

Научная статья

УДК 576.89:597

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-340-351>

## Комплексная оценка состояния проходной сельди-черноспинки (*Alosa kessleri*, Grimm, 1887) в низовьях Волги

Елена Александровна Воронина<sup>1</sup>, Светлана Александровна Дьякова<sup>2</sup>,  
Ольга Владимировна Попова<sup>3</sup>, Эльвира Сруровна Попова<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup> Волжско-Каспийский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО» (КаспНИРХ)), Астрахань, Россия

<sup>1</sup> Voroninaea7@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1188-2358>

<sup>2</sup> djakova.s.a@gmail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9970-403X>

<sup>3</sup> popovaov53@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-8982-3158>

<sup>4</sup> Elvira\_popova\_2020@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-3812-6773>

### Аннотация

**Цель исследований** – оценка состояния проходной сельди-черноспинки (*Alosa kessleri*, Grimm, 1887) в низовьях реки Волги по паразитологическим, микробиологическим, токсикологическим и биохимическим показателям, а также определение взаимосвязи между ними в период нереста.

**Материалы и методы.** Объектом исследований служила проходная сельдь-черноспинка, выловленная с помощью речного закидного невода. Отбор проб для комплексных исследований от 15 экз. сельди-черноспинки осуществляли в период нерестовой миграции в 2017 г. Рыбу изучали методом неполного паразитологического вскрытия (класс простейших не исследовали). Сбор, вскрытие рыбы и камеральную обработку осуществляли по методике Быховской-Павловской. Микробиологические исследования проводили в соответствии с общепринятыми методиками. Видовую идентификацию выявленных гельминтов и микроорганизмов осуществляли по стандартным определителям. Токсикологические исследования включали определение содержания свинца, кадмия, ртути, нефтяных углеводородов в мышечной ткани исследуемых экземпляров сельди методом атомной абсорбции. В мышцах рыб исследовали число общих липидов по методу Цольнера и водорастворимого белка спектрометрическим методом Варбурга и Христьяна. Коэффициент упитанности определяли по методу Фультона. Полученные результаты обрабатывали статистически.

**Результаты и обсуждение.** Результаты комплексных исследований промыслового вида проходной сельди-черноспинки (*Alosa kessleri*, Grimm, 1887) показали, что паразитофауна рыб отличалась бедным видовым составом на фоне качественного биоразнообразия микробиоты. Заражение сельди-черноспинки протекало на уровне бессимптомного носительства, что указывало на сбалансированные отношения паразитов и хозяина. Уровни накопления токсикантов в организме сельди были близки к характерным значениям для рыб Волго-Каспийского бассейна. В среднем, уровень запаса энергетических ресурсов у обследованных рыб по отношению к предыдущему периоду исследований имел положительную динамику. Результаты исследования состояния сельди-черноспинки в нерестовый период показали взаимосвязь паразитологических, микробиологических, токсикологических и биохимических показателей, комплексно влияющих на общее физиологическое состояние обследованной рыбы.

**Ключевые слова:** проходная сельдь-черноспинка, паразитофауна, токсиканты, нефтеуглеводороды

**Благодарность.** Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории молекулярной генетики и физиологии за предоставленные биохимические данные.

**Прозрачность финансовой деятельности:** в представленных материалах или методах авторы не имеют финансовой заинтересованности.

**Конфликт интересов отсутствует.**



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.  
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

**Для цитирования:** Воронина Е. А., Дьякова С. А., Попова О. В., Попова Э. В. Комплексная оценка состояния проходной сельди-черноспинки (*Alosa kessleri*, Grimm, 1887) в низовьях Волги // Российский паразитологический журнал. 2023. Т. 17. № 3. С. 340–351.

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-340-351>

© Воронина Е. А., Дьякова С. А., Попова О. В., Попова Э. В., 2023

Original article

## Comprehensive condition assessment of the black-backed sea shad (*Alosa kessleri*, Grimm, 1887) in the Lower Volga

Elena A. Voronina<sup>1</sup>, Svetlana A. Dyakova<sup>2</sup>, Olga V. Popova<sup>3</sup>, Elvira S. Popova<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup>Volga-Caspian Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography" (VNIRO (CaspNIRH)), Astrakhan, Russia

<sup>1</sup>Voroninaea7@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1188-2358>

<sup>2</sup>djakova.s.a@gmail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9970-403X>

<sup>3</sup>popovaov53@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-8982-3158>

<sup>4</sup>Elvira\_popova\_2020@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-3812-6773>

### Abstract

**The purpose of the research** is to assess the condition of the black-backed sea shad (*Alosa kessleri*, Grimm, 1887) in the Lower Volga according to parasitological, microbiological, toxicological, and biochemical parameters, and to determine the correlation between the above during the spawning.

**Materials and methods.** The research object was the black-backed sea shad caught with a river shore seine. Sampling for comprehensive studies was performed from 15 black-backed sea shads during the spawning migration in 2017. The fish were studied by the method of partial parasitological dissection (the protozoa class was not studied). The fish were collected and dissected, and cameral treatment was performed per Bykhovskaya-Pavlovskaya method. Microbiological studies were conducted by common methods. Species identification of identified helminths and microorganisms was performed according to standard identification guides. Toxicological studies included the determination of lead, cadmium, mercury, and petroleum hydrocarbons in the muscle tissue of the studied shad specimens by atomic absorption. In fish muscles, we studied the number of total lipids by the Zollner method, and water-soluble protein by the spectrometric Warburg-Christian method. The Fulton's condition factor was used for fatness determination. The obtained results were processed statistically.

**Results and discussion.** The results of the comprehensive studies of commercial species of the black-backed sea shad (*Alosa kessleri*, Grimm, 1887) showed that the parasite fauna of fish was distinguished by a poor species composition as contracted with a qualitative microbiota biodiversity. Infection of the black-backed sea shad proceeded at the asymptomatic carrier level, which indicated a balanced relationship between parasites and the host. The levels of accumulated toxicants in shads were close to the characteristic values for fish in the Volga-Caspian basin. On average, the stock of energy resources in the studied fish had a positive trend in relation to the previous research period. The study results of the black-backed sea shad during the spawning showed the correlation of parasitological, microbiological, toxicological, and biochemical parameters that comprehensively affect the general physiological state of the studied fish.

**Keywords:** the black-backed sea shad, parasite fauna, toxicants, petroleum hydrocarbons

**Acknowledgements.** The authors are grateful to the Molecular Genetics and Physiology Laboratory staff for providing biochemical data.

**Financial transparency:** none of the authors has financial interest in the submitted materials or methods.

**There is no conflict of interests.**

**For citation:** Voronina E. A., Dyakova S. A., Popova O. V., Popova E. S. Comprehensive assessment of the state of the black-backed sea shad (*Alosa kessleri*, Grimm, 1887) in the Lower Volga. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2023;17(3):340–351. (In Russ.).

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-340-351>

© Voronina E. A., Dyakova S. A., Popova O. V., Popova E. S., 2023

## Введение

Проходная сельдь-черноспинка (*Alosa kessleri*, Grimm, 1887) – эндемик бассейна Каспийского моря, где встречается повсеместно, но держится преимущественно у западных берегов. Плодовитость у черноспинки самая высокая среди сельдей рода *Alosa*. В прошлом, кесслеровская сельдь поднималась на нерест высоко по Волге до Камы, Вятки и Оки, то есть на 2000 км от устьев. После постройки плотины Волгоградской ГЭС нерестовые площади сократились в 4 раза, и ограничили ареалом Астраханской области (село Чёрный и Светлый Яр).

В связи с сокращением расстояния до мест нереста, в настоящее время сельдь скатывается в море на стадии личинки, что приводит к повышенной ее гибели [3, 21]. Резкое сокращение численности сельди-черноспинки в начале XXI века привело к низким уловам этого проходного вида и потере промыслового значения. Под воздействием антропогенных и экологических факторов, запасы сельди-черноспинки снизились, уловы достигли своего критического минимума (2002 г. – 0,067 т).

Лишь с 2010 г. число производителей сельди-черноспинки постепенно стало увеличиваться. Однако, наблюдается снижение биологических показателей (длины, массы) в нерестовой части популяции сельди-черноспинки, обусловленное неблагоприятными условиями нагула в море, состоянием кормовой базы и возможно селективным отловом более крупных производителей на местах нагула [4].

Несмотря на значительное сокращение запасов, и районов воспроизводства, сельдь-черноспинка остается ценным объектом промысла Волго-Каспийского бассейна. Изучение данного вида было не достаточным. Исследования касались, в основном, ихтиологических параметров, были фрагментарными и не учитывали микробиологические, токсикологические, паразитологические параметры.

Ранее для всех сельдевых рыб Каспийского моря описано 27 видов паразитов [7]. Более полные данные приведены в работах В. В. Водовской [3]. Целостных исследований паразитофауны сельди-черноспинки в литературных источниках не найдено; существуют разрозненные данные по отдельным видам гельминтов [6, 9].

Целью работы стала оценка состояния проходной сельди-черноспинки в период нерестовой миграции по паразитологическим, микробиологическим, токсикологическим и биохимическим показателям, а также определение взаимосвязи между ними в период нереста.

## Материалы и методы

Объектом исследований служила проходная сельдь-черноспинка, выловленная с помощью речного закидного невода на тонево-м участке «Глубокая», расположенном в верхней части Волжско-Каспийского судоходного морского канала, соединяющего главный рукав дельты р. Волги – Бахтемир и северную часть Каспийского моря. Отбор проб для паразитологических, микробиологических, биохимических и токсикологических исследований осуществляли от 15 экз. сельди-черноспинки в весенний период 2017 г. В половой структуре преобладали самки 3–4 стадии зрелости (80%). Обследованные особи были размером, в среднем,  $33,0 \pm 0,7$  см и массой тела  $424,6 \pm 14,7$  г.

Рыбу изучали методом неполного паразитологического вскрытия (класс простейших не исследовали). Для количественной характеристики популяций гельминтов использовали общепринятые показатели: экстенсивности (ЭИ) и интенсивности инвазии (ИИ), индекс обилия (ИО). Сбор, вскрытие рыбы и камеральную обработку осуществляли по методике Быховской-Павловской [1].

Микробиологические исследования проводили в соответствии с общепринятыми методиками [18]. Из микробиологических

показателей учитывали количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов и их видовой состав в следующих органах и тканях: кишечник, мышцы, жабры и печень. Видовую идентификацию выявленных гельминтов и микроорганизмов осуществляли по стандартным определителям<sup>1,2,3</sup>.

Токсикологические исследования включали определение содержания свинца, кадмия, ртути, нефтяных углеводородов в мышечной ткани исследуемых экземпляров сельди методом атомной абсорбции [ФР.1.31.2007.04014, ГОСТ 34427-2018]<sup>4,5</sup>. Измерения проводили на атомно-абсорбционном спектрофотометре АА-6800, анализаторе ртути РА-915М, спектрофлуориметре «Флюорат-Панорама».

В мышцах рыб исследовали число общих липидов и водорастворимого белка. Общие липиды определяли по методу Цольнера [25, 26]. Концентрацию водорастворимого белка

изучали спектрометрическим методом Варбурга и Христьяна [14]. Коэффициент упитанности определяли по методу Фультона.

Полученные результаты подвергали статистической обработке, используя программы описательной статистики (Statistica, MICROSOFT EXCEL 2010).

## Результаты и обсуждение

В исследуемый период фауна паразитов проходной сельди-черноспинки сохраняла постоянство видового состава и включала пять видов паразитических организмов различных систематических групп: *Mazocraes alosae* (Monogenoidea), *Pseudopentagramma symmetricum* (Trematoda), *Corynosoma strumosum* (Acanthocephala), *Contracaecum* sp. (Nematoda), *Anisakis schupakovi* (Nematoda), которые характеризовались различной частотой встречаемости и локализацией (табл. 1).

Таблица 1 [Table 1]

Зараженность проходной сельди-черноспинки паразитами  
[Infection of anadromous blackback herring with parasites]

Паразит [Parasite]	Локализация [Localization]	ЭИ, % [EI, %]	ИИ, экз. [II, sp.]	ИО, экз. [Abundance index, sp.]
Monogenoidea				
<i>Mazocraes alosae</i>	Жабры [Gills]	80,0	10,83	8,66
Trematoda				
<i>Pseudopentagramma symmetricum</i>	Кишечник [Intestines]	80,0	35,25	28,20
Nematoda				
<i>Anisakis schupakovi</i>	Серозная оболочка кишечника, брюшная стенка [Serosus membrane of the intestine, abdominal wall]	13,3	1,00	0,13
<i>Contracaecum</i> sp.	Жировая ткань [Adipose tissue]	6,7	5,00	0,33
Acanthocephala				
<i>Corynosoma strumosum</i>	Наружные стенки кишечника [Outer wall of the intestine]	13,3	1,00	0,13

Высокими количественными показателями зараженности характеризовались самки сельдей (91,7% всех паразитов). Наиболее рас-

пространенными были паразиты с прямым и сложным циклами развития (*M. alosae*, *P. symmetricum*, *C. strumosum*), из которых толь-

<sup>1</sup> Определитель паразитов пресноводных рыб СССР / под ред. Быховская-Павловская И. Е., Гусев А. В., Дубинина М. Н. и др.; под общ. рук. Быховского Б. Е. Москва – Ленинград: АН СССР, 1962. 776 с.

<sup>2</sup> Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Паразитические многоклеточные / под ред. Бауера О. Н. Т. 3. Л.: Наука, 1987. 583 с.

<sup>3</sup> Хоулт Д., Криг Н. Определитель бактерий Берджи. Москва: Мир, 1997. 799 с.

<sup>4</sup> ФР.1.31.2007.04014 (НДИ 05.14-2007). Методика выполнения измерений массовых долей кадмия, меди, свинца и цинка в пробах гидробионтов методом атомной абсорбции с электротермической атомизацией. Ростов-на-Дону. 2007. 12 с

<sup>5</sup> ГОСТ 34427-2018 Продукты пищевые и корма для животных. Определение ртути методом атомно-абсорбционной спектроскопии на основе эффекта Зеемана. М.: Стандартинформ, 2018. 14 с.

ко моногении *M. alosae* характеризовались гостальной специфичностью. Остальные виды широко распространены среди представителей волжской ихтиофауны.

Максимальной степенью инвазии у сельдевых рыб характеризовались моногении – *M. alosae* и трематоды – *P. symmetricum*, численность которых была самой высокой (от двух до 46 экз. для моногений и от двух до 275 экз. для трематод). Реже встречались нематоды сем. Anisakidae и скребни *C. strumosum*, обладающие высоким эпидемиологическим потенциалом и отмечаемые у 33,3% обследованных особей при низкой интенсивности инвазии 1–5 экз. Инвазия вышеуказанными паразитами протекала на уровне бессимптомного паразитоносительства.

Санитарно-микробиологические исследования особей сельди-черноспинки показали, что максимальная численность гетеротрофных микроорганизмов отмечена в желудочно-кишечном тракте (в среднем,  $2,98 \times 10^4$  КОЕ/г), несколько меньшей обсемененностью (в среднем,  $2,85 \times 10^4$  КОЕ/г) характеризовались жабры. Общую микробную обсемененность мышечной ткани регистрировали, в среднем, на уровне  $4,10 \times 10^2$  КОЕ/г. Показатели общей микробной численности печени были невысокими и, в среднем, не превышали  $0,59 \times 10^2$  КОЕ/г.

Видовой состав микроорганизмов внутренних органов и тканей сельди-черноспинки был представлен 19 видами бактерий, относящимися к условно-патогенным и санитарно-показательным микроорганизмам: *Arthrobacter* sp., *Bacillus* sp., *Enterococcus* sp., *Staphylococcus* sp., *Staphylococcus lentus*, *Staphylococcus xylosus*, *Streptococcus* sp., *Citrobacter* sp., *Edwardsiella* sp., *Klebsiella* sp., *Shigella* sp., *Proteus* sp., *Pseudomonas* sp., *Acinetobacter* sp., *Aeromonas* sp., *Photobacterium* sp., *Vibrio* sp., *Flavobacterium aquatile*, *Flavobacterium odoratum*.

Среди выделенных бактерий доминировали грамположительные микроорганизмы (36,36% от числа всех изолированных культур). Данные бактерии были обнаружены во всех обследованных органах и тканях и, вероятно, составляли основу нормального бактериоценоза рыб. Вторыми по частоте встречаемости были энтеробактерии, доля которых насчитывала 27,3% всех изолятов обследованных рыб. Численность микроорганизмов сем. Enterobacteriaceae была наибольшей в кишеч-

нике (18,2%). Бактерии семейства Vibrionaceae выявлены в микробиоценозах в 15,9% случаев. Изоляты гетеротрофных микроорганизмов, относящиеся к сем. Flavobacteriaceae, Pseudomonadaceae, Neisseriaceae, выделены в микроценозах практически всех внутренних органов (до 9,1% бактерий).

Диапазон концентраций свинца составлял 0,2–0,5 мг/кг сырого веса, кадмия 0,01–0,02 мг/кг, ртути 0,007–0,049 мг/кг сырого веса. Во всех образцах мышечной ткани рыб было обнаружено присутствие нефтяных компонентов (0,0031–0,0070 мг/г сырого веса).

Результаты биохимического анализа свидетельствовали, что в период нерестовой миграции у сельди-черноспинки содержание водорастворимого белка составило 33,47–135,50 мг/г, общих липидов в мышцах – 4,93–11,02%. Коэффициент упитанности обследованных особей составил 0,95–1,05 ед.

Вычисление коэффициентов по Спирмену показало достоверную положительную связь между зараженностью *A. schupakovi* и содержанием общих липидов (табл. 2), то есть у рыб с высокими показателями липидов, численность личинок была достоверно выше ( $P < 0,05$ ). Учитывая то, что нефтеуглеводороды являются липофильными компонентами, о чем свидетельствует высокий коэффициент корреляции между ними ( $r = 1,00$ ), то содержание токсикантов и численность санитарно значимых гельминтов будет выше у рыб с высоким липидным показателем (табл. 2).

Теснота связей между зараженностью другими паразитами (в том числе микроорганизмами) сельди-черноспинки и биохимическими, токсикологическими показателями была слабой. В тоже время, выявлена обратная зависимость размерно-массовых характеристик рыб от уровня зараженности паразитами; у наиболее инвазированных особей эти показатели оказались меньше. Расчет U-критерия Манна-Уитни показал, что при сравнении зараженности моногениями и упитанностью сельди-черноспинки различия между исследуемыми показателями были статистически достоверны ( $P < 0,05$ ).

Выявлена взаимосвязь степени упитанности и содержания нефтеуглеводородов в мышцах сельди-черноспинки в период нереста по причине тропности нефтеуглеводородов к жирам, при этом на размеры и вес рыб со-

Таблица 2 [Table 2]

Взаимосвязь между зараженностью рыб *A. schupakovi* и содержанием общих липидов ( $P < 0,05$ )  
 [Correlation between fish infection with *A. schupakovi* and content of total lipids]

Параметр [Parameter]	Коэффициент корреляции, r [Correlation coefficient, r]
Общие липиды/зараженность <i>A. schupakovi</i> [Total lipids/ <i>A. schupakovi</i> infection]	0,79
Нефтеуглеводороды/зараженность <i>A. schupakovi</i> [Petroleum hydrocarbons/ <i>A. schupakovi</i> infection]	0,79
Общие липиды/Нефтеуглеводороды [Total lipids/Petroleum Hydrocarbons]	1,00
Длина/Число паразитов [Length/number of parasites]	-0,65
Масса/Число паразитов [Weight/number of parasites]	-0,79
Упитанность/Водорастворимый белок [Fatness/Water Soluble Protein]	-0,64
Упитанность/Общие липиды [Fatness/Total lipids]	0,50
Упитанность/Нефтеуглеводороды [Fatness/Petroleum hydrocarbons]	0,51
Свинец/Общие липиды [Lead/Total lipids]	-0,51
Кадмий/Общие липиды [Cadmium/Total lipids]	-0,57

держание нефтеуглеводородов не отражалось. Концентрации свинца и кадмия повышались у особей с низким липидным числом (табл. 2).

В настоящее время основной миграционной трассой сельди-черноспинки к местам размножения является Главный банк дельты Волги, по которому на нерестилища проходит до 80,0% производителей. В водотоках низовьев Волги в современный период происходит усиление органического загрязнения, в составе которого не последнюю роль играют нефтепродукты и пестициды [10].

Сельдь-черноспинка в период нереста совершает миграции из морских вод в предустьевое пространство и далее в пресные воды. Находясь большую часть времени в море, проходная сельдь подвергается заражению паразитами, относящихся преимущественно к морскому и солоноватоводному (*M. alosae*, *A. schupakovi*, *C. strumosum*, *P. symmetricum*) комплексу. Наличие паразитов у рыб не является чем-то необычным; эта биотическая связь постоянна.

Паразитофауна сельди характеризовалась слабым видовым разнообразием (5 видов). Наиболее массовыми оказались специфичные и эвриксенные паразиты, использующие сельдь как дополнительного хозяина в своем жизненном цикле, за исключением моногеней *M. alosae*. Невысокая численность моногеней, выявленная весной 2017 г., вероятно, обусловлена не только сформировавшимися неблагоприятными условиями среды обитания, сдерживающими развитие паразита, но и возрастной структурой своего хозяина. Со-

гласно литературным источникам, высокое заражение моногенями характерно для крупных особей сельдей, которых в популяции в настоящее время практически не осталось [5].

Заражение эндопаразитами у сельди-черноспинки происходит в морской зоне исключительно через рыбу, в основном планктофагов, в данном случае через каспийскую обыкновенную кильку (р. *Clupeonella*). Степень инвазии выявленными гельминтами (*P. symmetricum*, *Contracaecum* sp. larva, *C. strumosum*) у обыкновенной кильки в период исследования достигала 17,7%. При этом, в большинстве случаев они паразитировали на личиночных стадиях; исключение составляли имагинальные трематоды *P. symmetricum*. Однако, у обыкновенной кильки, которая в большей степени составляла рацион сельди, не выявлены *A. schupakovi*, а значит, в состав кормовой базы сельди входили зоопланктон и/или другие виды рыб, связанные с циклом развития этих нематод. Находки паразитов морского комплекса у черноспинки подтверждают, что в период нерестовой миграции в реку изменение солености воды не оказывало на паразитов губительного воздействия, сохраняя их жизнеспособность. Характерной особенностью анизакидных личинок была локализация их на брюшной стенке и серозной оболочке кишечника, свидетельствующая об их избирательности к местам, наиболее насыщенным липидами [20].

В целом, невысокие показатели интенсивности инвазии сельди паразитами указывало

об устойчивых отношениях в системе «паразит-хозяин». Следствием разбалансировки паразитарной системы могут быть вспышки численности паразитов, эпизоотии и даже гибель популяций отдельных свободноживущих видов, переход сообщества в новое, иногда в менее устойчивое состояние. Поэтому количественные показатели фауны паразитов в момент исследования принимаются как конечный результат взаимодействия всех компонентов окружающей среды в совокупности [23].

Оценка паразитологического статуса проходных сельдевых рыб Волго-Каспийского бассейна показывает достаточную, но однообразную обеспеченность их пищевыми ресурсами, о чем свидетельствует мало разнообразный видовой состав паразитов. В долгосрочном аспекте фауна паразитов сельдей оставалась стабильной, сохраняя «ядро» инфрасообщества. Сравнительно бедный, но постоянный состав паразитов, вероятно, является особенностью для сельдевых рыб, обусловленной их филогенетической близостью, поскольку подобная ситуация характерна и для сельдевых рыб других водоемов [27, 28].

Бактериальный фон, так же, как и паразитарный, не являлся критическим. Массовая бактериальная контаминация в кишечнике и жабрах рыб, была закономерной, поскольку условия развития микроорганизмов в данных органах наиболее благоприятные. На контаминацию жабр рыб влияла численность и видовой состав бактериопланктона, количество взвешенных в воде веществ, которые могут оседать на жаберных лепестках, наличие легкодоступного органического вещества и биогенных элементов. Контаминация мышц объяснялась рядом особенностей анатомического строения и состава тканей рыб. При этом значительная влажность тканей, нежная рыхлая структура мышечных волокон, отсутствие плотных соединительнотканых образований ускоряли процесс развития микроорганизмов и обеспечивали беспрепятственное дальнейшее их распространение. Способ проникновения микроорганизмов в паренхиму печени определен, вероятнее всего, как эндогенный, характеризующийся лишь персистенцией бактерий, что связано с ослаблением резистентности организма обследованных рыб на фоне неблагоприятного действия стрессовых факторов во время нерестовой миграции.

Распределение видового состава бактерий по внутренним органам и тканям рыб также было закономерным. Максимум видового разнообразия приходился на кишечник, при этом биоразнообразие энтеробактерий в кишечнике объяснялось принадлежностью этих бактерий к автохтонной группе микроорганизмов желудочно-кишечного тракта. Несмотря на снижение интенсивности питания рыб во время миграции на нерест, обусловившее низкие количественные показатели популяций бактерий в кишечниках рыб, сохранялось их большое видовое разнообразие, поскольку основная масса микробных ассоциаций кишечника является резидентной. Остальные выделенные бактерии (грамположительные микроорганизмы, вибрионы, аэромонады и др.) относились к транзитным микроорганизмам, чья высокая выживаемость в организме рыб обусловлена их высокой вирулентностью [11, 12, 19].

Следует отметить, что среди микроорганизмов, выделенных из внутренних органов сельди-черноспинки, встречались санитарно-показательные виды бактерий рр. *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Proteus*, *Shigella*. При снижении иммунитета гидробионтов вышеуказанные бактерии способны внедряться в ткани рыб, с током крови транспортироваться по всем органам и вызывать бактериальные заболевания. В нашем случае, выявленные организмы не оказывали патогенного воздействия на организм хозяина.

Рыбы, как завершающее звено в трофической цепи водоемов, в течение всего жизненного цикла аккумулируют содержащиеся в окружающей среде и кормовых компонентах токсиканты, в том числе тяжелые металлы. Приоритетный путь поступления тяжелых металлов в мышцы рыбы устанавливается экологической нишей и условиями окружающей среды, которые определяют формы существования и биодоступность металлов [22]. Учитывая, что мышцы составляют большой процент от массы тела, их следует отнести к депонирующим органам [13]; в этом случае возникает необходимость регулярного контроля за уровнем накопления токсикантов, что важно знать при оценке качества рыбной продукции.

Результаты исследования содержания тяжелых металлов в мышечной ткани сель-

ди-черноспинки указывали на невысокое содержание свинца, кадмия и ртути, которое не превышало допустимый уровень, установленный СанПиН № 2.3.2.1078-01<sup>6</sup>. Норматив по безопасному содержанию в организме рыб нефтяных углеводородов отсутствует в связи с тем, что, попадая в организм рыб, они включаются в сложную цепь биохимических превращений с участием ферментных систем, которые радикально изменяют химическую структуру исходных соединений нефти, превращая их в более токсичные метаболиты. Полученные показатели нефтеуглеводородов были характерны для рыб с достаточным содержанием липидов. Необходимо также отметить, что повышение липидов в гидробионтах может быть обусловлено нефтяной интоксикацией, приводящей к «жировому перерождению» тканей [15].

Уровень содержания общих липидов, являющихся энергетическим субстратом, в мышечной ткани зависит от степени обеспеченности рыб кормом и токсикологической обстановки среды обитания. При недостаточном уровне накопления запасных веществ в мышцах (общие липиды) рыба может отказаться от нереста. В нерестовый период среднее содержание общих липидов и водорастворимого белка сельди-черноспинки составило  $8,09 \pm 0,86\%$  и  $76,44 \pm 12,61$  мг/г, соответственно, при этом число общих липидов было выше, чем в аналогичный период 2015 г. ( $7,93 \pm 0,36\%$  по данным Мухамедовой и др., [17]), что указывало на положительную тенденцию естественного течения энергетических физиологических процессов у обследованных рыб.

В ходе сравнительного анализа установлена положительная корреляция между компонентами липидного ряда с нефтеуглеводородами и численностью *A. schupakovi*; влиянием инвазии паразитов на некоторые размерные характеристики обследованных. Выявленное влияние моногеной на упитанность рыб, безусловно, связано с патогенным воздействием жаберного паразита на кровеносную и дыхательную системы, способствуя снижению физиологических процессов.

Отсутствие связи Водорастворимый белок/Нефтеуглеводороды, вероятно, связано с

тем, что мышцы гидробионтов регулярно подвергаются деструкции, поскольку в основном именно за счет них организм рыб восполняет белковый дефицит при любых стрессовых ситуациях. Влияние же соединений свинца и кадмия на липидные компоненты в организме рыб выражается, по мнению ряда авторов [2, 16], в усилении процессов свободнорадикального и перекисного окисления липидов и адекватным усилением каталазной активности тканей, что является компенсаторной или адаптивной реакцией организма на стресс в связи с хроническим загрязнением.

### Заключение

Состав паразитов проходной сельди-черноспинки характеризовался низким видовым разнообразием. Отсутствие патологических изменений в организме рыб свидетельствовало об устойчивом характере взаимоотношений в системе «паразит-хозяин». Численность и распределение бактерий в органах и тканях рыб были закономерными, путь обсеменения мышц и печени, в норме стерильных, определен как эндогенный. В биоразнообразии микроорганизмов отмечали условно-патогенные бактерии, персистировавшие на уровне бактерионосительства. Содержание токсикантов в мышечной ткани обследованных сельдей не превышало нормативных показателей и было характерным для рыб Волго-Каспийского бассейна. Проходная сельдь-черноспинка обладала различным уровнем накопления энергетических субстратов в виде липидов и белков в тканях, необходимых для участия в воспроизводстве и пополнении промысловых запасов сельди-черноспинки. Сравнительный анализ показал тесную связь уровня зараженности рыб, биохимических и морфометрических показателей между собой и с содержанием токсикантов в тканях обследованных рыб. Постоянное выявление паразитов и микроорганизмов, способных проявлять патогенные свойства, а также присутствие в тканях обследованных рыб токсикантов, обладающих высоким индексом биоаккумуляции, может негативно отразиться на общем физиологическом состоянии сельди в период нерестовой миграции.

<sup>6</sup> СанПиН № 2.3.2.1078-01 от 06.11.2001 (с изменениями на 6 июля 2011 года). Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности продуктов. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ № 36 от 14.11.2001.



## Список источников

1. *Быховская–Павловская И. Е.* Паразиты рыб. Руководство по изучению. Ленинград: Наука, 1985. 121 с.
2. *Богдан В. В., Кириллук С. Д., Нефедова З. А.* Влияние тяжелых металлов на липидный состав мышц сига и осетра // Тезисы докладов VIII научной конференции по экологической биохимии рыб. Петрозаводск: КНЦ РАН, 1992. С. 35.
3. *Водовская В. В.* Экологические аспекты биологии проходной сельди Каспия. Астрахань: КаспНИРХ, 2001. 74 с.
4. *Войнова Т. В.* Мониторинг современного состояния популяции сельди-черноспинки (*Alosa kessleri kessleri* Grimm) в р. Волге // Экологический мониторинг и биоразнообразие. Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета. 2016. № 1 (11). 25 с.
5. *Войнова Т. В.* Современное состояние популяции сельди-черноспинки в р. Волга // Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 100-летию Астраханского государственного заповедника. Астрахань: Мир, 2019. 72 с.
6. *Жохов А. Е., Молодожникова Н. М.* Таксономическое разнообразие паразитов рыбообразных и рыб бассейна Волги. Нематоды (Nematoda) и волосатики (Gordiacae) // Паразитология. 2008. Т. 42. № 2. С. 114-128.
7. *Курочкин Ю. В.* К гельминтофауне сельдевых рыб Каспийского моря // Труды Астраханского заповедника. Сборник паразитологических работ. Астрахань, 1964. С. 164-182.
8. *Калмыков А. П., Семенова Н. Н., Иванов В. М.* Гельминты в экосистеме дельты Волги. Т. 2. Нематоды позвоночных. Монография. Ижевск: Принт, 2017. 350 с.
9. *Кирилов А. А., Кириллова Н. Ю., Чихляев И. В.* Паразиты позвоночных животных Самарской области. Тольятти: Полиар, 2018. 304 с.
10. *Карыгина Н. В., Попова О. В., Галушкина Н. В.* и др. Особенности гидрохимической и токсикологической обстановки в водотоках низовьев Волги в современный период // Материалы II Международной научно-практической Интернет-конференции «Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования». с. Соленое Займище, 2017. С. 154-158.
11. *Ларцева Л. В., Обухова О. В., Истелюева А. А.* Геоэкологические аспекты бактериоценоза в дельте Волги в условиях антропогенной нагрузки // Юг России: экология, развитие. 2009. Т. 4. № 4. С. 146-149.
12. *Ларцева Л. В., Лисицкая И. А., Обухова О. В.* Микробиоценоз воды и осетровых естественных популяций Волго-Каспийского бассейна. Астрахань: Астраханский государственный технический университет, 2020. 320 с.
13. *Лобанова Т. А.* Особенности накопления тяжелых металлов промысловыми видами рыб // Вестник КГУ им. Н. А. Некрасова. Естественные науки. 2008. № 1. С. 18-21.
14. Методы биологии развития. Экспериментально-эмбриологические, молекулярно-биологические и цитологические / ред. Т. А. Детлаф, В. Я. Бродский, Г. Г. Гаузе. М.: Наука, 1974. 619 с.
15. *Миронов О. А., Муравьева И. П.* Содержание компонентов липидно-углеводородного комплекса моллюсков и прибрежной акватории Севастополя (Черное море) // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 3. Ч. 1. 22 с.
16. *Мусаев Б. С., Мурадова Г. Р., Рабаданова А. И.* Влияние ионов кадмия и свинца на некоторые показатели липидного обмена и систему антиоксидантной защиты сеголеток карпа (*Cyprinus carpio* L.) // Юг России: экология, развитие. 2009. № 1. С. 53.
17. *Мухамедова Р. М., Базелюк Н. Н., Аксенов В. П.* Содержание общих липидов в мышцах разновозрастных групп самок сельди-черноспинки во время нерестовой миграции 2015 года // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер.: Рыбное хозяйство. 2016. № 3. С. 128.
18. *Нетрусов А. И.* Практикум по микробиологии: учебное пособие. М.: Академия, 2005. 608 с.
19. *Обухова О. В., Ларцева Л. В., Лисицкая И. А.* Санитарно-микробиологическая оценка гидроэкологической системы дельты Волги при антропогенном загрязнении // Гигиена и санитария. 2009. № 1. С. 8.
20. *Поздняков С. Е., Швидкий Г. В., Михайлов С. В.* О распределении личинок нематод *Anisakis simplex* в рыбах с различным типом накопления депозитного жира // Паразитология. 1998. Вып. 4. 368 с.
21. *Пятикопова О. В., Войнова Т. В., Расповов В. М.* Оценка промыслового возврата сельди-черноспинки *Alosa kessleri kessleri* в реке Волга в 2010–2014 гг. // Вопросы рыболовства. 2017. Т. 18. № 2. 259 с.
22. *Перевозников М. А., Богданова Е. А.* Тяжелые металлы в пресноводных экосистемах. СПб.: ГосНИОРХ, 1999. 225 с.

23. *Проскурина В. В., Рылина О. Н.* Влияние половодья на инвазию обыкновенной щуки (*Esox lucius* Linnaeus, 1758) цестодами *Triaenophorus nodulosus* (Cestoda: Triaenophoridae) в низовьях дельты Волги // Материалы II Межрегиональной научно-практической конференции «Водные ресурсы Волги: история, настоящее и будущее, проблемы управления». Астрахань: АИСИ, 2012. 374 с.
24. *Семенова Н. Н., Иванов В. П., Иванов В. М.* Паразитофауна и болезни рыб Каспийского моря. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2007. 558 с.
25. *Седов С. И., Румянцев В. Д., Кривасова М. К., Юсупов С. Б.* Некоторые особенности жирового и белкового обмена у каспийского тюленя в естественных условиях и при экспериментальном голодании // Энергетические аспекты роста и обмена водных животных. Киев: Наукова думка, 1972. С. 198-200.
26. *Zollner N., Kirsch K.* Colorimetric method for determination of total lipids. *Zeitschrift fur die gesamte experimentelle Medizin.* 1962; 135: 545. DOI: 10.1007/BF02045455
27. *Unger P., Klimpel S.* Metazoan parasites from herring (*Clupea harengus* L.) as biological indicators in the Baltic Sea. *Acta Parasitologica.* 2014; 59 (3): 518. DOI: 10.2478/s11686-014-0276-5
28. *Campbell N., Cross M., MacKenzie K.* Spatial and temporal variations in parasite prevalence and intracommunity of spawning herring caught west of the British Isles and in the Baltic Sea. ICOPA XI: Proceedings of the 11 th international congress of parasitology. 2006; 33.

Статья поступила в редакцию 02.02.2023; принята к публикации 10.07.2023

Об авторах:

**Воронина Елена Александровна**, Волжско-Каспийский филиал Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии" (ФГБНУ "ВНИРО")(КаспНИРХ), 414056, Россия, г. Астрахань, ул. Савушкина, 1), Россия, г. Астрахань, ORCID ID: 0000-0002-1188-2358, [Voroninaea7@yandex.ru](mailto:Voroninaea7@yandex.ru)

**Дьякова Светлана Александровна**, (ФГБНУ "ВНИРО")(КаспНИРХ), 414056, Россия, г. Астрахань, ул. Савушкина, 1), Россия, г. Астрахань, ORCID ID: 0000-0001-9970-403X, [djakova.s.a@gmail.ru](mailto:djakova.s.a@gmail.ru)

**Попова Ольга Владимировна**, (ФГБНУ "ВНИРО")(КаспНИРХ), 414056, Россия, г. Астрахань, ул. Савушкина, 1), Россия, г. Астрахань, ORCID ID: 0009-0000-8982-3158, [popovaov53@gmail.com](mailto:popovaov53@gmail.com)

**Попова Эльвира Сруровна**, (ФГБНУ "ВНИРО")(КаспНИРХ), 414056, Россия, г. Астрахань, ул. Савушкина, 1), Россия, г. Астрахань, ORCID ID: 0009-0004-3812-6773, [Elvira\\_popova\\_2020@mail.ru](mailto:Elvira_popova_2020@mail.ru)

Вклад соавторов:

**Воронина Елена Александровна** – написание паразитологической части рукописи, сравнительный анализ данных, аннотация, заключение, составление и интерпретация статьи.

**Дьякова Светлана Александровна** – описание микробиологической части рукописи, анализ полученных данных, введение, материалы и методы.

**Попова Ольга Владимировна** – написание токсикологической части рукописи, материалы и методы, анализ полученных данных.

**Попова Эльвира Сруровна** – написание токсикологической части рукописи, материалы и методы, анализ полученных данных.

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

## References

1. Bykhovskaya-Pavlovskaya I. E. Fish parasites. Study guide. Leningrad: Nauka, 1985; 121. (In Russ.)
2. Bogdan V. V., Kirilyuk S. D., Nefedova Z. A. Effects of heavy metals on the lipid composition in the common Whitefish and sturgeon muscles. *Tezisy dokladov VIII nauchnoy konferentsii po ekologicheskoy biokhimii ryb = Abstracts of the VIII Scientific Conference on Ecological Biochemistry of Fish.* Petrozavodsk: Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences, 1992; 35. (In Russ.)
3. Vodovskaya V. V. Ecological aspects of the biology of the sea shad in the Caspian Sea. Astrakhan: CaspNIRH, 2001; 74. (In Russ.)
4. Voinova T. V. Monitoring of the current status of the black-backed sea shad population (*Alosa kessleri kessleri* Grimm) in the Volga River. *Ekologicheskii monitoring i bioraznoobrazie =*

- Ecological monitoring and biodiversity*. Tyumen: Tyumen State University Publishing House, 2016; 1 (11): 25. (In Russ.)
5. Voinova T. V. The current status of the black-backed sea shad population in the Volga River. *Materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, posvyashchennoy 100-letiyu Astrakhanskogo gosudarstvennogo zapovednika = Proceedings of the All-Russian Scientific Conference with international participation dedicated to the 100th Anniversary of the Astrakhan State Nature Reserve*. Astrakhan: Mir, 2019; 72. (In Russ.)
  6. Zhokhov A. E., Molodozhnikova N. M. Taxonomic diversity of parasites in pisciformes and fish of the Volga basin. Nematodes (Nematoda) and hair worms (Gordiacae). *Parazitologiya = Parasitology*. 2008; 42 (2): 114-128. (In Russ.)
  7. Kurochkin Yu. V. On the helminth fauna of the clupeids in the Caspian Sea. *Trudy Astrakhanskogo zapovednika. Sbornik parazitologicheskikh rabot = Proceedings of the Astrakhan Nature Reserve. Collection of works on parasitology*. Astrakhan, 1964; 164-182. (In Russ.)
  8. Kalmykov A. P., Semenova N. N., Ivanov V. M. Helminths in the ecosystem of the Volga delta. Vol. 2. Nematodes of vertebrates. Monograph. Izhevsk: Print, 2017; 350. (In Russ.)
  9. Kirilov A. A., Kirillova N. Yu., Chikhlyayev I. V. Parasites of vertebrates in the Samara Region. *Tolyatti: Poliar*, 2018; 304. (In Russ.)
  10. Karygina N. V., Popova O. V., Galushkina N. V. et al. Hydrochemical and toxicological situation in the water courses of the Lower Volga in the current period. *Materialy II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy Internet-konferentsii "Sovremennoye ekologicheskoye sostoyaniye prirodnoy sredy i nauchno-prakticheskiye aspekty ratsional'nogo prirodopol'zovaniya" = Proceedings of the II International Scientific and Practical Internet Conference "Current Ecological State of the Environment and Scientific and Practical Aspects of Sustainable Nature Management"*. *Solenoye Zaimishche*, 2017; 154-158. (In Russ.)
  11. Lartseva L. V., Obukhova O. V., Istelyueva A. A. Geoecological aspects of bacteriocenosis in the Volga delta under anthropogenic load. *Yug Rossii: ekologiya, razvitiye = South of Russia: ecology, and development*. 2009; 4 (4): 146-149. (In Russ.)
  12. Lartseva L. V., Lisitskaya I. A., Obukhova O. V. Microbiocenosis of water and the sturgeons of natural populations in the Volga-Caspian basin. Astrakhan: Astrakhan State Technical University, 2020; 320. (In Russ.)
  13. Lobanova T. A. Accumulation of heavy metals by commercial fish species. *Vestnik KGU im. N. A. Nekrasova. Yestestvoznaniye = Bulletin of the KSU named after N. A. Nekrasov. Natural Science*. 2008; 1: 18-21. (In Russ.)
  14. Developmental biology methods. Experimental embryological, molecular biological and cytological; ed. T. A. Detlaf, V. Ya. Brodsky, G. G. Gause. M.: Nauka, 1974; 619. (In Russ.)
  15. Mironov O. A., Muravyova I. P. The content of lipid and hydrocarbon complex components of mollusks and the off-shore strip of Sevastopol (Black Sea). *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal = International Scientific Research Journal*. 2020; 3 (1): 22. (In Russ.)
  16. Musaev B. S., Muradova G. R., Rabadanova A. I. Effects of cadmium and lead ions on some lipid metabolism parameters and the antioxidant support system of young-of-the-year cyprinids (*Cyprinus carpio* L.). *Yug Rossii: ekologiya, razvitiye = South of Russia: ecology, and development*. 2009; 1: 53. (In Russ.)
  17. Mukhamedova R. M., Bazelyuk N. N., Aksenov V. P. The content of total lipids in the muscles of the female black-backed shad of different-sized groups during spawning migration in 2015. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Rybnoye khozyaystvo = Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Rybnoe Khozyaystvo (Fisheries)*. 2016; 3: 128. (In Russ.)
  18. Netrusov A. I. Workshop on microbiology. Study guide. Moscow: Academiya, 2005; 608. (In Russ.)
  19. Obukhova O. V., Lartseva L. V., Lisitskaya I. A. Sanitary and microbiological assessment of the Volga delta hydroecosystem under anthropogenic pollution. *Hygiene and Sanitation*. 2009; 1: 8. (In Russ.)
  20. Pozdnyakov S. E., Shvydkiy G. V., Mikhailov S. V. On the distribution of *Anisakis simplex* nematode larvae in fish with different types of fat deposit accumulation. *Parazitologiya = Parasitology*. 1998; 4: 368. (In Russ.)
  21. Pyatikopova O. V., Voinova T. V., Raspopov V. M. Commercial return evaluation of the black-backed shad *Alosa kessleri kessleri* in the Volga in 2010–2014. *Voprosy rybolovstva = Fishery issues*. 2017; 18 (2): 259. (In Russ.)
  22. Perevoznikov M. A., Bogdanova E. A. Heavy metals in freshwater ecosystems. St. Petersburg: State

- Research Institute of Lake and River Fisheries. 1999; 225. (In Russd.)
23. Proskurina V. V., Rylina O. N. Effect of high water on the infection of the common pike (*Esox lucius* Linnaeus, 1758) with cestodes *Triaenophorus nodulosus* (Cestoda: *Triaenophoridae*) in the Lower Volga delta. *Materialy II Mezhregional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Vodnyye resursy Volgi: istoriya, nastoyashcheye i budushcheye, problemy upravleniya = Proceedings of the II Interregional Scientific and Practical Conference "Water resources of the Volga: history, present and future, and management issues.* Astrakhan: Astrakhan Institute of Civil Engineering, 2012; 374. (In Russ.)
  24. Semenova N. N., Ivanov V. P., Ivanov V. M. Parasitic fauna, and diseases of fish in the Caspian Sea. Astrakhan: ASTU Publishing House, 2007; 558. (In Russ.)
  25. Sedov S. I., Rumyantsev V. D., Krivasova M. K., Yusupov S. B. Some features of fat and protein metabolism in the Caspian seal in natural conditions and during experimental starvation. *Energeticheskiye aspekty rosta i obmena vodnykh zhyvotnykh = Energy aspects of growth and metabolism of aquatic animals.* Kyiv: Naukova Dumka, 1972; 198-200. (In Russ.)
  26. Zollner N., Kirsch K. Colorimetric method for determination of total lipids. *Zeitschrift fur die gesamte experimentelle Medizin.* 1962; 135: 545. DOI: 10.1007/BF02045455
  27. Unger P., Klimpel S. Metazoan parasites from herring (*Clupea harengus* L.) as biological indicators in the Baltic Sea. *Acta Parasitologica.* 2014; 59 (3): 518. DOI: 10.2478/s11686-014-0276-5
  28. Campbell N., Cross M., MacKenzie K. Spatial and temporal variations in parasite prevalence and intracommunity of spawning herring caught west of the British Isles and in the Baltic Sea. *ICOPA XI: Proceedings of the 11<sup>th</sup> international congress of parasitology.* 2006; 33.

The article was submitted 02.02.2023; accepted for publication 10.07.2023

*About the authors:*

**Voronina Elena A.**, Volga-Caspian Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography" (VNIRO (CaspNIRH), 1 Savushkina Str., Astrakhan, 414056, Russia), Russia, Astrakhan, ORCID ID: 0000-0002-1188-2358, Voroninaea7@yandex.ru

**Dyakova Svetlana A.**, (VNIRO (CaspNIRH), 1 Savushkina Str., Astrakhan, 414056, Russia), Russia, Astrakhan, ORCID ID: 0000-0001-9970-403X, djakova.s.a@gmail.ru

**Popova Olga V.**, (VNIRO (CaspNIRH), 1 Savushkina Str., Astrakhan, 414056, Russia), Russia, Astrakhan, ORCID ID: 0009-0000-8982-3158, popovaov53@gmail.com

**Popova Elvira S.**, ((VNIRO (CaspNIRH), 1 Savushkina Str., Astrakhan, 414056, Russia), Russia, Astrakhan, ORCID ID: 0009-0004-3812-6773, Elvira\_popova\_2020@mail.ru

*Contribution of co-authors:*

**Voronina Elena A.** – writing of the manuscript part on parasitology, comparative data analysis, abstract, conclusion, article drafting and interpretation.

**Dyakova Svetlana A.** – description of the manuscript part on microbiology, obtained data analysis, introduction, materials and methods.

**Popova Olga V.** – writing of the manuscript part on toxicology, materials and methods, obtained data analysis.

**Popova Elvira S.** – writing of the manuscript part on toxicology, materials and methods, obtained data analysis.

*All authors have read and approved the final manuscript.*