

ОБ ОЦЕНКАХ АБСОЛЮТНОЙ И ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ЧИСЛЕННОСТИ СЕВЕРООХОТОМОРСКОГО МИНТАЯ

Канд. биол. наук В.В.Кузнецов – ВНИРО

597-152.6; 597.562

49/12

Минтай – важнейший промысловый объект мирового рыболовства, уступающий по объему вылова лишь перуанскому анчоусу. В современном российском рыболовстве это объект номер один, а с суперпопуляцией минтая северной части Охотского моря соизмерима только берингоморская популяционная система [22]. Вопрос о популяционной структуре минтая в Охотском море однозначно не решен: разные авторы выделяют от 2 до 10 популяций [8; 20]. Высокая обособленность скоплений минтая из Южно-Охотоморского и Северо-Охотоморских районов воспроизводства не вызывает сомнений, однако о характере связей внутри популяционной системы северной части моря нет единого мнения. Н.С.Фадеев на основании исследования распределения икры и личинок предполагает существование североохотоморского стада со сложной внутренней структурой [16, 18]. Высокий уровень обособленности североохотоморского минтая в период размножения отмечает В.А.Вышегородцев [3].

Корреляционный анализ прогностических и промысловых данных

Методом корреляционного анализа прогностических оценок и данных об общем вы-

лове минтая в северной части Охотского моря за 1985–1993 гг. было показано, что связь вылова с прогностическими оценками невелика [12]. Коэффициент корреляции не достигает первого стандартного уровня достоверности ($p > 0,05$) из-за небольшой величины ($r = 0,6$) и короткого ряда наблюдений. Установленное значение общего допустимого улова (ОДУ) не определяет суммарного рыболовного усилия ($r = -0,3$, $p > 0,05$). С величиной ОДУ не связаны или связаны в малой степени величины уловов на траление ($r = 0,2$, $p > 0,05$) и судо-сутки лова ($r = 0,5$, $p > 0,05$). Кстати, связь между двумя последними показателями эффективности промысла весьма значительная ($r = 0,9$, $p < 0,001$). Сильные отрицательные корреляции обнаружены между уловами на судо-сутки и количеством судо-суток на лову ($r = -0,9$, $p < 0,001$). Связь общего вылова с уловом на траление выражается небольшим и статистически недостоверным отрицательным коэффициентом ($r = -0,3$, $p > 0,05$), а с уловом на судо-сутки не выявлена вообще ($r = 0$). Судя по этим зависимостям, изменения вылова, величины ОДУ и плотности популяции между собой не связаны или коррелируют в малой степени. Вызывает сомнение и соответствие изменений величины ОДУ действительным колебаниям числен-

ности.

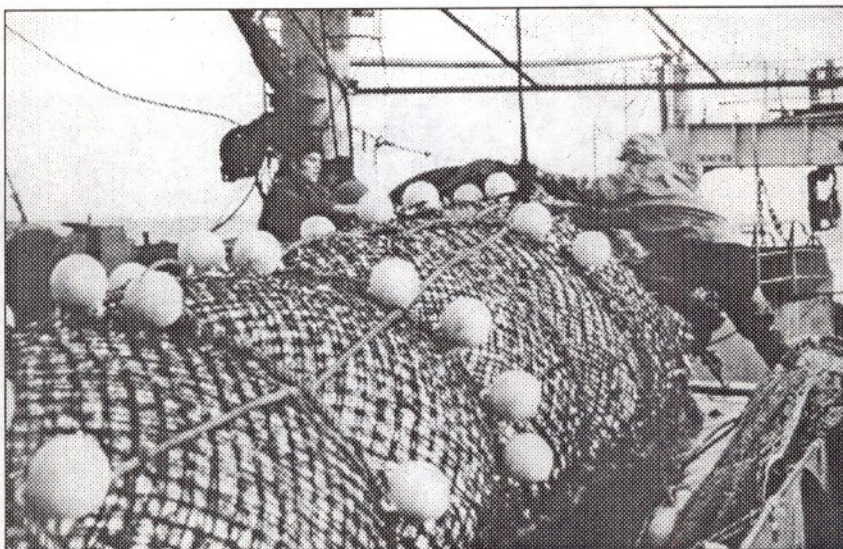
Организованное таким образом лимитирование не дает гарантии от недолова при значительном увеличении численности и плотности популяции или от перелова в случае уменьшения численности. Подобное состояние практики прогнозирования и регулирования промысла обуславливает целесообразность проведения анализа надежности существующей методологии определения численности и ОДУ охотоморского минтая, основанной на учете производителей по выметанной икре.

Анализ достоверности ежегодных оценок абсолютной численности

В международной практике для оценки запасов рыб принят метод определения общего количества икры, выметанной за репродуктивный сезон, по ее суточной продукции [23]. Этот способ требует выполнения многократных икорных съемок с охватом всего периода нереста, но такие исследования в Охотском море не проводились.

В течение многих лет оценки численности минтая в Охотском море производят по ежегодным ихтиопланктонным съемкам, осуществляемым исследовательским судном, работу которого стараются приурочить ко второй половине периода массового нереста. По результатам подсчетов количества выметанной икры, по соотношению полов и средней плодовитости самок определяют число отнерестивших производителей. Исходя из численности самок (%), отнерестивших на момент съемки, устанавливают общее число производителей [10, 11]. Следует отметить, что смертность выметанной икры в описанной методике в расчет не принимается, хотя она весьма значительна.

О больших масштабах смертности пелагической икры тресковых рыб свидетельствуют данные исследований атлантической трески. Как известно, около 96 % икры трески погибает вскоре после попадания во внешнюю среду и на ранних стадиях дрейфа [13]. До вылупления личинок гибнет



99,875 % выметанной икры. К этому надо добавить, что доля выживания разных поколений трески может варьировать более чем на порядок [14].

Согласно данным О.А.Булатова, смертность икры восточноберинговоморского минтая при переходе от первой стадии развития к последующим составляет 96,9–97,8 % [19]. При продолжительном массовом нересте (по 2–3 мес в каждом районе) к моменту получения проб значительная часть выметанной икры погибает. Даже у одной самки, выметывающей икру порциями в период до 1 мес [1; 4–7; 15; 17; 22], большая часть потомства, очевидно, погибает еще до окончания нереста. Из какого-то количества икринок (несомненно, меньшего по сравнению с числом погибших) выклеиваются личинки, которые активно избегают икорную сеть при достижении длины свыше 10 мм [2]. Убыль количества икры в результате ее гибели и выклева личинок в методике не учитывается, и сделать это трудно, поскольку масштабы смертности очень велики и изменчивы. Естественно, что при таких масштабах гибели икры сразу же после нереста достоверность определения численности производителей по ихтиопланктону представляется сомнительной. Приводя основанные на ихтиопланктонных сборах оценки численности минтая за 1983 г., Н.С.Фадеев и А.В.Смирнов считают их явно заниженными за счет неучтенной смертности икры и наличия неучтенных личинок [19]: "Если ввести соответствующую поправку, биомасса североохотоморского минтая окажется на порядок выше и в несколько раз превысит биомассу восточноберинговоморского минтая. Нам это представляется маловероятным... Отсюда следует, что смертность икры минтая в Охотском море, по-видимому, немного меньше, чем в Беринговом море. Получить в экспедиции более или менее достоверные оценки смертности икры в процессе развития оказалось практически невозможно". О.Г.Золотов, Т.Ф.Качина и Н.П.Сергеева при сравнении результатов расчетов численности восточноохотоморского минтая, основанных на виртуально-популяционном анализе (ВПА) и учете икры, получили сходные оценки. В связи с этим они сделали вывод, что оценки по икре адекватно отражают многолетнюю динамику нерестового запаса и его фактический уровень. Используя приведенный этими авторами график динамики численности, можно приблизительно определить, что в период 1980–1986 гг. биомасса производителей восточноохото-

морского минтая изменялась в пределах 1,4–3,8 млн т. Причем авторы признают, что "ряд обстоятельств указывает на возможность некоторого занижения запасов как при расчетах по икре, так и методом ВПА".

Таким образом, оценки абсолютной численности по выметанной икре без учета ее смертности неизбежно оказываются заниженными, но пока нет возможности достаточно точно определить величину этой смертности. При оценках численности и разработке прогностических рекомендаций изложенные выше вполне резонные соображения и сведения авторов о смертности икры и о большем или меньшем занижении оценок в расчет не принимаются, в том числе и самими авторами.

В процессе анализа ежегодных ихтиопланктонных съемок в Северо-Охотоморской подзоне за 1983–1992 гг., осуществленных с целью определения численности минтая, мы обратили внимание на то обстоятельство, что фактически съемки приходились на разные стадии массового нереста (от его первой половины до завершающего периода). Об этом свидетельствует доля отнерестовавших самок в пробах, которая варьировала по годам в широких пределах – от 44 % (1989 г.) до 100 % (1983 г.). Очевидно, что если съемку проводить в начале нереста, то интервал времени между выметом икры и осуществлением учетных работ в среднем будет существенно меньше, чем в случае, когда съемка выполняется в конце нереста. Учитывая значительную смертность выметанной икры, мы предполагаем, что в первом случае убыль икры будет меньше, а оценка численности производителей – соответственно выше, чем во втором. Появление личинок должно еще больше увеличивать погрешность в оценках при позднем производстве учетных работ.

Для проверки этой гипотезы проведен анализ связи между числом отнерестовавших самок (в %) и полученной оценкой абсолютной численности производителей. Обнаружена значительная отрицательная корреляционная связь ($r=-0,85$, $n=10$), статистически в высшей степени достоверная ($p<0,001$). Оценка численности производителей (Y) связана с учетной долей отнерестовавших самок (X) уравнением регрессии: $Y = 90,43 - 0,65 X$ (рис. 1).

Таким образом, около 72 % наблюдающегося разнообразия оценок численности производителей приходится на учетный нами фактор – долю отнерестовавших са-

мок. На прочие факторы, в том числе действительные колебания численности, остается лишь 28 %. Даже если действительные колебания численности будут определять всю эту дисперсию (что нереально, поскольку при выборочном исследовании существуют случайные факторы), то и в этом, предельном случае связь полученных оценок с действительной численностью производителей окажется статистически недостоверной, поскольку указанной доле общего разнообразия соответствует статистически недостоверный коэффициент корреляции $r=0,53$. Следовательно, полученные оценки не имеют достоверной связи с действительной численностью производителей. Важнейшими источниками изменчивости оценок численности минтая, по данным ихтиопланктонных съемок в Северо-Охотоморской подзоне, являются факторы методического и технического характера, не имеющие отношения к реальной динамике численности минтая.

Небольшая доля изменчивости оценок численности, приходящейся на неучтенные факторы (включая действительные колебания численности), свидетельствует об относительной устойчивости численности в исследованный период.

Допустим, что связь между долей отнерестовавших самок и оценкой численности производителей при малых значениях X соответствует указанной прямолинейной зависимости. Тогда перед началом нереста ($X=0$) численность производителей в среднем будет $90,43 \cdot 10^8$ экз., или вдвое выше средней оценки за 10 лет ($43,91 \cdot 10^8$), полученной по имеющимся данным. При средней массе одного производителя 540 г средняя оценка биомассы всех производителей в Северо-Охотоморской подзоне со-

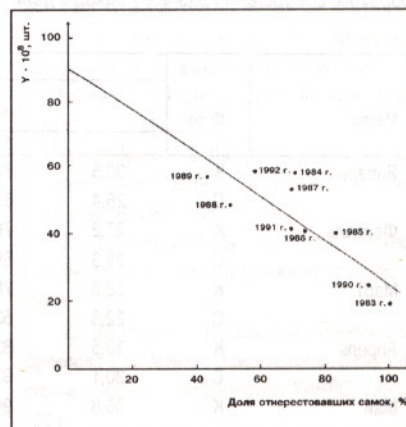


Рис. 1. Зависимость оценки численности производителей (Y) от доли отнерестовавших самок (по данным за 1983–1992 гг.)

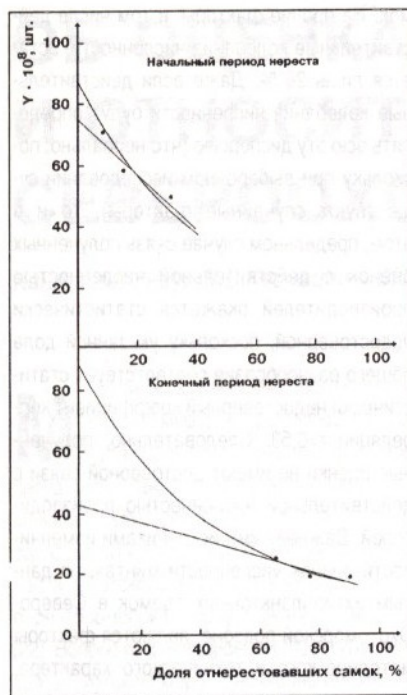


Рис. 2. Сравнение оценок численности производителей (Y) при разных формах зависимости, полученное на основе выборок из начального и конечного периодов нереста

ставит 4,8 млн т. Учитывая наличие в северной части Охотского моря приблизительно такой же или даже более высокочисленной восточноохотоморской популяции, а также нерест минтая у Северо-Восточного Сахалина, находим, что общая биомасса производителей в северной части моря в среднем составляла за указанный период около 10 млн т. Так как на долю неполовозрелой части приходится около 45% популяции [21], то суммарная биомасса будет 14 млн т. По оценкам В.П.Шунтова с соавторами, общая биомасса рыб в Охотском море около 35 млн т, на долю минтая приходится около 40%, т.е. 14 млн т [22]. Таким образом, совершенно разные подходы дали

одинаковую величину биомассы минтая.

Способ несмещенной оценки абсолютной численности минтая по данным ихтиопланктонных съёмок

Метод определения абсолютной численности производителей по икре дает смещение оценок в сторону занижения, причем весьма значительное. Поскольку эти оценки являются исходными для последующих прогностических расчетов, то применение традиционной методологии приводит к ориентации промысла на неполное использование возможностей сырьевой базы и соответствующим материальным потерям. Эти оценки нельзя рассматривать как надежные относительные показатели численности, поскольку степень занижения варьирует по годам.

Методология определения численности производителей по данным икорных съёмок может и должна быть радикально изменена. Мы предлагаем следующий способ, в котором описанная выше методика используется в качестве составляющего блока.

1. Во время массового нереста производят несколько ихтиопланктонных съёмок. Особый интерес представляют съёмки в начальный период, ранее почти не охваченный исследованиями. Съёмки можно считать репрезентативными, если они дают достаточно полное представление об исследуемой акватории с учетом неравномерности распределения ихтиопланктона, а коэффициент уловистости сети установлен достаточно надежно.

2. Параллельно с выполнением ихтиопланктонных съёмок получают репрезентативные выборки, характеризующие долю отнерестовавших рыб. Необходимо также иметь надежные данные о соотношении по-

лов. Каждая из съёмок должна быть получена в сжатые сроки. На этапе отработки методики желательно иметь выборки, полученные в начале, в стадии кульминации и при спаде массового нереста.

3. По каждой съёмке отдельно по принятой в настоящее время методике рассчитывают численность производителей.

4. Составляется уравнение зависимости оценок численности производителей от доли отнерестовавших самок в выборках (подобная зависимость показана на рис. 1). Теоретически наиболее близкая к реальной оценка численности может быть получена в тот момент времени, когда гибель икры минимальна, т.е. количество отнерестовавших самок мало. Однако получить в этот период в сжатые сроки объёмные выборки, адекватно отражающие огромные и неравномерно распределённые совокупности (пелагической икры, отнерестовавших и неотнерестовавших рыб), практически трудно. Оценку численности производителей целесообразно проводить по составленному уравнению, приняв $X=0$, т.е. перед началом массового нереста.

На рис. 2 на гипотетическом примере показано, что использование выборок в начальный период массового нереста обеспечивает относительно близкие результаты оценок численности производителей при разных формах зависимости (прямолинейной и криволинейной). Если выборки получены на более поздней стадии нереста, то различие в оценках, произведённых по прямолинейной и криволинейной моделям, будет больше. Поскольку истинную форму связи по немногим выборкам определить трудно, это существенный аргумент в пользу того, чтобы исследования приурочить к началу массового нереста.

В процессе внедрения и использова-

Месяц	Флот	Улов в 1995 г.							
		т		% от 1992 г.		% от 1994 г.		% от средней величины за 1991-1994 гг.	
		I	II	I	II	I	II	I	II
Январь	К	30,6	82,7	Не работал		131	135	121	111
	С	26,4	69,3	125	127	89	96	108	114
Февраль	К	27,2	76,2	130	153	110	118	115	113
	С	25,3	69,2	104	106	77	96	88	99
Март	К	28,8	78,1	101	91	115	120	111	108
	С	22,8	53,7	83	74	83	79	82	77
Апрель	К	30,5	83,0	120	118	111	119	128	131
	С	30,1	93,2	101	117	78	107	96	117
Май	К	36,8	99,8	122	161	124	171	139	160
	С	36,4	93,8	163	159	104	100	129	133
Среднемесячный улов	К	30,8	84,0	118	131	118	133	123	125
	С	28,2	75,8	115	117	86	96	101	108
Среднее значение		29,5	79,9	116	124	102	114	112	116

Условные обозначения: I – улов на траление; II – улов на судо-сутки; К – крупнотоннажные суда; С – среднетоннажные суда.

ния предлагаемый нами метод может быть существенно усовершенствован. Вероятно, можно без ущерба качеству получаемых результатов вообще не проводить иктиопланктонной съемки в завершающий период массового нереста, а внимание сосредоточить на первом периоде. Учитывая растянутый характер нереста каждой особи, было бы целесообразно дополнительно выделить категорию частично отнерестовавших рыб с соответствующим уточнением расчетов при определении числа производителей по количеству выметанной икры.

Принципиальные положения данного метода оценки нами использованы при расчете средней численности производителей за 1983–1992 гг. (см. рис. 1). Этот опыт дал обнадеживающие результаты.

Существенным фактором, затрудняющим применение метода установления абсолютной численности по икре, является сложность надежного определения доли отнерестовавших рыб, связанная с неравномерностью пространственного распределения преднерестовых, нерестующих и отнерестовавших особей.

Анализ показателей относительной численности

Поскольку оценки абсолютной численности минтая, выполненные на основе икорных съемок, оказываются недостоверными, целесообразно проанализировать данные по изменениям относительной численности (см. таблицу). Нами были использованы данные об эффективности работы флота за несколько лет в Северо-Охотоморской подзоне и проведено сравнение результатов минтаевой путины в 1995 г. с показателями 1992, 1994 гг. и усредненными данными за 1991–1994 гг. Причем 1992 г. рассматривается как реперный, поскольку в тот год без подрыва запасов было получено до 180 % ОДУ (с участием иностранного промысла в анклав).

Из таблицы видно, что в 1995 г. эффективность работы флота была несколько выше, чем в 1994 г., и значительно выше, чем в 1992 г. Показатели работы флота в 1995 г. оказались также намного выше средних за 1991–1994 гг.

Таким образом, по данным об относительной численности, промысловый запас минтая в 1995 г. находился на высоком уровне. Кроме того, имеются сведения о встречаемости в уловах большого количества молоди с первой по третью возрастную группу, что свидетельствует о на-

блюдающемся пополнении запаса.

Однако подобные промысловые данные в отношении стайной рыбы нельзя рассматривать как исчерпывающие показатели состояния запасов. Плотность скоплений может оставаться высокой и при сравнительно низком уровне общей численности, но акватория, на которой эти скопления распределяются, должна при этом сильно сократиться. Для осуществления мониторинга состояния запасов минтая необходимо иметь многолетние сравнимые данные тщательно проведенных тралово-акустических съемок, характеризующих как плотность скоплений рыб, так и занимаемую ими акваторию.

В заключение следует особо подчеркнуть, что рациональное использование запасов минтая может осуществляться только при условиях достаточно надежного определения его численности, а также строгом контроле за ведением промысла, недопущении неучтенных выбросов и обеспечении реальной статистики вылова. Во всяком случае, для сохранения устойчивости популяции в условиях изменчивой среды должен оставаться существенный резерв численности, и изъятие не следует доводить до расчетной величины максимально го уравновешенного улова.

Литература

1. Балькин П.А. О количестве порций икры, выметываемой минтаем // *Вопросы иктиологии*. 1988. Т. 28. Вып. 2. С. 331–332.
2. Балькин П.А., Бонк А.А. Рост западноберинговоморского минтая на первом году жизни // *Популяционная структура, динамика численности и экология минтая*. – Владивосток: ТИНРО, 1987. С. 115–122.
3. Вышегородцев В.А. К вопросу о репродуктивной изоляции североохотоморской популяции минтая // *Популяционная структура, динамика численности и экология минтая*. – Владивосток: ТИНРО, 1987. С. 39–47.
4. Горбунова Н.Н. Размножение и развитие минтая // *Труды ИО АН СССР*. 1954. Т. 11. С. 132–195.
5. Зверькова Л.М. Размножение минтая у юго-западного побережья Сахалина // *Известия ТИНРО*. 1971. Т. 76. С. 62–75.
6. Зверькова Л.М. Созревание, плодовитость и районы размножения минтая северо-восточной части Японского моря // *Вопросы иктиологии*. 1977. Т. 17. Вып. 3. С. 462–468.
7. Зверькова Л.М. Особенности размножения минтая в северо-западной части Тихого океана // *Распределение и рациональное использование водных зооресурсов Сахалина и Курильских островов*. – Владивосток: ТИНРО, 1980. С. 65–76.
8. Зверькова Л.М. Внутривидовая структура минтая в Охотском море // *Экология, запасы и*

промысел минтая. – Владивосток: ТИНРО, 1981. С. 41–56.

9. Золотов О.Г., Качина Т.Ф., Сергеева Н.П. Оценка запасов восточноохотоморского минтая // *Популяционная структура, динамика численности и экология минтая*. – Владивосток: ТИНРО, 1987. С. 65–73.

10. Качина Т.Ф. Методика долгосрочного прогнозирования запаса и улова восточноохотоморского минтая // *Изменчивость состава иктиофауны, урожайности поколений и методы прогнозирования запасов рыб в северной части Тихого океана*. – Владивосток: ТИНРО, 1988. С. 17–21.

11. Качина Т.Ф., Сергеева Н.П. Методика расчета нерестового запаса восточноохотоморского минтая // *Рыбное хозяйство*. 1978. № 12. С. 13–14.

12. Кузнецов В.В., Котенев Б.Н. О современных проблемах прогнозирования состояния запасов минтая // *Тезисы докладов VI Всероссийской конференции по проблемам промыслового прогнозирования*. – Мурманск: ПИНРО, 1995. С. 80–81.

13. Пономаренко В.П. Смертность и выживаемость икры трески на лодотено-баренцево-морской акватории // *Доклады РАН*. 1994. Т. 338. № 3. С. 425–427.

14. Серебряков В.П., Борисов В.М., Алдонов В.К. Популяционная плодовитость и урожайность поколений аркто-норвежской трески // *Воспроизводство и пополнение трески*. – М.: ВНИРО, 1984. С. 240–259.

15. Фадеев Н.С. Сроки размножения и нерестовых подходов минтая // *Экология, запасы и промысел минтая*. – Владивосток: ТИНРО, 1981. С. 3–18.

16. Фадеев Н.С. Распределение икры и личинок минтая в северной части Охотского моря // *Биология моря*, 1986, № 6. С. 15–22.

17. Фадеев Н.С. Минтай // *Биологические ресурсы Тихого океана*. – М.: Наука, 1986. С. 187–201.

18. Фадеев Н.С. Нерестилища и сроки размножения минтая северной части Охотского моря // *Популяционная структура, динамика численности и экология минтая*. – Владивосток: ТИНРО, 1987. С. 5–22.

19. Фадеев Н.С., Смирнов А.В. Оценка численности икры и производителей минтая в северной части Охотского моря // *Биология моря*. 1987. № 4. С. 19–25.

20. Флусова Г.Д. Популяционная структура минтая // *Генетические исследования гидробионтов*. – М.: ВНИРО, 1987. С. 80–94.

21. Шунтов В.П. Биологические ресурсы Охотского моря. – М.: Агропромиздат, 1985. – 224 с.

22. Шунтов В.П., Волков А.Ф., Темных О.С., Дулепова Е.П. Минтай в экосистемах дальневосточных морей. – Владивосток: ТИНРО, 1993. – 426 с.

23. Saville A. The estimation of spawning stock size from egg and larvae surveys // *Rapp. p.-v. Cons. int. explor. mer.* 1981. Vol. 178. P. 268–278.