

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

- Аксютина 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

производителей, условий внешней среды и других факторов [Золотов, Сергеева, 1991; Балыкин, 1993]. Поэтому на первый план выходят методы, где используется расчетная суточная продукция. При этом за количество выметанной икры принимается такое для начальных стадий развития. Обзор таких методов дан в статье Т.В. Дехник [1986]. Исходными данными в этом случае служат сроки начала и конца икрометания, а также ориентировочное время пика нереста. Желательно также выполнение возможно большего числа икорных съемок, что дает возможность построить кривую интенсивности икрометания. В последние годы данный подход применяется также в КамчатНИРО, поэтому авторы настоящего сообщения поставили задачу описать его особенности.

Регулярные ихтиопланктонные съемки в прикамчатских водах выполняются с 70-х гг. XX в. В это время была принята стандартная сетка станций, которая используется и сейчас (рис. 1). На протяжении всего периода орудием сбора ихти-

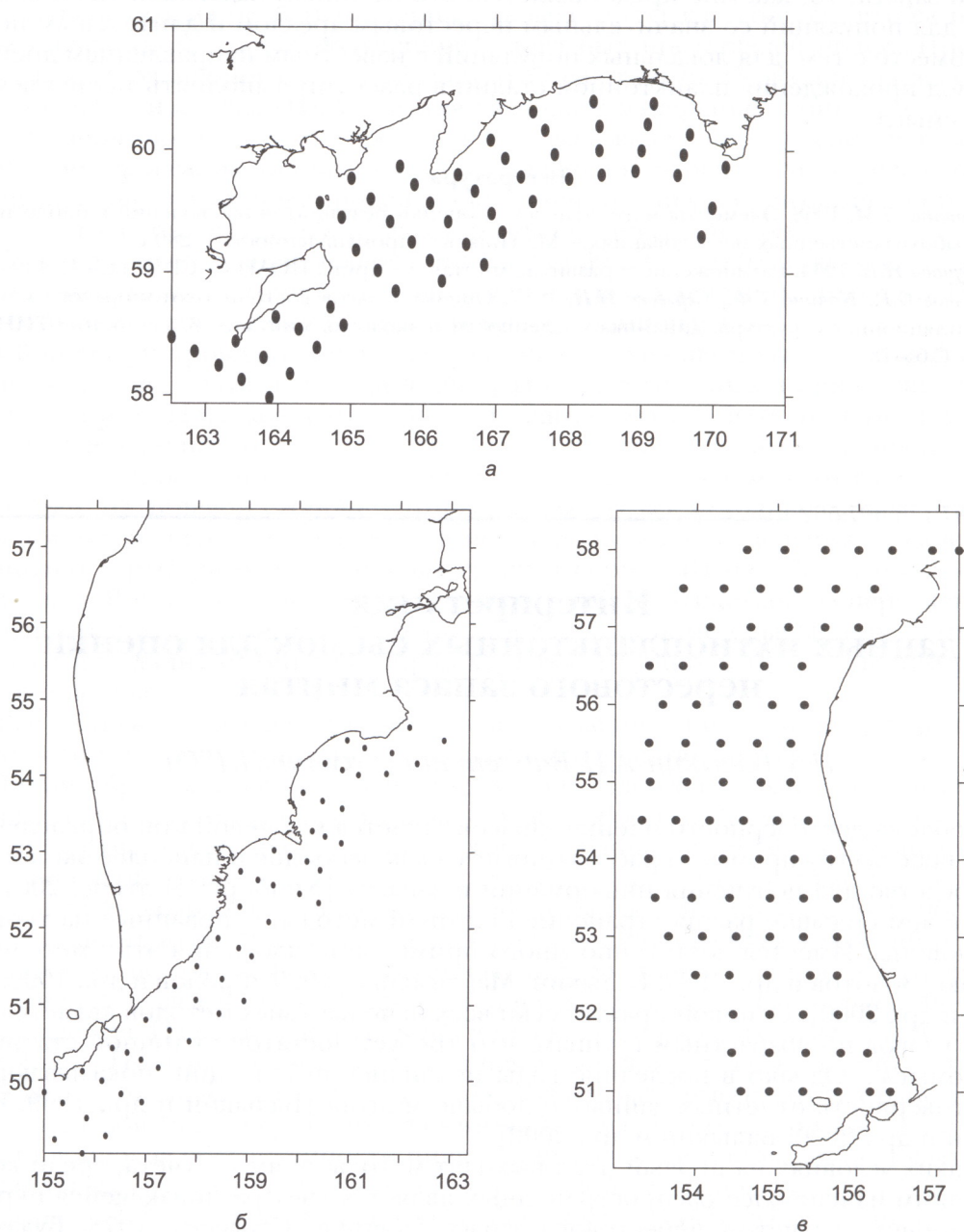


Рис. 1. Схема стандартных ихтиопланктонных съемок, принятая в КамчатНИРО: *а* — юго-западная часть Берингова моря; *б* — тихоокеанские воды Камчатки и Северных Курил; *в* — восточная часть Охотского моря

оплankтона являлась сеть ИКС-80, что делает имеющиеся материалы сравнимыми. На каждой станции осуществляли вертикальный облов толщи воды от дна или горизонта 200 м до поверхности. В последние годы получены данные о распределении икры минтая в глубоководных каньонах Восточной Камчатки и западной части Берингова моря на глубине до 900 м [Балькин, 1997; Буслов, Тепнин, 2002], в связи с чем с 1999 г. в указанных районах глубина погружения сети увеличена до 500 м, а на отдельных станциях — до 1000 м.

Икру и личинок минтая отделяли от зооплankтона и учитывали их количественный состав. Стадии развития эмбрионов определяли по шкале Т.С. Расса [Расс, Казанова, 1966]. Количество икры на каждой станции приводили к 1 м².

Кроме ихтиоплankтонной, в последние 10–12 лет одновременно осуществляли гидрологическую съемку посредством термосолезонда, что дало сведения о температуре воды во время эмбриогенеза. Для расчета общего количества икры использовали пакет программ Surfer для ПК. Располагая данными о доле икры 1-ой стадии развития, определяли ее численность. Для того чтобы рассчитать суточную продукцию, нужны сведения о продолжительности эмбриогенеза. Ее определяли по формуле, предложенной О.Г. Золотовым с соавторами [1987]:

$$T = 38,9e^{[-0,156t]},$$

где t — средняя температура воды, T — продолжительность эмбриогенеза в сутках. Длительность 1-ой стадии мы принимали как 20% периода инкубации [Горбунова, 1951]. Разделив количество икры начальной стадии развития на ее продолжительность, получали суточную продукцию. Дальнейший ход расчетов иллюстрируется ниже на конкретных примерах.

Наибольшее внимание исследователей привлекает восточная часть Охотского моря, где располагается крупнейшее в азиатских водах Тихого океана нерестилище минтая. Ихтиоплankтонные съемки в этом районе осуществлялись не только силами КамчатНИРО, но и ТИНРО-центра и ВНИРО. Соответственно ежегодно выполняется не менее 2 съемок, а в 1999 и 2001 гг. таковых было выполнено 4 и 5 соответственно.

Поскольку на протяжении всей путины проводятся наблюдения за биологическим состоянием минтая, довольно точно определяется продолжительность нерестового сезона. Так, установлено, что завершающая фаза приходится на конец мая [Фадеев, 1987]. Таким образом, к данным съемок можно добавить еще 2 точки с нулевой продукцией: начало и окончание (31 мая) икрометания. На рис. 2 показано изменение суточной продукции икры минтая в 1999 и 2001 г. Площадь под кривой даст нам общую продукцию за период нереста. Ее можно получить путем численного интегрирования. Располагая этим показателем, а также плодовитостью одной самки, соотношением полов и массой половозрелых рыб, можно определить численность и биомассу отнерестовавших производителей. Добавив число рыб, выловленных до нереста, получим нерестовый запас на начало путины или года. В качестве примера в табл. 1 и 2 приведены расчеты нерестового запаса 2001 г.

Осуществление нескольких съемок за нерестовый сезон позволило сделать вывод, что изменение суточной продукции икры удовлетворительно аппроксимируется уравнением третьей степени (см. рис. 2). Этот факт оказался весьма полезным в 2002 г., когда было выполнено всего две съемки, причем в близкие сроки (одна — КамчатНИРО, другая — ТИНРО-центром). Исходя из состояния половых продуктов минтая и соотношения стадий развития учтенной в ихтиоплankтоне икры, было сделано заключение, что начало нереста пришлось на середину марта, а пик — на конец апреля. Таким образом, имелось четыре точки кривой нереста, которые, тем не менее, хорошо легли на график аппроксимирующего уравнения третьей степени (см. рис. 2).

При наличии данных 1–2 съемок, а также сведений о сроках начала и конца нереста, можно построить теоретическую кривую изменения суточной продукции и ориентировочно оценить количество выметанной икры и соответственно нерестовый запас. Непременным условием является совпадение сроков съемки и пика икрометания. Такой подход был использован в районах Восточной Камчат-

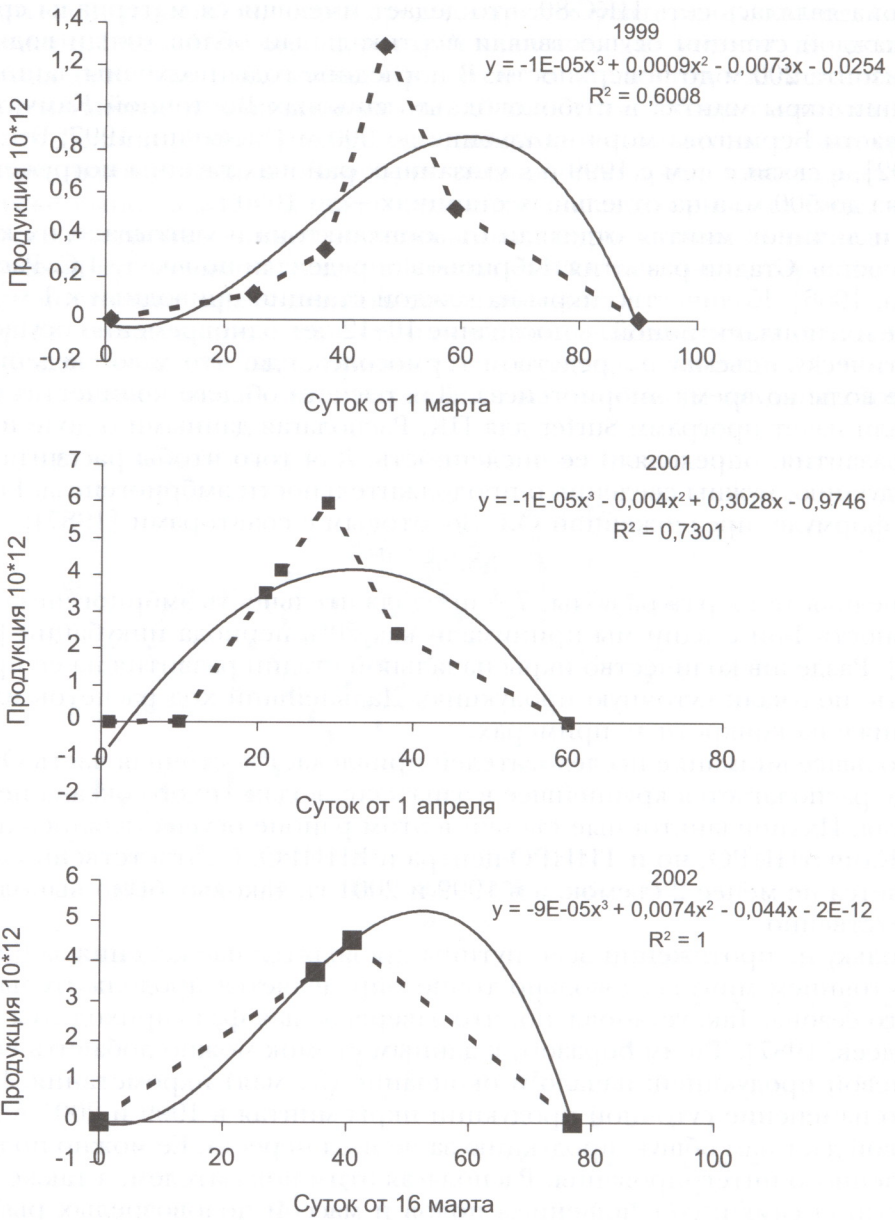


Рис. 2. Изменение суточной продукции икры минтая в восточной части Охотского моря

ки и западной части Берингова моря. Эти районы пользуются гораздо меньшим вниманием, поэтому ежегодно обычно силами КамчатНИРО выполняется одна ихтиопланктонная съемка. С тем чтобы работы были выполнены в разгар икрометания, сроки ее выбираются исходя из биологического состояния минтая в контрольных уловах. В 2002 г. съемки были выполнены: у Восточной Камчатки – 12–22 апреля, в западной части Берингова моря – 2–10 мая. В первом районе было учтено $20,96 \times 10^{12}$ икринок минтая, что с учетом сведений о соотношении стадий развития икры и температуры воды дало расчетную суточную продукцию на момент съемки $1,695 \times 10^{12}$ икринок. Поскольку известно, что съемка пришлась на пик нереста, общая продолжительность которого составляет 1,5 месяца [Антонов, Золотов; 1987], с достаточной долей уверенности можно принять, что за 22 суток до и через то же количество дней после средней даты съемки суточная продукция икры равнялась 0. Таким образом, мы получили три точки изменения интенсивности икрометания (рис. 3).

Известно, что этот процесс у восточнокамчатского минтая удовлетворительно описывается уравнением логнормальной кривой [Антонов, Золотов, 1987], для

Таблица 1

Исходные данные для расчета суточной продукции икры минтая в 2001 г.

Сроки съемки	Количество ученной икры 10 ¹² , шт.	Доля 1-й стадии, %	Температура воды в слое 0-50 м	Продолжительность инкубации, сут.	Суточная продукция, 10 ¹² шт.
8-12.04	0,231	75,23	-1,11°	46	0,023
13-30.04	32,530	88,60	-1,11°	46	3,521
17-29.04	42,849	79,98	-0,47°	42	4,141
27.04-2.05	89,901	54,37	-0,35°	41	5,958
6-10.05	53,065	33,08	+ 0,22°	38	2,431

Таблица 2

Расчет нерестового запаса восточноохотоморского минтая в 2001 г.

Показатели	Значения
Количество выметанной икры, 10 ¹² шт.	140,869
Средняя плодовитость самки, тыс. икр.	129,1
Численность отнерестовавших самок, млн	1091,0
Доля самцов среди половозрелых рыб, %	42,5
Численность производителей, млн	1897,3
Вывлечено производителей до нереста, млн	703,1
Численность нерестового запаса до начала промысла, млн	2600,4
Средняя масса производителей, кг	0,406
Биомасса нерестового запаса до начала промысла, тыс. т	1059,4

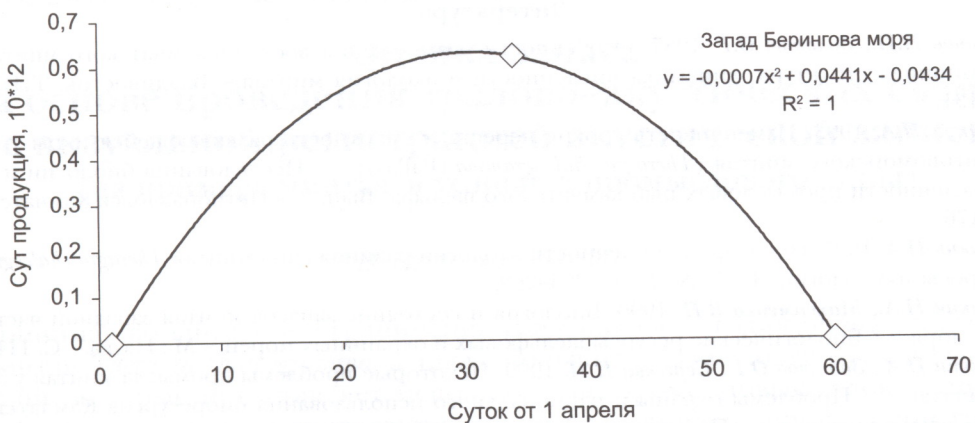
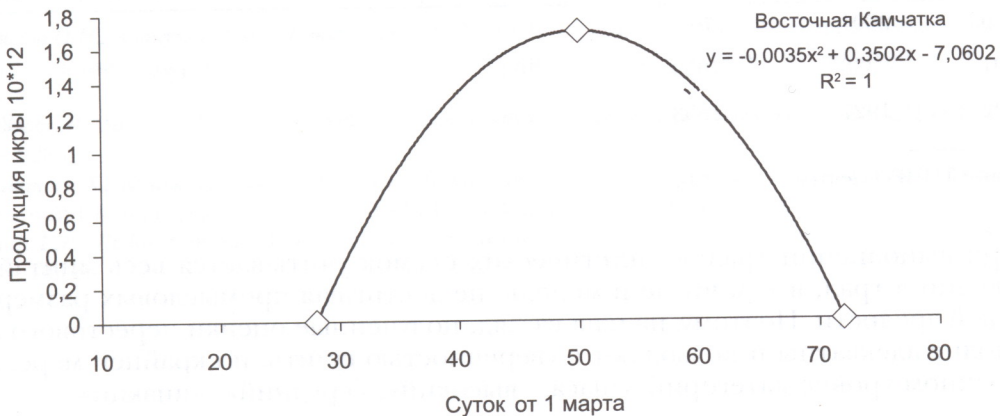


Рис. 3. Изменение суточной продукции икры минтая у Восточной Камчатки и в юго-западной части Берингова моря в 2002 г.

построения которой трех значений недостаточно. Поэтому мы рассчитали уравнение 2-ой степени, которое хорошо аппроксимирует наши данные (см. рис. 3). Площадь под кривой дала нам оценку общего количества икры, выметанного за нерестовый сезон — $49,8 \times 10^{12}$, располагая которой нетрудно определить примерную величину нерестового запаса согласно вышеприведенной схеме (см. табл. 2).

Аналогичным образом интерпретировали материалы по западной части Берингова моря. Общее количество развивающейся икры минтая в этом районе составило $5,3 \times 10^{12}$, а расчетная суточная продукция — $0,62 \times 10^{12}$. При определении сроков начала и конца икрометания исходили из того, что нерест минтая в западной части Берингова моря продолжается с начала апреля до конца мая, поэтому 1 апреля и 31 мая суточную продукцию икры можно считать равной 0. И в этом случае интенсивность икрометания выражается кривой, близкой к логнормальному распределению [Балыкин, 1993], но недостаточное количество точек вынуждает вновь использовать уравнение 2-ой степени (см. рис. 3), проинтегрировав которое можно оценить суммарную продукцию икры минтая величиной $25,8 \times 10^{12}$ шт., от которой нетрудно перейти к численности и биомассе производителей.

Очевидно, что достоверность полученных описанным порядком значений биомассы нерестового запаса можно оценить лишь путем сравнения с другими значениями, полученными методом прямого учета (табл. 3).

Таблица 3

Биомасса популяций минтая прикамчатских вод, полученная методами прямого учета, тыс. т

Год	Восток Охотского моря		Восточная Камчатка		Запад Берингова моря	
	Тралово-акустические съемки*	Икорные съемки	Донные траловые съемки	Икорные съемки	Тралово-акустические съемки*	Икорные съемки
1999	2001	766	—	—	—	—
2001	2338	1059	300	—	170	—
2002	1927	1353	358	247	—	120

* Данные ТИНРО-Центра

При выполнении тралово-акустических съемок учитывается весь минтай, попадающий в трал, в том числе и молодь, не достигшая промысловых размеров и половой зрелости. Поэтому, на наш взгляд, полученные оценки нерестового запаса вполне адекватны и позволяют с уверенностью судить, по крайней мере, о качественном уровне категорий запаса: «высокий», «средний», «низкий».

Литература

- Антонов Н.П., Золотов О.Г. 1987. Особенности размножения восточнокамчатского минтая // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая.— Владивосток: ТИНРО.— С. 123–131.
- Балыкин П.А. 1993. Изменчивость сроков нереста и смертность развивающейся икры у западноберинговоморского минтая (*Theragra chalcogramma* (Pallas)) // Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб камчатского шельфа. Вып. 2.— Петропавловск-Камчатский.— С. 166–176.
- Балыкин П.А. 1997. Некоторые особенности экологии размножения минтая *Theragra chalcogramma* // Вопросы ихтиологии. Т. 37. № 2.— С. 265–269.
- Балыкин П.А., Максименко В.П. 1990. Биология и состояние запасов минтая западной части Берингова моря // Биологические ресурсы шельфовых и окраинных морей.— М.: Наука.— С. 111–127.
- Балыкин П.А., Золотов О.Г., Сергеева Н.П. 1999. Некоторые проблемы промысла минтая у Западной Камчатки // Проблемы охраны и рационального использования биоресурсов Камчатки: Докл. обл. науч.-практ. конф.— Петропавловск-Камчатский.— С. 25–30.
- Балыкин П.А. и др. 2002. Межгодовая динамика запасов минтая в восточной части Охотского моря и их современное состояние // Вопр. рыболовства. Т. 3. № 4(12).— С. 667–674.

- Булатов О.А.** 1988. Межгодовая изменчивость запасов восточноберинговоморского минтая // Изменчивость состава ихтиофауны, урожайности поколений и методы прогнозирования запасов рыб в северной части Тихого океана.— Владивосток: ТИНРО.— С. 4–16.
- Буслов А.В., Тетин О.Б.** 2002. Условия нереста и эмбриогенеза минтая *Theragra chalcogramma* (Gadidae) в глубоководных каньонах тихоокеанского побережья Камчатки // Вопр. ихтиологии. Т. 42. № 5.— С. 617–625.
- Варкентин А.И., Золотов А.О., Буслов А.В.** 2000. Недоучет вылова минтая как один из факторов снижения численности // Проблемы охраны и рационального использования биоресурсов Камчатки: Докл. обл. науч.-практ. конф.— Петропавловск-Камчатский.— С. 13–16.
- Горбунова Н.Н.** 1951. Икра минтая и ее развитие // Известия ТИНРО. Т. 34.— С. 89–97.
- Дехник Т. В.** 1986. Применение ихтиопланктонных методов для оценки биомассы нерестового стада рыб // Ихтиопланктон и его значение для познания ихтиофауны Мирового океана // Труды Института океанологии АН СССР. Т. 116.— С. 94–102.
- Золотов О.Г., Качина Т.Ф., Сергеева Н.П.** 1987. Оценка запасов восточноооотоморского минтая // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая.— Владивосток: ТИНРО.— С. 65–73.
- Золотов О.Г., Сергеева Н.П.** 1991. О формировании численности поколений восточноооотоморского минтая // Рациональное использование биологических ресурсов Тихого океана: Тез. докл. Всесоюзной конф.— Владивосток: ТИНРО-центр.— С. 97–99.
- Золотов О.Г. и др.** 2000. Оценка запасов минтая традиционными и альтернативными методами // Проблемы охраны и рационального использования биоресурсов Камчатки.— Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор.— С. 128–130.
- Качина Т.Ф., Сергеева Н.П.** 1978. Методика расчета нерестового запаса восточноооотоморского минтая // Рыбное хозяйство. № 12.— С. 13–14.
- Лисовенко Л.А.** 2000. Размножение рыб с прерывистым оогенезом и порционным нерестом на примере минтая Западной Камчатки.— М.: Изд-во ВНИРО.— 111 с.
- Расс Т.С., Казанова И.И.** 1966. Методическое руководство по сбору икринок, личинок и мальков рыб.— М.: Пищевая промышленность.— 44 с.
- Фадеев Н.С.** 1987. Нерестилища и сроки размножения минтая северной части Охотского моря // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая.— Владивосток: ТИНРО.— С. 5–22.
- Фролов О.Н., Абакумов А.И., Читаева Н.Г.** 1990. Выбор рационального режима промысла на основе производственных моделей (на примере двух популяций минтая) // Вопр. ихтиологии. Т. 30. № 2.— С. 286–295.
- Хилборн Р., Уолтерс К.** 2001. Количественные методы оценки рыбных запасов.— СПб.: Политехника.— 228 с.
- Kanamaru S., Kitano Y., Yoshida Y.** 1979. On the distribution of eggs and larvae of Alaska pollock in waters around Kamchatka peninsula // Bull. Hok. Reg. Fish. Lab. N. 44.— P. 1–23.
- Smith E.P., Richardson S.L.** 1977. Standard techniques for pelagic fish egg and larvae surveys. FAO. Roma.— 100 p.

УДК 639.2.053.7:639.223.5

Оценка запаса на основе проведения тралово-акустических съемок с визуальной регистрацией акустической записи (на примере минтая, в условиях промыслового судна)

В.В. Кузнецов (ВНИРО)

Принимая во внимание ограничения имеющихся методик оценки численности минтая *Theragra chalcogramma*, а также большие возможности обследования акваторий, которые представляет использование промысловых судов, нами была разработана методика прямого учета запаса, основанная на проведении тралово-акустических съемок с визуальной количественной регистрацией состояния акустической записи. На основе этих регистраций расчисляются индексы обилия