

УДК 597.562.591.134

## ВАЛИДНОСТЬ ОЦЕНОК ВОЗРАСТА МИНТАЯ *THERAGRA CHALCOGRAMMA* (PALLAS, 1814) ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ ПО ОТОЛИТАМ

© 2019 г. А. В. Буслов<sup>1</sup>, \*, Е. Е. Овсянников<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ТИНРО-Центр),  
Владивосток 690091, Россия

\*e-mail: [aleksandr.buslov@tinro-center.ru](mailto:aleksandr.buslov@tinro-center.ru)

Поступила в редакцию 26.11.2018 г.

После доработки 20.03.2019 г.

Принята к публикации 28.03.2019 г.

Представлены данные по возрасту минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas, 1814) восточной части Охотского моря, рассчитанные на основе анализа отоликов. Сопоставление зависимостей “возраст–длина”, полученных по изменению модальных размеров рыб урожайных поколений и по оценкам возраста по отоликам, показало отсутствие достоверных различий. Это может служить подтверждением валидности оценок возраста минтая по отоликам.

**Ключевые слова:** минтай, *Theragra chalcogramma*, восточная часть Охотского моря, отолики, возраст, размеры, численность, поколения

**DOI:** 10.1134/S0134347519050024

Известно, что ошибки в определении возраста рыб могут приводить к искажению популяционных параметров, которые используются в расчетах численности поколений и величины вылова (Bradford, 1991; Beamish, McFarlane, 1995). Поэтому при изучении роста рыб рекомендуется применять методики определения возраста, верифицированные прямыми или косвенными методами (Дгебуадзе, 2001; Самрана, 2001).

Ранее для определения возраста минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas, 1814) специалисты использовали чешую, при этом они отмечали, что после пятого–шестого “годовых” колец расположение склеритов на чешуе становится неясным и определение возраста затруднено (Кагановская, 1950; Ishida, 1954; Андреев, 1968). Американские исследователи с начала 1980-х годов для определения возраста донных рыб зал. Аляска используют метод прокаленных сломов отоликов, который хорошо себя зарекомендовал (Chilton, Beamish, 1982). Суть метода состоит в подсчете на поперечном сломе отолики гиалиновых (зимних) зон, интерпретируемых как “годовые” кольца по специфичным для минтая критериям (Буслов, 2009).

Валидность оценок возраста рыб по отоликам была подтверждена для минтая зал. Аляска радиоизотопным методом, а для минтая восточной части Берингова моря – рядом косвенных признаков, в том числе более чем 10-летним доминированием в уловах “суперурожайного” поколения

1978 г. рождения (Kastelle, Kimura, 2006; Kimura et al., 2006). Для минтая, обитающего в российских водах, исследований по верификации определения возраста по отоликам не проводили, однако использование отоликов в качестве регистрирующей структуры позволило сделать вывод, что минтай северной и восточной частей Охотского моря самый тугорослый в пределах ареала вида (Буслов, 2005). Учитывая высокую промысловую значимость охотоморского минтая, выявленные особенности роста требуют подтверждения, поскольку являются важным предиктором при определении объемов его вылова. В связи с вышесказанным анализ валидности оценок возраста и роста охотоморского минтая представляется весьма актуальным.

Многолетние наблюдения за динамикой численности минтая в восточной части Охотского моря показали, что в отдельные годы появляются высокочисленные (урожайные) поколения, которые в течение нескольких лет могут проявляться в виде пика в размерном составе уловов научных съемок (Овсянников, 2009). Известно, что анализ изменений во времени модальных размеров рыб урожайных поколений характеризует рост без использования регистрирующих структур (Яржомбек, 2011). Следовательно, сопоставление средней длины по возрастным группам, определенным по отоликам, с модальными размерами урожайных поколений в соответствующем возрасте позволяет

косвенно оценить валидность методики определения возраста по отолитам для минтая восточной части Охотского моря.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Данные по численности и размерному составу минтая восточной части Охотского моря получены при выполнении учетных траловых съемок, которые с 1997 г. регулярно проводятся в апреле по стандартной методике и сетке станций (Фадеев, 1999) (рис. 1). Численность генераций в годовалом возрасте определяли по материалам съемок с учетом коэффициентов естественной смертности, рассчитанных ранее для минтая восточной части Охотского моря (Ильин и др., 2014).

Лов минтая осуществляли разноглубинным канатным тралом РТ/ТМ-57/360 с ячеей 30 мм в кутцевой части и с мелкочечной вставкой (с ячеей 10 мм) на последних 10 м кутца (Авдеев, Овсянников, 2001; Овсянников и др., 2013). Длину тела по Смиту определяли у 300 рыб из каждого результативного траления, при меньших уловах измеряли всех особей. Для расчета итогового размерного состава численность пойманных рыб пересчитывали на часовое траление и умножали на коэффициент объемности, который позволяет учесть вертикальную составляющую пространственного распределения минтая (Волвенко, 1998). Всего за период исследований промерено свыше 200 тыс. особей из 980 тралений.

Данные о средней длине минтая по возрастным группам получены по отолитам, собранным в 1997–2013 гг. в (март–апрель) в ходе научно-исследовательских рейсов в восточной части Охотского моря (табл. 1). Возраст был определен у 5093 особей. Материалы для самцов и самок объединены, так как массовые промеры рыб проводили без разделения по полу.

Статистические оценки, в том числе показатели трансгрессии размерного состава возрастных групп, рассчитывали общепринятыми методами (Лакин, 1990).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Согласно данным, полученным по результатам анализа отоликов, продолжительность жизни минтая в восточной части Охотского моря достигает 20 лет. Однако рыбы такого возраста встречаются редко, а основу уловов составляет минтай 6–9-летнего возраста.

Численность поколений минтая в восточной части Охотского моря существенно варьирует по годам, причем разница между так называемыми урожайными и бедными годами достигает кратных значений. За 20-летний период наблюдений средняя численность годовиков составила около

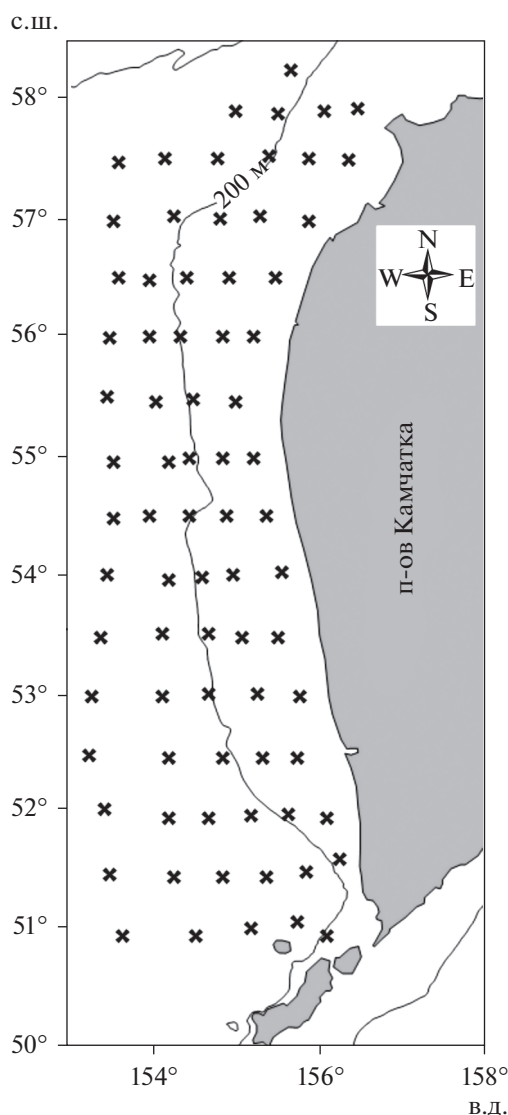


Рис. 1. Схема пелагической траловой съемки в восточной части Охотского моря.

10 млрд экз., и только в 1997, 2004 и 2011 гг. рождались сверхурожайные поколения, численность которых превышала 20 млрд экз. (рис. 2). В уловах траловых съемок они проявлялись уже в годовалом возрасте в виде пика на гистограммах размерного состава в диапазоне 11–14 см (рис. 3). В дальнейшем когорты, сформированные особями сверхурожайных генераций, достаточно четко прослеживались на мультимодальных размерных рядах на протяжении 7–9 лет, по мере роста рыб последовательно смещаясь вправо по оси абсцисс. Во всех трех случаях поколения, смежные с урожайными, не имели высокой численности, что позволяет уверенно интерпретировать пики в размерном составе, образованные рыбами трех указанных генераций. Таким образом, по имею-

**Таблица 1.** Средняя длина (см) минтая *Theragra chalcogramma* восточной части Охотского моря по возрастным группам, определенная на основе анализа отолитов

Возраст, годы	M	n	$\sigma$	SE
1	10.7	70	1.25	0.14
2	21.5	182	3.03	0.23
3	28.3	288	2.70	0.16
4	33.0	421	3.44	0.17
5	36.5	393	2.72	0.14
6	39.9	631	2.73	0.11
7	41.9	594	2.79	0.11
8	43.8	645	3.22	0.13
9	45.6	375	3.94	0.20
10	48.7	283	4.92	0.29
11	51.2	234	4.93	0.32
12	53.4	218	5.30	0.36
13	57.4	185	6.86	0.50
14	60.1	153	7.26	0.59
15	61.5	143	8.07	0.68
16	62.0	99	7.62	0.77
17	63.1	60	8.02	1.04
18	65.8	44	6.86	1.31
19	63.0	49	8.26	1.18
20	62.7	26	6.59	1.29

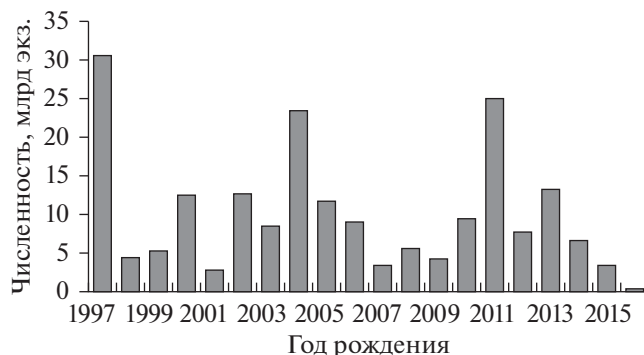
Примечание. M – средняя длина, n – количество рыб,  $\sigma$  – стандартное отклонение, SE – стандартная ошибка.

щимся размерным составом можно судить о модальной длине минтая до 8–9-летнего возраста.

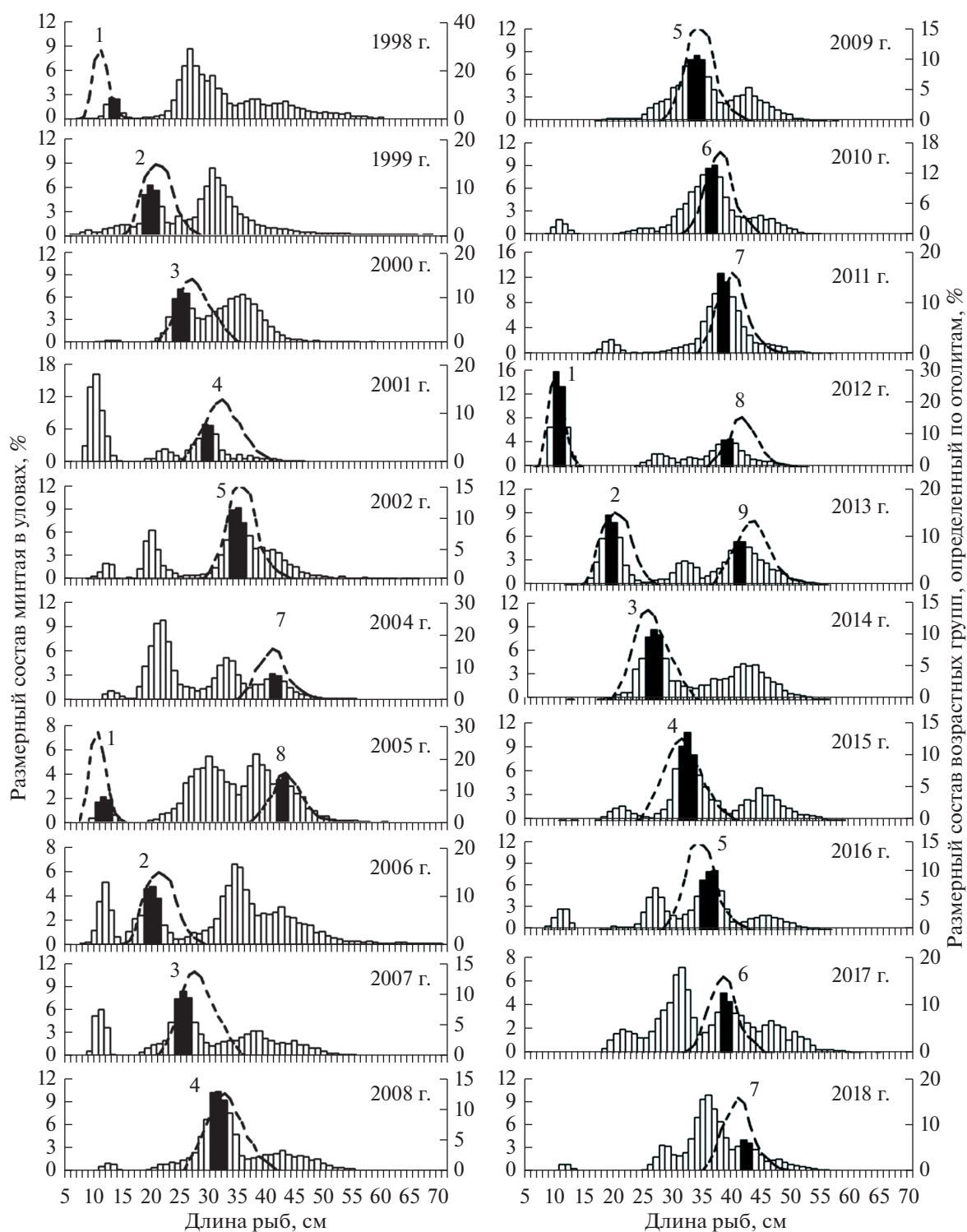
Анализ среднемноголетнего размерного состава возрастных когорт, определенных с использованием отолитов, свидетельствует о большой вариабельности индивидуального роста минтая (рис. 4). Разброс размеров годовиков достигает 7 см и с возрастом увеличивается, что приводит к значительной трансгрессии рядов (табл. 2). Например, быстрорастущие 3-летние рыбы почти в 90% случаях могут иметь размеры, характерные для 4-летних, а наиболее крупные особи по длине сопоставимы с тугорослыми 5–6-летками. Такая вариабельность размеров одновозрастных рыб не позволяет уверенно говорить о возрасте минтая, исходя из его длины, за исключением годовиков. Однако, если основываться на преобладающих размерах в возрастных когортах, то их последовательное смещение по оси абсцисс с возрастом четко прослеживается и сопоставимо со смещением модальных длин урожайных поколений (рис. 3).

По оценкам отолитов модальная длина годовиков составляет 10–12 см, в 2-летнем возрасте она увеличивается на 9–10 см, а в 3–4-летнем – на 5–7 см. В дальнейшем темп роста рыб снижается, и в последующих возрастных группах мо-

дальные размеры увеличиваются на 2–3 см в год. Если обратиться к динамике модальных длин у рыб урожайных поколений, то у всех трех рассматриваемых генераций значения в соответствующих возрастных группах оказались достаточно близкими (табл. 3). Судя по смещению мод, длина минтая за второй год жизни увеличивалась на 7–9 см, за третий – на 5–7 см, а после 6-летнего возраста приросты не превышали 1–3 см. Следует



**Рис. 2.** Численность поколений минтая *Theragra chalcogramma* в годовалом возрасте в восточной части Охотского моря.



**Рис. 3.** Размерный состав минтая *Theragra chalcogramma* в восточной части Охотского моря в уловах весенних траловых съемок. Темным выделены модальные размеры рыб урожайных поколений 1997, 2004 и 2011 гг. рождения; пунктир — среднемноголетний размерный состав соответствующих возрастных групп, определенных по отолитам (цифры — количество полных лет, определенных по отолитам). В 2003 г. исследования не проводились.

также отметить, что модальные размеры у рыб поколения 2011 г. рождения были больше, чем у двух других генераций.

Сопоставляя значения длин по возрастным группам, можно видеть, что зависимость “возраст—длина”, построенная по межгодовой дина-

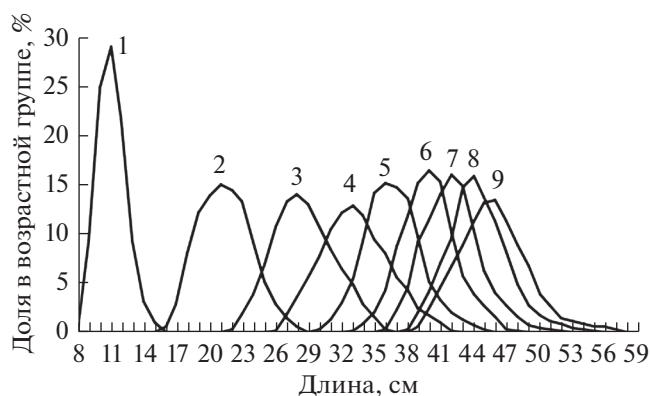


Рис. 4. Среднегодовой размерный состав возрастных групп минтая *Theragra chalcogramma* восточной части Охотского моря, полученный с использованием отолидов (1–9 – возраст).

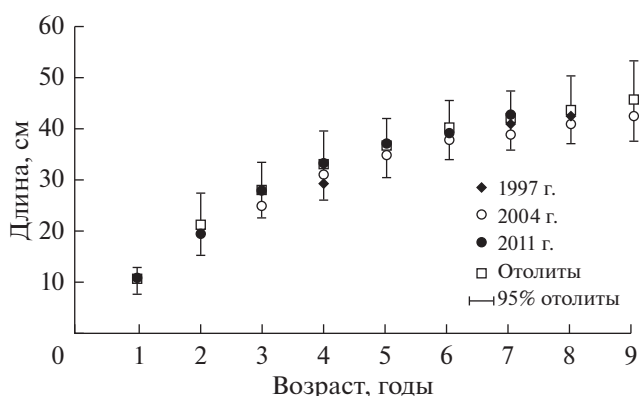


Рис. 5. Зависимость “возраст–длина” минтая *Theragra chalcogramma* восточной части Охотского моря по отолидам и модальным размерам рыб урожайных поколений в весенний период.

мике модальных размеров рыб урожайных поколений, аналогична таковой по оценкам возраста по отолидам (рис. 5). Все значения модальных длин не выходили за пределы 95% доверительного интервала для определений по отолидам.

ОБСУЖДЕНИЕ

Одним из свойств отолидов минтая является неравномерность отложения приростов и годовых колец в направлении одной из осей, поэтому часто могут образовываться дополнительные метки, которые не соответствуют критериям годовых колец и должны быть четко идентифицированы специалистом, определяющим возраст (Буслов, 2005). Следовательно, вывод о тугорослости восточноохотоморского минтая, сделанный ранее (Буслов, 2005), может быть результатом неправильного определения возраста. Значения длин по возрастным группам рыб, определенные двумя независимыми методами, оказались близки до 9-летнего возраста (рис. 3). Очевидно, что привязка к возрасту при анализе ежегодных измене-

ний модальной длины рыб лишена фактора субъективной ошибки. Следовательно, сопоставимость данных по длине в соответствующих возрастных группах служит доказательством правильной интерпретации годовых колец при определении возраста минтая по отолидам. В свою очередь, это может служить подтверждением высказанного ранее предположения о том, что минтай восточной части Охотского моря более тугорослый, чем других районов. Данное обстоятельство представляется актуальным в свете обоснования объемов его добычи.

Имеющиеся материалы не позволяют определить валидность оценок возраста у рыб старше 10 лет, однако логично полагать, что если критерии определения “годовых” колец до 9-летнего возраста верны, то и для рыб старше 10 лет они будут применимы. Известно, что в промысловый запас восточноохотоморского минтая основной вклад вносят особи в возрасте до 9 лет, в то время как численность более взрослых рыб незначительна (Буслов, 2005). В связи с этим подтверждение ва-

Таблица 2. Показатели трансгрессии размерного состава возрастных групп минтая *Theragra chalcogramma* восточной части Охотского моря

Возраст, годы	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	—	0.008	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	—	—	0.781	0.169	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	—	—	—	0.896	0.452	0.101	0.0	0.0	0.0
4	—	—	—	—	0.953	0.752	0.588	0.421	0.354
5	—	—	—	—	—	0.960	0.841	0.682	0.617
6	—	—	—	—	—	—	0.984	0.936	0.894
7	—	—	—	—	—	—	—	0.989	0.953
8	—	—	—	—	—	—	—	—	0.990

**Таблица 3.** Модальная длина (см) особей урожайных поколений минтая *Theragra chalcogramma* восточной части Охотского моря из уловов весенних траловых съемок

Возраст, годы	Поколения		
	1997 г.	2004 г.	2011 г.
1	13	12	12
2	20	20	20
3	25	25	28
4	29.5	31	33
5	35	35	37.5
6	—	38	39
7	41	39	42
8	42.5	41	—
9	—	42.5	—

лидности оценок для рассмотренных возрастных групп представляется наиболее важным, поскольку охватывает диапазон, формирующий основу промысловых уловов.

Таким образом, за 20-летний период наблюдений в восточной части Охотского моря трижды (1997, 2004 и 2011 гг.) появлялись сверхурожайные поколения минтая. Анализ ежегодных изменений модальных размеров этих генераций позволил определить скорость роста рыб до 7–9-летнего возраста. Сопоставление зависимостей “возраст–длина”, полученных по изменению модальных размеров и по оценкам возраста по прокаленным сломам отолита, показало отсутствие достоверных различий. Данные результаты могут служить подтверждением валидности оценок возраста минтая восточной части Охотского моря по отолитам.

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ НОРМ

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы ухода и использования животных были соблюдены.

#### ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках Комплексной программы рыбохозяйственных исследований на Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне в 2012–2016 гг. и Концепции развития рыбного хозяйства Российской Федерации до 2020 г. (одобрена распоряжением Правительства Российской Федерации от 2 сентября 2003 г. № 1265-р) в соответствии с тематическим планом научно-исследовательских работ ФГБНУ “ТИНРО-Центр” на 2018 г.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят сотрудников, осуществлявших сбор и обработку материалов в научно-исследовательских рейсах ФГБНУ “ТИНРО-Центр” в Охотском море в 1997–2013 гг.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Авдеев Г.В., Овсянников Е.Е.* Распределение минтая на первых годах жизни в восточной части Охотского моря // Изв. ТИНРО. 2001. Т. 128. С. 250–258.
- Андреев В.Л.* К методике определения возраста и роста минтая // Изв. ТИНРО. 1968. Т. 65. С. 253–257.
- Буслов А.В.* Рост минтая и размерно-возрастная структура его популяций. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2005. 228 с.
- Буслов А.В.* Определение возраста тресковых (Gadidae) дальневосточных морей: теоретические положения и методические подходы (обзор) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана: Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. 2009. Вып. 14. С. 32–46.
- Волвенко И.В.* Проблемы количественной оценки обилия рыб по данным траловой съемки // Изв. ТИНРО. 1998. Т. 124. С. 473–500.
- Дгебуадзе Ю.Ю.* Экологические закономерности изменчивости роста рыб. М.: Наука. 2001. 276 с.
- Ильин О.И., Трофимов И.К., Золотов А.О. и др.* Оценка естественной смертности тресковых рыб (Gadidae) прикамчатских вод // Тр. ВНИРО. 2014. Т. 151. С. 75–80.
- Кагановская С.М.* Материалы к познанию минтая // Изв. ТИНРО. 1950. Т. 32. С. 103–120.
- Лакин Г.Ф.* Биометрия. М.: Высшая школа. 1990. 352 с.
- Овсянников Е.Е.* Оценка урожайности поколений минтая в северной части Охотского моря // Изв. ТИНРО. 2009. Т. 157. С. 64–80.
- Овсянников Е.Е., Овсянникова С.Л., Шейбак А.Ю.* Динамика и структура запасов минтая в северной части Охотского моря // Изв. ТИНРО. 2013. Т. 172. С. 133–148.
- Фадеев Н.С.* Методика оценки запасов минтая по численности икры и размерно-возрастному составу // Биол. моря. 1999. Т. 29. № 3. С. 246–249.
- Яржомбек А.А.* Закономерности роста промысловых рыб. М.: Изд-во ВНИРО. 2011. 182 с.
- Beamish R.J., McFarlane G.A.* A discussion of the importance of aging errors, and an application to walleye pollock: the world's largest fishery // Recent Developments in fish otolith research. Univ. South Carolina Press: Columbia. 1995. P. 545–565.
- Bradford M.J.* Effects of ageing errors on recruitment time series estimated from sequential population analysis // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1991. V. 48. P. 555–558.
- Campana S.E.* Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods // J. Fish Biol. 2001. V. 59. P. 197–242.
- Chilton D.E., Beamish R.J.* Age determination methods for fishes studied by the Groundfish Program at the Pacific

- Biological Station // Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 1982. V. 60. P. 102.
- Ishida T.* On the age determination and morphometrical differences of the otolith of Alaska pollock in the Hokkaido Coast // Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab. 1954. № 11. P. 67.
- Kastelle C.R., Kimura D.K.* Age validation of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) from the Gulf of Alaska using the disequilibrium of Pb-210 and Ra-226 // ICES J. Mar. Sci. 2006. V. 63. P. 1520–1529.
- Kimura D.K., Kastelle C.R., Goetz B.J. et al.* Corroborating the age of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) // Mar. Freshwater Res. 2006. V. 57. P. 323–332.

## Validity of Otolith-Based Age Estimates for the Walleye Pollock *Theragra chalcogramma* (Pallas, 1814) from the Eastern Sea of Okhotsk

A. V. Buslov<sup>a</sup> and E. E. Ovsyannikov<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Pacific Branch, Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (TINRO), Vladivostok 690091, Russia*

Data on age of the walleye pollock *Theragra chalcogramma* (Pallas, 1814) from the eastern Sea of Okhotsk, determined by otolith analysis, are considered. A comparison of the age–length relationships, as inferred from variations in modal body size of fish of strong year-classes and from otolith-based age estimates, has shown no significant differences. This confirms the accuracy of the otolith-based estimates of walleye pollock age.

*Keywords:* walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, eastern Sea of Okhotsk, otoliths, age, body length, abundance, year-classes