Методы оценки нерестового запаса рыб с применением ихтиопланктонных съемок (обзор) // Деп. ВНИИЭРХ. № 630 рх-Д84.— 43 с.
- Дулепова Е.П.** 2002. Сравнительная биопродуктивность макроэкосистем дальневосточных морей.— Владивосток: ТИНРО-центр.— 273 с.
- Ермольчев В.А., Гаврилов Е.Н., Филимина Е.Н.** 1993. Методические рекомендации по организации и выполнению гидроакустических съемок запасов гидробионтов.— Мурманск: ПИНРО.— 132с.
- Золотов О.Г., Качина Т.Ф., Сергеева Н.П.** 1987. Оценка запасов восточноохотоморского минтая // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая.— Владивосток: ТИНРО.— С. 65–73.
- Золотов О.Г. и др.** 2001. Проблемы охраны и рационального использования биоресурсов Камчатки: Докл. Второй камчатской обл. научн.-практ. конф.— Петропавловск-Камчатский.— С. 20–27.
- Кадильников Ю. В.** 2001. Вероятностно-статистическая теория рыболовных систем и технической доступности для них водных биологических ресурсов.— Калининград.— 277 с.
- Качина Т.Ф., Сергеева Н.П.** 1978. Методика расчета нерестового запаса восточноохотоморского минтая // Рыбное хозяйство. № 12.— С. 13–14.
- Кузнецов В.В.** 1996. Об оценках абсолютной и относительной численности североохотоморского минтая // Рыбное хозяйство. № 5.— С. 52–55.
- Кузнецов М.Ю., Николаев А.В.** 2000. Руководство по сбору и первичной обработке данных акустических измерений при проведении тралово-акустических съемок минтая в Беринговом море.— Владивосток: Изд-во ТИНРО-центр.— 68 с.
- Кузнецов М.Ю. и др.** 2002. Особенности распределения минтая в северо-западной части Берингова моря осенью 2000 г. и их межгодичная изменчивость по результатам учетных съемок в 1997–2000 гг. // Вопросы рыболовства. Т. 3. № 2(10).— С. 288–303.
- Латко В.В.** 2002. Результаты исследований нектона в эпипелагиали северной части Охотского моря // Известия ТИНРО. Т. 130.— С. 929–939.
- Лисовенко Л.А.** 1997. Экология размножения минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas) Западной Камчатки и оценка численности его производителей по результатам ихтиопланктонных исследований // Тез. докл. Первого конгресса ихтиологов России. Астрахань, сентябрь, 1997 г.— М.: Изд-во ВНИРО.— С. 80–81.
- Лисовенко Л.А.** 2000. Размножение рыб с прерывистым оогенезом и порционным нерестом на примере минтая Западной Камчатки.— М.: Изд-во ВНИРО.— 111 с.
- Мамылов В.С., Ратушный С.В.** 1996. К методике расчета акустической зоны тени при оценке запасов донных рыб // Инструментальные методы рыбохозяйственных исследований.— Мурманск: ПИНРО.— С. 197–121.
- Мамылов В.С.** 1999. Некоторые аспекты оценки плотности рыбных скоплений тралово-акустическими методами // Развитие технических методов рыбохозяйственных исследований: Сб.— Мурманск: ПИНРО.— С. 147–163.
- Мерзляков А.Ю., Василенко А.В.** 2002. Динамика численности и биомассы основных компонентов нектона эпипелагиали северной части Охотского моря // Известия ТИНРО. Т. 130.— С. 1171–1187.

- Методические** рекомендации по проведению многовидовой тралово-акустической съёмки. 1989.— Мурманск: ПИНРО.— 119 с.
- Николаев А.В., Кузнецов М.Ю., Убарчук И.А.** 2000. Инструментальные средства и информационные технологии акустического мониторинга рыбохозяйственных акваторий // Рыбное хозяйство. № 4.— С. 37–39.
- Николаев А.В., Степаненко М.А.** 2001. Межгодовая динамика ресурсов, особенности поведения и распределения минтая восточноберинговоморской популяции по результатам акустических съёмок летом 1999 г. // Известия ТИНРО. Т. 128. Ч. 1.— С. 188–206.
- Привалихин А.М.** 1998. Воспроизводительная способность минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas) Автореф. дис. ... канд. биол. наук.— М.: Изд-во ВНИРО.— 24 с.
- Радченко В.И. и др.** 1997. Условия среды, состав планктона и nekтона эпипелагиали южной части Охотского моря и сопредельных океанических вод летом // Биология моря. Т. 23. № 3.— С. 143–150.
- Расс Т.С., Желтенкова М.В.** 1948. Некоторые данные об иктиопланктоне Западной Камчатки // Известия ТИНРО. Т. 28.— С. 126–139.
- Расс Т.С.** 1953. Значение исследований размножения рыб для оценки возможных уловов // Рыбное хозяйство. № 2.— С. 23–25.
- Расс Т.С., Казанова И.И.** 1966. Методическое руководство по сбору личинок и мальков рыб.— М.: Пищевая промышленность.— 42 с.
- Смирнов А.В.** 1985. Опыт применения иктиопланктонных съёмок в Охотском море для оценки численности (биомассы) нерестового минтая // Исследования и рациональное использование биоресурсов дальневосточных и северных морей СССР и перспективы создания технических средств для освоения неиспользуемых биоресурсов открытого океана: Тез. докл. Всесоюз. совещания, 15–17 окт. 1985 г.— Владивосток: ТИНРО.— С. 60–62.
- Смирнов А.В., Авдеев Г.В.** 2001. Прогнозирование запасов охотоморского минтая: ошибки и их причины: Тез. докл. VIII Всеросс. конф. по проблемам рыбопромысл. прогнозирования.— Мурманск: ПИНРО.— С. 95–97.
- Темных О.С.** 1989. Функциональная структура ареала минтая в Охотском море // Биология моря. № 6.— С. 22–30.
- Фадеев Н.С.** 1981. Сроки размножения и нерестовых подходов минтая. // Экология, запасы и промысел минтая.— Владивосток: ТИНРО.— С. 3–18.
- Фадеев Н.С.** 1986. Распределение икры и личинок минтая в северной части Охотского моря // Биология моря. № 6.— С. 15–22.
- Фадеев Н.С.** 1987. Нерестилища и сроки размножения минтая в северной части Охотского моря // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая.— Владивосток: ТИНРО.— С. 5–22.
- Фадеев Н.С.** 1999. Методика оценки запасов минтая по численности икры и размерно-возрастному составу // Биология моря. Т. 25. № 3.— С. 246–249.
- Фадеев Н.С., Веспестад В.** 2001. Обзор промысла минтая // Известия ТИНРО. Т. 128.— С. 75–91.
- Фадеев Н.С., Смирнов А.В.** 1987. Оценка численности икры и производителей минтая в северной части Охотского моря. // Биология моря. № 4.— С. 19–25.
- Шунтов В.П. и др.** 1986. Особенности формирования продуктивных зон в Охотском море в осенний период // Биология моря. № 4.— С. 57–65.
- Шунтов В.П. и др.** 1993. Минтай в экосистемах дальневосточных морей.— Владивосток: ТИНРО.— 426 с.
- Шунтов В.П. и др.** 1997. Биологические ресурсы дальневосточной российской экономической зоны: структура пелагических и донных сообществ, современный статус, тенденции многолетней динамики // Известия ТИНРО. Т. 122.— С. 3–15.
- Шунтов В.П., Дулепова Е.П., Волвенко И.В.** 2002. Современный статус и многолетняя динамика биологических ресурсов дальневосточной экономической зоны России // Известия ТИНРО. Т. 130.— С. 3–11.
- Юданов К.И., Калихман И.Л., Теслер В.Д.** 1984. Руководство по проведению гидроакустических съёмок.— М.: ВНИРО.— 124 с.
- Юданов К.И.** 1992. Гидроакустическая разведка рыбы.— СПб.: Судостроение.— 192 с.
- MacLennan D.N., Simmonds E.J.** 1992. Fisheries Acoustics. Chapman & Hall.— 324 p.
- Simmonds E.J. et al.** 1992. Acoustic survey design and analysis procedure: a comprehensive review of current practice // ICES cooperative research report. № 187. Denmark.— 127 p.
- Smith P.E., Richardson S.L.** 1977. Standard techniques for pelagic fish eggs and larva surveys // FAO Fisheries Technical Paper. № 175.— 100 p.
- Traynor J.J.** 1996. Target-strength measurements of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) and Pacific whiting (*Merluccius productus*) // ICES Journal of Marine Science. № 53.— P. 253–258.