

Научная статья

УДК 639.2.053:597.555.5

DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-881-891

EDN: QEPCHG



ОЦЕНКА НЕРЕСТОВОГО ЗАПАСА МИНТАЯ
GADUS CHALCOGRAMMUS СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ
ИХТИОПЛАНКТОННЫМ МЕТОДОМ С УЧЕТОМ УБЫЛИ ИКРЫ

А.В. Буслов, Е.Е. Овсянников, А.В. Смирнов*

Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО),
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

Аннотация. Предложен новый подход к расчету нерестового запаса минтая северной части Охотского моря по результатам стандартных ихтиопланктонных съемок. Для оценки реальной численности выметанной икры рассчитан средний возраст икринок на разных стадиях развития. В зависимости от возраста определены коэффициенты ее убыли во время эмбриогенеза. Расчеты показали, что на момент проведения съемок в 2019–2023 гг. недоучитывалось в среднем 27 % икринок на I стадии развития, 57 — на II, 74 — на III и 86 % — на IV стадиях. Восстановленная с учетом коэффициентов убыли численность выметанной в 2019–2023 гг. икры оказалась в 1,7–2,1 раза выше, чем при расчетах по стандартной методике. Биомасса нерестового запаса, рассчитанная по численности икры с учетом убыли, в среднем за 2019–2023 гг. составила 12,9 млн т, тогда как без убыли — 6,9 млн т. Новый метод расчета показал сопоставимость оценок нерестового запаса по ихтиопланктонным и траловым съемкам. Сделан вывод о необходимости использования откорректированной через коэффициенты убыли численности учтенной икры при расчетах нерестового запаса охотоморского минтая по ихтиопланктонному методу.

Ключевые слова: минтай, ихтиопланктонные съемки, численность икры, стадии развития икры, коэффициенты убыли, нерестовый запас

Для цитирования: Буслов А.В., Овсянников Е.Е., Смирнов А.В. Оценка нерестового запаса минтая *Gadus chalcogrammus* северной части Охотского моря ихтиопланктонным методом с учетом убыли икры // Изв. ТИНРО. — 2023. — Т. 203, вып. 4. — С. 881–891. DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-881-891. EDN: QEPCHG.

* Буслов Александр Вячеславович, кандидат биологических наук, заместитель руководителя филиала, aleksandr.buslov@tinro.ru, ORCID 0000-0002-4800-5666; Овсянников Евгений Евгеньевич, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией, evgeniy.ovsyannikov@tinro.ru, ORCID 0000-0002-8739-9442; Смирнов Анатолий Викторович, главный специалист, anatoliy.smirnov@tinro.ru, ORCID 0009-0006-7000-6725.

© Буслов А.В., Овсянников Е.Е., Смирнов А.В., 2023

Assessment of spawning stock for walleye pollock *Gadus chalcogrammus* Pallas, 1814 in the northern Okhotsk Sea by ichthyoplankton method taking into account the eggs mortality

Alexandr V. Buslov*, Evgeny E. Ovsiannikov, Anatoly V. Smirnov*****

*-*** Pacific branch of VNIRO (TINRO),

4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia

* Ph.D., deputy head, aleksandr.buslov@tinro.ru, ORCID 0000-0002-4800-5666

** Ph.D., head of laboratory, evgeniy.ovsiannikov@tinro.ru, ORCID 0000-0002-8739-9442

*** chief specialist, anatoliy.smirnov@tinro.ru, ORCID 0009-0006-7000-6725

Abstract. A new approach for assessment of the spawning stock of walleye pollock in the northern Okhotsk Sea on the data of ichthyoplankton surveys is proposed. To estimate the actual number of spawned eggs, average age of eggs at each stage of development was determined and the eggs mortality was estimated in dependence on age. For the spring ichthyoplankton surveys in 2019–2023, the eggs mortality was evaluated as 27 % for stage I, 57 % for the stage II, 74 % for the stage III, and 86 % for the stage IV — these portions of the spawned eggs were not caught and counted. So, the number of counted eggs was in 1.7–2.1 times lower than the actual number of spawned eggs. The spawning stock biomass was amounted as $12.9 \cdot 10^6$ t in 2019–2023, on average, on the base of the actual number of eggs determined taking into account the eggs mortality (while the biomass calculated from the counted number of eggs only would be $6.9 \cdot 10^6$ t). Results of the spawning stock estimation with this new method are comparable with the stock assessments by trawl surveys. The eggs number correction through mortality is recommended for calculation of the spawning stock for walleye pollock in the Okhotsk Sea using the ichthyoplankton method.

Keywords: walleye pollock, ichthyoplankton survey, number of fish eggs, stage of fish eggs development, fish eggs mortality coefficient, spawning stock

For citation: Buslov A.V., Ovsiannikov E.E., Smirnov A.V. Assessment of spawning stock for walleye pollock *Gadus chalcogrammus* Pallas, 1814 in the northern Okhotsk Sea by ichthyoplankton method taking into account the eggs mortality, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2023, vol. 203, no. 4, pp. 881–891. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-881-891. EDN: QEPCHG.

Введение

История применения ихтиопланктонных съемок для оценки нерестового запаса охотоморского минтая насчитывает не одно десятилетие и характеризуется многообразием методик их проведения и подходов к интерпретации полученных результатов [Качина, Сергеева, 1978; Фадеев, 1986; Золотов и др., 1987; Лисовенко, 2000; Варкентин и др., 2001]. Тихоокеанским филиалом ВНИРО (ТИНРО) с 1997 г. и по настоящее время учет развивающейся икры минтая и расчет нерестового запаса выполняются по методике, предложенной Н.С. Фадеевым [1999]. Что немаловажно, параллельно с этими работами численность производителей оценивается другим инструментальным методом — траловым [Смирнов и др., 2006]. Величины нерестового запаса, рассчитанные по ихтиопланктонной и траловой съемкам, в дальнейшем используются в качестве отдельных настроечных индексов в моделировании динамики численности минтая северной части Охотского моря [Ильин и др., 2016; Варкентин и др., 2021].

Вместе с тем многие исследователи указывали, что оценки нерестового запаса минтая, полученные по ихтиопланктонным съемкам, занижены из-за отсутствия представлений о смертности икры, выметанной до начала и во время учетов [Фадеев, Смирнов, 1987; Лисовенко, 2000; Кузнецов и др., 2008]. Однако каких-либо реализуемых решений этой проблемы не предлагалось.

Учитывая актуальность данного вопроса и тот факт, что ихтиопланктонные съемки в Охотском море выполняются на регулярной основе, для оценки величины убыли икры минтая во время эмбриогенеза были организованы и проведены специальные исследования [Буслов, Смирнов, 2021]. Определенные по результатам этой работы коэффициенты смертности икры позволили внести изменения в традиционные алгоритмы расчета и получить более объективные оценки нерестового запаса минтая северной части Охотского моря. Это и являлось целью настоящей статьи.

Материалы и методы

В работе использованы материалы ихтиопланктонных и траловых съемок 2019–2023 гг., по которым численность и биомасса нерестового запаса рассчитаны согласно стандартной методике [Фадеев, 1999] (рис. 1, табл. 1). В расчеты не включены данные по восточному побережью о. Сахалин по причине нерегулярности проведения исследований в этом районе. Таким образом, с позиции рыбопромыслового районирования, речь идет о минтае, который добывают в Камчатско-Курильской, Западно-Камчатской и Северо-Охотоморской подзонах. В 2019 г. съемка была выполнена на НИС «ТИНРО», в остальные годы — на НИС «Профессор Кагановский».

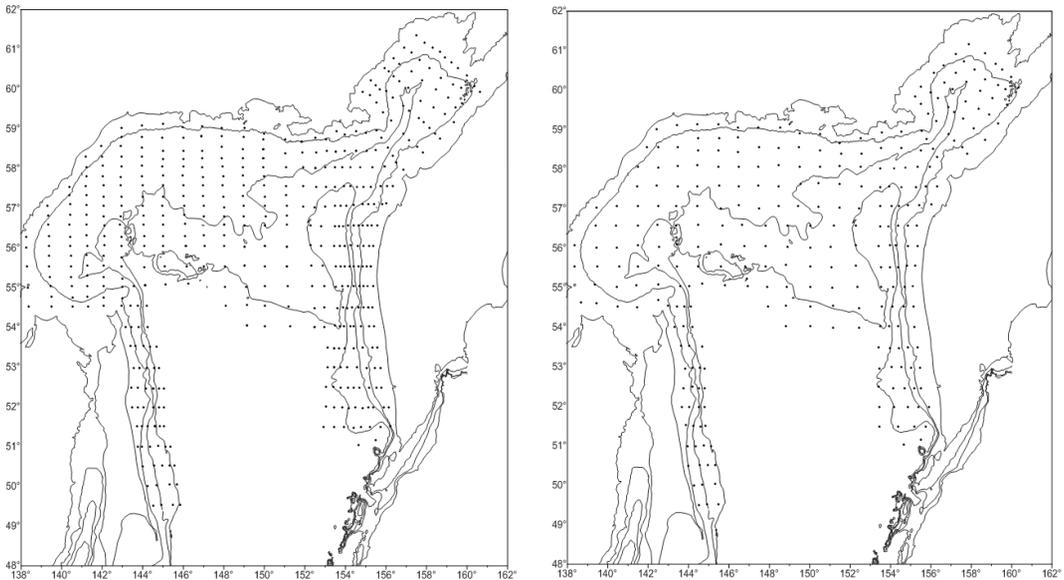


Рис. 1. Схема стандартной ихтиопланктонной (слева) и траловой (справа) съемок по оценке ресурсов минтая северной части Охотского моря

Fig. 1. Schemes of standard ichthyoplankton survey (left) and trawl survey (right) in the northern Okhotsk Sea for assessment the stock of walleye pollock

Необходимо отметить, что методикой проведения ихтиопланктонных съемок предусмотрено определение стадий развития пойманной икры по 4-балльной шкале Расса, адаптированной для минтая (табл. 2) [Горбунова, 1951]. Однако при дальнейших расчетах нерестового запаса степень развития икринок (т.е. их возраст в терминах продолжительности развития) не учитывается, и икра всех стадий просто суммируется. Тем самым допускается, что смертность икры минтая равна 0, вне зависимости от длительности ее пребывания в воде.

В то же время представления о возрасте икры необходимы для определения коэффициентов ее убыли и последующей их интеграции в процедуру расчетов нерестового запаса. Для этого по уравнениям (1–4) определяли продолжительность

Таблица 1

Данные для расчета нерестового запаса минтая северной части Охотского моря, полученные по результатам съемок 2019–2023 гг.

Table 1

Data for calculating the spawning stock of walleye pollock in the northern Okhotsk Sea obtained in the surveys conducted in 2019–2023

Показатель	2019	2020	2021	2022	2023
Средневзвешенная к уловам икры температура воды в слое 0–50 м, °С	–0,36	–0,19	–0,39	+0,10	–0,47
Общее количество учтенной икры, $\times 10^{13}$ экз.	42,94	48,89	55,20	57,39	50,82
Плодовитость отнерестившихся самок, тыс. икринок	149,08	140,83	146,72	142,64	163,10
Доля отнерестившихся самок, %	40,4	44,1	41,7	42,7	38,5
Доля самок в нерестовом запасе, %	52,7	52,0	59,9	57,6	57,5
Численность нерестового запаса по икорной съемке, млрд экз.	13,56	15,16	15,10	17,10	15,16
Средняя масса производителей, кг	0,422	0,442	0,457	0,437	0,493
Биомасса нерестового запаса по икорной съемке, млн т	5,74	6,72	6,90	7,48	7,51
Биомасса нерестового запаса по траловой съемке, млн т	8,73	10,46	12,35	10,21	9,56

Таблица 2

Соотношение стадий развития икры минтая в уловах ихтиопланктонных съемок в северной части Охотского моря в 2019–2023 гг., %

Table 2

Ratio of the egg development stages for walleye pollock in the catches of ichthyoplankton surveys in the northern Okhotsk Sea in 2019–2023, %

Год	Дата начала съемки	Стадия развития				Средняя стадия
		I стадия	II стадия	III стадия	IV стадия	
2019	06 апреля	61,0	38,4	0,6	0,0	1,39
2020	10 апреля	64,1	32,0	3,3	0,6	1,40
2021	12 апреля	49,4	46,4	3,9	0,3	1,55
2022	11 апреля	41,0	46,5	9,6	2,9	1,74
2023	01 апреля	73,7	25,1	1,2	0,0	1,28

каждой стадии развития икринок в зависимости от температуры воды [Буслов, Сергеева, 2013]:

$$T_{(I)} = 8,825 \exp^{(-0,199 \cdot t)}; \quad (1)$$

$$T_{(II)} = 8,399 \exp^{(-0,899 \cdot t)}; \quad (2)$$

$$T_{(III)} = 9,387 \exp^{(-0,297 \cdot t)} + 3,042; \quad (3)$$

$$T_{(IV)} = 11,938 \exp^{(-0,382 \cdot t)} + 0,495; \quad (4)$$

где $T_{(I-IV)}$ — продолжительность соответствующей стадии, сут; t — температура воды, в которой развивалась икра, °С.

Известно, что в Охотском море икра развивается преимущественно в верхнем 50-метровом слое, поэтому для характеристики температурных условий использовали этот диапазон [Зверькова, 2003].

При расчетах возраста икринок допускали, что в момент поимки они находились в середине соответствующей стадии развития. Соответственно, убыль икринок рассчитывали за период от вымета до середины каждой стадии, выраженный в сутках. Величину убыли икры приняли неизменной в межгодовом аспекте.

Коэффициенты смертности икры получали по уравнению

$$A = 0,279 \cdot \ln(t) - 0,156, \quad (5)$$

где A — коэффициент общей убыли; t — возраст икры, сут. Данное уравнение подобрано нами по опубликованным ранее данным (рис. 2) [Буслов, Смирнов, 2021]. Необходимо отметить, что вышеприведенное уравнение не несет биологического

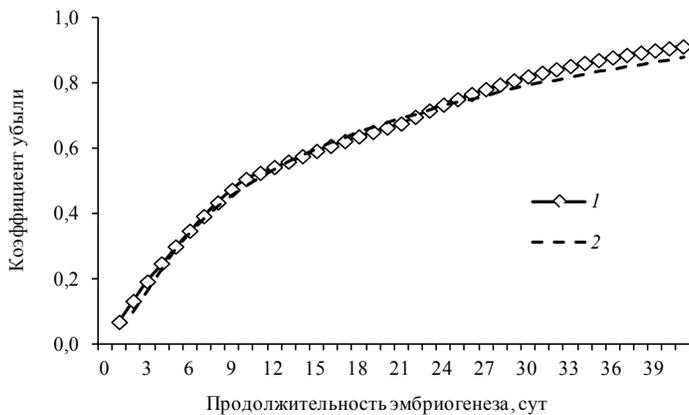


Рис. 2. Кривая общей смертности икринок минтая в процессе эмбриогенеза в Охотском море: 1 — по экспериментальным данным [Буслов, Смирнов, 2021]; 2 — по уравнению (5)

Fig. 2. Curves of the eggs total mortality during embryogenesis for walleye pollock in the Okhotsk Sea: 1 — by experimental data [Buslov, Smirnov, 2021]; 2 — by Equation (5)

смысла, однако удовлетворительно описывает изменения коэффициентов убыли на временном отрезке от 3 сут развития до конца эмбриогенеза ($R^2 = 0,98$). Это делает его удобным для использования с учетом того, что рассчитанные нами ранее коэффициенты убыли икры за первые и вторые сутки развития составляют соответственно 0,069 и 0,133.

Оценки биомасс нерестового запаса минтая по модели «Synthesis» за 2019–2023 гг. были любезно предоставлены сотрудниками Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО) А.И. Варкентиным и О.И. Ильиным.

Результаты и их обсуждение

За рассматриваемый 5-летний период термические условия, в которых развивалась икра охотоморского минтая, были достаточно схожи. Во все годы, за исключением 2022 г., температура воды в районе воспроизводства минтая была слабоотрицательной (см. табл. 1). Разница за весь рассматриваемый период не превышала 0,6 °С, поэтому продолжительность стадий, а соответственно возраст и коэффициенты убыли, в межгодовом аспекте изменялись незначительно (табл. 3). Исходя из рассчитанной длительности стадий, средний возраст икринок на I стадии развития составлял около 5 сут, на II стадии — 14, на III — 25 и на IV — 38 сут. При таких возрастных характеристиках и соответствующих им коэффициентах убыли на момент проведения съемок из учетов (по причине гибели) выпадало в среднем 27 % икринок на I стадии, 57 — на II, 74 — на III и 86 % — на IV стадиях.

Данные о количестве учтенной икры и соотношении стадий развития во время съемок (см. табл. 1, 2) позволяют через коэффициенты убыли рассчитать величину ее недооценки за каждый год исследований, другими словами, восстановить численность икры на момент вымета (табл. 4). Как видно, разница в оценках оказалась в 1,7–2,1 раза больше в пользу метода, учитывающего смертность. При этом наибольшие расхождения между учтенной и восстановленной численностью икры пришлось на 2021–2022 гг., что не удивительно, если обратить внимание на ее структуру. Вышеприведенные данные свидетельствуют о том, что в эти годы облавливалась наиболее «старая» икра, характеризовавшаяся практически равным соотношением I и II стадий развития. Соответственно, икринки на II стадии, находившиеся в воде около двух недель, на момент вымета имели численность в два раза большую, чем во время съемки, что и обусловило существенную разницу между учтенной и восстановленной численностью икры. Кроме того, следует отметить, что на эти годы

Таблица 3

Продолжительность стадий, средний возраст и коэффициенты убыли икринок минтая в течение развития в 2019–2023 гг., сут

Table 3

Duration of development stages, average age, and mortality for eggs of walleye pollock in the northern Okhotsk Sea in 2019–2023, days

Год	Стадия развития			
	I стадия	II стадия	III стадия	IV стадия
	<i>Продолжительность стадий</i>			
2019	9,5	9,0	13,5	14,2
2020	9,2	8,7	13,0	13,3
2021	9,5	9,0	13,6	14,4
2022	8,6	8,2	12,2	12,0
2023	9,7	9,2	13,8	14,8
Среднее	9,3	8,8	13,2	13,7
	<i>Возраст икринок к середине стадий</i>			
2019	4,7	14,0	25,2	39,1
2020	4,6	13,5	24,4	39,3
2021	4,8	14,1	25,4	39,3
2022	4,3	12,8	23,0	35,0
2023	4,9	14,3	25,8	40,1
Среднее	4,7	13,7	24,7	38,2
	<i>Коэффициенты убыли икры до середины стадий</i>			
2019	0,278	0,580	0,744	0,867
2020	0,269	0,570	0,735	0,855
2021	0,280	0,581	0,746	0,869
2022	0,253	0,555	0,718	0,836
2023	0,284	0,586	0,751	0,874
Среднее	0,273	0,574	0,739	0,860

Таблица 4

Численность икры минтая, учтенная во время ихтиопланктонных съемок без коэффициентов убыли (1) и с учетом коэффициентов убыли (2), $\times 10^{13}$ экз.

Table 4

Counted number of the pollock eggs collected in the ichthyoplankton surveys in 2019–2023 (1) and actual number of the eggs estimated taking into account their mortality (2), $\times 10^{13}$ eggs

Год	Стадия развития								Всего	
	I стадия		II стадия		III стадия		IV стадия			
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
2019	26,20	36,29	16,49	39,24	0,24	0,94	0,01	0,09	42,94	76,57
2020	31,35	42,86	15,64	36,41	5,99	1,59	0,31	2,14	48,89	87,41
2021	27,29	37,90	25,63	61,24	2,13	8,39	0,15	1,14	55,20	108,67
2022	23,54	31,49	26,66	59,86	5,54	19,67	1,65	10,07	57,39	121,10
2023	37,47	52,35	12,74	30,75	0,59	2,37	0,02	0,19	50,82	85,66

приходились максимумы учтенной икры. И тот факт, что такое ее количество более чем наполовину обеспечивала икра поздних стадий (II–IV), позволяет предполагать гораздо большую численность производителей, продуцировавших эту икру, чем та, которая рассчитана по стандартной ихтиопланктонной методике.

В связи с вышесказанным заметим, что согласно данным, приведенным в табл. 1, величины нерестового запаса минтая, полученные по траловому методу, существенно превышали таковые по ихтиопланктонному. За рассматриваемый период разница колебалась от 2,1 до 5,5 млн т, составив в среднем 3,4 млн т, или 33 %, относительно траловых оценок. С учетом того, что в конце 1990-х — начале 2000-х гг. нерестовый

запас минтая в северной части Охотского моря в целом не превышал 4 млн т [Авдеев и др., 2001; Балыкин и др., 2002; Овсянников и др., 2013], такая разница представляется весьма существенной. При этом количество икры, учтенное в 2020–2023 гг., было максимальным за всю историю проведения ихтиопланктонных съемок по методике ТИНРО. Данное обстоятельство косвенно указывает на то, что в начале третьего десятилетия XXI века в северной части Охотского моря сформировался беспрецедентно высокий уровень нерестового запаса минтая, который траловыми съемками подтверждался, а ихтиопланктонными нет.

Однако если в качестве исходной величины принять численность икры с учетом ее убыли, то при всех стандартных процедурах расчета оценки нерестового запаса по ихтиопланктонным съемкам оказались сопоставимы с траловыми и даже превышали их (рис. 3). В целом два метода подтверждают, что в период 2019–2023 гг. биомасса нерестового запаса колебалась у отметки 10 млн т и более. Согласно результатам траловых съемок пик биомассы, составлявший 12,4 млн т, приходился на 2021 г., в то время как по ихтиопланктонному методу, учитывающему убыль икры, максимум наблюдался в 2022 г. и составлял 15,8 млн т. В пользу последнего свидетельствует наибольшее количество учтенной икры в этом году, а также тот факт, что более половины ее (59 %) находилось уже на поздних стадиях развития, о чем упоминалось выше. Можно допустить, что часть производителей, отметавших икру в 2022 г., быстро мигрировала из районов нереста и не была учтена траловой съемкой.

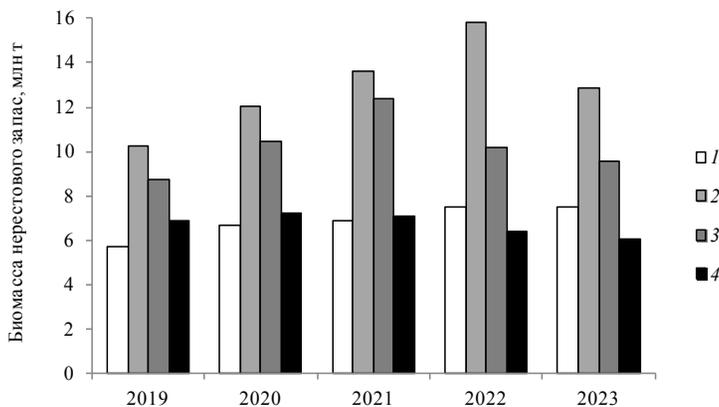


Рис. 3. Биомасса нерестового запаса минтая в северной части Охотского моря, рассчитанная по стандартному ихтиопланктонному методу (1), по ихтиопланктонному методу с учетом убыли икры (2), по траловому методу (3) и по модели «Synthesis» (4)

Fig. 3. Biomass of the pollock spawning stock in the northern Okhotsk Sea assessed by the standard ichthyoplankton method (1), by the new approach with accounting the eggs mortality (2), by the trawl method (3), and by the Synthesis model (4)

Тем не менее, не отдавая приоритет какому-либо из двух методов, для объективных представлений о нерестовом запасе можно оперировать средней для обоих подходов оценкой, которая за пятилетний период составила 11,6 млн т. Таким образом, два независимых инструментальных метода показывают экстремально высокий уровень нерестового запаса. При этом по результатам моделирования средняя биомасса производителей в 2019–2023 гг. составила всего 6,7 млн т, что в 1,7 раза меньше, чем показывают методы прямого учета (см. рис. 3). Логично предположить, что на результаты модельных расчетов в определенной степени оказывали влияние оценки, полученные ихтиопланктонным методом без учета смертности икры, по которым средняя биомасса нерестового запаса за рассматриваемый пятилетний период составила близкие к модельным 6,9 млн т.

Охотоморский минтай характеризуется самым медленным по ареалу темпом роста [Буслов, 2005; Буслов, Овсянников, 2019], что с учетом закономерностей его полового

созревания [Сергеева и др., 2011] позволяет в первом приближении ассоциировать нерестовый запас с промысловым. Исходя из вышесказанного, есть все основания полагать, что доступные для промысла ресурсы минтая в северной части Охотского моря в 2021–2022 гг. достигли пика при величине порядка 13 млн т и, несмотря на начавшееся снижение, продолжают оставаться на высоком уровне.

Таким образом, с учетом вышеприведенных фактов, представляется целесообразным закладывать в стандартную методику расчетов нерестового запаса охотоморского минтая по ихтиопланктонным съемкам численность учтенной икры, откорректированную через коэффициенты убыли.

Заключение

Одним из основных методов прямого учета нерестового запаса минтая в северной части Охотского моря продолжают оставаться ихтиопланктонные съемки. Действующая методика расчетов численности производителей от количества учтенной икры не учитывает ее смертность до начала и во время учетов. Предложенный в статье расчет реальной численности выметанной икры с применением коэффициентов убыли свидетельствует, что на момент проведения съемок из учетов (по причине гибели) выпадает в среднем 27 % икринок на I стадии, 57 — на II, 74 — на III и 86 % — на IV стадиях. Восстановленная с учетом коэффициентов убыли численность выметанной в 2019–2023 гг. икры оказалась в 1,7–2,1 раза выше, чем при расчетах по стандартной методике.

Оценки нерестового запаса, полученные по ихтиопланктонному методу без учета смертности икры в 2019–2023 гг., были на 2,1–5,5 млн т меньше, чем по траловому методу. Применение численности икры с учетом ее убыли в качестве исходной расчетной величины показало сопоставимость оценок нерестового запаса по ихтиопланктонным и траловым съемкам. Осредненная по двум методам биомасса нерестового запаса за период 2019–2023 гг. составила 11,6 млн т, что существенно больше, чем по результатам моделирования и ихтиопланктонному методу без учета смертности — соответственно 6,7 и 6,9 млн т. В связи с этим в стандартную методику расчетов нерестового запаса охотоморского минтая по ихтиопланктонным съемкам предлагается закладывать численность учтенной икры, откорректированную через коэффициенты убыли. Предложенный в настоящей работе подход позволяет получать более объективные оценки родительского стада, которые, в свою очередь, необходимо использовать в качестве одного из основных настроечных индексов в моделировании запасов охотоморского минтая.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Авторы признательны сотрудникам камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО) А.И. Варкентину и О.И. Ильину за предоставленные данные по моделированию численности минтая.

The authors are grateful to A.I. Varkentin and O.I. Ilyin (KamchatNIRO) for providing the data on modeling the stock of walleye pollock.

Финансирование работы (FUNDING)

Исследование не имело спонсорской поддержки.

This study did not receive any special funding.

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

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

All applicable international, national and/or institutional guidelines for the care and use of animals have been followed. The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)

А.В. Буслов — идея работы, расчеты, анализ данных и написание статьи; Е.Е. Овсянников — анализ данных, участие в написании статьи; А.В. Смирнов — сбор материалов, анализ данных, обсуждение полученных результатов.

A.V. Buslov — conception of the study, calculations, data analysis, and the text writing; E.E. Ovsyannikov — data analysis and partially the text writing; A.V. Smirnov — data collection, processing and analysis, discussing the results.

Список литературы

- Авдеев Г.В., Смирнов А.В., Фронек С.Л.** Основные черты динамики численности минтая северной части Охотского моря в 90-е гг. // Изв. ТИНРО. — 2001. — Т. 128. — С. 207–221.
- Балькин П.А., Буслов А.В., Варкентин А.И. и др.** Межгодовая динамика запасов минтая в восточной части Охотского моря и их современное состояние // Вопр. рыб-ва. — 2002. — Т. 3, № 4(12). — С. 667–674.
- Буслов А.В.** Рост минтая и размерно-возрастная структура его популяций : моногр. — Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2005. — 226 с.
- Буслов А.В., Овсянников Е.Е.** Валидность оценок возраста минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas, 1814) восточной части Охотского моря по отолитам // Биол. моря. — 2019. — Т. 45, № 5. — С. 349–355. DOI: 10.1134/S0134347519050024.
- Буслов А.В., Сергеева Н.П.** Эмбриогенез и раннее постэмбриональное развитие тресковых рыб дальневосточных морей // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2013. — Вып. 29. — С. 5–69.
- Буслов А.В., Смирнов А.В.** Смертность икринок минтая *Gadus chalcogrammus* Pallas, 1814 в течение эмбриогенеза в водах западного побережья Камчатки // Биол. моря. — 2021. — Т. 47, № 4. — С. 228–234. DOI: 10.31857/S0134347521040045.
- Варкентин А.И., Буслов А.В., Тепнин О.Б.** Некоторые особенности нереста и распределения икры минтая в водах западной Камчатки // Изв. ТИНРО. — 2001. — Т. 128. — С. 177–187.
- Варкентин А.И., Сергеева Н.П., Ильин О.И., Овсянников Е.Е.** Промысел, размерно-возрастной состав, состояние запасов и перспективы вылова минтая (*Gadus chalcogrammus*, Pallas, 1814) на акватории, прилегающей к Камчатскому полуострову и Северным Курильским островам // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2021. — Вып. 60. — С. 5–42. DOI: 10.15853/2072-8212.2021.60.5-42.
- Горбунова Н.Н.** Икра минтая и ее развитие // Изв. ТИНРО. — 1951. — Т. 34. — С. 89–97.
- Зверькова Л.М.** Минтай. Биология, состояние запасов : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2003. — 248 с.
- 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.
- Ильин О.И., Варкентин А.И., Смирнов А.В.** Об одном модельном подходе к оценке запасов минтая *Theragra chalcogramma* в северной части Охотского моря // Изв. ТИНРО. — 2016. — Т. 186. — С. 107–117. DOI: 10.26428/1606-9919-2016-186-107-117.
- Качина Т.Ф., Сергеева Н.П.** Методика расчета нерестового запаса восточноохотского минтая // Рыб. хоз-во. — 1978. — № 12. — С. 13–14.
- Кузнецов В.В., Котенев Б.Н., Кузнецова Е.Н.** Проблемы оценки численности и допустимого изъятия североохотоморского минтая *Theragra chalcogramma* // Вопр. рыб-ва. — 2008. — Т. 9, № 2(34). — С. 276–293.
- Лисовенко Л.А.** Размножение рыб с прерывистым оогенезом и порционным нерестом на примере минтая западной Камчатки : моногр. — М. : ВНИРО, 2000. — 111 с.
- Овсянников Е.Е., Овсянникова С.Л., Шейбак А.Ю.** Динамика и структура запасов минтая в северной части Охотского моря в 2000-е гг. // Изв. ТИНРО. — 2013. — Т. 172. — С. 133–148.

Сергеева Н.П., Варкентин А.И., Буслов А.В. Закономерности полового созревания, половой цикл и шкала стадий зрелости гонад минтая (*Theragra chalcogramma*) // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2011. — № 23. — С. 33–69

Смирнов А.В., Авдеев Г.В., Николаев А.В., Шевцов В.И. Об оценке запасов охотоморского минтая инструментальными методами // Тр. ВНИРО. — 2006. — Т. 146. — С. 132–152.

Фадеев Н.С. Методика оценки запасов минтая по численности икры и размерно-возрастному составу // Биол. моря. — 1999. — Т. 25, № 3. — С. 246–249.

Фадеев Н.С. Распределение икры и личинок минтая в северной части Охотского моря // Биол. моря. — 1986. — № 6. — С. 15–22.

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

References

Avdeev, G.V., Smirnov, A.V., and Fronck, S.L., Interannual dynamics of pollock abundance in the northern Okhotsk Sea in 1990s, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2001, vol. 128, no. 1, pp. 207–221.

Balykin, P.A., Buslov, A.V., Varkentin, A.I., Zolotov, O.G., and Sergeeva, N.P., Walleye pollock stock interannual dynamics and its modern status in the eastern Sea of Okhotsk, *Vopr. Rybolov.*, 2002, vol. 3, no. 4(12), pp. 667–674.

Buslov, A.V., *Rost mintaya i razmerno-vozrastnaya struktura yego populyatsiy* (Pollock growth and size-age structure of its populations), Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2005.

Buslov, A.V. and Ovsyannikov, E.E., The validity of otolith-based age estimates for the walleye pollock *Theragra chalcogramma* (Pallas, 1814) from the eastern Sea of Okhotsk, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2019, vol. 45, no. 5, pp. 370–376. doi 10.1134/S106307401905002X

Buslov, A.V. and Sergeeva, N.P., Embryogenesis and early postembryonic development of codfishes of the far eastern seas, *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana*, 2013, vol. 29, pp. 5–69.

Buslov, A.V. and Smirnov, A.V., The egg mortality in walleye pollock (*Gadus chalcogrammus* Pallas, 1814) during embryogenesis in waters off the western Kamchatka coast, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2021., vol. 47, № 4, pp. 249–255. doi 10.1134/S1063074021040040

Varkentin, A.I., Buslov, A.V., and Tepnin, O.B., Some peculiarities of pollock spawning and eggs distribution off western Kamchatka, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2001, vol. 128, pp. 177–187.

Varkentin, A.I., Sergeeva, N.P., Ilyin, O.I., and Ovsyannikov, E.E., Walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*, Pallas, 1814) fishery, size and age composition, state of stocks and catch prospects in the waters adjacent to Kamchatka peninsula and Northern Kuril Islands, *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana*, 2021, vol. 60, pp. 5–42. doi 10.15853/2072-8212.2021.60.5-42

Gorbunova, N.N., Pollock roe and its development, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1951, vol. 34, pp. 89–97.

Zverkova, L.M., *Mintay. Biologiya, sostoyaniye zapasov* (Pollock Biology, stock status), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2003.

Zolotov, O.G., Kachina, T.F., and Sergeeva, N.P., Stock assessment of East Okhotsk pollock, in *Populyatsionnaya struktura, dinamika chislennosti i ekologiya mintaya* (Population structure, population dynamics and ecology of pollock), Vladivostok: TINRO, 1987, pp. 65–73.

Ilyin, O.I., Varkentin, A.I., and Smirnov, A.V., On one model approach to assessment of state for the stock of walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the northern Okhotsk Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2016, vol. 186, pp. 107–117. doi 10.26428/1606-9919-2016-186-107-117

Kachina, T.F. and Sergeeva, N.P., A method of counting the spawning stocks of the Eastern Kamchatka Walleye Pollock, *Rybn. Khoz.*, 1978, vol. 12, pp. 13–14.

Kuznetsov, V.V., Kotenev, B.N., and Kuznetsova, E.N., The problems of assessment of abundance and tac of the Northern Okhotsk sea pollock (*Theragra chalcogramma*) stock, *Vopr. Rybolov.*, 2008, vol. 9, no. 2(34), pp. 276–293.

Lisovenko, L.A., *Razmnozheniye ryb s preryvistym oogenezom i portsiionnym nerestom na primere mintaya zapadnoy Kamchatki* (Reproduction of fish with intermittent oogenesis and batch spawning using the example of pollock from western Kamchatka), Moscow: VNIRO, 2000.

Ovsyannikov, E.E., Ovsyannikova, S.L., and Sheybak, A.Yu., Dynamics and structure of walleye pollock stock in the northern Okhotsk Sea in the 2000s, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2013, vol. 172, pp. 133–148.

Sergeeva, N.P., Varkentin, A.I., and Buslov A.V., Naturel maturation, cyclic stages and gonad maturation stage scaling for walleye pollock (*Theragra chalcogramma*), *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana.*, 2011, vol. 23, pp. 33–69.

Smirnov, A.V., Avdeev, G.V., Nikolaev, A.V., and Shevtsov, V.I., On the assessment of the Okhotsk pollock stocks by instrumental methods, *Tr. Vses. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2006, vol. 146, pp. 132–152.

Fadeev, N.S., Methodology for assessing pollock stocks based on the number of eggs and size-age composition, *Russ. J. Mar. Biol.*, 1999, vol. 25, no. 3, pp. 246–249.

Fadeev, N.S., Distribution of eggs and larvae of the Alaska pollack in the northern Okhotsk Sea, *Sov. J. Mar. Biol.*, 1986, no. 6, pp. 15–22.

Fadeev, N.S. and Smirnov, A.V., Estimation of the abundance of eggs and spawners of walleye pollock in the northern Okhotsk Sea, *Sov. J. Mar. Biol.*, 1987, no. 4, pp. 19–25.

Поступила в редакцию 13.09.2023 г.

После доработки 27.09.2023 г.

Принята к публикации 30.11.2023 г.

*The article was submitted 13.09.2023; approved after reviewing 27.09.2023;
accepted for publication 30.11.2023*