

Гидрометеорология и экология. 2022. № 67. С. 243—255.
Hydrometeorology and Ecology. 2022; (67): 243—255.

ОКЕАНОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 502.51:[574.5:591.543.43:577.117](261.246)
doi: 10.33933/2713-3001-2022-67-243-255

Вклад органического вещества половых продуктов сельди-салаки *Clupea harengus membras*, поступающих в экосистему Вислинского залива при нересте

Алексей Витальевич Гуцин, Юлия Юрьевна Полунина

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Poseidon-47@rambler.ru

Аннотация. Сельдь-салака нагуливается в море и весной совершает нерестовую миграцию в Вислинский залив, который служит главным местом нереста этого вида в южной части Балтийского моря. В воды залива во время нереста поступает органическое вещество в виде половых продуктов (икры и молоко) и массы тел салаки, которые через пищевые цепи сказываются на функционировании экосистемы залива. Установлено, что в зависимости от мощности нереста в залив ежегодно поступает 43,4—125,9 т сухого органического вещества половых продуктов, в среднем 76,9 т/год.

Ключевые слова: сельдь-салака, *Clupea harengus membras*, Вислинский залив, Балтийское море, нерестовая миграция, органическое вещество половых продуктов.

Благодарности. Работы были выполнены при поддержке госзадания ИО РАН № FMWE-2021-0012. Авторы выражают благодарность заведующей лабораторией морской экологии ИО РАН Е.Е. Ежовой за поддержку этого проекта.

Для цитирования: Гуцин А.В., Полунина Ю.Ю. Вклад органического вещества половых продуктов сельди-салаки *Clupea harengus membras*, поступающих в экосистему Вислинского залива при нересте // Гидрометеорология и экология. 2022. № 67. С. 243—255. doi: 10.33933/2713-3001-2022-67-243-255.

OCEANOLOGY

Original article

The contribution of the organic matter of the reproductive products of herring herring *Clupea harengus membras* entering the ecosystem of the Vistula Lagoon during spawning

Alexey V. Gushchin, Yulia Yu. Polunina

The P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, Poseidon-47@rambler.ru

Summary. The spawning migration of the Baltic herring from the Baltic Sea to lagoon water, where the spawning takes place, is associated with the transfer of the organic matter accumulated in the sea dur-

ing feeding. Entering and remaining in the reservoir the organic matter affects the ecological state of the reservoir. This type of water body includes the Vistula Lagoon, which serves as the main spawning ground for the Baltic herring in the southern part of the Baltic Sea, where the spawning takes place in the first half of spring. According to the average long-term data, 5493.1 t/year of the Baltic herring enter the Vistula Lagoon for the spawning, of which 3995.1 t/year is withdrawn by the fishery and 1498.2 t/year returns to the sea. During the spawning, the organic matter in the form of the reproductive products (eggs and soft roe) and the body mass of the Baltic herring enters the water of the lagoon and through the food chains affects the functioning of its ecosystem. On the average, the lagoon receives 76.9 tons of the dry organic matter of the reproductive products annually. Due to the different inter-annual capacity of the Baltic herring approaches, the minimal amount of the dry organic matter is 43.4 tons, the maximum is 125.9 tons. The calculations show that 37.5 % of fish spawns and returns to the sea on the average, leaving their reproductive products in the lagoon. The catch (legal, illegal and an amateur) amounts to 62.5 %. When the fish is caught, a part of reproductive products of the Baltic herring remains in the reservoir due to spontaneous spawning in the fishing gears and when the catch is taken from the set nets. The calculations take into account the different amounts of the organic matter of the reproductive products in the males and the females. The losses from the natural mortality, eating by the predators, death of the Baltic herring from the diseases and the other natural causes, as well as exchange losses are not taken into the account. It is assumed that such losses are stable and minimal.

Keywords: Baltic herring, *Clupea harengus membras*, Vistula Lagoon, Baltic Sea, spawning migration, organic matter of reproductive products.

Acknowledgments. The work was carried out with the support of the state task of the IO RAS No. FMWE-2021-0012. The authors are grateful to E.E. Ezhova for supporting this project.

For citation: Gushchin A.V., Polunina Yu.Yu. The contribution of the organic matter of the reproductive products of herring herring *Clupea harengus membras* entering the ecosystem of the Vistula Lagoon during spawning. *Gidrometeorologiya i Ekologiya = Journal of Hydrometeorology and Ecology*. 2022; (67): 243—255. [In Russian]. doi: 10.33933/2713-3001-2022-67-243-255.

Введение

Нерестовая миграция некоторых видов рыб связана с переносом органического вещества, накопленного в море во время нагула, в континентальные водоемы, где происходит нерест. Поступающее органическое вещество в виде массы тел рыб, продуктов их жизнедеятельности, выметываемых половых продуктов, содержащих биологически активные вещества, во многом определяет экологический статус водоема и окружающей биоты.

Примером может служить нерест дальневосточных лососей, который сказывается на существовании водной и прилегающей сухопутной биоты, от насекомых до крупных млекопитающих-хищников [1]. Погибший и разлагающийся после нереста лосось становится источником питания для водных организмов, служащих пищей для молоди лосося. В реках Сахалина более 40 % азота и углерода, накопленного растущей молодью рыб, и 20 % азота прибрежных растений поступает за счет органического вещества тел погибшего лосося [2].

Подобное, в меньших масштабах и без массовой гибели производителей, происходит в лагунах южной части Балтийского моря, куда на нерест приходит сельдь-салака. Вислинский залив служит главным местом нереста этого вида в южной части Балтийского моря.

Вислинский залив простирается с юго-запада на северо-восток и соединяется с Балтийским морем судосходным проливом в районе г. Балтийска. От моря залив отделен узкой песчаной косой. Общая площадь водной поверхности Вислинского

залива 838 км². Средняя глубина залива 2,8 м, наибольшая глубина 5,2 м. Обычно уровень воды в заливе на 5—8 см выше уровня Балтийского моря. Колебания уровня воды в заливе составляют 19—21 см. Соленость воды в заливе изменяется в зависимости от направления ветра и сезона. Колебания солености составляют 0,5—6,2 ‰ с выраженным горизонтальным градиентом солености [3]. Подробные сведения об условиях среды в заливе можно получить в «Географическом атласе Калининградской области» [3]. Массовый нерест сельди-салаки проходит в феврале—апреле при среднесуточной температуре воды 3,3—7,9 °С, в среднем 5,4 °С. Колебания солености в этот период составляют 2,3—4,9 ‰, в среднем 3,5 ‰ [4].

Процесс нереста салаки с точки зрения воспроизводства достаточно изучен, но воздействие поступающего в ходе нереста органического вещества половых продуктов на экосистему залива оставляет много вопросов. Часть этого вещества используется для воспроизводства, часть становится пищевым ресурсом, биоактивные вещества половых продуктов на биохимическом уровне воздействуют на планктонные и бентосные организмы, стимулируя или подавляя их воспроизводство и рост. Изучение этих вопросов актуально с точки зрения представлений о функционировании экосистемы залива, но до настоящего времени нет сведений о количестве половых продуктов, поступающих в воды залива при нересте салаки. Определение количества органического вещества, вносимого в Вислинский залив в ходе массового нереста салаки, является первым этапом исследования воздействия органического вещества половых продуктов на экосистему залива и послужило целью данной статьи.

Материалы и методы исследования

Оценка количества органического вещества, поступающего в ходе нереста салаки в Вислинский залив, основывается на многолетних статистических данных вылова салаки и на материалах биологического анализа 400 экз. рыбы, послуживших для количественной оценки органического вещества половых продуктов, содержащегося в гонадах. Остальные параметры для расчетов были взяты из научных литературных источников [4—7].

Определение массы органического вещества, попадающего в залив при нересте, проводилось следующим образом.

Биомасса салаки, входящей в залив на нерест. Прямой оценки биомассы салаки, входящей на нерест в Вислинский залив, нет. Для ее оценки используются косвенные данные по уловам и промысловому усилию, т. е. количество ставных неводов и вылов за определенный период времени [5, 7]. Средняя масса нерестового запаса в тоннах была определена как запас в млн экз. [5], умноженный на среднюю массу одного экземпляра салаки данного года.

Полученные данные не отражают всей полноты динамики массы промыслового запаса, зависимой от условий среды конкретного года, определяющей биологические показатели идущей на нерест салаки. Но эти данные могут быть использованы для предварительного расчета количества попадающего в залив органического вещества и определения тенденции расхода этого вещества в заливе.

Сложность определения промыслового запаса связана с тем, что официальный вылов не учитывает изъятие салаки при нелегальном промысле, (в том числе и укрывательство части улова), и вылов рыбаков-любителей, составляющий десятки и сотни тонн [8].

Биомасса, потерянная популяцией салаки вследствие изъятия промыслом, определялась по результатам данных промысловой статистики уловов за 1995—2017 гг. [7]. К данным промысловой статистики вылова салаки следует добавить 7 %, так как по предварительной экспертной оценке считается, что 5—10 % от общего улова вылавливается нелегально и рыбаками-любителями, поэтому не входит в официальную статистику [8].

Биомасса выметанных половых продуктов определялась, учитывая соотношение самцов и самок в уловах в нерестовый период и среднюю массу половых продуктов в процентах от массы тел рыб. Анализ был выполнен по результатам наблюдений авторов за нерестом 2009 г. (полный биологический анализ 400 экз. салаки) и литературным данным [5]. Масса выметанных половых продуктов определялась (в процентах от массы тел нерестящихся рыб), как разница массы гонад у нерестовых (стадии зрелости половых продуктов IV—V,V) и стадий после нереста (стадии зрелости VI, VI—II).

Метод обезвоживания половых продуктов использовался для определения содержания воды в половых продуктах рыбы. С этой целью неповрежденные гонады самцов и самок IV—V, V и VI, VI—II стадий зрелости помещали в вакуумный сушильный шкаф при температуре 56 °С и сушили в течении 3—4 суток для получения постоянной массы. Начиная со вторых суток сушки, половые продукты взвешивали на аналитических весах 2—4 раза в сутки с точностью до 0,001 г. При получении постоянного веса сушку прекращали. Всего была определена обезвоженная масса гонад нерестовых и посленерестовых стадий зрелости 15 самцов и 30 самок. Разница между массой гонад нерестовых и посленерестовых стадий зрелости дала массу половых продуктов, выраженную в процентах от массы тел.

Потери на обмен, на выделенные продукты жизнедеятельности не учитывались из-за того, что салака в период нереста практически не питается и находится в заливе минимальное время, из 400 исследованных рыб только 1 % содержали пищу в незначительных количествах.

Потери за счет естественной смертности, в том числе за счет выедания хищными рыбами и птицами, не учитывались из-за недостатка данных.

Результаты исследования

Наиболее ранние заходы салаки в Вислинский залив отмечались в конце февраля, но основная масса салаки заходит в залив в марте-апреле в зависимости от температуры воды и состояния гидрологических условий. Оптимальная температура воды для нереста 5,4—6,9 °С [4]. Нерест обычно заканчивается в середине мая. Отнерестившиеся особи, не задерживаясь, уходят в море. Скот молоди салаки в Балтийское море проходит в июне-июле [9, 10].

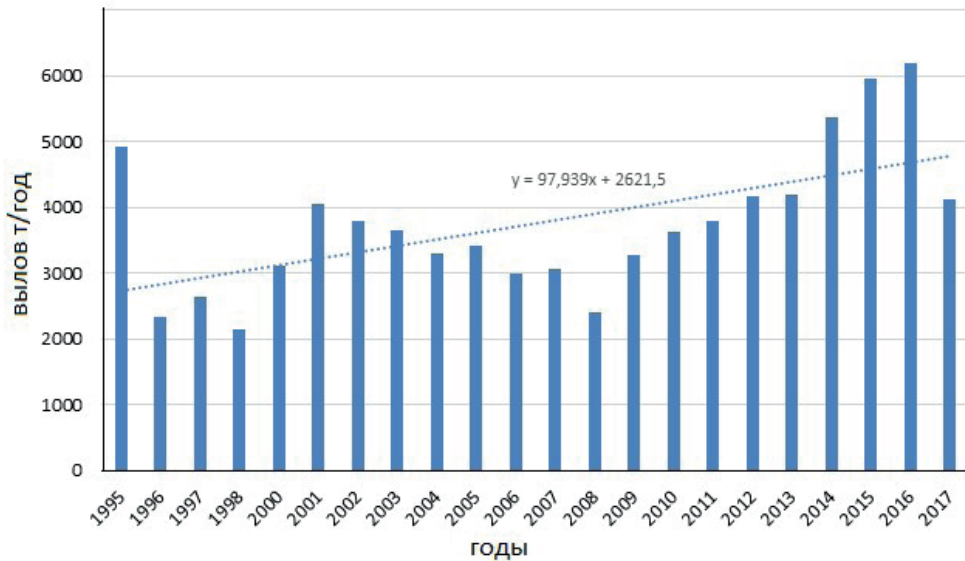


Рис. 1. Вылов салаки в Вислинском заливе в 1995—2017 гг. по данным [7].

Пунктирная линия – тренд вылова.

Fig. 1. Baltic herring catch in the Vistula Lagoon in 1995—2017.

The dotted line is the catch trend.

Промысел салаки в Вислинском заливе ведут ставными неводами рыбаки России и Польши на согласованном заранее уровне определения общего допустимого улова (ОДУ). Общий вылов двумя странами за 1995—2017 гг. (за исключением 1999 г. из-за недостоверной статистики) в среднем составлял 3733,7 т. Минимальный вылов наблюдался в 1998 г. — 2136,8 т, максимальный в 2016 г. — 6201,6 т (рис. 1) [7]. За последние 20 лет наблюдается тенденция увеличения выловов салаки. Тренд вылова салаки описывается линейным уравнением $Y = 97,94x + 2621,5$.

Для определения численности и биомассы салаки было сделано предположение, что в ходе нерестовой миграции в залив входит часть общего запаса «прибрежной» салаки, которая отличается от «морской» числом позвонков, структурой отолитов, темпом роста и другими признаками [9—11]. Статистика промысла отражает величину нерестового запаса, так как в ходе миграции в Вислинский залив входят только рыбы, участвующие в нересте [5].

Величина нерестового запаса определялась на основании данных об общем вылове и вылове на единицу промыслового усилия за ряд отрезков времени в течение промыслового сезона (пятидневка, декада) [12]. Данный метод применяется и сейчас.

Для расчета среднего нерестового запаса были взяты соотношения вылова и запаса за 1991—1993 гг. (запас определялся в млн экз.) [5]. Масса нерестового

запаса была определена как запас в млн экз., умноженный на среднюю массу экз. сельди-салаки данного года по Красовской [5] (табл. 1):

$$W_{pwi} = W_{ni} \times P_i \quad (1)$$

где W_{pwi} — масса нерестового запаса в году i (т); W_{ni} — численность нерестового запаса в году i (млн экз.); P_i — средняя масса экземпляра в году i (г).

Соотношение нерестового запаса к статистическому вылову по данным 1991—1993 гг. [5] позволяет с определенной мерой достоверности оценить долю вылова к нерестовому запасу в последующие годы (табл. 1):

$$G = W_{pwi} / Q \times 100, \quad (2)$$

где G — доля вылова к нерестовому запасу в году i в %; W_{pwi} — масса нерестового запаса в году i (т) (1); Q — масса вылова в году i (т).

Таблица 1

Расчет массы нерестового запаса (в т) и соотношение вылова и нерестового запаса (в %) салаки в Вислинском заливе

Calculation of the mass of the spawning stock (in the tons) and the ratio of the catch and the spawning stock (in %) of the Baltic herring in the Vistula Lagoon

Год	Нерестовый запас млн экз. (W_{ni}) [5]	Средняя масса экз. в г (P_i) [5]	Нерестовый запас, масса т (расчет) W_{pwi}	Вылов т/сезон Q [5]	Доля вылова к запасу G в % (расчет)
1990	185	88,1	16298,5	9558,4	58,6
1991	210	56,1	11781,0	7310,1	62,0
1992	154	57,6	8870,4	6857,9	77,3
1993	269	44,5	11970,5	6221,0	52,0

Исходя из рассчитанной доли вылова к запасу за 1990—1993 гг., получим, что средний вылов составляет 62,5 % от нерестового запаса (ошибка среднего 5,4 % и стандартное отклонение 10,7 %). В этом случае средняя численность непойманной и ушедшей после нереста в Балтийское море рыбы составляет 37,5 %.

Средняя масса входящей в залив на нерест рыбы (W_i) составит сумму средней массы выловленной рыбы (по статистике), массы вылова при нелегальном промысле и улов любительского рыболовства (суммарно 7 %) [8] и массы салаки, непойманной при промысле (37,5 %) и ушедшей в море:

$$W_i = Q_i + J_i + F_i \quad (3)$$

где W_i — средняя масса входящей в залив рыбы в году i (т); Q_i — масса выловленной рыбы (по статистике) в году i (т); J_i — масса вылова при нелегальном промысле и уловы любительского рыболовства в году i (т) (7 %), экспертная оценка [8]; F_i — масса сельди-салаки (37,5 % от вылова), непойманной при промысле в году i (т).

Средний вылов салаки с учетом вылова (7 %) при нелегальном и любительском лове составляет 3995,1 т/год. Таким образом, в последние 21 год на нерест в Вислинский залив заходило в среднем 5493,1 т/год салаки с учетом рыбы, вернувшейся в море (табл. 2).

Таблица 2

Расчет общей массы сельди-салаки,
вошедшей в Вислинский залив на нерест
Calculation of the total mass of the Baltic herring that entered
the Vistula Lagoon for the spawning

Средняя масса вылова (Q_i) (статистика), т/год	Средняя масса вылова (7 %) при нелегальном и любительском лове (J_i), т/год	Средняя масса салаки (37,5 %), вернувшейся в море (F_i), т/год	Средняя суммарная масса рыбы, вошедшей в залив (W_i), т/год
$\frac{3733,7 \pm 244,1}{1118,5}$	$\frac{261,4 \pm 17,1}{78,3}$	$\frac{1498,2 \pm 97,9}{448,9}$	$\frac{5493,1 \pm 359,1}{1645,6}$

Примечание. В табл. 2 и последующих таблицах: над чертой среднее значение и стандартная ошибка среднего, под чертой стандартное отклонение.

Масса половых продуктов, выметанных во время нереста, состоит из массы половых продуктов самок (икра) и массы половых продуктов самцов (молоки):

$$W_{fm} = W_f + W_m, \quad (4)$$

где W_{fm} — масса выметанных половых продуктов; W_f — масса половых продуктов самок (5); W_m — масса половых продуктов самцов (6).

Расчет выполнен на основании биологического анализа салаки в 2009 г. Соотношение численности самок к самцам составило 53,25 % самок и 46,75 % самцов. Средняя масса самки — 55,33 г/экз., средняя масса самца — 51,05 г/экз. Таким образом, из общей средней массы, зашедшей на нерест рыбы в 2009 г. в 5493,1 т, масса самок составила 2925,1 т (53,25 %), масса самцов 2568,0 т (46,75 %).

Для оценки массы выметанных половых продуктов было сделано предположение, что масса выметанных половых продуктов есть средняя между средней массой гонад рыб IV—V, V (нерестовые рыбы) стадий зрелости и гонад рыб VI, VI—II (рыбы после нереста) стадий зрелости для самок и самцов (табл. 3):

$$W_f = W_{f(IV-V, V)} - W_{f(VI, VI-II)}, \quad (5)$$

где W_f — масса половых продуктов самок; $W_{f(IV-V, V)}$ — средняя масса гонад самок IV—V, V стадии зрелости; $W_{f(VI, VI-II)}$ — средняя масса гонад самок VI, VI—II стадии зрелости;

$$W_m = W_{m(IV-V, V)} - W_{m(VI, VI-II)}, \quad (6)$$

где W_m — масса половых продуктов самцов; $W_{m(IV-V, V)}$ — средняя масса гонад самцов IV—V, V стадии зрелости; $W_{m(VI, VI-II)}$ — средняя масса гонад самцов VI, VI—II стадии зрелости.

Исходя из расчетов (см. табл. 3), масса выметанных половых продуктов самок по формуле (5) составит в среднем 9,3 г или 14,9 % от веса тела, самцов по формуле (6) — 6,82 г или 11,8 % массы тела.

Часть салаки (37,5 %) полностью отнерестилась и вернулась в море, другая часть была изъята промыслом, ее половые продукты только частично попали в залив во время пребывания в ставных неводах и выборки улова.

Таблица 3

Расчет массы рыб и массы гонад нерестовых и после нерестовых особей салаки по данным 2009 г.

Calculation of the mass of the fish and the mass of the gonads of the spawning and after spawning Baltic herrings according to 2009 data

	самки		самцы	
	Масса, г	% от массы тела	Масса, г	% от массы тела
Средняя масса рыб IV—V, V стадии зрелости, г/экз	$\frac{57,52 \pm 1,69}{22,71}$		$\frac{52,47 \pm 1,49}{18,58}$	
Средняя масса рыб VI, VI—II стадии зрелости, г/экз	$\frac{43,86 \pm 2,43}{11,12}$		$\frac{40,9 \pm 2,26}{10,60}$	
Средняя масса гонад IV—V, V стадии зрелости	$\frac{10,11 \pm 0,49}{6,53}$	$\frac{16,69 \pm 0,34}{4,52}$	$\frac{7,85 \pm 0,39}{4,82}$	$\frac{14,21 \pm 0,39}{4,88}$
Средняя масса гонад VI, VI—II стадии зрелости	$\frac{0,81 \pm 0,07}{0,31}$	$\frac{1,80 \pm 0,08}{0,38}$	$\frac{1,03 \pm 0,32}{0,49}$	$\frac{2,41 \pm 0,73}{3,43}$

Масса выметанных половых продуктов непойманных рыб

Средняя масса салаки, отнерестившейся и ушедшей в море (37,5 %), составляет 2055,2 т; соотношение самок и самцов: 53,25 и 46,75 %, что позволяет рассчитать массу половых продуктов, выметанных в залив, для салаки, отнерестившейся и вернувшейся в море (табл. 4).

$$PL_f = P_f \times 0,149, \quad (7)$$

где PL_f — масса выметанных половых продуктов самок; P_f — масса отнерестившихся самок, т; 0,149 — коэффициент разницы между массами гонад самок нерестящихся рыб и рыб после нереста (14,9 % массы тела).

$$PL_m = P_m \times 0,118, \quad (8)$$

где PL_m — масса выметанных половых продуктов самцов; P_m — масса отнерестившихся самцов, т; 0,118 — коэффициент разницы между массами гонад самцов нерестящихся рыб и рыб после нереста (11,8 % массы тел).

Расчет показывает, что масса половых продуктов отнерестившихся и ушедших в море самок (6) — 162,6 т, самцов (7) — 113,8 т (табл. 4).

Таблица 4

Расчет массы половых продуктов, выметанных во время нереста (отнерестившиеся и вернувшиеся в море особи)

Calculation of the mass of the reproductive products swept during the spawning (spawned and returned to the sea individuals)

	% массы гонад от массы тел стадии IV—V, V	% массы гонад от массы тел стадии VI, VI—II	% массы половых продуктов от массы тел	Масса салаки (37,5 %), вернувшейся в море (F), т/год	Масса выметанных половых продуктов, т
Самки	$\frac{16,7 \pm 0,3}{4,5}$	$\frac{1,8 \pm 0,1}{0,4}$	14,9	1098,4	162,6
Самцы	$\frac{14,2 \pm 0,4}{4,9}$	$\frac{2,4 \pm 0,7}{3,4}$	11,8	964,3	113,8

Масса выметанных половых продуктов пойманных при промысле рыб

При вылове салаки вместе с выловленной рыбой из залива изымаются ее половые продукты, но такое изъятие происходит не полностью. Особи с текучими половыми продуктами частично теряют их при извлечении улова из неводов или спонтанно нерестятся из-за скученности и задержки в ставном неводе. Оценить такие потери трудно, но они очевидны. Все сети ставных неводов покрыты икрой, а вода у ставных неводов в момент взятия улова мутная из-за попавших в нее половых продуктов. Биологический анализ на промысле показал, что по состоянию гонад видно, что часть особей IV—V и V стадий зрелости частично потеряли половые продукты до момента камерального анализа. Вероятное количество потерянных половых продуктов составляет около 15 %.

Средняя масса салаки, изъятая из водоема при промысле, с учетом вылова при нелегальном и любительском лове составляет 62,5 % (2) или 3995,1 т/год. Соотношения самок и самцов 53,25 % и 46,75 %, что составляет массу самок 2127,4 т, самцов 1867,7 т. С учетом процента массы половых продуктов от массы рыбы (самки 14,9 %, самцы 11,8 %), общая масса половых продуктов самок составит 314,8 т, самцов 220,4 т.

$$PC_f = W_{fc} \times 0,149, \tag{9}$$

где PC_f — теоретическая масса половых продуктов самок, изъятых при промысле; W_{fc} — масса выловленных самок; 0,149 — коэффициент массы половых продуктов (14,9 % массы тела самок).

$$PC_m = W_{mc} \times 0,118, \tag{10}$$

где PC_m — теоретическая масса половых продуктов самцов, изъятых при промысле; W_{mc} — масса выловленных самцов; 0,118 — коэффициент массы половых продуктов (11,8 % массы тела самцов).

Среднее количество особей на промысле в улове с половыми продуктами IV—V и V стадий зрелости для самок составляет 84,5 %, для самцов 83,3 %, что равно массе половых продуктов в 266,0 т для самок и 183,6 т для самцов.

$$PC_{fk} = PC_f \times 0,845, \tag{11}$$

где PC_{fk} — масса половых продуктов самок нерестовых стадий зрелости (IV—V и V); PC_f — теоретическая масса половых продуктов самок, изъятых промыслом; 0,845 — коэффициент самцов IV—V и V стадий зрелости (84,5 % самцов).

Из этого количества только 15 % половых продуктов останется в заливе, что составит для самок 39,9 т, для самцов 27,5 т (табл. 5).

Таблица 5

Расчет половых продуктов, попавших в залив при вылове салаки

Calculation of the reproductive products that entered the lagoon while Baltic herring catch

	Средний вылов, т/год	Средний % половых продуктов от массы тел рыб	Общая масса половых продуктов пойманных рыб, т	Масса половых продуктов нерестовых стадий, т (84,5 % — самки, 83,3 % — самцы)	% половых продуктов, попавших в воду при вылове	Масса выметанных половых продуктов, попавших в залив при вылове, т/год
Самки	2127,4	14,8	314,8	266,0	15	39,9
Самцы	1867,7	11,8	220,4	183,6	15	27,5

Общая масса половых продуктов салаки, попавших в воду при вылове, составляет для самок 39,9 т, для самцов — 27,5 т.

Общая масса выметанных половых продуктов (рыб, ушедших в море после нереста, и рыб, пойманных при промысле)

Суммирование массы половых продуктов, что были выметаны в залив ушедшими в море особями (самки 162,6 т, самцы 113,8 т), с массой половых продуктов рыб, попавших в залив при промысле (самки 39,9 т, самцы 27,5 т), показывает, что общая масса выметанных в залив половых продуктов салаки составляет 201,9 т для самок, 140,9 т для самцов. Суммарно — 342,8 т.

Процент сухого органического вещества половых продуктов самок составляет 25,64 % от влажной массы. Процент сухого органического вещества половых продуктов самцов составляет 17,69 % от влажной массы.

Перевод влажной массы выметанных в залив половых продуктов в сухие обезвоженные дает 51,8 т сухого органического вещества для самок и 24,9 т для самцов. Общее количество сухого органического вещества половых продуктов салаки, поступившее в залив при среднем улове, составляет 76,7 т.

В Вислинский залив на нерест по средним многолетним данным заходит 5493,1 т/год салаки, из этого количества в среднем 3995,1 т/год изымается промыслом, в море возвращается 1498,2 т/год. Таков упрощенный баланс массы салаки во время весенней нерестовой миграции в Вислинский залив. Уточняя данный баланс, нужно включить в него, кроме изъятия части массы рыбы промыслом, потери от естественной смертности, выедания хищниками, гибель от болезней и других естественных причин. Потери от выедания хищниками оценить сложно, но они есть. Салаку использует в пищу судак *Sander lucioperca* [13, 14], у которого около 50 % рациона состоит из молоди салаки [15]. Молодь салаки входит в питание чехони *Pelecus cultratus* и окуня *Perca fluviatilis*. Питаются салакой птицы-ихтиофаги — большой баклан (*Phalacrocorax carbo*) [16], чомга (*Podiceps cristatus*) и др. Однако степень выедания хищниками не столь значительна. Период нереста салаки совпадает с периодом нереста судака, питание которого в это время ограничено. Оценки потребления салаки птицами в Вислинском заливе нет, поэтому такие данные не учитывались в расчетах.

Уловы, отражающие массу нерестовой салаки, заходящей в Вислинский залив, и приведенные для среднего уровня, могут отличаться в разы. Так минимальный улов в 1998 г. составлял 2286,4 т, при этом нужно учесть 7 % нелегального и любительского вылова и 37 % рыбы, ушедшей в море. Тогда масса влажных органических половых продуктов, выметанная в залив, составит 193,9 т или в сухом органическом веществе 43,4 т. Аналогичный расчет, проведенный для максимального улова в 2016 г., дает 562,7 т влажных половых продуктов или 125,9 т сухого органического вещества.

Органическое вещество половых продуктов, поступившее в залив, разделяется на половые продукты, использованные для воспроизводства салаки и неиспользуемые для воспроизводства. В воды залива попадают сопутствующие нересту рыб биологические активные соединения стероидной и пептидной природы, некоторые из них могут стимулировать или подавлять рост гидробионтов залива, в частности

планктонных организмов. Другая часть, напрямую или через детритные пищевые цепи, становится пищевым ресурсом для гидробионтов. Часть органического вещества накапливается в виде органической составляющей илов и впоследствии минерализуется. Эти аспекты будут рассмотрены в последующих сообщениях.

Выводы

В Вислинском заливе эволюционно сложилась устойчивая экологическая система, в которой важное значение для ее функционирования и определения экологического статуса водоема играет весенний массовый нерест салаки. В предлагаемой работе впервые была рассчитана масса органического вещества, поступающего при нересте салаки в воды залива. В среднем в залив поступает 201,9 т органического вещества половых продуктов самок и 140,9 т органического вещества половых продуктов самцов, суммарно 342,8 т влажной массы или 51,8 т сухого органического вещества для самок и 24,9 т для самцов. Поступающее в ходе нереста органическое вещество используется для воспроизводства салаки, служит пищевым ресурсом для гидробионтов. На определенном этапе входящие в половые продукты биологически активные вещества могут стимулировать или подавлять развитие планктонных ракообразных. Количественная оценка продуктивности, круговорота органического вещества Вислинского залива невозможна без учета поступающего в залив органического вещества половых продуктов салаки. Полученные расчеты могут быть использованы для количественных оценок продуктивности экосистемы залива.

Список литературы

1. Рухлов Ф.Н. Жизнь тихоокеанских лососей. Южно-Сахалинск: Дальневосточное книжное издательство, 1982. 109 с.
2. Гриценко О.Ф. Проходные рыбы острова Сахалин (систематика, экология, промысел). М.: Изд-во ВНИРО, 2002. 248 с.
3. Географический атлас Калининградской области. Калининград: Изд-во КГУ, 2002. 276 с.
4. Красовская Н.В. Особенности динамики численности салаки в Вислинском заливе // Экологические рыбохозяйственные исследования в Вислинском заливе Балтийского моря. Калининград: АтлантНИРО, 1992. С. 121—150.
5. Красовская Н.В. Особенности динамики нереста и формирования урожайных поколений сельди (*Clupea harengus membras* L.) в Вислинском заливе в 1994—1995 гг. // Промыслово-биологические исследования АтлантНИРО в 1994—1995 гг. Сборник научных трудов. Калининград: Изд-во АтлантНИРО, 1996. С. 29—44.
6. Шемина Э.И. Оценка запасов рыб и коэффициент уловистости // Рыбное хозяйство. 1977. № 4. С. 22—23.
7. Гуцин А.В., Шаврина И.А. Современное состояние промысловой ихтиофауны южной части Балтийского моря как следствие антропогенного воздействия. Сообщение 1. Вислинский залив // Региональная экология. 2018. № 2 (52). С. 43—53. doi: 10.30694/1026-5600-2018-2-43-53.
8. Гуцин А.В., Пысин И.И., Шаврина И.А. Браконьер и браконьерство (попытка социального портрета) // Рыбное хозяйство. 2010. № 1. С. 32—34.
9. Бирюков Н.П. Сельди Балтийского моря. Калининград: АтлантНИРО, 1970. 205 с.
10. Раннак Л.А. Салака *Clupea harengus membras* L. (биологические группировки, их изменчивость, микроэволюция и динамика численности): автореферат диссертации доктора биологических наук. Тарту, 1970. 77 с.

11. *Оявеер Э.А.* Биология и промысел балтийских сельдей: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук. Таллин: БалтНИИРХ, 1983. 29 с.
12. *Шапиро Л.С., Шемина Э.И.* Основы промысловых прогнозов салаки Вислинского залива // Океанологические исследования, биология и промысел рыб в Атлантическом океане и бассейне Балтийского моря. Калининград: АтлантНИРО, 1975. С. 108—127.
13. *Хлопников М.М.* Питание хищных рыб в Вислинском заливе Балтийского моря // Вопросы ихтиологии. 1992. Том 32, вып. 3. С. 171—176.
14. *Голубкова Т.А.* Эколого-биологическая характеристика и динамика запаса судака Куршского залива Балтийского моря: автореферат на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Калининград: АтлантНИРО, 2003. 24 с.
15. *Науменко Е.Н., Хлопников М.М., Рудинская Л.В.* Потоки энергии в экосистеме Вислинского (Калининградского) залива Балтийского моря // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. 2012. Том 2, выпуск 5. С. 184—202.
16. *Чайка К.В., Гришанов Г.В.* Рацион большого баклана и оценка влияния гнездовых колоний на рыбные запасы Куршского залива // Научный журнал «Известия КГТУ». 2017. Том 45. С. 112—123.

References

1. *Ruhlov F.N. Zhizn' tihookeanskikh lososej.* The life of the Pacific salmon. Yuzhno-Sakhalinsk: Far Eastern Book Publishing House, 1982: 109 p. [In Russian].
2. *Gricenko O.F. Prohodnye ryby ostrova Sahalin (sistematika, ekologiya, promysel).* Anadromous fish of Sakhalin Island (taxonomy, ecology, fishing). Moscow: VNIRO Publishing House, 2002: 248 p. [In Russian].
3. *Geograficheskij atlas Kaliningradskoj oblasti.* Geographic Atlas of the Kaliningrad Region. Kaliningrad: Publishing house of KSU, 2002: 276 p. [In Russian].
4. *Krasovskaya N.V.* Peculiarities of the dynamics of the herring population in the Vistula Lagoon. *Ekologicheskie rybokhoziaistvennye issledovaniia v Vislinskom zalive Baltiiskogo moria.* Ecological fishery research in the Vistula Lagoon of the Baltic Sea. Kaliningrad: AtlantNIRO, 1992: 121—150. [In Russian].
5. *Krasovskaya N.V.* Peculiarities of spawning dynamics and the formation of productive generations of herring (*Clupea harengus membras* L.) in the Vistula Bay in 1994—1995. *Promyslovo-biologicheskie issledovaniia AtlantNIRO v 1994—1995 gg. Sbornik nauchnykh trudov.* Commercial and biological research of AtlantNIRO in 1994—1995. Collection of scientific problems. Kaliningrad: Publishing house AtlantNIRO, 1996: 29—44. [In Russian].
6. *Shemina E.I.* Evaluation of fish stocks and the coefficient of catching. *Rybnoe Khozyaistvo.* Fish industry. 1977, 4: 22—23. [In Russian].
7. *Gushchin A.V., Shavrina I.A.* The current state of commercial fish fauna in the southern part of the Baltic Sea as a result of anthropogenic impact. Message 1. Vistula Lagoon. *Regional'naiia ekologiya.* Regional Ecology, 2018: 52(2): 43—53. doi: 10.30694/1026-5600-2018-2-43-53. [In Russian].
8. *Gushchin A.V., Pysin I.I., Shavrina I.A.* Poacher and poaching (an attempt of a social portrait). *Rybnoe Khozyaistvo.* Fish industry. 2010, 1: 32—34. [In Russian].
9. *Biryukov N.P. Sel'di Baltijskogo morya.* Herring of the Baltic Sea. Kaliningrad: AtlantNIRO, 1970: 205 p. [In Russian].
10. *Rannak L.A. Salaka Clupea harengus membras L. (biologicheskie gruppirovki, ih izmenchivost', mikroevolyuciya i dinamika chislennosti).* Baltic herring *Clupea harengus membras* L. (biological groupings, their variability, microevolution and population dynamics). Grand PhD Thesis. Tartu, 1970: 77 p. [In Russian].
11. *Oyaveer E.A. Biologiya i promysel baltiyskikh sel'dej.* Biology and fishing of Baltic herring. PhD Thesis. Tallinn: BaltNIIRKH, 1983: 29 p. [In Russian].
12. *Shapiro L.S., Shemina E.I.* Fundamentals of fishing forecasts for herring in the Vistula Lagoon. Oceanological research, biology and fishing in the Atlantic Ocean and the Baltic Sea basin. Kaliningrad: AtlantNIRO, 1975: 108—127. [In Russian].

13. *Hlopnikov M.M.* Nutrition of predatory fish in the Vistula Lagoon of the Baltic Sea. *Issues of ichthyology*. 1992. 32 (3): 171—176. [In Russian].
14. *Golubkova T.A.* *Ekologo-biologicheskaya harakteristika i dinamika zapasa sudaka Kurshskogo zaliva Baltijskogo morya*. Ecological and biological characteristics and dynamics of the stock of zander in the Curonian Lagoon of the Baltic Sea. PhD Thesis. Kaliningrad: AtlantNIRO, 2000: 24 p. [In Russian].
15. *Naumenko E.N., Hlopnikov M.M., Rudinskaya L.V.* Energy flows in the ecosystem of the Vistula (Kaliningrad) bay of the Baltic Sea. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Biologiya*. Journal of the Siberian Federal University. Biology. 2012. 2 (5): 184—202. [In Russian].
16. *Chajka K.V., Grishanov G.V.* The diet of the great cormorant and the assessment of the influence of nesting colonies on fish stocks in the Curonian Lagoon. *Nauchnyi zhurnal «Izvestia KGTU»*. Scientific journal Izvestia KSTU. 2017, 45: 112—123. [In Russian].

Информация об авторах

Гущин Алексей Витальевич, канд. биол. наук, ст. научный сотрудник, лаборатория морской экологии Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Poseidon-47@rambler.ru.

Полунина Юлия Юрьевна, канд. биол. наук, ст. научный сотрудник, лаборатория морской экологии Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, jul_polunina@mail.ru.

Information about authors

Gushchin Alexey Vitalievich, PhD (Biol. Sci.), Senior scientific researcher, The P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Poseidon-47@rambler.ru.

Polunina Yulia Yurievna, PhD (Biol. Sci.), Senior scientific researcher, The P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, jul_polunina@mail.ru.

Конфликт интересов: конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 12.10.2021.

Принята к публикации после доработки 21.03.2022.

The article was received on 12.10.2021.

The article was accepted after revision on 21.03.2022.