

Научная статья / Original article  
УДК 597.562:597-131:57.087.1  
doi:10.15853/2072-8212.2022.64.80-84



## К ОЦЕНКЕ ПРОДУКЦИИ ИКРЫ МИНТАЯ (*GADUS CHALCOGRAMMUS*) В КАНЬОНАХ АВАЧИНСКОГО ЗАЛИВА

Ильин Олег Игоревич, Саушкина Дарья Ярославовна

Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («КамчатНИРО»), Петропавловск-Камчатский, Россия, [ilin.o.i@kamniro.ru](mailto:ilin.o.i@kamniro.ru); [melnik.d.y@kamniro.ru](mailto:melnik.d.y@kamniro.ru)

**Аннотация.** В настоящей работе по данным проведенных ихтиопланктонных исследований с помощью математического моделирования оцениваются общая продукция икры в «реперных» точках каньонов, дата пика нереста, продолжительность нереста и коэффициенты убыли икры в каньонах Авачинского залива в 2014–2018 гг. Установлено, что в рассматриваемый период интенсивность нереста восточнокамчатского минтая в глубоководных каньонах снизилась по сравнению с периодом 2003–2013 гг.

**Ключевые слова:** минтай, икра, стадия развития, продукция, убыль

**Благодарности:** авторы признательны сотрудникам лаборатории морских промысловых рыб КамчатНИРО И.Ю. Спирину, С.В. Агафонову, А.В. Виноградской, проводившим обловы ихтиопланктона и обработку проб.

**Для цитирования:** Ильин О.И., Саушкина Д.Я. К оценке продукции икры минтая (*Gadus chalcogrammus*) в каньонах Авачинского залива // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2022. № 64. С. 80–84.

## ON THE ESTIMATION OF EGG PRODUCTION OF WALLEYE POLLOCK (*GADUS CHALCOGRAMMUS*) IN THE CANYONS OF AVACHA GULF

Oleg I. Ilyin, Darya Ya. Saushkina

Kamchatka Branch of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography (“KamchatNIRO”), Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, [ilin.o.i@kamniro.ru](mailto:ilin.o.i@kamniro.ru); [melnik.d.y@kamniro.ru](mailto:melnik.d.y@kamniro.ru)

**Abstract.** Total egg production in the “reference” points of canyons, date of peak spawning, duration of spawning and coefficients of egg losses are evaluated in this work on the data of ichthyoplankton survey math simulation for the canyons of Avacha Gulf for 2014–2018. It has been figured out that during the period analyzed, the spawning intensity of walleye pollock in the canyons decreased compared to the period 2003–2013.

**Keywords:** walleye pollock, fish eggs, stage of development, production, losses

**Acknowledgments:** authors are grateful to I.Yu. Spirin, S.V. Agafonov and A.V. Vinogradskaya, who provided sampling and processing ichthyoplankton.

**For citation:** Ilyin O.I., Saushkina D.Ya. On the estimation of egg production of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*) in the canyons of Avachinsky Gulf. The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean. 2022. Vol. 64. P. 80–84. (In Russian)

Основные нерестилища восточнокамчатского минтая располагаются в глубоководных каньонах Авачинского и Кроноцкого заливов и на шельфе Юго-Восточной Камчатки (Буслов и др., 2004). Наиболее интенсивное икрометание («эпицентры нереста») наблюдается именно в каньонах Авачинского залива, где квазистационарный характер динамики вод препятствует выносу развивающейся икры из глубоких впадин (Буслов, Тепнин, 2002; Буслов и др., 2004). При этом основное количество икринок развивается в слое 300–500 м, где температура воды относительно постоянна.

В работе О.И. Ильина и Н.П. Сергеевой (2014) с помощью математического моделирования оценена общая продукция икры в «реперных» точках каньонов, дата пика нереста, продолжительность нереста и коэффициенты убыли икры в каньонах Авачинского залива по данным ихтиопланктонных исследований в 2003–2013 гг. Поскольку в 2014–2019 гг. ихтиопланктонные обловы в «эпицентрах нереста» восточнокамчатского минтая также проводились, на наш взгляд, назрела необходимость в оценке общей продукции и убыли икры в этот период и сравнении этих оценок с предыдущими результатами.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В основу настоящей работы положены материалы, собранные при выполнении ихтиопланктонных съемок на НИС «Инженер Мартынов» весной 2014–2019 гг. Лов ихтиопланктона выполняли икорной сетью ИКС-80 (газ № 14) с площадью входного отверстия 0,5 м<sup>2</sup>. В «реперных» точках облавливали слой воды от дна до поверхности или от 700 м до поверхности (рис. 1). Скорость подъема сети составляла 0,5–0,6 м/с. Ихтиопланктон фиксировали в 4%-м растворе формальдегида для последующей камеральной обработки в лабораторных условиях. Для определения стадий развития икры использовали четырехбалльную шкалу Т.С. Рассса, адаптированную для минтая (Расс, 1933; Буслов, Сергеева, 2013). Если количество икринок в пробе превышало 200 шт., то стадии развития определяли у 200 икринок. В таблице 1 приведены сроки проведения и количество обловов в трех «реперных» точках Авачинского залива в 2014–2019 гг.

Ихтиопланктонные обловы сопровождались гидрологическими наблюдениями с помощью зондирующего комплекса SBE-19 CTD SEALOGGER, SBE-25 фирмы Sea-Bird Electronics,

INC и Rinco-Profler ASTD-102. Среднюю температуру воды в каньонах в период эмбриогенеза определяли соответственно вертикальному распределению икры.

Продолжительность стадий развития рассчитывали по зависимостям, полученным А.В. Бусловым и Н.П. Сергеевой (2013).

Модель динамики численности икры в каньонах и метод оценки параметров кривой суточной продукции

$$p(t) = \frac{P}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(t-a)^2}{2\sigma^2}\right)$$

были подробно описаны в работе О.И. Ильина и Н.П. Сергеевой (Ильин, Сергеева, 2014). В последней формуле  $P$  — общая продукция икры за сезон (на всех стадиях),  $a$  — дата пика нереста (в сутках от начала календарного года),  $\sigma$  — параметр, характеризующий продолжительность нереста: по правилу трех сигм, 99,73% общей продукции икры приходится на интервал времени от  $a - 3\sigma$  до  $a + 3\sigma$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ранее было выявлено, что начало массового нереста минтая в каньонах Авачинского залива приходится на март, а пик — на апрель (Буслов

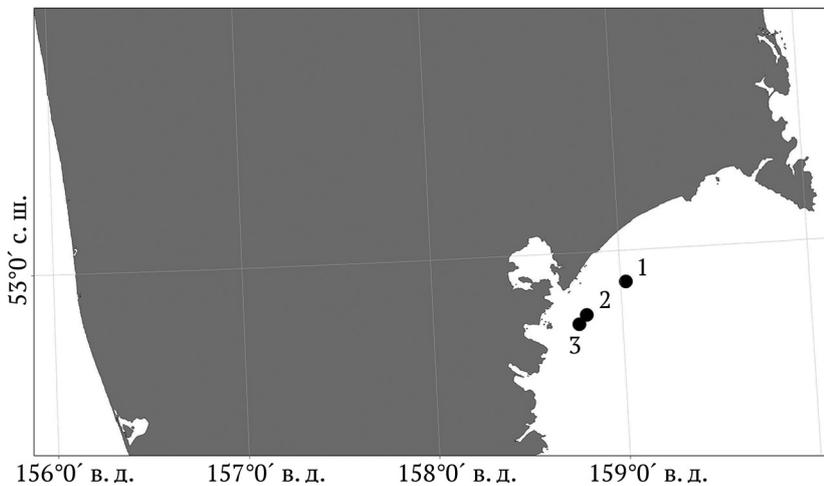


Рис. 1. Расположение «реперных» точек в каньонах Авачинского залива (1 — «северный», 2 — «центральный», 3 — «южный») Fig. 1. Distribution of the “reference” points in the canyons of Avacha Gulf (1 — “northern”, 2 — “central”, 3 — “southern”)

Табл. 1. Сроки и объем выполненных работ на НИС «Инженер Мартынов» Table 1. Time of fishing and number of catches of the RV “Engineer Martynov”

Год Year	Сроки работ Dates of fishing	Количество обловов в «реперных» точках Number of catches in reference points		
		«северный» / northern	«южный» / southern	«центральный» / central
2014	12, 18, 21, 25 марта (March) 05, 10, 22, 30 апреля (April)	8	8	8
2015	24, 30 января (January) 09, 12, 16, 22, 25 февраля (February) 21 апреля (April)	8	8	8
2016	23, 24, 28 апреля (April) 03, 07, 20 мая (May)	5	6	6
2017	14, 22, 27 марта (March) 01, 19 апреля (April)	5	5	5
2018	16, 22, 26 марта (March) 03, 07 апреля (April)	5	5	5
2019	10, 11, 12 апреля (April)	3	3	3

и др., 2004, 2006). Однако в 2015 г. ихтиопланктонные обловы были выполнены в январе–феврале, а количество икры в уловах не превышало 70 шт./м<sup>2</sup>. Таким образом, обловы в том году, по-видимому, предшествовали пику нереста. В 2019 г. в каждом каньоне проведено всего три облова в течение 2–3 дней. Эти обстоятельства не позволяют адекватно оценить значения параметров кривой суточной продукции и коэффициентов убыли икры в 2015 и 2019 гг.

Полученные оценки параметров кривой суточной продукции и коэффициентов убыли икры  $m$  в глубоководных каньонах Авачинского залива в 2014–2018 гг., а также их асимптотические стандартные ошибки представлены в таблице 2. Для сравнения в таблице приведены средние значения этих параметров за 2003–2013 гг. (Ильин, Сергеева, 2014).

Как видно из представленных в таблице результатов, в 2014–2018 гг. общая продукция икры в «центральном» и «южном» каньонах снизилась по сравнению с периодом 2003–2013 гг. почти в пять раз, в «северном» — в пол-

тора раза. Кроме того, снизилась и средняя продолжительность нереста. Так, в «южном» каньоне она сократилась на 17%, «центральном» — на 20%, в «северном» — на 11,2%. Нельзя не отметить и то, что сокращение числа обловов при проведении ихтиопланктонных съемок влияет на вышеперечисленные расчеты. Пик икротетания в 2014–2018 гг. в среднем отмечался раньше, чем в 2003–2013 гг.: в «центральном» и «южном» каньонах примерно на 4–5 суток, в «северном» — на 2 суток. В 2018 г., по нашим оценкам, впервые за весь период наблюдений (2003–2018 гг.) пик нереста в «северном» каньоне наступил позже, чем в «центральном» и «южном».

Полученные оценки коэффициентов убыли икры в каньонах Авачинского залива в 2014–2018 гг. оказались сопоставимы со средними оценками убыли в 2003–2013 гг. Среднегодовое (за 2014–2018 гг.) значение аккумулярованной убыли икры за период развития на первой стадии в «северном» каньоне составляет 87,1%, в «центральном» — 75,1%, в «южном» — 64,3%.

Табл. 2. Коэффициенты мгновенной убыли и общая продукция икры восточнокамчатского минтая в эпицентрах нереста. Оценки параметров и их стандартные ошибки (SE)  
Table 2. Instant loss coefficients and total egg production of Eastern Kamchatka walleye pollock in spawning epicenters. Parameter estimates and their standard errors (SE)

Год Year	Каньон Canyon	Количество обловов Number of catches	$P$ , тыс. шт./м <sup>2</sup> (thous. fish/m <sup>2</sup> )	$a$ , сутки (24 hours)	$\sigma$ , сутки (24 hours)	$m$ , 1/сутки (1/24 hours)
2014	«южный» / southern SE	8	8,00 0,42	104,249 0,328	5,711 0,497	0,168 0,020
	«центральный» / central SE	8	36,42 2,13	104,056 0,298	5,278 0,632	0,274 0,045
	«северный» / northern SE	8	651,23 11,95	100,183 0,353	7,649 0,399	0,259 0,015
2016	«южный» / southern SE	6	16,43 0,64	108,306 0,428	3,717 0,411	0,290 0,036
	«центральный» / central SE	6	16,49 0,79	105,949 0,833	6,901 1,349	0,253 0,150
	«северный» / northern SE	5	1066,53 12,43	88,328 0,209	8,476 0,416	0,273 0,024
2017	«южный» / southern SE	5	7,20 0,68	91,170 0,740	7,343 0,855	0,084 0,027
	«центральный» / central SE	5	167,14 16,97	92,334 0,800	5,000 0,186	0,281 0,025
	«северный» / northern SE	5	271,14 11,87	85,068 0,184	2,141 0,174	0,263 0,046
2018	«южный» / southern SE	5	11,03 1,16	82,339 1,169	6,659 1,391	0,117 0,029
	«центральный» / central SE	5	7,22 1,67	84,595 1,851	5,674 2,285	0,082 0,056
	«северный» / northern SE	5	755,74 93,39	87,706 0,397	2,442 0,659	0,452 0,156
Среднее (averaged) 2014–2018	«южный» / southern	6	10,66	96,516	5,858	0,165
	«центральный» / central	6	56,82	96,734	5,713	0,223
	«северный» / northern	5,75	686,16	90,321	5,177	0,312
Среднее (averaged) 2003–2013	«южный» / southern	8,83	55,72	101,072	7,058	0,137
	«центральный» / central	8,83	269,72	100,364	7,137	0,237
	«северный» / northern	9,17	1022,04	92,345	5,832	0,235

Сравнение оценок параметров кривой суточной продукции в глубоководных каньонах Авачинского залива в 2014–2018 и 2003–2013 гг. позволяет сделать вывод, что основным «эпицентром нереста» восточнокамчатского минтая в Авачинском заливе является «северный» каньон. Представляет практический интерес использование показателя общей продукции икры в «северном» каньоне в роли индекса нерестового запаса (рис. 2) в модельных расчетах.

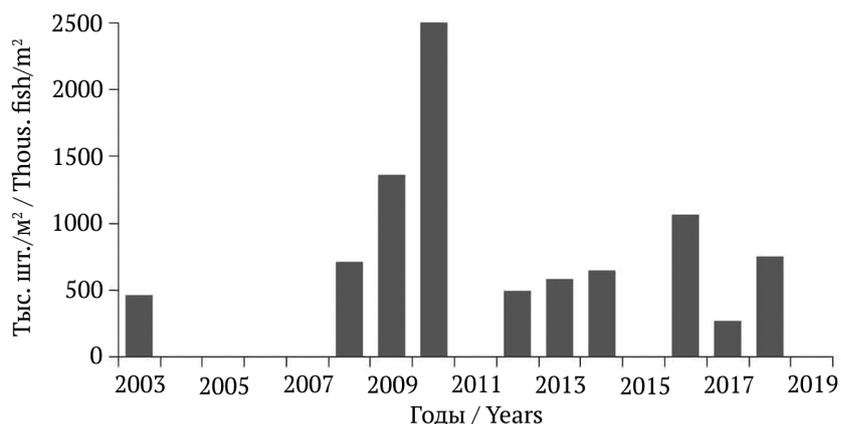


Рис. 2. Общая продукция икры восточнокамчатского минтая в «эпицентре» нереста в «северном» каньоне  
Fig. 2. The total egg production of Eastern Kamchatka Walleye Pollock in spawning "epicenter" within the "northern" canyon

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С помощью методов математического моделирования оценены общая продукция икры в «реперных» точках каньонов, дата пика икрометания, продолжительность нереста и коэффициенты убыли икры минтая в каньонах Авачинского залива в 2014–2018 гг.

Установлено, что в 2014–2018 гг. интенсивность нереста восточнокамчатского минтая в глубоководных каньонах снизилась по сравнению с периодом 2003–2013 гг. Среднемноголетние значения мгновенных коэффициентов убыли икры для «северного», «центрального» и «южного» каньонов равны 0,312/сут, 0,223/сут и 0,165/сут соответственно. Оценка аккумулятивной убыли икры за период развития на первой стадии в «северном» каньоне составляет 87,1%, в «центральном» — 75,1%, в «южном» — 64,3%.

Качественно картина нереста, в целом, по сравнению с периодом 2003–2013 гг. не изменилась: пик икрометания в «северном» каньоне наступает в среднем раньше, чем в «центральном» и «южном» каньонах. При этом продолжительность нереста в «северном» каньоне меньше, чем в двух других. Среднемноголетний мгновенный коэффициент убыли для «южного» каньона ниже, чем в «центральном» и «северном» каньонах.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Буслов А.В., Сергеева Н.П. 2013. Эмбриогенез и раннее постэмбриональное развитие тресковых рыб дальневосточных морей // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. КамчатНИРО. Вып. 29. С. 5–69.

Буслов А.В., Тепнин 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.

Буслов А.В., Тепнин О.Б., Дубинина А.Ю. 2004. Особенности экологии нереста и эмбриогенеза восточнокамчатского минтая // Изв. ТИНРО. Т. 138. С. 282–298.

Буслов А.В., Тепнин О.Б., Дубинина А.Ю. 2006. Весенний ихтиопланктон в районе глубоководных каньонов Авачинского залива (Восточная Камчатка) // Изв. ТИНРО. Т. 144. С. 226–246.

Ильин О.И., Сергеева Н.П. 2014. Оценка убыли и продукции икры минтая (*Theragra chalcogramma*) в каньонах Авачинского залива // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. КамчатНИРО. Вып. 34. С. 81–86.

Расс Т.С. 1933. Инструкция по сбору и технике количественной обработки икры и мальков морских рыб. М.: Изд-во ГОИН. 24 с.

## REFERENCE

Buslov A.V., Sergeeva N.P. Embryogenesis and early postembryonic development of codfishes of the Far Eastern Seas. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2013, vol. 29, pp. 5–69. (In Russian)  
Buslov A.V., Tepnin O.B. Conditions of spawning and embryogenesis of pollock *Theragra chalcogramma* (Gadidae) in deep-water canyons of the Pacific coast of Kamchatka. *Journal of Ichthyology*, 2002, vol. 42, no. 5, pp. 617–625. (In Russian)  
Buslov A.V., Tepnin O.B., Dubinina A.Yu. Some features of spawn ecology and embryogenesis of the East Kamchatka Walleye Pollock. *Izvestia TINRO*, 2004, vol. 138, pp. 282–298. (In Russian)

Buslov A.V., Tepnin O.B, Dubinina A.Yu. Spring ichthyoplankton in the area of deep-water canyons in the Avachinsky Bay (East Kamchatka). *Izvestia TINRO*, 2006, vol. 144, pp. 226–246. (In Russian)

Ilin O.I., Sergeeva N.P. Estimation of egg losses waste and production of Walleye Pollock (*Theragra chalcogramma*) in the canyons of the Avachinsky Gulf. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2014, vol. 34, pp. 81–86. (In Russian)

Rass T.S. *Instruktsiya po sboru i tekhnike kolichestvennoy obrabotki ikry i malkov morskikh ryb* [Instructions for the collection and technique of quantitative processing of caviar and fry of marine fish]. Moscow: Izd-vo GOIN, 1933, 24 p.

### **Информация об авторах**

О.И. Ильин — канд. физ.-мат. наук, вед. науч. сотрудник Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)

Д.Я. Саушкина — ст. специалист Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)

### **Information about the authors**

Oleg I. Ilyin – Ph. D. (Mathematics), Leading Researcher (KamchatNIRO)

Darya Ya. Saushkina – Senior scientist (KamchatNIRO)

*Статья поступила в редакцию:* 18.02.2022

*Одобрена после рецензирования:* 04.03.2022

*Статья принята к публикации:* 14.04.2022