

## **Методы оценки состояния запасов минтая в Охотском и Беринговом морях, ежегодно проводимые ресурсные исследования и обоснование общих допустимых уловов**

### **Охотское море**

К настоящему времени сформировалась доминирующая точка зрения на популяционный состав охотоморского минтая, согласно которой в северной части моря (к северу от  $50^{\circ} 00'$  с.ш.) обитает единая, сложноструктурированная суперпопуляция минтая (Зверькова, 1981, Зверькова, 2003, Темных, 1991, Шунтов и др., 1993, и др.), состоящая из ряда субпопуляций или стад – западнокамчатского, размножающегося на западнокамчатском шельфе, стада зал. Шелихова, северо-охотоморского с несколькими нерестилищами в притауйском районе, на возвышенности Лебедя и в окрестностях о-ва Ионы и восточно-сахалинского, размножение которого происходит на восточно-сахалинском шельфе. В зимне-весенний период, когда в основном ведется промысел, происходит дифференциация половозрелого минтая по конкретным районам воспроизводства, в соответствии с которыми выделены отдельные единицы запаса. В Охотском море определение запасов и установление ОДУ осуществляется по 3 таким единицам: а) восточноохотоморской, которая включает в себя западнокамчатское стадо и группировку зал. Шелихова, б) североохотоморской (ряд небольших группировок, размножающихся на вышеуказанных нерестилищах) и в) восточносахалинскую (рис. 1, 2). Понимая определенную условность такого разделения охотоморской суперпопуляции на отдельные единицы запасов, российские ученые настаивают на том, чтобы ОДУ устанавливался для этих 3 единиц, поскольку, в случае установления ОДУ для всей северной части моря, возможна нежелательная чрезмерная промысловая нагрузка на отдельные районы воспроизводства, особенно расположенные в более благоприятной по ледовым и погодным условиям для ведения промысла восточной части моря (западнокамчатский шельф).

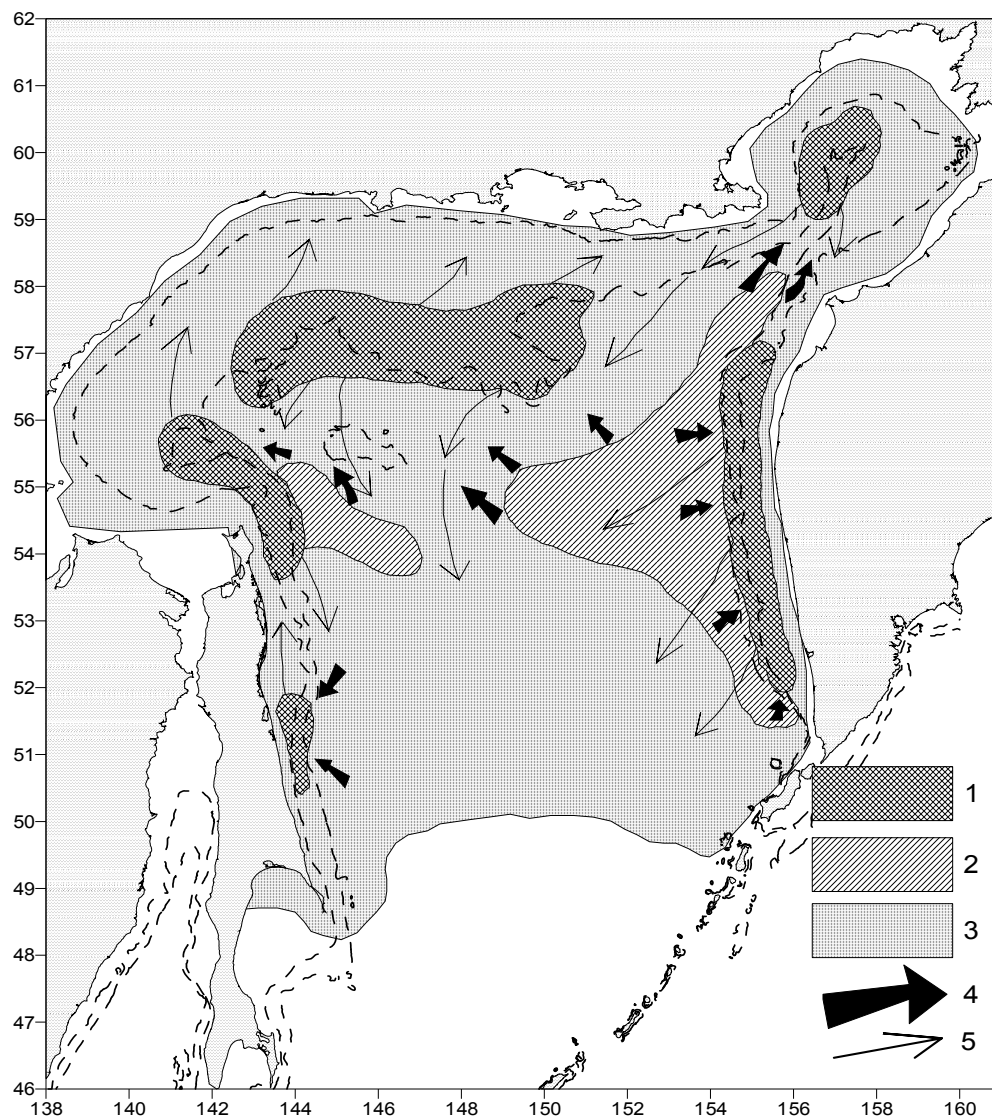


Рис. 1. Общая схема функционального ареала и расположения основных районов воспроизводства охотоморского минтая (Фадеев, Смирнов, 1993, с дополнениями и изменениями). Условные обозначения: 1-нерестилища; 2-зимовальные скопления; 3-нагульный ареал; 4-нерестовые миграции; 5- нагульные миграции; I – западнокамчатское нерестилище, II – нерестилище зал. Шелихова, III – нерестилище северо-центральной части моря (возвышенность Лебеда), IV – нерестилище окрестностей б-ки и о-ва Ионы, V – восточно-сахалинское нерестилище.

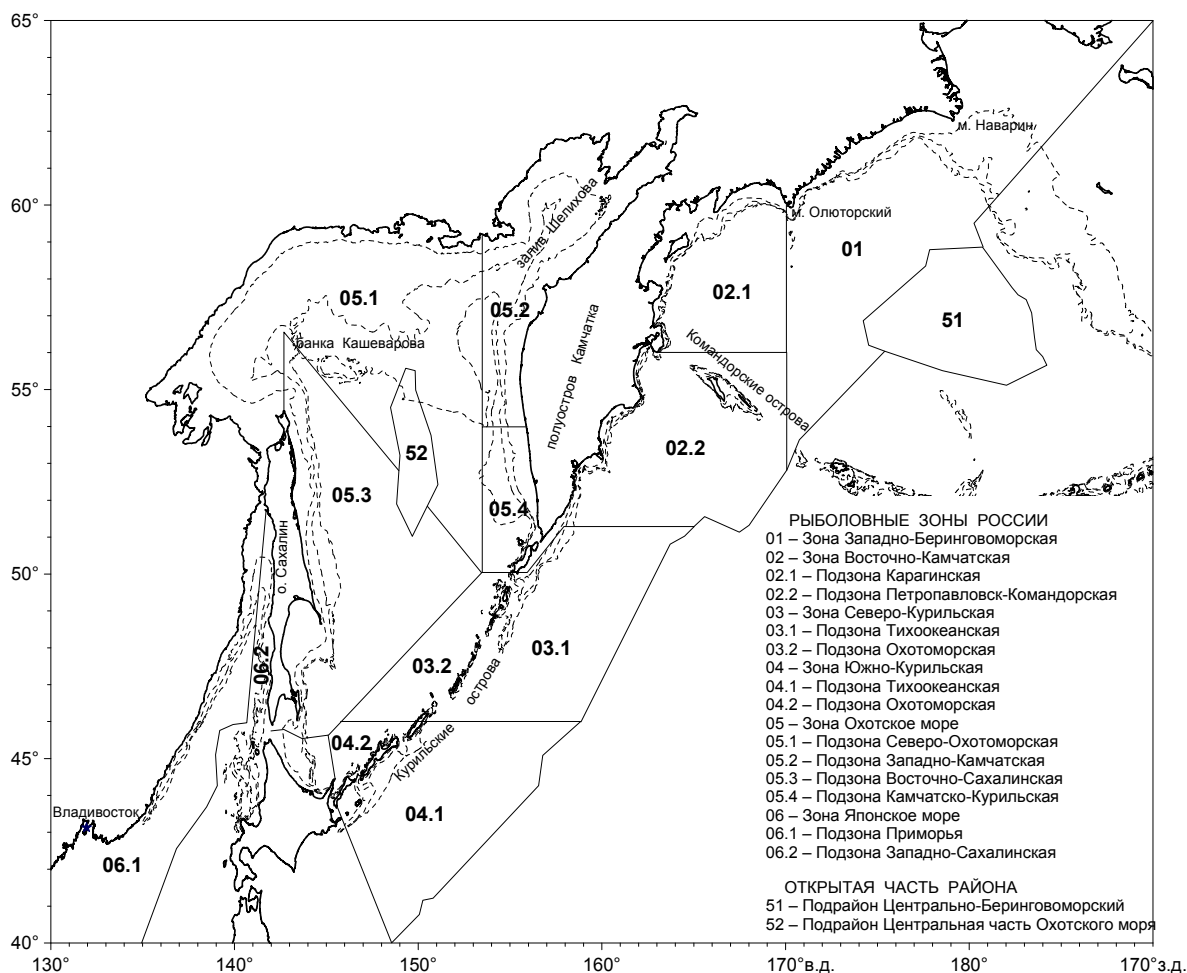


Рис. 2. Промысловое районирование Дальневосточных морей и прилегающих вод Тихого океана.

### ***Оценка промысловой популяции (единиц запаса)***

Для оценки численности и биомассы каждой из единиц запаса минтая в Охотском море ТИНРО-Центром на ежегодной основе, начиная с 1984 г. и по настоящее время выполняются ихтиопланктонные съемки в преднерестовый период на всей акватории северной части моря. Ихтиопланктонную съемку в силу ряда организационных причин не удалось выполнить в 2003 г. В 1993 и 1994 гг. работы проводились только в восточной части моря.

Начиная с 1997 г. учетные работы приобрели комплексный характер – одновременно с ихтиопланктонной выполняются траловая (разноглубинным тралом) и гидроакустическая (эхометрическая) съемки в сопровождении гидрологических наблюдений и сбора планктона. (Смирнов и др., 2006). Генеральные схемы ихтиопланктонной и траловой съемок представлены на рис. 3 и 4.

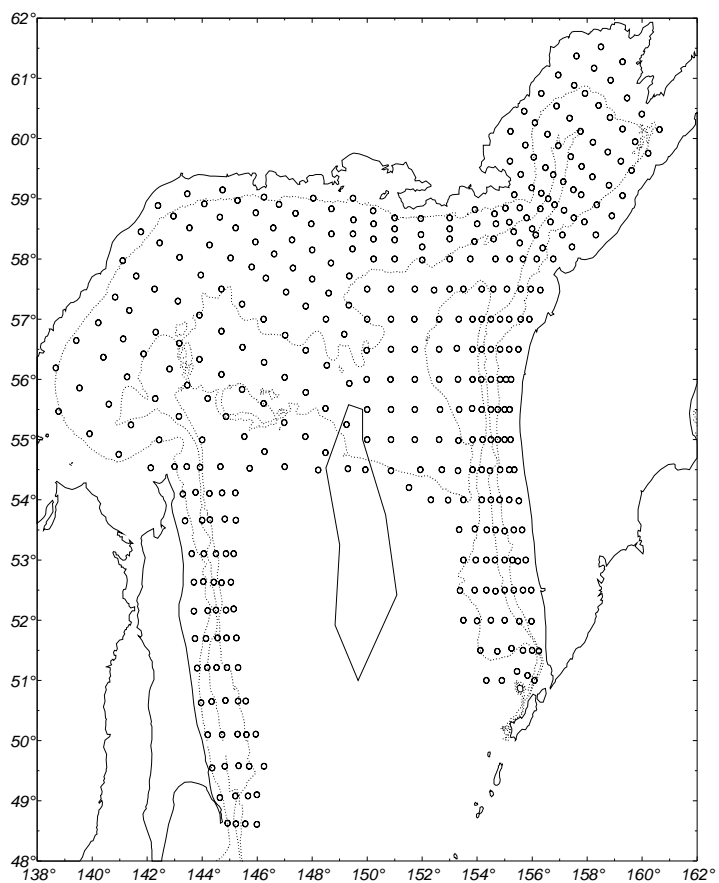


Рис. 3. Схема ихтиопланктонной съемки в северной части Охотского моря для оценки нерестового запаса минтая

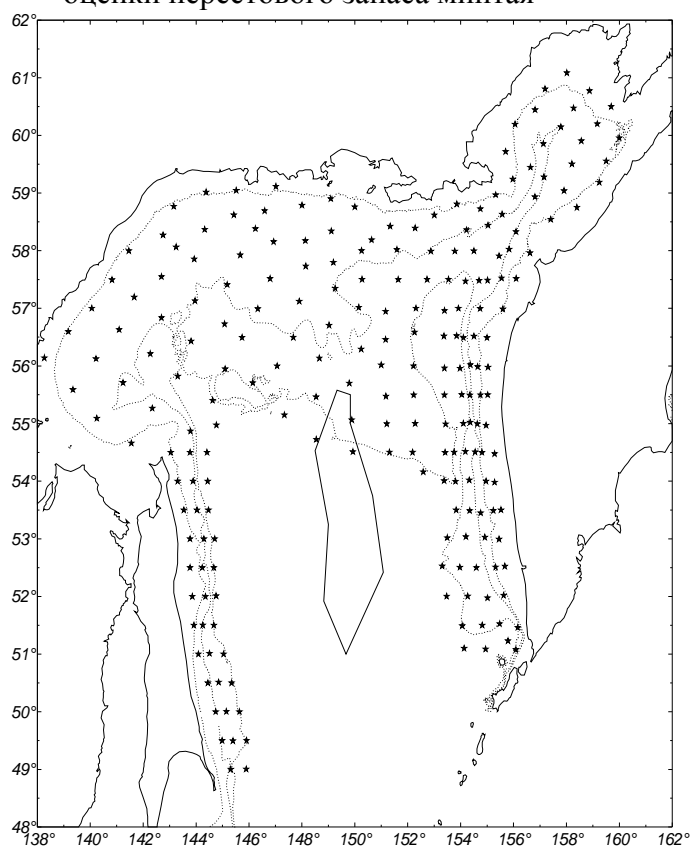
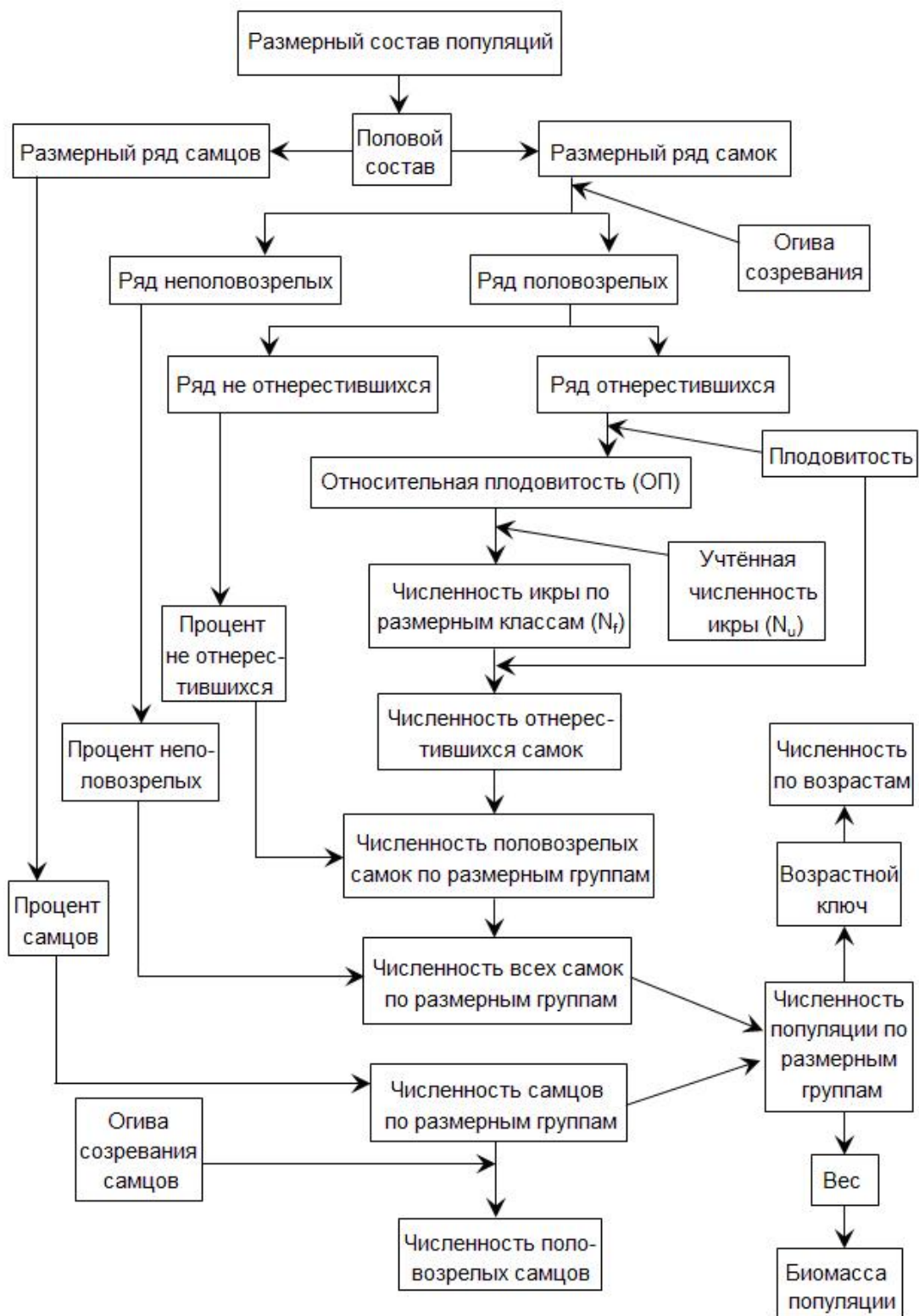


Рис. 4. Схема траловой съемки, выполняемой в Охотском море в зимне-весенний период параллельно с ихтиопланктонной.

Одновременно с этим ежегодно в течение всего периода промысла минтая собирается биостатистическая и промысловая информация (количество и дислокация добывающего флота, уловы на усилие, темпы освоения ОДУ, степень использования выловленной рыбы при производстве продукции, размерно-возрастной состав минтая в промысловых уловах и т.п.) на промысловых судах наблюдателями ТИНРО-Центра и других бассейновых рыбохозяйственных институтов. Как правило, ежегодно на промысле работают 10-15 научных наблюдателей. Контроль соблюдения правил рыболовства осуществляется инспекторами береговой охраны и рыбодов. Они присутствуют почти на каждом крупнотоннажном добывающем траулере, периодически проводят проверки работы среднетоннажных судов, контролируют перегрузы продукции с добывающих судов на транспортные и рефрижераторные суда с целью определения соответствия количества продукции объемам задекларированного вылова. На основе всех собранных при выполнении научных исследований и мониторинга промысла данных формируется информационная база для текущей оценки запасов, прогнозирования их состояния на ближайшие годы и определения общего допустимого улова по каждой единице запаса с двухлетней заблаговременностью. (Смирнов, Авдеев, 2001).

Методика оценки численности и биомассы нерестовой части популяции подробно описана Н.С.Фадеевым (1999), принципиальная блок-схема расчетов по этой методике, представлена на рисунке 5. Суть метода заключается в том, что по учтенной численности выметанной на период проведения съемки икры, средней плодовитости самок каждого сантиметрового класса и обобщенному размерному ряду отнерестившихся самок получаем их численность на полигоне съемки. Отношение численности отнерестившихся самок на полигоне съемки к сумме их в обобщенном размерном ряду представляет собой переходный коэффициент от численности рыб в обобщенных размерных рядах к численности на полигоне съемки. Используя этот коэффициент, а также размерно-массовые и размерно-возрастные характеристики, по соотношению половозрелых и неполовозрелых рыб, самок и самцов в размерных рядах, получаем их численность и биомассу в каждом размерном и возрастном классе. Все биологические параметры минтая для расчетов (соотношение полов, размерный и возрастной состав, масса тела по возрастным группам, темп полового созревания по размерам и возрастам и другие) собираются из траловых уловов. Особенностью и достоинством этой методики является то, что возможно получение не только численности старшевозрастного (половозрелого) минтая, но и численности пополнения. Численность всех возрастных групп каждой из единиц запаса в Охотском море определяется ежегодно (Смирнов, Авдеев, 2003, Авдеев, Овсянников, 2001).



$$\begin{aligned}
 \text{ОП} &= \frac{\sum f_i F_i}{\sum (f_i F_i)} \cdot 100, & f & - \text{частоты размерных классов в шт, или \%} \\
 & & F & - \text{индивидуальная плодовитость} \\
 N_f &= \frac{N_u}{\text{ОП}} \cdot 100, & (\sum N_i &= N_u)
 \end{aligned}$$

Рис. 5. Принципиальная схема расчетов для оценки численности (биомассы) охотоморского минтая по размерному ряду и численности учтенной икры (Фадеев, 1999)

Прогностическая оценка численности и биомассы нерестового, промыслового и общего запаса охотоморского минтая рассчитывается несколькими методами. В ТИНРО-Центре используется так называемый биостатистический метод, основанный на изменении численности каждого возрастного класса, включая пополнение, под влиянием естественной смертности и вылова. В качестве примера приведен расчет прогнозируемого промыслового запаса минтая в Западно-Камчатской подзоне на 2008 г., выполненный по фактической численности возрастных групп в 2006 г, величинам смертности и вылова в 2007 г (таблица 1).

Таблица 1. Расчет промыслового запаса минтая в Западно-Камчатской подзоне на 2008 г. на основе многолетних параметров смертности и численности в 2006 г. при ОДУ на 2007 г. 160 тыс.т.

Возрастные группы в 2006 г.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Всего	
Год рождения	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992	1991		
Учетная численность в 2006 г., млрд.экз.	4,905	5,555	0,891	3,726	0,655	1,084	1,421	0,784	0,306	0,075	0,024	0,016	0,009	0,001	0,001	19,4509	
Выживаемость	0,58	0,66	0,76	0,78	0,79	0,76	0,57	0,39	0,30	0,26	0,23	0,21	0,19	0,17	0,15		
Возрастные группы в 2007 г.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Всего	
Год рождения	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992	1991		
Остаток к началу 2007 г., млрд.экз.	2,845	3,666	0,677	2,906	0,518	0,824	0,810	0,306	0,092	0,019	0,006	0,003	0,002	0,0	0,0	12,673	
Доля рыб не промысловой длины в возрастных группах, %	100	100	92,05	56,05	16,43	2,70											
Доля рыб промысловой длины в возрастных группах, %			7,95	43,95	83,57	97,30	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
Численность рыб, млрд.экз.	не промысловой длины	2,845	3,666	0,623	1,629	0,085	0,022										8,870
		промысловой длины			0,054	1,277	0,433	0,801	0,810	0,306	0,092	0,019	0,006	0,003	0,002	0,0	0,0
Средняя масса особи, кг				0,209	0,266	0,326	0,504	0,716	0,958	1,170	1,322	1,595	1,773	1,941	2,019	2,364	
Промысловый запас, тыс.т			11,25	339,78	141,06	403,89	579,80	292,76	107,32	25,63	8,91	5,89	3,18	0,19	0,51	1920	
Вылов по возрастам в 2007 г., тыс.т			0,990	29,905	12,416	35,547	51,030	25,767	9,446	2,255	0,784	0,518	0,280	0,017	0,045	169	
Остаток промыслового запаса после путины 2006 г.	тыс.т			10,257	309,872	128,649	368,338	528,771	266,993	97,877	23,370	8,126	5,369	2,900	0,171	0,464	1751
		млрд.экз.			0,049	1,165	0,395	0,731	0,739	0,279	0,084	0,018	0,005	0,003	0,001	0,0001	0,0002
Общая численность после путины 2007 г., млрд.экз.	2,845	3,666	0,672	2,794	0,480	0,753	0,739	0,279	0,084	0,018	0,005	0,003	0,001	0,0001	0,0002	12,338	
Выживаемость	0,66	0,76	0,78	0,79	0,76	0,57	0,39	0,30	0,26	0,23	0,21	0,19	0,17	0,15	0,12		
Возрастные группы в 2008 г.	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Всего	
Численность минтая, ожидаемая на начало 2008 г., млрд.экз.	1,877	2,786	0,524	2,207	0,365	0,429	0,288	0,084	0,022	0,004	0,001	0,001	0,0003	0,0	0,0		8,589
Доля рыб промысловой длины в возрастных группах, %		7,95	43,95	83,57	97,30	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
Промысловый запас, млрд.экз.		0,222	0,230	1,845	0,355	0,429	0,288	0,084	0,022	0,004	0,001	0,001	0,0003	0,0	0,0	3,480	
Средняя масса особи, кг		0,209	0,266	0,326	0,504	0,716	0,958	1,170	1,322	1,595	1,773	1,941	2,019	2,364	2,469		
Промысловый запас, тыс.т		46,298	61,291	601,335	178,78	307,342	275,921	97,823	28,754	6,485	1,897	1,117	0,513	0,030	0,058	1607,647	



Промысловый запас с использованием этого метода оказывается равным нерестовому, поскольку рассчитывается только для рыб длиной более 37 см (по АС), т.е. длины, при которой происходит массовое половое созревание (50% и более особей) (Фадеев, Раклистова, 2003). Определение общего допустимого улова при таком подходе осуществляется следующими методами:

1. Метод, основанный на концепции «репродуктивной разнокачественности популяций» (Малкин, 1999). При возрасте массового созревания самок, равном 6 годам, допустимая доля изъятия от численности промыслового запаса равна 20,7 %. Напомним, что этот метод рекомендуется использовать для малоизученных запасов в упрощенных вариантах схемы предосторожного подхода, когда отсутствуют надежные данные о величине естественной смертности.

2. Метод, который использовался в 70-90-х годах прошлого века (при высоком уровне запасов), когда в качестве ОДУ рекомендовали около 30 % от промыслового запаса, что примерно соответствует средневзвешенному (для всех возрастных классов, исключая пополнение) значению естественной смертности.

Помимо этого, для ретроспективного анализа динамики запасов и оценки биомассы минтая используются математические модели (сепарабельные когортные модели: ISVPA (Vasilyev and Kizner, 1998; Васильев, 2000, 2001), и «Synthesis» (Richard, 1990). Ниже приведен пример расчетов для суммарного запаса минтая Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзон.

В обеих моделях используются следующие данные:

1. Общий вылов (т) минтая в Западнокамчатской и Камчатско-Курильской подзонах. Для 1996-2007 гг. он определен с учетом выбросов молоди, и использования недостоверных коэффициентов расхода рыбы-сырца для производства икры, филе и «безголовки» (табл. 2).

2. Матрица вылова (тыс. экз.) минтая по возрастным группам в 1980-2007 гг., рассчитанная по многолетнему размерно-возрастному ключу, с использованием оценок возраста по отолитам (более 17 тыс.). В плюс-группу отнесены все рыбы в возрасте 10 лет и старше.

3. Средняя масса рыб по возрастам (табл. 3.). Использовали среднемноголетние данные, собранные только в марте, так как на этот месяц приходится наибольший за путину вылов, и начинается нерест минтая. Кроме того, в марте традиционно собирается наибольшее количество биологической информации.

4. Среднеголетняя доля половозрелых рыб по возрастным группам (см. табл. 3). Рассчитана по результатам полных биологических анализов и массовых промеров со вскрытием, выполненных в январе-марте.

5. Мгновенные коэффициенты естественной смертности по возрастам ( $M$ ) при работе в модели ISVPA рассчитаны внутри данной модели. В модели «Synthesis» использованы коэффициенты, рассчитанные методом Гундерсона и Дигерта.

6. Распределение убыли рыб от естественных причин приняты постоянной. Доля ее до начала массового нереста (апрель) равна 0,25.

Таблица 2. Вылов минтая в Западнокамчатской и Камчатско-Курильской подзонах Охотского моря в 1996-2007 гг.

Год	Вылов	
	Официальный	Расчетный (фактический)
1996	1153,000	1205,377
1997	1213,598	1323,507
1998	843,942	990,968
1999	509,027	603,256
2000	343,317	401,917
2001	335,427	447,617
2002	241,279	320,284
2003	281,788	379,068
2004	181,480	256,697
2005	272,217	408,219
2006	333,942	404,760
2007	303,338	341,554

Таблица 3. Среднегодовые значения средней массы ( $W$ , кг), доли половозрелых рыб ( $M_0$ , %) и мгновенных коэффициентов естественной смертности ( $M$ , 1/год) минтая в восточной части Охотского моря

	Возраст, лет								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10+
$W$	0,051	0,100	0,161	0,233	0,314	0,405	0,505	0,613	0,830
$M_0$	0,00	0,45	2,65	26,79	74,00	93,25	99,05	98,87	99,82
$M_{(ISVPA)}$	0,26	0,19	0,15	0,14	0,15	0,19	0,26	0,36	0,48
$M_{(Synthesis)}$	0,31	0,15	0,11	0,13	0,20	0,29	0,40	0,52	0,66

Для настройки модели ISVPA использовали предусмотренный в модели настроечный индекс нерестового запаса (SSB). В качестве исходных данных взяли величину нерестового запаса, рассчитанную по стандартным икорным съемкам у западной Камчатки. Результаты сканирования модели с другими индексами показали их непригодность. Распределение ln-остатков для матрицы уловов, рассчитанных в моделях, свидетельствует о некоторой зашумленности данных, особенно в младших возрастных группах (рис. 6). Однако обе модели устойчивы к качеству входной информации такого рода.

В модели «Synthesis» также имеется возможность настройки расчетов с привлечением дополнительной информации. В качестве настроечных данных для «Synthesis», были привлечены оценки биомассы нерестового запаса по икорным съемкам КамчатНИРО в период с 1980 по 2007 гг., кроме того, для настройки коэффициентов промысловой смертности использовали стандартизированное по методу Галланда усилие, выраженное в количестве промысловых судосудок крупнотоннажных траулеров типа БАТМ. Результаты расчетов нерестового и общего запасов по обеим моделям представлены на рисунке 6.

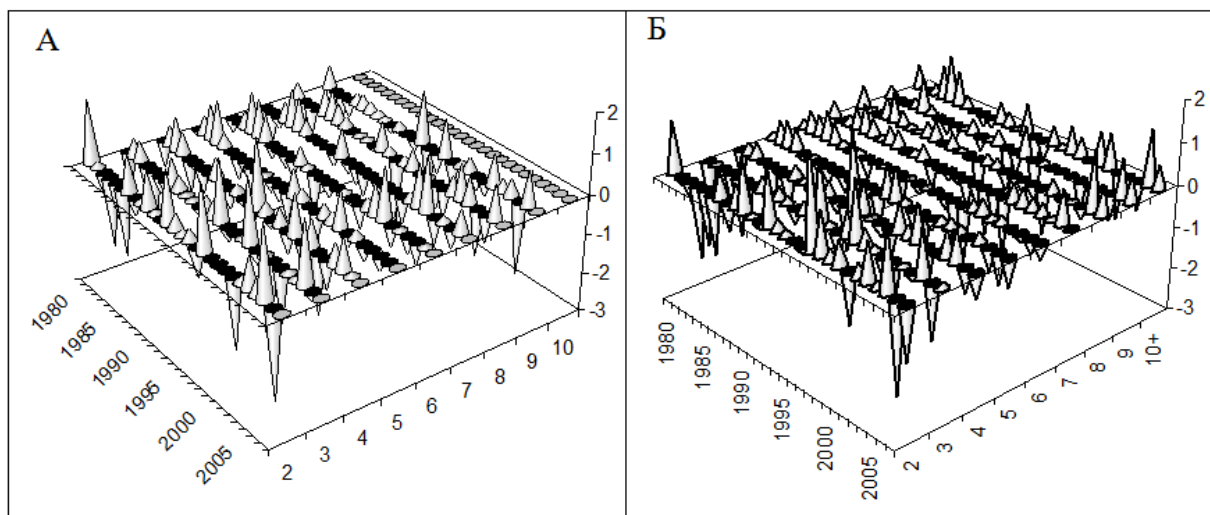


Рис. 6. Поверхность распределения ln-остатков матрицы уловов по результатам расчетов в модели ISVPA (А) и «Synthesis» (Б)

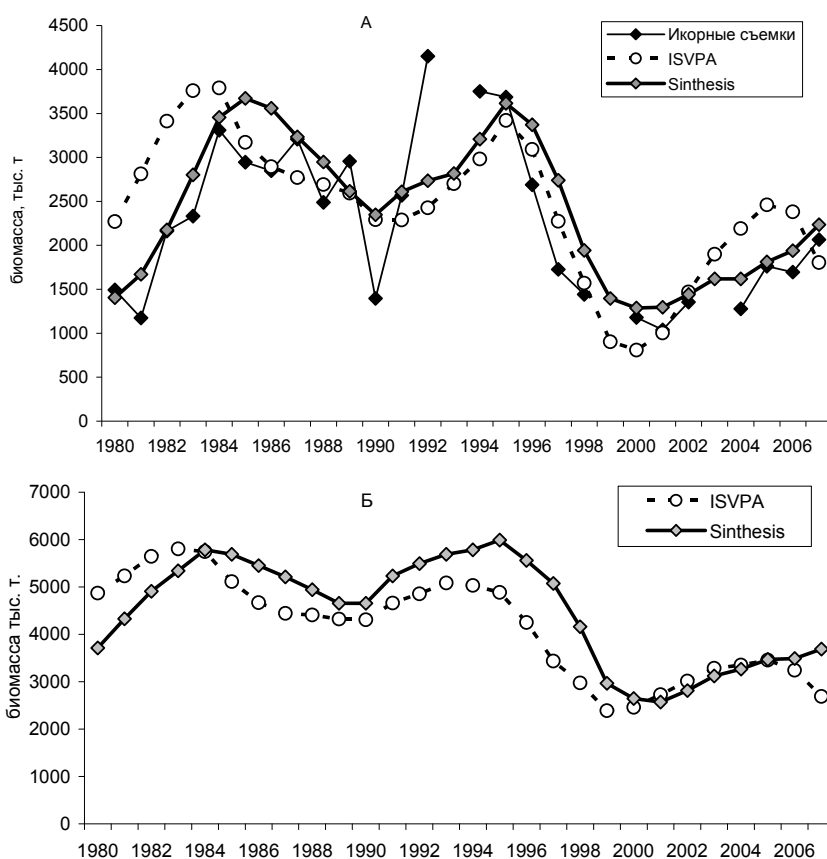


Рис. 7. Многолетние изменения биомассы нерестового (А) и общего (Б) запаса минтая в Западнокамчатской и Камчатско-Курильской подзонах по данным прямого учета и по результатам модельных расчетов.

Как видно, обе модели показывают аналогичную динамику запаса, которая вполне согласуется с данными прямых наблюдений. Однако для последних двух лет заметна разнонаправленность изменений нерестовой биомассы минтая, определенной разными

методами. Если результаты икорных съемок и расчеты с применением модели «Synthesis» свидетельствуют о постепенном увеличении биомассы родительского стада с 2001 г., то оценки, полученные по ISVPA, показывают снижение после 2005 г., причем весьма резкое (на 579 тыс. т) с 2006 по 2007 г. Биомасса нерестового запаса в Камчатско-Курильской и Западнокамчатской подзонах по икорной съемке этого года оценена в 2065 тыс. т. По модели ISVPA в 2007 г. она составила 1802 тыс. т (2689,0 тыс. т общий запас), тогда как по «Synthesis» - 2233 тыс. т (3689,5 тыс. т общий запас). Следует заметить, что в оценку по икорной съемке не был включен залив Шелихова, в котором в последние годы проходит весьма активный нерест минтая. Оценки же по моделям рассчитаны с учетом этого залива, так как изъятие минтая в нем включается в общий вылов в Западнокамчатской подзоне. Исходя из этого, очевидно, что результаты расчетов по модели «Synthesis» на данном этапе более точно отражают динамику запаса, особенно в последние годы.

#### **Прогноз промыслового запаса.**

Поскольку модель «Synthesis» относится к классу когортных, для прогнозирования состояния запаса на 1-2 года вперед корректно использовать те же соотношения (МКЕС (мгновенный коэффициент естественной смертности), массу и долю половозрелых рыб по возрастам), что и при восстановлении ретроспективы динамики запаса, за исключением промысловой смертности. Для расчета последней рекомендуется определиться с правилами регулирования промысла (Бабаян, 2000). Учитывая традиционные неопределенности во входных данных, расчеты выполнены в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб. Этот подход реализован в алгоритме расчетов модели «Synthesis».

Для оценки рекомендуемой промысловой смертности  $F_{гес}$  использовали возрастные коэффициенты промысловой смертности (S), рассчитанные в модели (табл. 4). Кроме того, для построения кривой устойчивого улова ( $Y=Y(F)$ ) использована модель Томпсона-Белла и модель Рикера запас-пополнение для оценки параметров пополнение (Бабаян, 2000):

$R=a*SSB*\exp(-b*SSB)$ , для которой коэффициенты  $a$  и  $b$  также получены по модельным расчетам «Synthesis» и составили 4,6652 и 0,00033, соответственно.

Таблица 4 Возрастные коэффициенты промысловой смертности минтая в Западнокамчатской и Камчатско-Курильской подзонах, рассчитанные в модели «Synthesis»

	2	3	4	5	6	7	8	9	10+
S	0,020	0,082	0,130	0,370	0,783	1,192	0,897	1,00	1,00

На рисунке 8 приведена кривая устойчивого улова для минтая Западнокамчатской и Камчатско-Курильской подзон, построенная согласно рекомендованному алгоритму расчета (Бабаян, 2000), с использованием вышеуказанные коэффициентов.

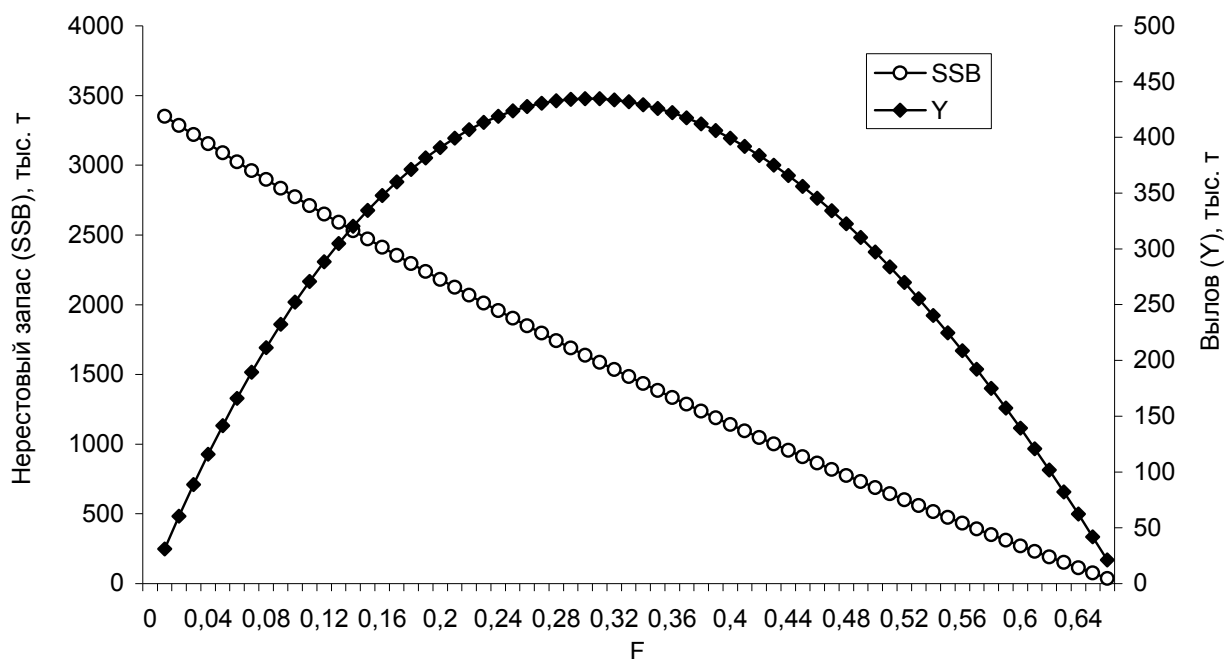


Рис. 8. Кривая устойчивого улова для минтая Западнокамчатской и Камчатско-Курильской подзон

Согласно полученной равновесной продукционной кривой можно оценить ориентиры управления:  $F_{msy}=0,309$  1/год,  $V_{tr}=1638$  тыс. т,  $V_{lim,}=1286$  тыс. т (минимум нерестовой биомассы, пришедшийся по ретроспективным оценкам на 2000 г.).

Для выбора режима регулирования промысла используется общая схема ВНИРО (Бабаян, 2000). Поскольку в настоящее время расчетная биомасса нерестового запаса выше  $V_{tr}$ , подходит режим регулирования, когда  $F_{rec}=F_{tr}$ . С учетом этого, величина ОДУ на каждый прогнозный год рассчитывается следующим образом:

$$ОДУ_i = F_{rec_i} \sum_{j=t_c}^T s_j w_j N_{i,j} \frac{1 - \exp[-(M_j + s_j F_{rec_i})]}{M_j + s_j F_{rec_i}} \text{ (Бабаян, 2000).}$$

# МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЗАПАСОВ, ОБОСНОВАНИЕ ОБЩИХ ДОПУСТИМЫХ УЛОВОВ И ЕЖЕГОДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МИНТАЯ В БЕРИНГОВОМ МОРЕ

## Методы оценки состояния ресурсов

### Восточная и северо-западная часть Берингова моря

Для определения общего запаса, промыслового запаса и ОДУ минтая используются методы прямого учета и косвенные методы.

В северо-западной части Тихого океана специализированными лабораториями нескольких региональных исследовательских центров производится изучение состояния ресурсов, оценка численности ежегодного пополнения, определение ОДУ целого ряда популяций минтая, обитающих в Охотском, Беринговом, Японском морях и тихоокеанских водах прибрежной зоны у Восточной Камчатки и Курильских о-вов.

Методы оценки состояния ресурсов минтая, прогнозирования численности и биомассы, определения общего допустимого улова для разных популяций могут иметь региональную специфику, исходя из особенностей пространственной дифференциации, поведения и других сторон биологии минтая, а также его численности.

Состояние ресурсов минтая разных популяций, тенденция ее межгодовой изменчивости, абсолютная величина численности и биомассы, промысловое значение также значительно различаются. По признаку количественной оценки выделяются несколько типов популяций минтая в дальневосточных морях.

1) Многочисленные популяции с потенциально высоким ежегодным пополнением и биомассой. Ежегодная оценка численности и биомассы производится на основе стандартных ихтиопланктонных и тралово-акустических съемок (минтай северной части Охотского моря)

2) Многочисленные популяции с высоким ежегодным пополнением, относящиеся к категории трансграничных видов. Оценка состояния ресурсов проводится по российским и международным координированным программам с использованием стандартных эхоинтеграционно-траловых и донных траловых съемок (восточно-берингоморский минтай)

3) Популяции с потенциально высоким воспроизводительным потенциалом и большой биомассой, находящиеся в угнетенном состоянии. Оценка состояния ресурсов производится по траловым съемкам (западно-берингоморский, восточно-камчатский минтай)

4) Небольшие по численности популяции, находящиеся на низком уровне численности, оценка состояния ресурсов производится при проведении регулярных траловых съемок на научно-исследовательских судах и при проведении контрольного лова (западно-сахалинский, восточно-сахалинский минтай и минтай зал. Петра Великого)

5) Популяции относительно небольшой численности, относящиеся к категории трансграничных видов, находящиеся на невысоком уровне численности (южно-курильский минтай). Оценка состояния ресурсов производится на основе регулярных тралово-акустических и ихтиопланктонных съемок и траловых при проведении контрольного лова в российской экономической зоне. Для оценки численности популяции во всем ареале необходима организация съемок по совместным международным программам.

Минтай относится к видам со средней продолжительностью жизненного цикла и высокой межгодовой изменчивостью численности смежных поколений. Поэтому для достоверного прогнозирования состояния ресурсов этого вида с двухлетней заблаговременностью необходимо проводить исследования на ежегодной основе.

#### *Тралово - акустическая съемка*

Регистрация, накопление и первичная обработка акустических измерений на исследовательских судах, производится с использованием научного эхолота системы Simrad EK 60 (Симрад) с рабочими частотами 18, 38, 70, 120 и 200 кГц, а также программных средств EchoView (AFSC). Сбор гидроакустических данных выполнялся в обычном формате с высоким пространственным разрешением на всех частотах 18, 38, 70, 120 и 200 кГц с использованием программы EK 60. Вторичная обработка данных для получения количественных характеристик обилия и пространственного распределения минтая производилась с использованием программных средств EchoView/Oracle.

Навигационное сопровождение комплекса осуществляется с использованием системы спутникового позиционирования GPS (NEMA 183) для ведения навигационного планшета синхронно с EK 60.

Для ведения интегрированной базы данных акустических измерений, обеспечения средств информационных запросов, обработки и анализа результатов акустических измерений, отображения выходных форм, подготовки отчетов и т.д. используются программные средства Oracle и ArcView GIS v. 3.0.

Съемка производится по схеме параллельных галсов, с расстоянием между ними 20 миль (рис.1-2). Галсы начинаются от верхней части континентального склона и продолжаются на шельфе до полного оконтуривания скоплений минтая. Скорость судна во время съемки 12 - 13



узлов при благоприятной погоде. Чтобы уменьшить влияние суточных миграций объекта на результат съемки, а также обеспечить совместимость результатов акустической и донной съемки, проводимой в аналогичном режиме, съемка производится в светлое время суток (от восхода до заката солнца), что составляло в среднем 17 - 18 часов в сутки в зависимости от широты места и даты. Во время движения по галсовому маршруту производилась непрерывная регистрация акустических измерений на пяти частотах.

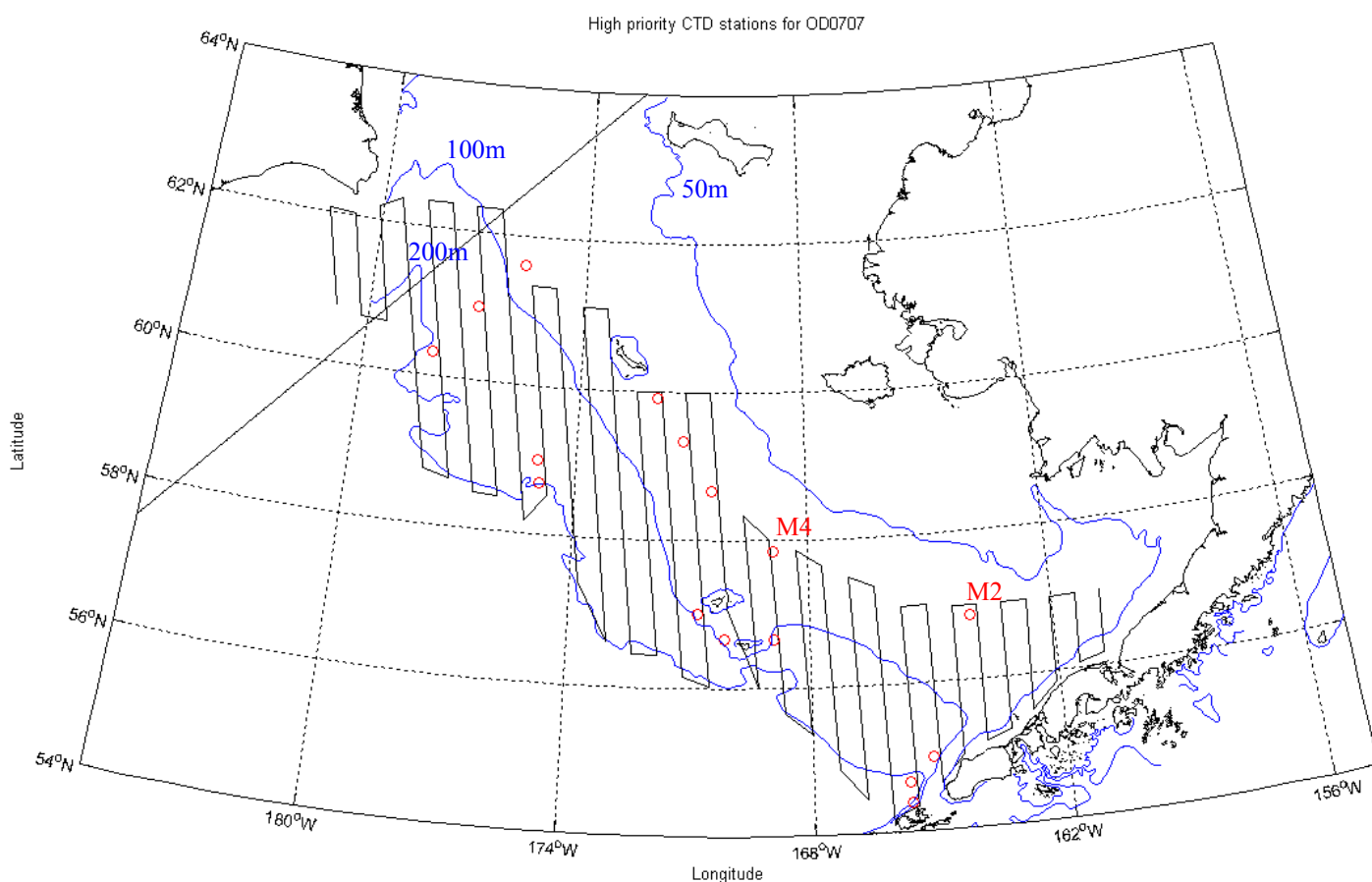


Рис. 1. Схема тралово-акустической съемки в восточной и северо-западной части Берингова моря по совместной программе ТИПРО-центра с Аляскинским центром рыбохозяйственных исследований (AFSC)

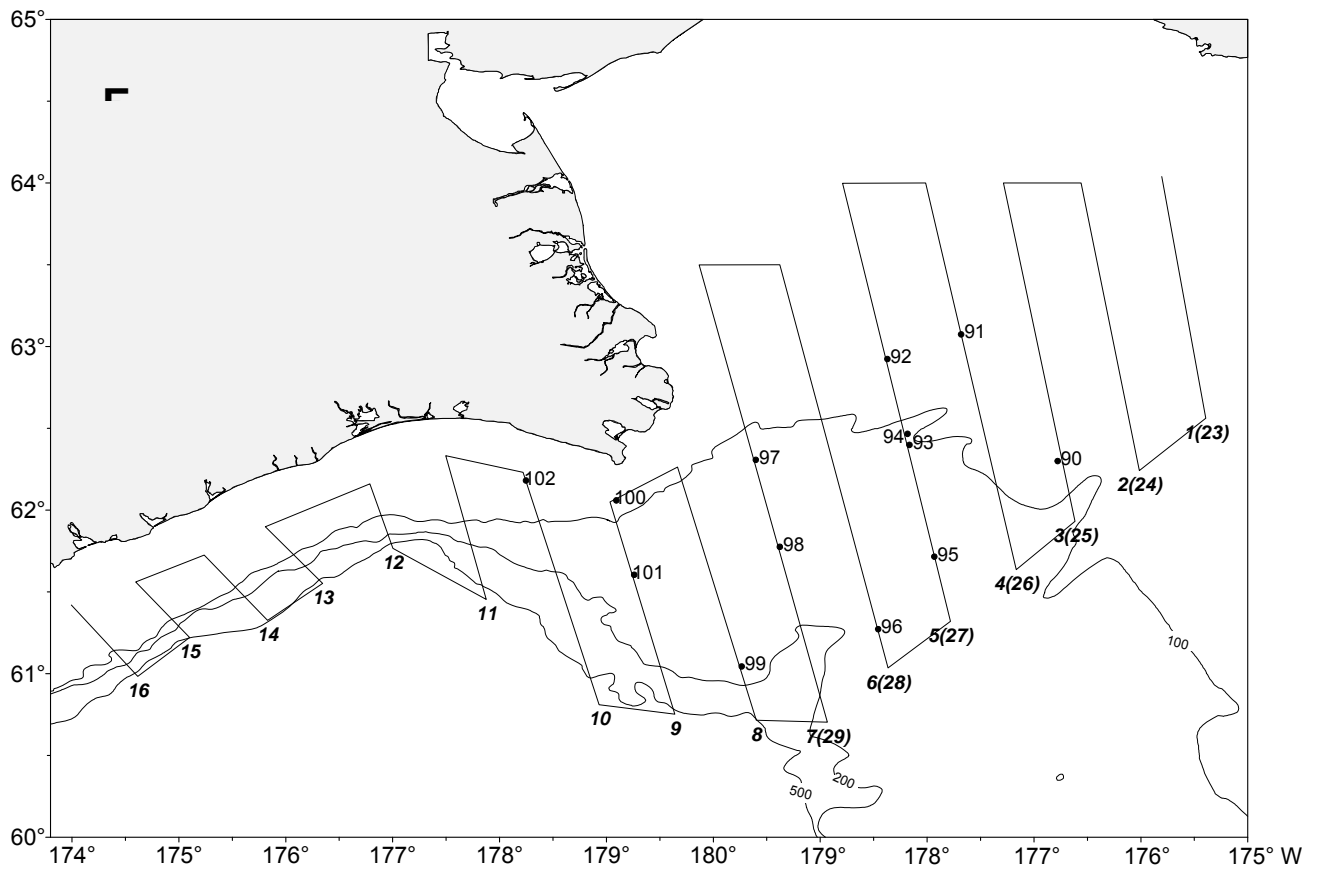
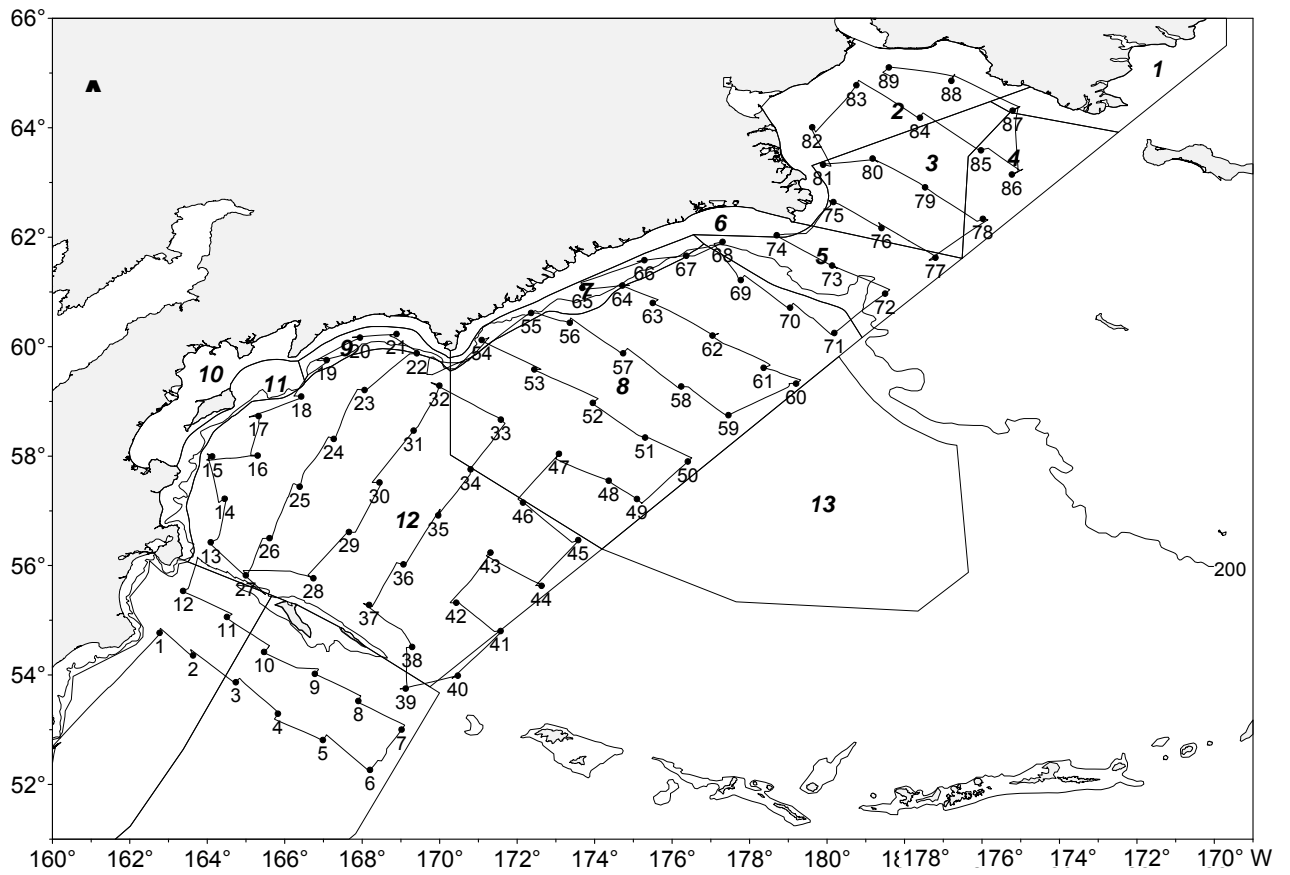


Рис. 2. Схема тралово-акустической съемки в западной и северо-западной части Берингова моря

Для идентификации акустических изображений и определения шкалы акустического индекса обилия при переходе к абсолютным измерениям численности и биомассы проводятся пелагические и донные контрольные траления. Контрольные траления для определения видового состава гидробионтов, размерного состава минтая и взятия биологических проб выполняются, как правило, в местах смены характера акустических изображений. Для контроля за работой трала используется система контроля параметров трала Simrad ITI, траловый гидролокатор Simrad FS-70.

Согласованная технология обработки акустических данных строится на принципе детальной стратификации района работ с учетом биологических характеристик регистрируемых скоплений минтая.

Одной из основных процедур обработки акустических изображений является локализация и выделение акустических изображений скоплений минтая в определенные группы (категории), которые соответствуют скоплениям со схожими биологическими характеристиками. В последующем такая группа будет обозначаться как SP\_LFG (species/length frequency group). Выделенную на акустическом изображении область (слой), соответствующую объекту некоторой группы, будем интерпретировать как SP\_LFL (species/length frequency layer).

В процессе съемки выполняются контрольные траления для определения видовой и размерной композиции каждой группы. Часть акватории съемки, занимаемая определенной группой, выделяется в страту - SP\_LFS (species/length frequency stratum). Каждой страте соответствует размерно-частотный ключ, определяемый по уловам контрольных тралений, выполняемых в пределах этой страты и характеризующий взвешанный размерный состав минтая в исследуемом подрайоне - SP\_LFK (species/length frequency key). Для  $i$ -й страты оценка суммарного обратного рассеяния  $SM$  ( $m^2$ ) вычисляется как:

$$SM_i = \sum_j \sum_{k=1}^{L_{ij}} S_{Aijk} T_j D ,$$

где  $S_{Aijk}$  – среднее поверхностное рассеяние ( $m^2/nm^2$ ) на  $k$ -ом интервале интегрирования для  $i$ -й страты на  $j$ -ом трансекте,  $T_j$  - ширина трансекта ( $nm$ ),  $D$ - интервал интегрирования ( $nm$ ), и  $L_{ij}$  – число интервалов интегрирования для  $i$ -й страты на  $j$ -м трансекте. Используя взвешенные размерно-частотные ряды и выражение для силы цели (для минтая  $TS = 20\text{Log}_{10}L-66$ ) для каждой  $i$ -й страты определяется средневзвешенное акустическое сечение рыбы  $\langle\sigma_i\rangle$ . Численность минтая в  $i$ -й страте в этом случае оценивается выражением:

$$N_i = SM_i / \langle\sigma_i\rangle.$$

Используя взвешенное размерно-частотное распределение для каждой страты определяется распределение численности по размерному ряду. Оценка биомассы производится с использованием уравнения, связывающего вес и длину рыбы (на основе результатов контрольных тралений). Для получения общей оценки обилия популяции на обследуемой площади, оценки популяции по размерному ряду для каждой страты суммируются, чтобы обеспечить итоговую оценку по всему району съемки. Биомасса и численность по возрастным группам вычисляется с использованием размерно-возрастных ключей. По мере поступления акустических данных в ходе съемки проводился эмпирический анализ эхограмм, учитывающий характер поведения объекта, тип распределения силы цели, результаты контрольного облова, опыт предшествующих работ в данном районе и др. В результате перманентно проводимого анализа акустической ситуации выделяются участки пути на галсах акустической съемки, соответствующие характерному акустическому описанию скопления с определенной размерно-частотной композицией, подтверждаемой результатами контрольного траления на данном скоплении. По завершении процедуры выделения страт в базе данных пополняется ряд таблиц с границами страт, трансектов, размерными ключами и др. В системе постпроцессорной обработки выбираются необходимые фрагменты эхограмм. Из обработки исключаются акустические изображения, связанные с уходом с галса и выполнением контрольных тралений. В пределах анализируемого слоя акустического изображения скопления производится расчет относительной плотности, биомассы, численности, распределения биомассы и численности по размерному ряду с учетом предварительно определенной длины интервала интегрирования, заданного шага по глубине и расстояния между трансектами. В ходе данной съемки при обработке использовался шаг по глубине 10 метров и 0.5 мили по ходу судна. При интегрировании используется порог по уровню объемного рассеяния равный  $-70$  dB, а для расчета силы цели минтая выражение  $TS=20\log(L)-66$ . Таким образом, в результате последовательной обработки данных формируются следующие акустические оценки скоплений: акустического индекса обилия ( $S_a$ ), интегральной численности и биомассы, численности и биомассы по размерному ряду вдоль трансектов с шагом 0.5 мили и 10 м по глубине в пределах выделенных слоев с учетом межгалсового расстояния. Суммарная численность и биомасса для трансекта (или некоторого района в целом) получается как сумма оценок на обработанных участках пути и не интерполируется на площади, где отсутствовали эхозаписи минтая.

#### *Донная траловая съемка*

Одним из основных из используемых методов прямого учета является донная траловая съемка, по результатам которой численность и биомасса определяется методом

площадей Аксютиной (1968). Донная траловая съемка выполняется в комплексе с эхоинтеграционно-траловой съемкой для оценки донной составляющей скоплений минтая (3-4 –метровый придонный слой). Съемка проводится на шельфе и над верхней частью континентального склона по стандартной сетке галсов, с расстоянием между галсами и 40 миль и между траловыми станциями 20 миль в Анадырском заливе и прилегающих водах Наваринского района и с межгалсовым расстоянием 20 миль и от 3 до 10 миль между станциями у Корякского побережья, в Олюторском и Карагинском заливах. (рис. 3).

Суть данного метода заключается в разбивке всей обследуемой акватории на зоны с равновеликими уловами и оценке среднего взвешенного по зонам улова. Изолинии между зонами проводятся методом интерполирования с учетом величины уловов на смежных станциях. Затем определяется площадь каждой зоны и средний улов в ней (в штучном, либо весовом выражении). При донных съемках оценка биомассы проводится с учетом улова и площади каждого траления. Затем данные биомассы по каждому тралению суммируются. При траловых съемках коэффициент уловистости принимается для половозрелого минтая 0.4, сеголетков – 0.1.

В Беринговом море учетные съемки производятся в северо-западной и западной части моря (зона России) ТИНРО-центром и КамчатНИРО, в восточной и северо-западной (зоны России и США), Аляскинским центром рыбохозяйственных исследований с участием российских специалистов по согласованной с ТИНРО-центром программе.

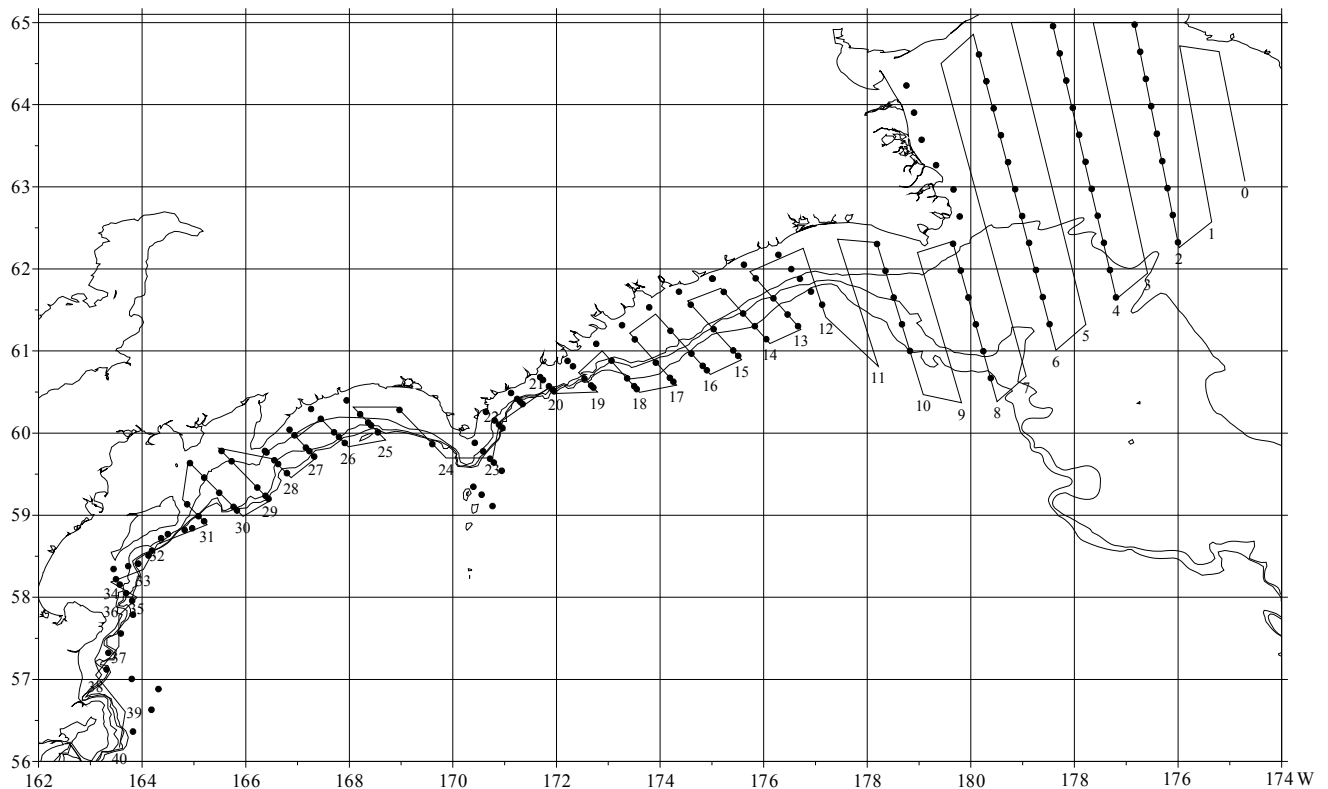


Рис.3. Схема стандартной сетки станций донной траловой съемки в северо-западной и западной части Берингова моря.

### *Методы моделирования, промысловые показатели*

Из косвенных методов чаще всего используется метод виртуально – популяционного анализа (VPA). Теоретические основы применения метода VPA для оценки запасов рыб и прогнозирования уловов были сформулированы в работах Мэрфи Г. Л. (1965), Галанда И. А. (1965) и Шумахера Ф.А. (1970). Используется целый ряд методических рекомендаций по его практическому применению, в частности по В. К. Бабаяну (1985, 2000). Для реализации данного метода необходимо иметь следующие данные:

- суммарный вылов по районам промысла;
- количество усилий;
- возрастной состав уловов;
- средние весовые характеристики рыб по районам промысла и возрастным группам;
- коэффициенты естественной смертности, дифференцированные по возрастным группам или постоянные для всех возрастных групп, и промысловой смертности

Применение метода позволяет получить следующие данные:

- коэффициенты общей и промысловой смертности в отдельных возрастных группах;
- оценку численности поколений в разные годы жизни;
- величину промыслового запаса для каждого года промысла;
- прогнозируемый улов с одно- и двухгодичной заблаговременностью

Расчет запаса ведется по двум программам:

1). Программа ZET. Определяется общая смертность и ее составляющие на основе анализа возрастного состава промысловых уловов на единицу усилия.

2). Программа VPA. Производится оценка запаса методом виртуальной популяции.

Программа ZET рассчитывает мгновенные коэффициенты естественной, промысловой и общей смертности методом Бивертон П. и Холта С.(1969).

Программа VPA предназначена для определения виртуального запаса (по состоянию на начало года) и коэффициентов промысловой смертности возрастных групп поколений. В качестве исходной информации для расчета запаса по программе VPA задаются мгновенные стартовые и терминальные коэффициенты промысловой и мгновенные коэффициенты естественной смертности, рассчитанные в программе ZET.

#### Западная часть Берингова моря

Для оценки состояния ресурсов минтая в западной части Берингова моря используются тралово-акустические и донные траловые съемки, метод моделирования. Методика тралово-акустических и донных траловых съемок аналогична съемкам, производимым в северо-западной части моря. Метод моделирования разработан КамчатНИРО.

#### *Метод моделирования*

Ретроспективный анализ динамики численности западно-берингоморского минтая выполнен в рамках сепарабельной когортной модели «Synthesis» (Richard, 1990). Алгоритмы расчета которой реализован в программе «Methods», разработанной в КамчатНИРО. Используются следующие входные данные:

1. Общий вылов западно-берингоморского минтая (рис. 4).

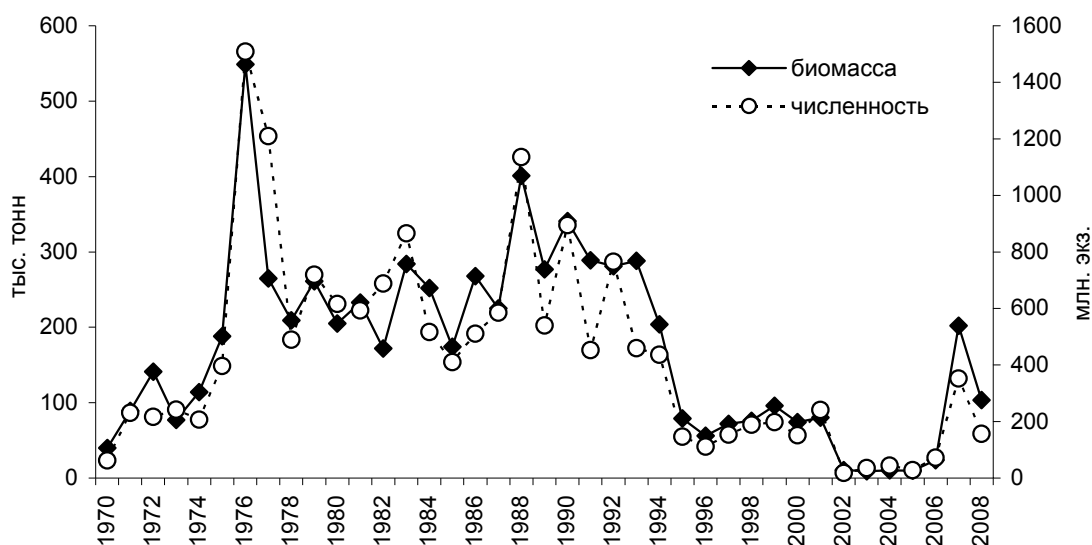


Рис. 4. Вылов западно-беринговоморского минтая период с 1970 по 2008 гг.

2. Матрица вылова (тыс. экз.) западно-беринговоморского минтая по возрастным группам в 1970-2008 гг., рассчитанная по многолетнему размерно-возрастному ключу, с использованием оценок возраста по отолитам.

3. Средняя масса рыб по возрастам (Табл. 1).

Таблица 1

Среднемноголетние значения средней массы ( $W$ , кг) и мгновенных коэффициентов естественной смертности ( $M$ , 1/год) западно-беринговоморского минтая

	Возраст, лет							
	2	3	4	5	6	7	8	9+
$W$	0.063	0.163	0.342	0.469	0.653	0.838	1.017	1.187
$M$	0.868	0.448	0.342	0.357	0.416	0.545	0.734	1.05

4. Мгновенные коэффициенты естественной смертности по возрастам ( $M$ ) рассчитаны методом Тюринга (Максименко, Антонов, 2004) (см. табл. 1).

Преимущество модели «Synthesis» заключается в возможности привлечения различных данных в качестве дополнительной информации — данные по промысловому усилию и данные прямых наблюдений (икорных, траловых и др. съемок). Кроме того, имеется возможность корректировки пополнения с использованием соотношения Рикера «запас-пополнение». При



этом предполагается, что наблюдаемые данные отличаются от модельных из-за ошибок измерений. Целевая функция модели представляет собой взвешенную сумму компонент, относящихся к каждому набору используемых данных. Каждая из компонент представляет собой сумму квадратов отклонений логарифмов наблюдаемых значений от модельных.

В качестве настроечных данных используются оценки биомассы минтая, полученные по результатам донных траловых съемок в Карагинской подзоне. Кроме того, для настройки коэффициентов промысловой смертности используются стандартизированное по методу Галланда усилие, выраженное в количестве судосудок на промысле минтая с 1970 г. Корректировка пополнения запаса при работе с моделью «Synthesis» выполняется с использованием соотношения Рикера «запас-пополнение».

### **Обоснование общего допустимого улова**

В российских дальневосточных морях НТО ТИНРО ведет исследование состояния ресурсов около 80 видов промысловых гидробионтов или 450 единиц запаса (популяций), которые рассматриваются как основной предмет сырьевых исследований. С учетом требований по подготовке материалов для Государственной экологической экспертизы, к научно обоснованному прогнозу, с 1998 г. по настоящее время ФГУП «ТИНРО-центр» предоставляет на экспертизу текущие (годовые) прогнозы запасов и ОДУ по гидробионтам дальневосточных морей России. Характер и порядок их предоставления с правовой точки зрения с самого начала введения их в практику рыболовства регулируется правительственными органами (Постановление Правительства РФ от 21 мая 2001 г. № 390, пункт 7 «Об утверждении Положения об определении ОДУ водных биологических ресурсов в целях повышения качества подготовки материалов, обосновывающих общие допустимые уловы водных биологических ресурсов, их унификации» и приказом Госкомрыболовства РФ № 296 от 19 сентября 2001 г.).

Существующая в отрасли и в частности на ДВ Бассейне России практика определения общего допустимого улова (ОДУ) и общего возможного вылова (ОВВ) строится на основании т. н. теоретических установок Положения («О разработке и представлении годовых и перспективных прогнозов состояния промысловых запасов и допустимых уловов (ОДУ) гидробионтов в исключительной экономической зоне и внутренних водоемах Российской Федерации, в зонах других государств и открытых районов Мирового океана»). Положением допускается, что к определению искомых величин могут быть привлечены разные организации - исполнители, поэтому по наиболее важным запасам рассматриваются методы, используемые при определении и альтернативных оценок в НТО ТИНРО.

Определение ОДУ в НТО ТИНРО осуществляется на основе накопленных за многие годы научных данных и экспедиционных исследований, с учетом официальной промысловой статистики. ОДУ представляет собой оценку возможного годового вылова гидробионтов из конкретного запаса. Арсенал разработанных для оценки ОДУ методов достаточно обширен и большинство из них основано на эмпирических методах прямого учета численности и моделях динамики промысловых популяций. Остальные, предназначенные, как правило, для использования в условиях ограниченной информации об объекте промысла, построены на принципах регрессионного анализа и теории случайных процессов, а также экспертных оценках.

Уровень изученности большого количества видов и популяций существенно различается. По ряду таких массовых видов, как минтай, лососевые, тихоокеанская сельдь, скумбрия, сайра, некоторые виды камбал и крабов исследования ведутся в течение нескольких десятилетий и прогнозы по ним достаточно хорошо обоснованы. Имеющийся список хорошо изученных видов постоянно пополняется, что связано с новыми методическими разработками и совершенствованием имеющихся методик оценки запасов и ОДУ малочисленных гидробионтов.

При прогнозировании, в условиях отсутствия надежной биологической информации по объекту исследований предпочтение отдается более простым - продукционным моделям. Такие модели описывают поведение популяции (единицы запаса), устанавливая связь между ее величиной и темпом естественного прироста (продуктивностью). Согласно этим моделям биомасса необлавливаемой популяции стабилизируется на некотором уровне, определяемом емкостью среды обитания, благодаря тому, что прирост биомассы в единицу времени уравнивается потерями от естественной смертности. В основу продукционных моделей положены следующие допущения: 1) рассматриваемая популяция или единица запаса считается изолированной; 2) условия, в которых рассматривается изучаемая популяция, предполагаются уравновешенными и, следовательно, основным фактором, определяющим величину запаса, является промысел (Бабаян и др., 1985).

Ко второй группе моделей, используемых при оценках ОДУ, относятся аналитические модели. Они применяются при наличии достаточно достоверной биологической информации по исследуемому объекту. Наибольшей известностью пользуется модель Бивертон-Холта (1969). В отличие от продукционных моделей в ней учитывается индивидуальный рост рыб и их естественная смертность (Бабаян и др., 1985). Существуют и биоэкономические модели регулирования рыболовства, которые рассматриваются не только с позиции биологической целесообразности, но и с учетом экономических особенностей эксплуатации ресурсов на определенный момент времени и жизненного цикла животного.

Условно методы двух направлений можно подразделить на эмпирические (все методы прямого учета численности и оценки запаса по

возрастному составу) и аналитические (все математические модели оценки численности и регулирования промысла). Последнюю группу методов также называют формальными или стандартизованными (Малкин, 1985). Однако ни одну из существующих моделей нельзя признать полностью адекватной моделируемому объекту, поэтому и результаты, полученные на их основе, нуждаются в последующей и постоянной корректировке.

Общий допустимый улов, например, для популяций минтая находящимися в стабилизированном состоянии может составить 30% от эксплуатируемой части популяции. Щадящий режим эксплуатации для популяций с устойчивой тенденцией уменьшения темпов ежегодного пополнения составляет 20-25 % от запаса. Минимальная промысловая длина для промысла минтая в нерестовый период устанавливается исходя из возраста массового полового созревания и в нагульный период исходя из биологических параметров возрастной группы на 1 год предшествующий возрасту наступления максимума ихтиомассы в соответствии с классическими работами Ф.И. Баранова (1918, 1925), П.В. Тюрина (1972), Бивертонна и Холта (1969).

При прогнозировании ОДУ в Дальневосточном регионе для различных промысловых объектов, как правило, разными исследователями используются наиболее приемлемые для вида методики. Это обусловлено, объемом прогностической информации, либо отсутствием официальной промысловой статистики, реально отражающей состояние промысла и недостатком собственных данных. Принципиальная схема формирования прогноза запаса и ОДУ минтая, учитывающая весь комплекс, получаемой в ходе исследований и мониторинга промысла информации, используемая в настоящее время представляет собой следующее.

1. Проведение донных траловых, тралово-эхоинтеграционных, ихтиопланктонных съемок для определения общей численности каждой самовоспроизводящейся популяции и ее размерно-массовой, размерно-возрастной и половой структур.
2. Определение численности каждой возрастной группы в популяции. При этом учитывается вылов и его возрастная структура до начала проведения учетных съемок и после их проведения, основанная на данных, полученных наблюдателями.
3. На основе полученных данных о численности возрастных групп и данных о естественной смертности определяется численность и биомасса каждой эксплуатируемой популяции на  $i + 1$  год. Зависимость между возрастом и массой определяется ежегодно при оценках биомассы запаса.