

УДК 597—169 : 576.895.132(261.24)

**ЗАРАЖЕННОСТЬ МАССОВЫХ ВИДОВ РЫБ ЛИЧИНКАМИ  
CONTRACAECUM OSCULATUM (RUDOLPHI, 1802)  
(NEMATODA: ANISAKIDAE)  
В РОССИЙСКИХ ВОДАХ ЮЖНОЙ БАЛТИКИ В 2000—2012 ГГ.**

© Г. Н. Родюк

Атлантический научно-исследовательский институт  
рыбного хозяйства и океанографии  
ул. Донского, 5, Калининград  
E-mail: rodjuk@atlant.baltnet.ru  
Поступила 05.05.2014

Представлены результаты изучения динамики зараженности шпрота (*Sprattus sprattus balticus*), балтийской сельди (*Clupea harengus membras*) и балтийской трески (*Gadus morhua callaris*) нематодами *Contracaecum osculatum* L. (Anisakidae) в российских водах Южной Балтики в 2000—2012 гг. Проанализированы особенности размерного состава личинок у исследованных видов рыб — промежуточных хозяев нематоды. Всего исследовано 6233 экз. рыб: 1420 — шпрота, 3867 — сельди и 946 — трески. Средние значения экстенсивности инвазии и средней интенсивности составляли: у шпрота —  $1.27 \pm 0.30$  % и  $1.00 \pm 0.00$  экз., балтийской сельди —  $1.40 \pm 0.19$  % и  $1.13 \pm 0.38$  экз.; трески —  $11.63 \pm 1.04$  % и  $5.62 \pm 8.00$  экз. Отмечен положительный тренд показателей инвазии рыб в последние годы, что, по-видимому, связано с ростом численности окончательного хозяина *C. osculatum* — серого тюленя. Перенос личинок нематоды к окончательному хозяину обусловлен тесными трофическими связями этих рыб и тюленя. Выявлено, что личинки нематоды растут как у шпрота, так и у сельди, и трески. Впервые показана важная роль шпрота в формировании заражения трески *C. osculatum* и в реализации жизненного цикла этого паразита.

*Ключевые слова:* паразитарные связи, *Contracaecum osculatum*, шпрот, балтийская сельдь, балтийская треска, Южная Балтика.

Ареал нематоды *Contracaecum osculatum* Rudolphi, 1802 охватывает практически всю акваторию Мирового океана от Арктики до Антарктики. В пределах ареала личинки этой нематоды на 3-й стадии развития встречаются у костистых рыб и беспозвоночных. В частности, в Балтийском море они отмечены у пелагических, придонных и донных рыб (Fagerholm, 1982; Valtonen et al., 1988; Rokicki et al., 1993; Turovski, 1994; Morozinska-Gogol, 1995, и др.). Нематоды, обитающие в Балтийском море и Северной Атлантике, отличаются по генетическим признакам (Nascetti et al., 1993).

Жизненный цикл *C. osculatum* в Балтийском море изучен лишь в самых общих чертах. Предположительно, в его реализации участвуют беспозвоночные и рыбы как промежуточные и транспортные хозяева и серый тюлень (*Halechoerus grypus*) в качестве окончательного хозяина (Køie, Fagerholm, 1995). Имеются данные, что личинки, попав в полость тела рыбы, могут достигать 3-й стадии зрелости без участия ракообразных или других беспозвоночных (Smith et al., 1990).

Особенности роста личинок *C. osculatum* в рыбах Балтийского моря не изучены. Имеется лишь информация о размерах личинок 3-й стадии развития, собранных из экспериментально инвазированных копепод родов *Tetora* и *Acartia*, мизид *Neomycetes* sp., мелких рыб, молоди бельдюги и камбалы, а также из трески, длиной 37 см после скармливания ей зараженных колюшек (Køie, Fagerholm, 1995). Отсутствуют сведения и о путях циркуляции нематод в трофо-паразитарной сети Южной Балтики и о роли массовых видов рыб (трески, сельди и шпрота) в жизненном цикле *C. osculatum*. Особая важность изучения *C. osculatum* связана с тем, что при попадании в организм человека личинок они могут быть причиной заболевания (Schaum, Müller, 1967; EFSA, 2011).

Цель настоящей работы — изучение динамики зараженности личинками нематод *C. osculatum* трески, балтийской сельди и шпрота в российских водах Южной Балтики в 2000—2012 гг., особенностей аллометрического роста основных частей тела гельминтов у разных хозяев и анализ роли каждого из изученных видов рыб в реализации жизненного цикла этой нематоды.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Были исследованы свежие и мороженые пробы рыб, доставленные в лабораторию в 2000—2012 гг. из российских вод Южной Балтики. Обследовано 6233 экз. рыб, в том числе 1420 экз. шпрота (*Sprattus sprattus balticus*), 3867 экз. балтийской сельди (*Clupea harengus membras*) и 946 экз. трески восточно-балтийской популяции (*Gadus morhua callaris*). Среди сельдей 2681 экз. относятся к весенне-нерестующим «прибрежным», 1112 экз. — к весенне-нерестующим «морским» и 74 экз. — к осенне-нерестующим «осенним» группировкам (табл. 1). Определение принадлежности сельди к тем или иным группировкам выполнено по особенностям структуры отолитов (Komrowski, 1969).

Личинки нематод были очищены, размещены на предметные стекла в смеси молочной кислоты и глицерина и идентифицированы (Вальтер, 1979; Быховская-Павловская, 1985). Количественная оценка зараженности выполнена с применением следующих показателей: экстенсивность инвазии (ЭИ, %) и средняя интенсивность инвазии (ИИ ср.) (Bush et al., 1997).

С целью устранения влияния на показатели зараженности весенних нагульных миграций «прибрежной» группировки в западные районы Балтики и Северное море динамика зараженности балтийской сельди изучена по данным, полученным на весенне-нерестующей «морской» группировке рыб, представители которой нагуливаются в Юго-Восточной Балтике (Федотова, 2010).

Таблица 1

Количество исследованных рыб (экз.)  
и их минимальные и максимальные размеры (см)

Table 1. The number of examined fish (specimens)  
and their minimal and maximal length (cm)

Годы	Шпрот	Балтийская сельдь			Треска
		прибрежная	морская	осенняя	
2000	50/8.6—12.0	94/11.5—26.0	66/13.0—23.5	0	56/25.5—45.0
2001	150/8.0—13.6	718/10.0—30.9	273/13.0—24.2	22/2.0—22.0	0
2002	101/8.6—13.0	574/11.5—32.5	78/12.9—26.5	7/15.2—22.2	83/10.2—41.5
2003	115/7.2—13.2	191/15.2—33.5	114/13.5—23.2	10/13.5—21.2	84/22.8—54.0
2004	165/8.4—13.1	181/14.0—26.7	95/13.7—24.3	2/17.2—21.2	36/15.3—51.0
2005	15/10.2—12.5	52/14.0—25.0	92/12.4—23.0	6/12.0—20.0	43/22.0—45.5
2006	120/7.8—13.5	217/11.5—29.9	115/13.1—27.6	7/15.1—22.9	182/13.3—54.0
2007	270/7.2—13.9	146/11.3—24.6	152/12.2—27.5	13/15.3—25.1	111/13.5—50.8
2008	165/7.2—13.6	81/15.4—28.8	80/14.6—23.2	4/15.5—22.5	27/28.5—60.0
2009	15/7.2—13.1	63/15.9—24.3	12/17.8—22.9	0	48/23.0—53.0
2010	130/7.0—13.6	165/11.4—28.1	11/13.0—23.5	1/17.9	146/21.5—60.0
2011	64/6.6—13.2	127/11.3—29.5	21/16.8—23.2	2/19.5	94/24.0—52.0
2012	60/7.6—13.0	72/16.5—24.7	3/19.5—21.6	0	36/36.0—44.0
Итого	1420/6.6—13.6	2681/10.0—33.5	1112/12.2—27.6	74/12.0—25.1	946/10.2—60.0

Для анализа размерно-возрастной изменчивости зараженности использованы следующие размерные группы рыб: менее 10 см, 10—12 см и более 12 см — шпрот; менее 16 см, 16—24 см и более 24 см — балтийская сельдь; менее 20 см, 20—30 см и более 30 см — треска (табл. 2). Разделение на размерные группы выполнено на основании данных о размерно-возрастной изменчивости состава пищи (Patokina et al., 2011).

Изучение зависимости показателей заражения рыб от пола выполнено по данным, полученным на выборках одноразмерных рыб: 1248 экз. шпрота (511 экз. ♂ и 737 экз. ♀), 1111 экз. балтийской сельди (411 экз. ♂ и 700 экз. ♀) и 638 экз. трески (323 экз. ♂ и 315 экз. ♀) (табл. 2).

Сезонная динамика исследована на суммированных помесечно данных о зараженности шпрота, «морских сельдей», трески размерной группы «более 30 см», а межгодовая — на этом же материале, но при суммировании данных по годам (табл. 3).

Анализ особенностей роста личинок нематоды у рыб проводился с использованием следующих морфометрических показателей: длина (BL), максимальная ширина (BW), расстояние от переднего конца тела до нервного кольца (NR), длина кишечного отростка (IA), длина желудочного отростка (VA), расстояние от анального отверстия до конца тела (AP). Промеры выполнены у 106 экз. личинок, в том числе 28 экз. из шпрота, 50 экз. из балтийской сельди и 28 экз. из трески. Для статистического анализа характера аллометрического роста личинок значения всех параметров были подвергнуты логарифмической трансформации.

Таблица 2

Показатели зараженности рыб различных размерных групп и в зависимости от пола

Table 2. Infestation indices of fishes in different length groups and in dependence on their sex

Вид рыбы / размерные группы / пол	N, экз.	Среднее значение ЭИ, % (M ± SE)	Средняя интенсивность, ИИ ср., экз. (M ± SD)	Интенсивность инвазии, ИИ, экз.
Шпрот	1420	1.27 ± 0.30	1.00 ± 0.00	1
< 10 см	277	0.00 ± 0.66	0.00	0
10—12 см	855	1.40 ± 0.40	1.00 ± 0.00	1
>12 см	288	2.08 ± 0.66	1.00 ± 0.00	1
Самцы, L ср. = 11.1 см	511	1.96 ± 0.61	1.00 ± 0.00	1
Самки, L ср. = 11.1 см	737	1.09 ± 0.35	1.00 ± 0.00	1
Балтийская сельдь («морские»)	1112	2.16 ± 0.44	1.17 ± 0.38	1—2
< 16 см	133	0.75 ± 1.20	2.00 ± 0.00	2
16—24 см	969	2.37 ± 0.47	1.13 ± 0.34	1—2
>24 см	10	0.00 ± 4.60	0.00	0
Самцы, L ср. = 18.6 см	411	1.5 ± 0.72	1.50 ± 0.53	1—2
Самки L ср. = 18.6 см	700	2.29 ± 0.55	1.00 ± 0.00	1
Треска	946	11.63 ± 1.04	5.62 ± 7.98	1—39
< 20 см	69	0.00 ± 3.72	0.00 ± 0.00	0
20—30 см	214	2.80 ± 1.13	1.33 ± 0.52	1—2
>30 см	663	15.69 ± 1.41	6.13 ± 8.40	1—39
Самцы, L ср. = 33.8 см	460	12.80 ± 1.57	5.22 ± 7.41	1—32
Самки L ср. = 35.5 см	413	14.53 ± 2.51	6.28 ± 8.07	1—39

Средние величины (M), стандартное отклонение (SD) и стандартные ошибки (SE), критерий Фишера (F), коэффициенты детерминации ( $R^2$  и  $R^2_{adj}$ ), количество степеней свободы (df) и уровень значимости различий (p) рассчитывали с помощью статистического пакета STATISTICA v.6.0. Для оценки средних значений ИИ ср. использовали SD, а для ЭИ — SE, как наиболее эффективный критерий для качественных признаков (Cochran, 1963; Плохинский, 1970). Уровень значимости различий между средними значениями оценивали методом однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) и с помощью критерия хи-квадрат ( $\chi^2$ ). Для сравнения средних значений морфометрических показателей личинок, выделенных из различных хозяйств, использован t-тест. Рост личинок рассчитан по формуле:  $y = a + bx$ , где  $x = BL$ ,  $y$  — значение одного из морфометрических параметров,  $b$  — коэффициент регрессии (аллометрический фактор),  $a$  — ожидаемое значение  $y$ , если  $x = 1$ . Сопоставление наклонов линий регрессии выполнено с применением ковариационного анализа (ANCOVA). Для анализа связи между экстенсивностью заражения шпрота, балтийской сельди и трески использовали коэффициент ранговой корреляции Спирмена ( $r$ ).

Таблица 3

Объем исследованного материала в разные месяцы и размерный состав рыб  
(суммарно за 2000—2012 гг.)

Table 3. The number of examined fishes in different months and fish length  
(summarized for 2000—2012)

Месяц	Шпрот		Сельдь		Треска	
	п, экз.	длина рыб / min—max, см	п, экз.	длина рыб / min—max, см	п, экз.	длина рыб / min—max, см
Январь	15	10.9 / 7.7—13.0	2	20.4 / 14.0—30.5	0	—
Февраль	115	11.0 / 7.6—13.6	178	18.5 / 9.0—36.0	134	37.7 / 30.5—54.0
Март	135	10.8 / 7.0—13.2	135	19.0 / 11.0—34.0	169	37.5 / 24.0—60.0
Апрель	0	—	18	19.7 / 16.0—30.0	0	—
Май	270	11.0 / 8.4—13.6	139	19.7 / 11.0—28.0	38	42.1 / 36.3—54.0
Июнь	155	11.1 / 8.7—13.6	119	18.4 / 11.0—27.0	54	37.6 / 31.1—52.3
Июль	15	11.4 / 10.5—12.6	39	18.6 / 14.0—24.0	0	—
Август	75	11.3 / 9.7—13.1	85	18.3 / 12.0—25.0	18	37.7 / 35.0—41.5
Сентябрь	0	—	3	21.3 / 16.0—25.0	15	38.8 / 36.0—42.0
Октябрь	475	10.9 / 7.2—13.9	341	18.2 / 9.0—29.0	124	36.3 / 30.1—60.0
Ноябрь	165	10.4 / 6.6—13.6	45	16.8 / 13.0—23.0	96	40.8 / 30.6—57.0
Декабрь	0	—	8	21.5 / 19.0—24.0	15	41.6 / 31.0—49.5
Итого	1420	10.9	1112	18.6	663	38.2

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Личинки *S. osculatum* 3-й стадии, как правило, находились в плотной соединительнотканной капсуле. У шпрота и сельди инкапсулированные личинки нематод локализовались в покровах серозы пилорических придатков, кишечника и желудка, у трески — в серозных покровах печени (у 98 % зараженных рыб) и единично свободно в брюшной полости (рис. 1). Их локализация в брюшной полости, видимо, вторична — нематоды могут покидать капсулы после гибели рыб и мигрировать в полость тела. Личинки нематод обнаружены у шпрота размерами 10—13.2 см, сельди 14—28 и трески 20—60 см.

Средние значения показателей зараженности (ЭИ ± SE и ИИ ср. ± SD) общих выборок составляли  $1.27 \pm 0.30$  % и  $1.00 \pm 0.00$  экз. у шпрота,  $1.40 \pm 0.19$  % и  $1.17 \pm 0.50$  экз. у сельди и  $11.63 \pm 1.04$  % и  $5.62 \pm 7.98$  экз. у трески. Личинки нематод значимо чаще встречались у «морских» сельдей (ЭИ =  $2.16 \pm 0.35$  %, ИИ ср. =  $1.13 \pm 0.38$  экз.), чем у «прибрежных» (ЭИ =  $1.08 \pm 0.23$  %, ИИ ср. =  $1.13 \pm 0.60$  экз.) и «осенних» (ЭИ =  $1.35 \pm 1.36$  %, ИИ ср. =  $1.00 \pm 0.00$ ) ( $F_{2,3864} = 3.31$ ;  $p = 0.04$ ).

Доля зараженных рыб в разных размерных группах изменялась (табл. 2). У шпрота длиной более 12 см ЭИ увеличилась в полтора раза по сравнению с рыбами размерной группы 10—12 см. У сельди максимальная доля зараженных рыб отмечена у рыб длиной 16—24 см (ЭИ =  $2.37 \pm 0.47$  %). Вместе с тем статистически значимые различия ЭИ рыб в зависимости от их размеров выявлены только для трески. Так, у рыб длиной

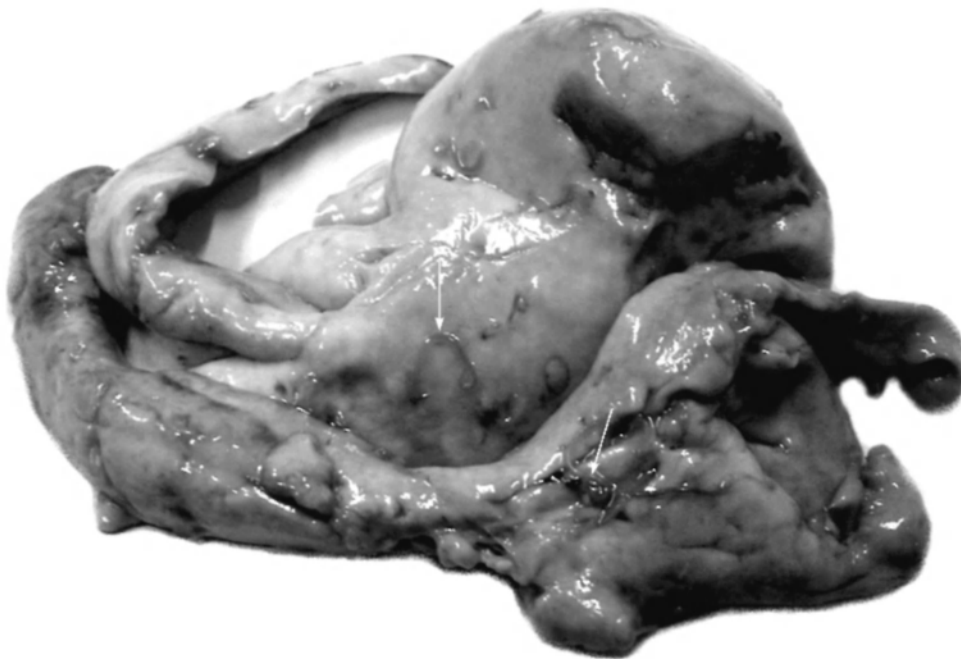


Рис. 1. Личинки нематоды *Contracaecum osculatum* в печени трески.  
Стрелки — личинки *C. osculatum*.

Fig. 1. *Contracaecum osculatum* larvae in cod liver.  
Arrows designate larvae of *C. osculatum*.

более 30 см значение ЭИ было значительно выше, чем у мелкой трески ( $F_{(2,943)} = 18.661$ ;  $p = 0.001$ ). Это характерно и для показателя средней интенсивности инвазии трески (табл. 2). У всех трех видов рыб достоверных различий в зараженности особей разного пола не выявлено (табл. 2).

Экстенсивность инвазии шпрота изменялась в течение года от 0 % в январе, июле и августе до  $4.44 \pm 0.93$  % в марте, однако изменения не были статистически значимы ( $F_{8,1411} = 1.84$ ;  $p = 0.07$ ). Доля зараженных сельдей также изменялась в течение года. Минимальные значения ЭИ рыб отмечены в марте и в августе (0 % и  $1.18 \pm 1.57$  % соответственно), а в ноябре наблюдалось достоверное повышение этого показателя до  $4.44 \pm 2.15$  % ( $F_{11,1100} = 2.22$ ;  $p = 0.01$ ). Средняя интенсивность инвазии указанных видов рыб на протяжении года изменялась незначительно и не превышала 1.00 экз. у шпрота и 1.00—1.67 экз. у сельди. Для трески свойственно чередование повышения и снижения показателей инвазии в течение года. Значимое увеличение ЭИ отмечено в мае ( $26.31 \pm 5.74$  %), в сентябре ( $26.67 \pm 9.14$  %) и в ноябре ( $32.29 \pm 3.61$  %) ( $F_{8,654} = 5.75$ ;  $p = 0.001$ ). В эти же периоды отмечен незначительный рост значений и ИИ ср. В мае она составляла  $6.50 \pm 10.09$  экз., а в ноябре —  $8.94 \pm 10.53$  экз.

Среднегодовые показатели ЭИ шпрота изменялись от 0 % (в 2000, 2005 и 2006 гг.) до максимального значения в 2009 г. (рис. 2). В 2008 и в 2010 гг. этот показатель статистически значимо отличался от такового в

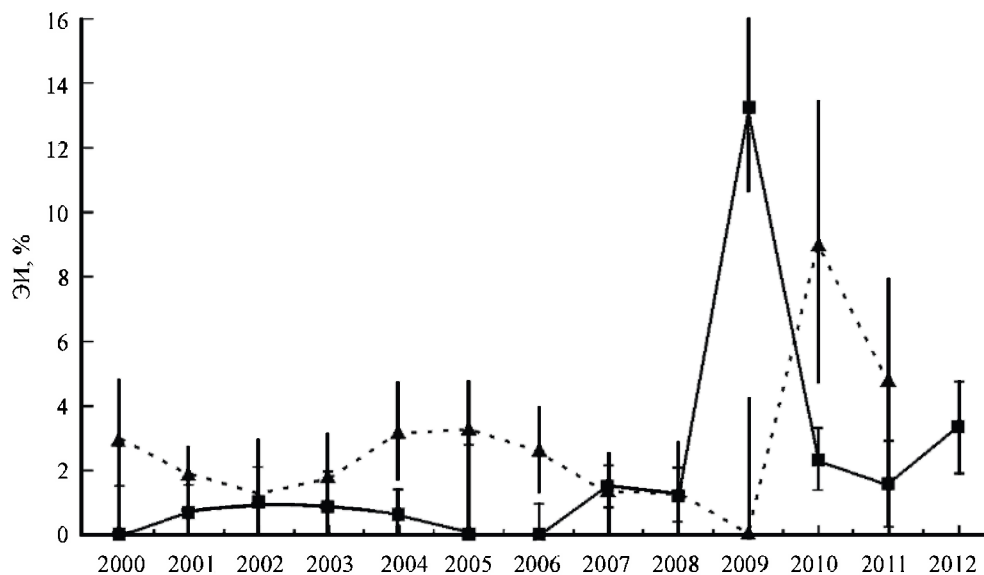


Рис. 2. Экстенсивность инвазии (ЭИ ± SE) шпрота (сплошная линия) и сельди (пунктирная линия) в 2000—2012 гг.

Fig. 2. Prevalence (± SE) of the invasion of the sprat (solid line) and of the Baltic herring (dashed line) in 2000—2012.

2009 г. ( $\chi^2 = 8.10$ ;  $p = 0.00$  и  $\chi^2 = 4.23$ ;  $p = 0.04$  соответственно). Для сельди также характерны изменения ЭИ в 2000—2012 гг., однако различия среднегодовых показателей оказались недостоверными ( $\chi^2 = 1.04$ ;  $p = 0.31$ ). Для ЭИ трески (рис. 3) свойственны периоды статистически значимого резкого повышения значений по сравнению с предшествующими годами в 2003 г. ( $\chi^2 = 5.44$ ;  $p = 0.02$ ), 2004 г. ( $\chi^2 = 6.03$ ;  $p = 0.01$ ) и 2007 г. ( $\chi^2 = 16.68$ ;  $p = 0.00$ ). В 2011 г. по сравнению с 2010 г. произошло резкое снижение этого показателя ( $\chi^2 = 3.24$ ;  $p = 0.01$ ). Рост зараженности трески в 2012 г. по сравнению с 2011 г. оказался недостоверным ( $\chi^2 = 2.08$ ;  $p = 0.15$ ). ИИ ср. трески увеличивалась с 2003 по 2010 г., а в 2011 и в 2012 гг. снизилась (рис. 4). Несмотря на изменчивость показателей зараженности трески в 2000—2012 гг., в целом был выявлен положительный тренд как для ЭИ, так и для ИИ ср.

Установлены умеренные статистические связи между среднегодовыми значениями ЭИ трески и сельди ( $r = 0.32$ ), трески и шпрота ( $r = 0.42$ ) и слабые — сельди и шпрота ( $r = -0.24$ ).

Морфометрические параметры личинок нематод из исследованных видов рыб представлены в табл. 4. Установлено, что значения всех параметров личинок у трески значимо выше, чем у шпрота и для большинства из них, чем у сельди (табл. 5). Средние значения BL, BW и VA личинок из сельди достоверно выше таковых из шпрота. Выявлены достоверные положительные корреляции между длиной тела личинок и морфометрическими параметрами их внутренних структур у сельди и шпрота и большинством из них — у трески (табл. 6). Максимальные коэффициенты кор-

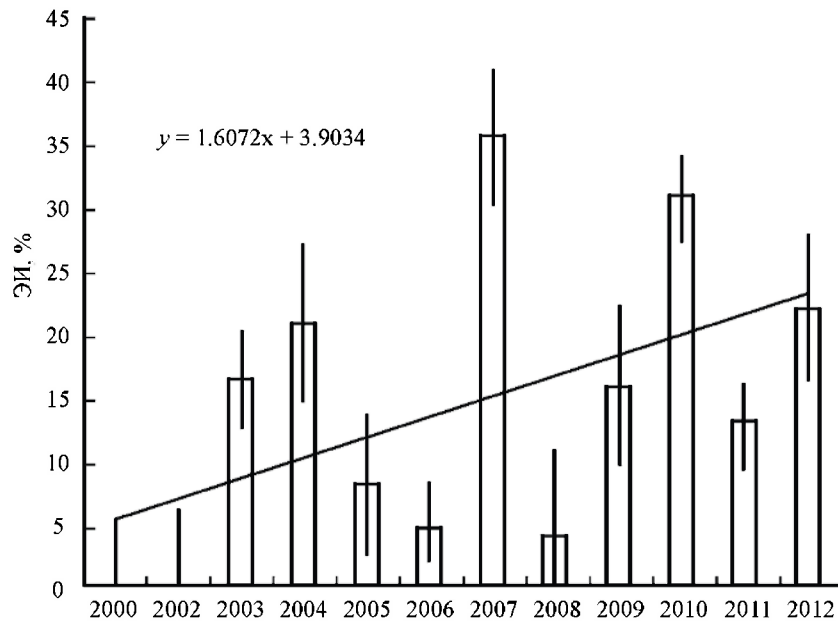


Рис. 3. Экстенсивность инвазии трески (ЭИ ± SE) в 2000—2012 гг.

Fig. 3. Prevalence of the cod (± SE) in 2000—2012.

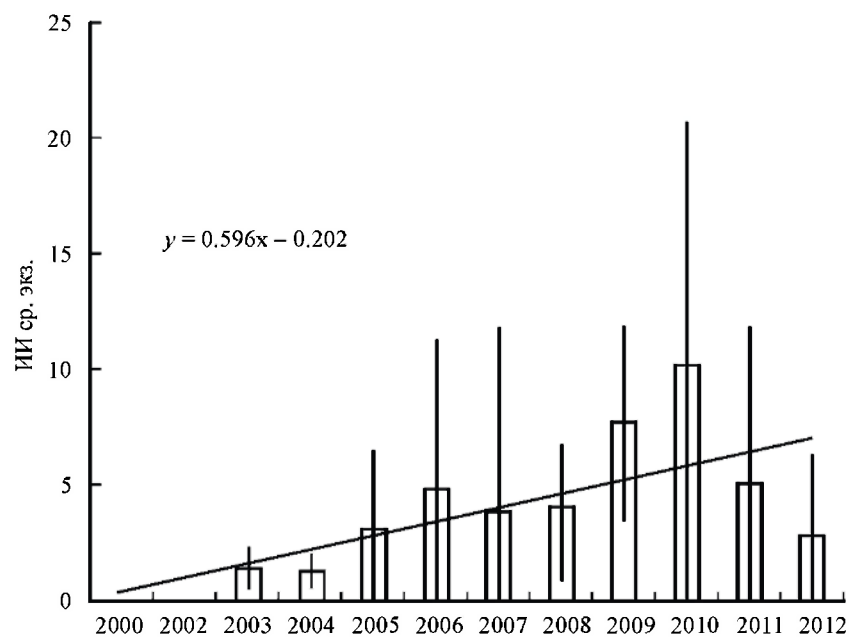


Рис. 4. Средняя интенсивность инвазии трески (ИИ ср. ± SD) в 2000—2012 гг.

Fig. 4. Mean intensity of the cod (± SD) in 2000—2012.



Таблица 4

Морфометрические параметры личинок *Contracaecum osculatum*  
у исследованных видов рыб, мм

Table 4. Morphometric parameters of *Contracaecum osculatum* in studied fish species, mm

Параметры	Шпрот (28 экз.), M ± SD (мин—макс)	Балтийская сельдь (50 экз.), M ± SD (мин—макс)	Треска (33 экз.) M ± SD (мин—макс)
BL	5.06 ± 3.72 (0.80—14.95)	8.09 ± 3.98 (1.65—16.70)	14.23 ± 3.46 (5.98—20.16)
BW	0.21 ± 0.11 (0.09—0.49)	0.31 ± 0.13 (0.08—0.55)	0.48 ± 0.10 (0.28—0.73)
NR	0.19 ± 0.10 (0.09—0.49)	0.24 ± 0.08 (0.04—0.39)	0.30 ± 0.10 (0.10—0.56)
IA	0.39 ± 0.15 (0.14—0.69)	0.44 ± 0.20 (0.15—0.85)	0.59 ± 0.20 (0.17—1.23)
VA	0.58 ± 0.29 (0.10—1.16)	0.74 ± 0.29 (0.23—1.35)	0.95 ± 0.27 (0.40—1.54)
AP	0.14 ± 0.05 (0.10—0.24)	0.17 ± 0.05 (0.04—0.26)	0.18 ± 0.04 (0.10—0.25)

реляции наблюдались у личинок из шпрота для BL—BW и BL—IA. Данные статистических оценок аллометрического роста личинок нематод четко показывают, что все морфометрические параметры личинок рыб, за исключением NR и IA у трески, значимо увеличивались с ростом личинок (табл. 7). Значения коэффициентов регрессии большинства параметров личинок из шпрота выше, чем таковых из сельди и трески. Лишь для AP и IA личинок из шпрота эти показатели были ниже, чем у личинок из трески и сельди. Наибольшие коэффициенты регрессии отмечены для BW личинок из шпрота и сельди и VA — из шпрота. Вместе с тем, несмотря на выявленные различия аллометрического роста личинок у разных хозяев, наклоны линий регрессии параметров их внутренних структур по отношению к длине тела гельминтов статистически значимо не изменялись ( $F = 1.48$ ;  $p = 0.23$ ).

#### ОБСУЖДЕНИЕ

Несмотря на то что *C. osculatum* l. встречается в различных районах Балтики, детальное изучение зараженности рыб и окончательных хозяев гельминтов выполнено лишь в Северной Балтике в 1980-е годы (Valtonen et al., 1988). В Ботническом заливе ЭИ крупных хищных рыб (лосось, треска, налим) достигала 20 % при невысоких значениях ИИ (1—6 экз.). Показатели зараженности мелких рыб (балтийской сельди и корюшки) не превышали 1.6 % и 1—6 экз. Авторами (Valtonen et al., 1988) были исследованы и окончательные хозяева — два вида морских млекопитающих — балтийская кольчатая нерпа (*Phoca hispida*) и серый тюлень (*Halichoerus grypus*). Нематоды *C. osculatum* у нерпы встречались единично, а у серого тюленя ИИ достигала 1200 экз., что указало на то, что в исследованном районе основным окончательным хозяином гельминтов служит *H. grypus* (Valtonen et al., 1988). К сожалению, сведения о паразитах млекопитаю-

Таблица 5

Сравнение средних значений морфометрических параметров личинок *C. osculatum* различных видов рыбTable 5. Comparison of mean values of *C. osculatum* larvae morphometric data from different fish species

Параметры личинок	Средние значения параметров личинок		t-критерий	dF	p	Уровни значимости различий
	Треска	Шпрот				
BL	14.23	5.06	9.98	59	0.00	***
BW	0.48	0.21	10.21	57	0.00	***
NR	0.30	0.19	3.74	50	0.00	***
IA	0.59	0.39	4.26	54	0.00	***
VA	0.95	0.58	4.96	55	0.00	***
AP	0.18	0.14	2.81	45	0.01	**
	Треска	Сельдь				
BL	14.23	8.09	-7.24	81	0.00	***
BW	0.48	0.31	-6.42	81	0.00	***
NR	0.30	0.24	-3.02	74	0.01	**
IA	0.59	0.44	-3.45	80	0.00	***
VA	0.95	0.74	-3.43	81	0.00	***
AP	0.18	0.17	-1.28	78	0.20	NS
	Сельдь	Шпрот				
BL	8.09	5.06	-3.31	76	0.01	**
BW	0.31	0.21	-3.52	74	0.00	***
NR	0.24	0.19	-1.89	68	0.06	NS
IA	0.44	0.39	-1.19	71	0.24	NS
VA	0.74	0.58	-2.15	72	0.03	**
AP	0.17	0.14	-1.51	63	0.14	NS

Примечание. \*\*\* — различия достоверны при  $p < 0.001$ , \*\* — различия достоверны при  $p < 0.01$ , NS — различия недостоверны ( $p > 0.05$ ).

ших из других районов Балтики единичны и в них отсутствует информация об обнаружении *C. osculatum* (Rokicki et al., 1997).

Наши исследования в Юго-Восточной Балтике показали, что у мелких пелагических рыб (шпрот и балтийская сельдь) личинки *C. osculatum* встречаются реже, чем у трески. По-видимому, это связано с особенностями питания рыб. Шпрот и мелкая сельдь питаются планктонными ракообразными, которые могут служить промежуточными или транспортными хозяевами этих нематод. В рационе крупной сельди кроме ракообразных появляется и шпрот (Фельдман и др., 2002), у которого могут паразитировать личинки *C. osculatum*. Основу рациона крупных особей трески (более 30 см) составляют шпрот и сельдь (Patokina и др., 2011), что приводит к аккумуляции личинок нематод у данного хозяина. Причем чем больше доля шпрота в питании трески, тем выше показатели ее зараженности в силу того что размеры и вес шпрота значительно ниже таковых сельди, а средние показатели ЭИ рыб приблизительно одинаковы. Соответственно

Таблица 6

Коэффициенты корреляции Пирсона между длиной личинок и морфометрическими параметрами их внутренних структур

Table 6. Pearson correlation coefficient values between larval length and morphometric data of their internal structure

Вид рыбы	BL—BW	BL—NR	BL—IA	BL—VA	BL—AP
Шпрот	0.95*	0.75*	0.9*	0.72*	0.87*
Балтийская сельдь	0.87*	0.63*	0.51*	0.71*	0.68*
Треска	0.58*	0.10 (NS)	0.37 (NS)	0.56*	0.46*

Примечание. \*— различия достоверны при  $p < 0.05$ , NS — различия недостоверны ( $p > 0.05$ ).

при сходной биомассе потребляемых треской рыб численность шпрота на несколько порядков выше, чем сельди. И соответственно абсолютная численность нематод, полученных треской от шпрота, должна быть значительно выше, чем от сельди. Это может объяснить и более тесные статистические связи между среднегодовыми значениями ЭИ трески и шпрота, чем с сельдью.

Статистически значимые увеличения показателей зараженности трески в мае, сентябре и в ноябре можно объяснить несколько большими размерами исследованных рыб в эти периоды. Так, средняя длина трески размер-

Таблица 7

Результаты регрессионного анализа аллометрического роста личинок *C. osculatum* в разных видах рыб

Table 7. Results of the regression analysis of allometric growth of *C. osculatum* larvae in different fish species

Параметры личинок	Вид рыбы	a	b	R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> adj	df	F	p
BW	Шпрот	-1.263	0.808	0.912	0.832	0.819	1	64.531	0.000
	Сельдь	-1.210	0.78	0.880	0.774	0.769	1	164.39	0.00
	Треска	-0.896	0.03	0.660	0.436	0.418	1	23.981	0.000
NR	Шпрот	-1.238	0.687	0.828	0.686	0.662	1	28.442	0.000
	Сельдь	-1.098	0.516	0.650	0.422	0.409	1	32.848	0.000
	Треска	-0.777	0.197	0.146	0.02	-0.002	1	0.587	0.450
IA	Шпрот	-0.806	0.53	0.917	0.841	0.829	1	68.888	0.000
	Сельдь	-0.733	0.395	0.495	0.245	0.229	1	15.282	0.000
	Треска	-0.865	0.538	0.417	0.174	0.147	1	6.520	0.16
VA	Шпрот	-0.865	0.849	0.743	0.552	0.518	1	16.055	0.001
	Сельдь	-0.673	0.595	0.775	0.600	0.592	1	72.089	0.000
	Треска	-0.629	0.518	0.472	0.223	0.198	1	8.902	0.006
AP	Шпрот	-1.740	0.419	0.825	0.680	0.656	1	27.715	0.000
	Сельдь	-1.193	0.472	0.755	0.569	0.560	1	62.161	0.000
	Треска	-1.279	0.455	0.505	0.255	0.230	1	9.938	0.004

ной группы «более 30 см» составляла 38.2 см, а в мае, сентябре и ноябре 42.1 см, 38.8 и 40.8 см соответственно. Отсутствие значимых различий в зараженности самцов и самок изученных видов рыб указывает на сходство питания особей разного пола.

Положительный тренд среднегодовых значений ЭИ рыб в 2000—2012 гг., видимо, обусловлен значительным увеличением численности серых тюленей — основных окончательных хозяев *C. osculatum* (Konigson et al., 2009). Тюлени активно питаются массовыми видами рыб, среди которых могут быть и зараженные. В организме млекопитающих личинки 3-й стадии развития в течение нескольких дней достигают 4-й стадии и, став половозрелыми, продуцируют яйца (Fagerholm, 1982, 1983).

Размеры гельминтов, обнаруженных нами у балтийской сельди и трески в целом соответствовали приведенным в работе Кюйе и Фагерхольма (Køie, Fagerholm, 1995) от этих же хозяев. Морфометрические признаки личинок из шпрота, питающегося исключительно планктонными ракообразными (Патокина и др., 2008), в литературе отсутствуют. Личинки максимального размера (BL = 14.5 мм) были обнаружены в марте 2012 г. у шпрота длиной 12.1 см, возраст этой рыбы по персональному сообщению специалиста по биологии шпрота Т. Г. Васильевой (АтлантНИРО) не менее 5 лет. Продолжительность жизни личинок в рыбе неизвестна, но, учитывая вышеуказанное, можно предположить, что *C. osculatum* l. растут и могут сохраняться живыми до нескольких лет. Длина нематод из шпрота при сопоставлении личинок минимальных и максимальных размеров увеличилась приблизительно в 18.5 раза. Длина личинок в экспериментально зараженных ракообразных через 3 недели может достигать 0.14—0.53 мм (Køie, Fagerholm, 1995). Таким образом, личинки, попавшие в шпрота из ракообразных, могут увеличиться в размерах примерно в 28 раз. Подросшие в шпроте личинки, попав по трофической цепи к сельди или треске, продолжают свой рост, однако соотношение максимальной и минимальной длины личинок у данных видов рыб были ниже (10.1 и 3.4 соответственно), чем у шпрота.

Таким образом, полученные результаты позволили выявить особенности как динамики зараженности шпрота, сельди и трески нематодами *C. osculatum* l., так и роста гельминтов в различных хозяевах. Отмечен положительный тренд показателей инвазии рыб в последние годы, что предположительно связано с ростом численности окончательного хозяина этой нематоды — серого тюленя и соответственно с увеличением численности популяции нематоды *C. osculatum*. Установлено, что личинки растут во всех исследованных видах рыб, которые благодаря тесным трофическим связям способствуют их переносу к окончательному хозяину. Высказано предположение о более интенсивном росте гельминтов в шпроте. Впервые показана важная роль шпрота в зараженности трески и в жизненном цикле нематод *C. osculatum* в исследованном районе Южной Балтики.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаю глубокую благодарность Ч. М. Нигматуллину, О. А. Шухгалтер, Ф. А. Патокиной и Т. Г. Васильевой за ценные советы при написании

данной работы, Н. В. Красовской за определение принадлежности балтийской сельди к локальным группировкам по отолитам, Л. А. Липняговой за сбор и тщательную обработку материала.

#### Список литературы

- Быховская-Павловская И. Е. 1985. Паразиты рыб. Руководство по изучению. Л.: Наука. 123 с.
- Вальтер Е. Д. 1979. Обнаружение личинок *Contracaecum osculatum* (Nematoda, Ascaridata) у рыб Белого моря. Биологические науки. 11 : 52—58.
- Патоккина Ф. А., Калинина Н. А., Жигалова Н. Н., Нигматуллин Ч. М. 2008. Пищевой спектр шпрота и состав мезозoopланктона в весенний и летний периоды 1998—2006 гг. в российской зоне Балтийского моря (26 подрайон ИКЕС). В сб.: Промыслово-биологические исследования АтлантНИРО в 2006—2007 годах. Т. 1. Балтийское море и заливы. Калининград: АтлантНИРО. 81—90.
- Плохинский Н. А. 1970. Биометрия. М.: Изд-во Моск. ун-та. 367 с.
- Федотова Е. А. 2010. Промыслово-экологическая характеристика балтийской сельди (*Clupea harengus membras* L.) в исключительно экономической зоне Литвы: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Калининград. 18 с.
- Фельдман В. М., Патоккина Ф. А., Калинина Н. А. 2002. Состав пищи и суточные рационы балтийской сельди (*Clupea harengus membras* L.) в Гданьском заливе Балтийского моря. В сб.: Промыслово-биологические исследования АтлантНИРО в 2000—2001 годах. Т. 2. Балтийское море. Калининград: АтлантНИРО. 37—50.
- Bush A. O., Lafferty K. D., Lotz J. M., Shostak A. W. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *Journ. of Parasitol.* 83 (3) : 575—583.
- Cochran W. G. 1963. *Sampling Techniques*. NY, London, John Wiley & Sons. Inc. 440 p.
- EFSA. 2011. Panel of Biological Hazards (BIOHAZ). Scientific Opinion on assessment of epidemiological data in relation to the health risks resulting from the presence of parasites in wild caught fish from fishing grounds in the Baltic Sea. *EFSA Journ.* 9 (7) : 21—24.
- Fagerholm H. P. 1982. Parasites of fish in Finland. VI. Nematodes. *Acta Academiae Aboensis, Ser. B.* 6 : 1—128.
- Fagerholm H. P. 1983. Ascaridoidean nematode parasites of fishes in the northern Baltic Sea. *Proceedings of the First International Symposium of Ichthyoparasitology. Ceske Budejovice, Czechoslovakia* 8—13.8. 1983 : 17.
- Komowski A. 1969. Types of otoliths in herring from southern Baltic. *ICES. Pelagic Fish (Northern) Committee.* CM — 1969/H:12.
- Konigson S., Lunneryd S. G., Stridh H. H., Sundqvist F. 2009. Grey seal predation in cod gillnet fisheries in the Central Baltic Sea. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science.* 42 : 41—47.
- Køie M., Fagerholm H. P. 1995. Third-stage Larvae Emerge from Eggs of *Contracaecum osculatum* (Nematoda, Anidakidae). *Journ. of Parasitol.* 79 (5) : 777—780.
- Morozinska-Gogol I. 1995. The role of cod (*Gadus morhua* L.) in the life-cycle of *Contracaecum osculatum* (Rudolphi, 1802) (Nematoda, Anisakidae) — an overview. *Proceedings of Polish-Swedish Symposium on Baltic Cod, Gdynia, Poland, 21—22 March, 1995. Meddelande Fran Havsfiskelaboratoriet № 327. IMR Report. № 327 : 123—130.*
- Nascetti G., Cianchi R., Mattiucci S., D'Amelio S., Orecchia P., Paggi L., Brattey J., Berland B., Smith J. W., Bullini L. 1993. Three sibling species within *Contracaecum osculatum* (Nematoda, Ascaridida, Ascaridoidea) from the Atlantic-Boreal region: reproductive isolation and host preferences. *International Journ. for Parasitol.* 23 : 105—120.
- Patokkina F. A., Nigmatullin Ch. M., Kasatkina S. M. 2011. Adult cod as top-predator in the Southern Baltic: Results of the winter-early spring observations in 1992—2010. *ICES CM 2011/ 1: 32.*

- Rokicki J., Berland B., Wróblewski J. 1997. Helminths of the harbour porpoise, *Phocoena phocoena* (L.), in the southern Baltic. *Acta Parasitologica*. 42 (1) : 36—39.
- Rokicki J., Valter E. D., Myjak P. 1993. *Contracaecum osculatum* (Nematoda: Anisakidae) in cod, *Gadus morhua* L. from the Polish coast of the Baltic. *Acta Parasitologica Polonica*. 1 : 33—35.
- Schaum E., Müller W. 1967. Die Heterocheilidiasis. Eine Infektion des Menschen mit Larven von Fisch-Ascariden. *Deutsche Medizinische Wochenschrift*. 92 : 2230—2233.
- Smith J. M., Elarifi A. E., Wootten R., Pike A. W., Burt M. D. B. 1990. Experimental infection of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, with *Contracaecum osculatum* (Rudolphi, 1802) and *Pseudoterranova decipiens* (Krabbe, 1878) (Nematoda: Ascaridoidea). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 47 : 2293—2296.
- STATISTICA v. 6.0. 1999. Statsoft, Inc. Tulsa, Oklahoma.
- Turovski A. 1994. The parasite-fauna of flounder (*Platichthys flesus trachurus*) and turbot (*Scophthalmus (Psetta) maximus*) in the Coastal waters of Estonia in 1984—1994. *The Baltic Marine Biologists Publication*. 15 : 75—76.
- Valtonen E. T., Fagerholm H. P., Helle E. 1988. *Contracaecum osculatum* (Nematoda: Anisakidae) in fish and seals in Bothnian Bay (northeastern Baltic Sea). *International Journal for Parasitology*. 18 : 365—370.

INFESTATION RATES OF THE MAIN COMMERCIAL FISH SPECIES  
WITH LARVAE OF CONTRACAECUM OSCULATUM (RUDOLPHI, 1802)  
(NEMATODA: ANISAKIDAE) IN RUSSIAN WATERS  
OF THE SOUTH BALTIC IN 2000—2012

G. N. Rodjuk

*Key words:* parasitic structure, *Contracaecum osculatum*, sprat, Baltic herring, Baltic cod, South Baltic.

SUMMARY

The infestation dynamic of the sprat (*Sprattus sprattus balticus*), the Baltic herring (*Clupea harengus membras*), and the Baltic cod (*Gadus morhua callaris*) with nematodes *Contracaecum osculatum* 1 (Anisakidae) from Russian waters of the South Baltic were studied in 2000—2012. Peculiarities of larval growth in different hosts were analyzed. A total of 6233 fish specimens were investigated, including 1420, 3867, and 946 specimens of sprat, herring, and cod, respectively. The prevalence and mean intensity indices of sprat, herring, and cod constituted  $1.27 \pm 0.3\%$  and 1.0,  $1.4 \pm 0.19\%$  and  $1.13 \pm 0.38$ , and  $11.63 \pm 1.04\%$  and  $5.62 \pm 8.00$ , respectively. The increasing of infection indices was observed in recent years. It was associated with the increase in the number of grey seals, definitive hosts of *C. osculatum* in the Baltic Sea. The growth of helminthes larvae in sprats, Baltic herrings, and cods was revealed. The important role of the sprat in the cod infestation with *C. osculatum* and in the transmission of this parasite was demonstrated for the first time.