

## Методики выполнения научно-исследовательских работ

*Л.М. Зверькова (ВНИРО)*

Методы определения запасов гидробионтов основываются на прямых учетных съемках или модельных расчетах, где базовыми являются параметры по величине вылова, уловам на усилие и возрастная или размерная структура запаса. Однако в любом случае с той или иной периодичностью необходимы морские экспедиционные исследования, при выполнении которых получают исходную информацию для расчета величины запасов. В данной статье речь пойдет об организации, содержании научно-исследовательских работ по минтаю в море и некоторых методиках, используемых в процессе их реализации. Показанные ниже зависимости и формулы являются общеизвестными, но их использование по одному и тому же виду при выполнении сходных работ в разных частях ареала вида сделает сравнимыми и получаемые результаты

В ИЭЗ России находится значительная площадь ареала и от 30 до 50%, в зависимости от уровня численности, запаса минтая. Надлежащие меры по сохранению и рациональному использованию ресурсов важнейшего промыслового вида могут быть разработаны на основе достоверных и полных знаний о величине запаса, закономерностях его формирования, ожидаемой динамике в ближней и отдаленной перспективе. Зная величину промыслового запаса минтая в основных районах промысла, определяют величину общего допустимого улова. Прогноз состояния запаса формируется на основе данных о величине текущего (в год учетных работ) запаса и величине пополнения. Величину ОДУ определяют с учетом ожидаемой численности поколений остатка, т.е. принимавших участие в нересте, и численности рыб пополнения, т.е. впервые участвующих в нересте.

Учитывая особенности экологии минтая, морские экспедиционные работы выполняют так: в зимне-весенний период изучают ход нереста, оценивают нерестовый и промысловый запас, численность появившегося в результате нереста нового поколения; в летне-осенний период исследуют условия нагула, площадь, плотность, структуру нагульных скоплений, уровень смешиваемости, биомассу и численность поколений. Сбор исходной информации для анализа структуры, величины запасов минтая, в том числе сроков, условий образования и пространственной локализации промысловых скоплений, динамики суточного, месячного, сезонного, годового показателей плотности, проводят при выполнении следующих работ: учетные научно-исследовательские съемки; контрольный лов; поисковые и путинные съемки.

### Учетные научно-исследовательские съемки

Ценную информацию об уровне запасов любого вида, минтая в том числе, получают по результатам специально организованных учетных съемок. Обычно подобные съемки выполняются на научно-исследовательских судах, оснащенных для работы в системе рыбного хозяйства необходимым комплексом современного оборудования: навигационного, гидроакустического, океанологического, промыслового, включая системы контроля работы трала, обработки, анализа информации и т.д. Общие требования к организации и выполнению учетных научно-исследовательских съемок — это установленная на основе имеющихся достижений в данной области науки система сбора информации, позволяющая получать достоверные, полные и сравнимые данные. По минтаю выполняют следующие виды учетных съемок.

**Ихтиопланктонные съемки.** По их результатам получают данные о численности появившегося в результате нереста поколения, численности производителей. Основной принцип планирования и реализации ихтиопланктонной съемки — на

и более полный охват учетными работами районов нереста и вероятного направления дрейфа икры-личинок. Полигон съемки для каждой крупной единицы запаса минтая, например североохотоморской, занимает довольно обширную площадь над глубинами от 30 до 1000–2000 м. Ихтиопланктонные станции располагают на разрезах, отстоящих на 20–30 миль, расстояние между станциями — 10 миль. Основными районами, где ихтиопланктонные съемки выполняются регулярно, являются Охотское море, западная часть Берингова моря с примыкающей частью Тихого океана у побережья Восточной Камчатки, северная часть Японского моря у побережья Сахалина, Кунаширский пролив с прилежащими участками океана и южной части Охотского моря.

Ихтиопланктонные съемки по минтаю в России традиционно выполняют сетью ИКС-80, имеющей площадь входного отверстия  $0,5 \text{ м}^2$ , газ № 14, длину 2,6 м. При работе сетью используют трос диаметром не менее 5 мм, масса груза должна составлять 15–20 кг. Лов икры и личинок минтая проводят, облавливая вертикальный столб воды от горизонта 500 м или придонного слоя, при меньшей глубине моря — до поверхности. Лов выполняют при остановке судна. Трос сети должен уходить в воду вертикально (угол  $90^\circ \pm 15^\circ$ ), что обеспечивают маневрами судна при выполнении станции. После достижения нужной глубины сеть выбирают со скоростью не более 1 м/с.

При достижении поверхности моря перед выборкой на палубу сеть смывают из шланга слабой струей воды, последовательно промывая от обруча до стакана. Не меняя вертикального положения нижней части сети, ее выбирают на борт и еще несколько раз смывают. При большом объеме пробы (более литра), необходимо ее промерить всю и записать в карточку, указав, какая часть пробы зафиксирована. Содержимое каждой пробы анализируют в чашке Петри, под биноклем, при небольшом увеличении. Стадии развития икры определяют по описаниям Н.Н. Горбуновой [1954], выполненным для минтая. Количество икринок каждой стадии развития подсчитывают и данные заносят в специальную карточку обработки ихтиопланктона. Личинок минтая выбирают, подсчитывают их количество в пробе, промеряют при помощи окуляр-микрометра, данные также заносят в карточку обработки ихтиопланктона. Пробы икры и личинок сохраняют для дальнейшей обработки и анализа.

Параллельно с ловом икры проводят измерения зондом послойно температуры и солености воды и сбор планктона, особенно ранних стадий развития, для анализа обеспеченности пищей и питания личинок минтая. По маршруту стандартной съемки ведут постоянный гидроакустический поиск, фиксируя локализацию скоплений. Для оценки структуры запаса, физиологического состояния рыб, получения количественных оценок скоплений регулярно выполняют прицельные и контрольные траления по всему маршруту съемки. С учетом необходимости выполнения ихтиопланктонной съемки в возможно короткие сроки для исключения повторного учета икры и производителей, работы ведутся круглосуточно. Предпочтительным является вариант выполнения съемки одновременно несколькими судами.

Определение величины нерестового запаса ( $P_s$ ) выполняют на основе базовой зависимости между количеством учтенной за период нереста икры ( $E_a$ ), средней плодовитостью  $F$  и долей самок в нерестовой части запаса ( $r_s$ )

$$P_s = E_a / \bar{F} r_s.$$

Общее за период нереста количество икры определяют как

$$E_a = \int_{d=0}^{d=150} E_t dt,$$

где  $E_t$  — ежедневная продукция икры;  $d = 0$ ,  $d = 150$  — продолжительность нереста в днях.

В свою очередь,

$$E_t = (E_{ij} / d_{ij}) e^{Z_{ij} t}$$

где  $E_{ij}$  — количество икринок в стадии  $i$  в съемке  $j$ ;  $d_{ij}$  — продолжительность (в днях) развития стадии  $i$  в съемке  $j$ ;  $Z_{ij}$  — мгновенная ежедневная смертность икры стадии  $i$  в съемке  $j$ ;  $t_{ij}$  — возраст икры в днях.

Продолжительность развития икры ( $d_j$ ) может быть рассчитана по зависимости [Золотов и др., 1987]:

$$d_j = 38,9e^{-0,156 T_j}$$

где  $T_j$  — температура воды.

Длительность каждой стадии развития рассчитывают с учетом того, что I, II, III, IV стадии составляют соответственно 20, 20, 40, 20% общей продолжительности развития икры [Горбунова, 1954].

Смертность икры в сутки рассчитывают по кривой улова, если известно количество икры и ее возраст в днях. Кроме того, необходимые данные по количеству икры различного возраста в течение периода нереста получают при выполнении локальных съемок, продолжительность которых и обследуемая площадь исключают влияние дрейфа икры и личинок на их количество, а убыль с увеличением возраста происходит только по причине смертности. Расчет смертности икры ведут по следующей модели:

$$E_{ij} / d_{ij} = E_t e^{-Z_{ij} t_{ij}}$$

где  $E_{ij} / d_{ij}$  — обилие икринок в возрасте;  $t_{ij}$  — возраст икринок в днях.

Для сравнения данные по численности икры и производителей минтая, полученные вышеуказанным способом, можно дополнительно рассчитать и другим методом, обычно используемым при ихтиопланктонных съемках ТИНРО-центром. По результатам контрольных тралений получают обобщенный размерный ряд минтая для всей площади съемки. Численность учтенной икры распределяют по размерно-возрастным группам отнерестившихся самок с учетом их абсолютной плодовитости в каждом размерном диапазоне с интервалом длины 1 см. При расчете численности самок вводится поправка на пропорцию отнерестившихся особей, соотношение полов и половозрелых рыб.

Поскольку процесс нереста минтая длительный, для полного учета продукции необходимо выполнить как минимум три съемки: в начале, при массовом нересте и по завершении.

**Эхоинтеграционно-траловые съемки.** В последние годы в рыбохозяйственных исследованиях для учета численности пелагических рыб получил применение инструментальный способ учета — эхоинтеграционно-траловые съемки. В России такие съемки, как часть международной Программы исследования минтая, более или менее регулярно выполняют в западном и северо-западном районе Берингова моря. Комплекс учетных работ по оценке запаса минтая включает эхоинтеграционно-траловые съемки для определения части запаса, населяющего зону пелагиали, придонные и донные скопления учитывают по результатам донной траловой съемки. Суммирование результатов пелагической и донной съемок дает оценку запаса минтая в целом.

Акустические исследования проводят на судах, оснащенных современными научными эхолотами, чаще ЕК-500 фирмы SIMRAD, и мощными быстродействующими компьютерами, позволяющими обрабатывать значительный объем получаемых в процессе съемки данных. Акустическую съемку проводят галсами, равномерно покрывающими район исследований. Расположение галсов, их частота, общее количество и протяженность планируются из расчета возможно полного охвата района распределения минтая. Для идентификации акустических изображений и сбора данных по структуре скоплений выполняют траления разноглубинным тралом по всей площади съемки.

**Траловая съемка (донная).** Учитывая, что минтай, особенно крупный, образует донные скопления, для оценки его численности, биомассы, структуры выполняют донные траловые съемки. Такие съемки проводятся во всех основных рай-

онах. Для выполнения этих работ используется донный трал. Поскольку горизонтальное раскрытие трала является весьма важной характеристикой при расчете численности гидробионтов, до начала съемки должны быть установлены основные параметры трала в зависимости от глубины и скорости траления. Обычно при учетных съемках по минтаю скорость траления составляет 3 узла, его продолжительность 30 мин.

В пределах района исследования единицы запаса планирование сетки станций проводится по стратам, т.е. участкам изучаемого района с относительно однообразными характеристиками, в силу чего изменчивость условий среды внутри страты меньше, чем между стратами. Страты наилучшим образом выделяют на основе закономерности изменения обилия изучаемого вида по данным предыдущих исследований или результатам промыслового лова. Величину запаса на всей площади съемки рассчитывают:

$$\hat{P} = \sum_{i=1}^n (A_i / a) \bar{C}_i,$$

где  $P$  — величина запаса;  $A_i$  — площадь страты;  $a$  — площадь траления;  $C_i$  — среднее число рыб, выловленных внутри страты;  $n$  — число страт.

В свою очередь,

$$\bar{C}_i = 1/n_i \sum_{j=1}^{n_i} C_{ij},$$

где  $C_{ij}$  — число рыб, выловленных в пробе  $j$  в страте  $i$ .

Площадь траления  $a$ , определяют как произведение пройденного при тралении пути на горизонтальное раскрытие трала.

Величину варьирования запаса определяют как сумму варьирования величин улова внутри страты  $i$

$$\text{Var}(\bar{C}_i) = \frac{1}{n_i(n_i - 1)} \sum_{j=1}^{n_i} (C_{ij} - \bar{C}_i)^2 = \frac{S_i^2}{n_i},$$

$S_i$  — стандартное отклонение улова  $C_{ij}$  внутри страты  $i$ .

При картировании скоплений величину улова каждого траления наносят на карту в координатах траления. Выделяя несколько уровней плотности, оконтуривают площади равновеликих уловов по методу З.М. Аксютинной [1968]. Карта распределения плотности уловов может быть представлена при использовании компьютерной программы, например, Surfer.

**Тралово-акустические (нектонные) съемки.** Тралово-акустические съемки как специально организованная и спланированная система сбора данных используются для определения запаса гидробионтов, населяющих пелагиаль. Наиболее часто такие съемки выполняют в Охотском море, западной части Берингова моря и в районе Курильских островов. Траления распределяют внутри статрайонов, являющихся, по сути дела, стратами. По результатам съемки определяют биомассу и численность минтая, в том числе сеголеток.

Траления выполняют разноглубинным тралом с вертикальным раскрытием 50–80 м со скоростью до 5 узлов. Кутец трала, как и при других учетных съемках, снабжают мелкоючейной вставкой (10–12 мм). Определение биомассы или численности проводят по базовой формуле:

$$P = \bar{C}_i V / vK,$$

где  $P$  — биомасса;  $K$  — коэффициент уловистости (для взрослого минтая 0,4, для сеголеток 0,1;  $V$  — объем воды в пределах площади съемки;  $v$  — объем воды, процеженной при тралении.

## Контрольный лов

Контрольный лов выполняют в каждом районе обитания единицы запаса в соответствии с Планом ресурсных исследований и государственного мониторинга водных биологических ресурсов. Его проводят ежегодно с целью мониторинга формирования, состояния, динамики и структуры промысловых скоплений минтая. Он выполняется в рамках рейсового задания, где определены сроки, районы и содержание работ, объем изъятия. Работы проводят на судне, оборудованном современным навигационным, поисковым, промысловым, океанологическим оборудованием, имеющем квалифицированную команду и при участии научной группы. В отличие от стандартных учетных съемок, где задача, в том числе, состоит в наиболее полном учете скоплений рыб любой плотности по всему ареалу запаса, контрольный лов выполняют на промысловых скоплениях в режиме промысла, достоверно отражающего плотность скоплений, их суточную и путинную динамику, структуру, занимаемую площадь, поведение рыб и условия обитания. В процессе выполнения контрольного лова облов промысловых скоплений ведут по всем участкам их формирования. По результатам контрольного лова минтая получают следующую информацию: сроки, условия формирования, пространственную локализацию, характеристику стабильности промысловых скоплений; размерно-массовую и половую структуру, пространственно-временную динамику промысловых скоплений (суточную, декадную, путинную); статистику промысла (улов на усилие, за месяц, за путину, по подрайонам и т.д.); характеристику океанологических и гидробиологических условий в местах образования промысловых скоплений; прилов молоди и его динамика в течение путины.

Материалы, полученные в процессе и по результатам контрольного лова, используют как дополнительный источник данных для оценки величины запаса минтая и его межгодовой динамики, при условии ежегодного систематического выполнения как достоверную промысловую статистику: в моделях расчета запасов, для разработки рекомендаций по оптимальной схеме расстановки флота.

## Поисковые и путинные съемки

В условиях значительного колебания величины запаса минтая в последние годы актуальна задача его оценки перед началом путины. Учитывая, что половозрелая часть популяции перед нерестом (началом путины) концентрируется на относительно ограниченной площади моря, съемка может быть выполнена в течение достаточно короткого периода времени. Поисковые путинные съемки оперативного поиска проводят в течение путины с целью обнаружения промысловых скоплений минтая, определения их плотности, устойчивости во времени и пространстве. Для оконтуривания обнаруженных скоплений выполняют акустический поиск и траления в разное время суток. В процессе путинной съемки из уловов тралений собирают массовый материал по структуре и биологическим параметрам скоплений минтая.

## Обработка уловов

Для определения структуры запаса, т.е. количественного соотношения рыб разного возраста, пола, длины, физиологического состояния, необходим сбор и анализ исходной информации в морских экспедиционных условиях. Сбор данных проводят по всему району работ исследовательского судна в границах изучаемой единицы запаса минтая.

При выборке трала в имеющиеся стандартные емкости (корзины, ведра) набирают часть улова для выполнения биологического анализа и массового промера. Взвесив массу этой части улова, с учетом его доли, определяют и массу всего улова, полученного при тралении. При значительном улове, более 50 т, поступающую из бункера рыбу набирают в стандартные емкости в несколько приемов.

Кроме анализа содержимого трала, необходимо внимательно осмотреть обьечейку, где могут присутствовать наиболее мелкие особи минтая: сеголетки, годовики. Наряду с этим из уловов следует специально выбирать и учитывать наиболее крупных особей — более 70 см.

Объем пробы для массовых промеров минтая обычно составляет 300 экземпляров. Более точно количество рыб для промеров определяют по формуле:

$$N = t^2 S^2 / q^2,$$

где  $t$  — нормированное отклонение определяется с учетом ожидаемой вероятности выборочного распределения  $P$ :  $P = 0,999$ ,  $t = 3,03$ ;  $P = 0,99$ ,  $t = 2,58$ ;  $s$  — стандартное отклонение;  $q$  — точность измерения.

Измерения рыб проводят с точностью до 1 см, определяя длину  $AC$  — до развилки хвостового плавника, длину  $AD$  — до конца чешуйного покрова.

Массовый промер проводят безвыборочно. Для биологического анализа пробу комплектуют из особей размерных (возрастных) классов так, чтобы размерный (возрастной) состав полученного улова был представлен полно. При этом для каждого размерного класса (3–5 см) отбирают по 10–15 экземпляров. Полный биологический анализ (ПБА) минтая включает: измерение длины, массы особи, определение пола и стадии зрелости половых желез, определение массы половых желез, фиксация яичников для определения плодовитости, определение степени наполнения желудка пищей и фиксация для анализа питания, сбор чешуи и/или отолитов, определение массы рыбы без внутренностей.

Точность взвешивания мелкого минтая (до 30 см) — до 0,5 г, крупного — до 1 г. При невозможности точного взвешивания в судовых условиях пробы для ПБА замораживают и выполняют анализ в условиях стационара.

Сбор чешуи проводят под первым спинным плавником выше боковой линии. В месте взятия чешуи необходимо аккуратно удалить слизь и прилипшие чешуйки других рыб. Нож, которым собирают чешую, должен быть чистым. Для хранения чешуи используют чешуйные книжки, куда заносят также сведения по каждому проанализированному экземпляру минтая. Отолиты помещают в специальные пакетики, на лицевой стороне которых приводят все исходные данные о промерном экземпляре и порядковый номер. Пробы для определения плодовитости собирают у рыб разных размерных групп в период III или IV стадий зрелости яичников. Яичники заворачивают в марлю, снабжая этикеткой на пергаменте, куда заносят порядковый номер пробы, порядковый номер рыбы, дату, номер трала, название судна, фамилию сборщика. Пробы хранят в 10-процентном растворе формалина.

Все данные, полученные в рейсе, своевременно заносят по видовой принадлежности в траловые карточки, журналы, карточки обработки.

Таким образом, здесь показаны характер и содержание работ по минтаю, выполняемых в различных частях ареала в зоне России. Реализация всего объема вышеперечисленных исследований с точки зрения обеспечения финансовых затрат в течение одного года по конкретной единице запаса, даже высокозначимой, вряд ли возможна. Очевидно приоритеты выполнения определенного вида исследований должны зависеть не только от установившихся традиций и преемственности, но и комплекса: надежность информации — стоимость. С этой позиции оценка запаса минтая конкретной популяции в нагульный период, по-моему, малонадежна. Известно, что этот вид в период откорма совершает значительные миграции. Поэтому съемка, выполненная в период нагула, не полно учитывает рыб местного запаса и вместе с тем может учитывать рыб из других районов. Однако исследования в период нагула минтая весьма значимы и интересны при изучении вопросов обеспеченности пищей, кормовых рационов, межвидовых и внутривидовых отношений и т.д. Очевидно, подобные работы следует выполнять один раз в 2–3 года в рамках комплексных экосистемных исследований.

Наиболее достоверные данные о величине запаса могут быть получены перед началом нереста, когда скопления минтая локализуются на относительно ограниченной площади на зимовку. В этот период скопления рыбы довольно стабильны, а значит — минимальна вероятность двойного облова, который вполне возможен

в период нереста, когда выметав порцию икры рыба перемещается в пределах нерестилища. Величина запаса, получаемая в зимний период до начала нереста, более полно и достоверно, в сравнении с предварительным прогнозом, отражает количество минтая перед очередной путиной, и, кроме того, уровень запаса на начало промыслового года. Однако интенсивное льдообразование в северных частях ареала вида ставят перед необходимостью выполнения съемки в короткие сроки до начала ледостава. С учетом этого обстоятельства в выполнении съемки необходимо задействовать, например, в северной части Охотского моря не менее 3 судов и выполнить ее за две недели в период до начала января. Способ учета рыб — комбинированный: эхоинтеграционная и донная траловая съемки для учета минтая в пелагиали, где в этот период располагается основная его масса, и в донных скоплениях.

Что касается целесообразности выполнения ихтиопланктонных съемок для оценки запаса, то, как мне представляется, это не самый надежный способ, особенно для популяций со значительным нерестовым ареалом и длительным нерестом. Вместе с тем, для локальных популяций с известным направлением дрейфа в период прохождения планктонной стадии в развитии выполнять такие съемки имеет смысл.

### Литература

- Аксютин З.М. 1968. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях.— М.: Пищевая промышленность.— 289 с.
- Горбунова Н.Н. 1954. Размножение и развитие минтая // Труды ИОАН СССР. Т. 11.— С. 139–195.
- Золотов О.Г., Качина Т.Ф., Сергеева Н.П. 1987. Оценка запасов восточноохотоморского минтая // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая.— Владивосток: ТИНРО-центр.— С.65–73.

УДК 597-116:597.562

## Интерпретация данных ихтиопланктонных съемок для оценки нерестового запаса минтая

*П.А. Балыкин, А.И. Варкентин (КамчатНИРО)*

Проблема достоверности оценки запасов остается ключевой при определении ОДУ. Чаще всего «промысел рассматривается как основное и наиболее экономичное средство для получения информации о запасе» [Хилборн, Уолтерс, 2001], в связи с чем большое распространение получили методы, основанные на теории рыболовства. Имеется достаточно много примеров приложения этих методик к минтаю [Золотов и др., 1987; Балыкин, Максименко, 1990; Фролов и др., 1990; Золотов и др., 2000]. Основой практически всех используемых методов является матрица уловов по возрастным группам, что требует достаточно точной статистики промысла. Однако в последние годы появились публикации, показывающие недостоверность отчетных данных о добыче минтая [Балыкин и др., 1999; Варкентин и др., 2000; Балыкин и др., 2002].

В таких условиях на первый план выходят методы прямого учета, среди которых одним из наиболее распространенных является учет развивающейся икры с последующим расчетом нерестового запаса [Качина, Сергеева, 1978; Булатов, 1988; Лисовенко, 2000; Балыкин и др., 2002]. Наиболее критикуемо в этом случае отсутствие натуральных данных о смертности икры. Вполне очевидна также значительная межгодовая изменчивость этого показателя в зависимости от состояния