Научная статья

УДК 616.995.121:597.552.51

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2024-18-4-388-397

Идентификация плероцеркоидов *Dibothriocephalus nihonkaiensis* из осенней кеты *Oncorhynchus keta* бассейна реки Амур по молекулярным данным

Драгомерецкая Анна Геннадьевна [1], Москвина Юлия Ивановна [2], Котова Валерия Олеговна [3], Бутакова Людмила Васильевна [4], Гаер Светлана Игоревна [5], Троценко Ольга Евгеньевна [6], Подорожнюк Елена Владимировна [7]

[1-6] ФБУН Хабаровский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии Роспотребнадзора, Хабаровск, Россия

[7] Хабаровский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», Хабаровск, Россия

[1] poi_hniiem@bk.ru, https://orcid.org/0000-0003-1829-1849

[2] poi_hniiem@bk.ru, https://orcid.org/0009-0009-6295-8162

[3] dvaids@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-9824-7025

[4] evi.khv@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-7238-3691

[5] poi_hniiem@bk.ru, https://orcid.org/0000-0001-8009-4956

[6] adm@hniiem.ru, https://orcid.org/0000-0003-3050-4472

[7] podorozhnyuk@khabarovsk.vniro.ru, https://orcid.org/0000-0001-9545-6796

Аннотация

Цель исследования – определение видовой принадлежности плероцеркоидов *Dibothriocephalus* spp. из осенней кеты *Oncorhynchus keta* бассейна реки Амур на основании анализа фрагмента гена первой субъединицы цитохром с-оксидазы (*COX1*) митохондриальной ДНК.

Материалы и методы. Методом неполного гельминтологического исследования изучен 61 экз. кеты осенней (*Oncorhynchus keta*), выловленной в р. Амур и её притоках. Из фрагментов обнаруженных плероцеркоидов *Dibothriocephalus* spp. выделяли ДНК; проводили амплификацию фрагмента гена, кодирующего первую субъединицу цитохром с-оксидазы (*COX1*) митохондриальной ДНК *D. nihonkaiensis*. Продукты амплификации секвенировали по Сэнгеру. Полученные нуклеотидные последовательности анализировали в BLAST.

Результаты и обсуждение. Плероцеркоиды типа F были обнаружены у 9 особей кеты осенней *O. keta*. Полученные методом секвенирования нуклеотидные последовательности фрагмента гена *COX1* (579 п.о.) показали сходство на 99,31–100 % по анализируемому участку с референсными последовательностями *D. nihonkaiensis*, зарегистрированными в GenBank. В результате проведённых исследований подтверждена инвазированность кеты осенней, выловленной в бассейне р. Амур на территории Хабаровского края, возбудителем дифиллоботриоза *Dibothriocephalus nihonkaiensis*.

Ключевые слова: дифиллоботриоз, *Dibothriocephalus nihonkaiensis,* плероцеркоид, тихоокеанские лососи, секвенирование, ген *COX1*

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: *Драгомерецкая А. Г., Москвина Ю. И., Котова В. О., Бутакова Л. В., Гаер С. И., Троценко О. Е., Подорожнюк Е. В.* Идентификация плероцеркоидов *Dibothriocephalus nihonkaiensis* из осенней кеты *Oncorhynchus keta* бассейна реки Амур по молекулярным данным // Российский паразитологический журнал. 2024. Т. 18. № 4. С. 388–397.

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2024-18-4-388-397

© Драгомерецкая А. Г., Москвина Ю. И., Котова В. О., Бутакова Л. В., Гаер С. И., Троценко О. Е., Подорожнюк Е. В., 2024

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

Original article

Identification of *Dibothriocephalus nihonkaiensis* plerocercoids from the autumn chum salmon *Oncorhynchus keta* of the Amur River basin by molecular datas

Anna G. Dragomeretskaya [1], Yulia I. Moskvina [2], Valerya O. Kotova [3], Ludmila V. Butakova [4], Svetlana I. Gaer [5], Olga E. Trotsenko [6], Elena V. Podorozhnyuk [7]

[1-6] FBIS Khabarovsk Research Institute of Epidemiology and Microbiology of the Federal service for surveillance on Consumers Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor), Khabarovsk, Russia

[7] Khabarovsk branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Khabarovsk, Russia

[1] poi_hniiem@bk.ru, https://orcid.org/0000-0003-1829-1849

[2] poi_hniiem@bk.ru, https://orcid.org/0009-0009-6295-8162

[3] dvaids@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-9824-7025

[4] evi.khv@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-7238-3691

[5] poi_hniiem@bk.ru, https://orcid.org/0000-0001-8009-4956

[6] adm@hniiem.ru, https://orcid.org/0000-0003-3050-4472

[7] podorozhnyuk@khabarovsk.vniro.ru, https://orcid.org/0000-0001-9545-6796

Abstract

The purpose of the research is determination of the species belonging to the *Dibothriocephalus* spp. plerocercoids from the autumn chum salmon *Oncorhynchus keta* of the Amur River basin based on the analysis of a gene fragment of the first cytochrome c oxidase (*COX1*) subunit of mitochondrial DNA.

Materials and methods. A total number of 61 salmon specimens (*Oncorhynchus keta*) caught in the Amur River and its tributaries were examined with helminthological analysis. DNA of *Dibothriocephalus* spp. was isolated from plerocercoids and afterwards amplified to detect mitochondrial *COX1* partial gene of the *D. nihonkaiensis*. Products of amplification were sequenced via Sanger sequencing. Obtained nucleotide sequences were analyzed in BLAST.

Results and discussion. Type F plerocercoids were detected in nine specimens of *O. keta*. The sequenced fragments showed 99.31–100 % similarity with GenBank reference sequences of *D. nihonkaiensis*. The conducted research confirmed infestation with *Dibothriocephalus nihonkaiensis* (*dyphyllobotriosis pathogen*) of *O. keta* species caught in the Amur River in the territory of the Khabarovsk krai.

Keywords: diphyllobotriosis, *Dibothriocephalus nihonkaiensis*, plerocercoid, pacific salmon, sequencing, *COX1* gene

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

For citation: Dragomeretskaya A. G., Moskvina Y. I., Kotova V. O., Butakova L. V., Gaer S. I., Trotsenko O. E., Podorozhnyuk E.V. Identification of *Dibothriocephalus nihonkaiensis* plerocercoids from the autumn chum salmon *Oncorhynchus keta* of the Amur River basin by molecular data. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2024; 18(4):388–397. (In Russ.).

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2024-18-4-388-397

© Dragomeretskaya A. G., Moskvina Y. I., Kotova V. O., Butakova L. V., Gaer S. I., Trotsenko O. E., Podorozhnyuk E.V., 2024

Введение

Дифиллоботриоз – биогельминтоз с хроническим течением, характеризующийся нарушением функций верхнего отдела пищеварительного тракта, а при тяжёлом течении – развитием анемии. Заражение человека происходит при употреблении необеззараженной рыбы, инвазированной личиночными стади-

ями лентецов рода Dibothriocephalus (класс Cestoidea, отряд Pseudophyllidea, семейство Diphyllobothriidae) [5, 6, 10].

Особое значение проблема дифиллоботриоза приобретает на Дальнем Востоке России. Шесть субъектов Дальневосточного федерального округа (ДФО) – Чукотский автономный округ, Камчатский край, Сахалинская область, Приморский край, Хабаровский край, Магаданская область – располагаются вдоль северо-западного побережья Тихого океана и его морей, где локализуются природные очаги дифиллоботриоза, вызываемого возбудителем *Dibothriocephalus nihonkaiensis* (Yamane, Kamo, Bylund et Wikgren, 1986). Источником инвазии служат тихоокеанские лососи (кета, горбуша и др.) – главный объект промысла Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна [6, 7, 24].

Первое описание возбудителя было сделано в 1937 г. Н. Л. Руткевич в результате изучения половозрелых особей и яиц гельминта от аборигенного населения о. Сахалин. Новый вид лентеца был обозначен автором как *Diphyllobothrium luxi* (Rutkevich, 1937) [11]. Первое описание плероцеркоидов возбудителя было сделано в 1970 г. П. Б. Гофманом-Кадошниковым. Автор описал и обозначил как «тип F» новый тип личинок дифиллоботриид, обнаруженных у кеты *Oncorhynchus keta* Walbaum, 1792 из рек полуострова Камчатка [3]. Позднее И. В. Муратов и П. С. Посохов (1988) описали морфологию плероцеркоидов от кеты и горбуши, выловленной в р. Амур, и половозрелых особей гельминта, предложив включить его в зоологическую номенклатуру как новый вид *Diphyllobothrium klebanovskii* (Muratov et Posochov, 1987) [7]. При этом, авторы сделали вывод о том, что *D. klebanovskii* sp. n. и *D. nihonkaiense*, описанный Y. Yamane и соавт. (1986) на территории Японии, являются разными видами дифиллоботриид [7, 24].

На основании сравнительного изучения морфологии лентецов разных популяций и анализа данных научной литературы А. С. Довгалев (1994) относил описанные виды *D. klebanovskii* и *D. nihonkaiense* к синонимам *D. luxi* и указывал на то, что, по правилам приоритета, возбудителя дифиллоботриоза на Дальнем Востоке следует называть *D. luxi* [4].

Ввиду того, что морфология стробил и яиц из-за внутривидовой изменчивости не может служить надёжным критерием при подтверждении таксономического статуса дифиллоботриид и в связи с более ранним описанием *D. nihonkaiense* (без учёта описания *D. luxi*), в мировую научную литературу для обозначения дальневосточного лентеца, передающегося через проходных лососей, вошло название *D. nihonkaiense*.

В 2009 г. на основании молекулярно-генетических исследований была показана идентичность *D. nihonkaiense* и *D. klebanovskii* [18]. В 2017 г. была восстановлена таксономическая валидность рода Dibothriocephalus в связи с проведением пересмотра структуры семейства Diphyllobothriidae на основании молекулярно-генетических исследований. В результате в его состав вошли виды дифиллоботриид наземных млекопитающих и птиц, которые ранее относили к роду Diphyllobothrium [16, 27].

Анализ данных научной литературы показал, что на территории Дальнего Востока России видовая идентификация возбудителей дифиллоботриоза, обнаруженных в промысловых лососеобразных, до настоящего времени проводилась на основе определения морфологических признаков плероцеркоидов без подтверждения молекулярно-генетическими методами [1, 2, 8, 9, 12-15]. При этом, идентификация дифиллоботриид на разных стадиях развития, основывающаяся только на морфометрических показателях, может приводить к ошибочным результатам. Поэтому актуальным вопросом в эпидемиологическом надзоре за дифиллоботриозом является внедрение в практику молекулярно-генетических методов исследований.

Цель исследования – определение видовой принадлежности плероцеркоидов *Dibothriocephalus* spp. из осенней кеты *Oncorhynchus keta* бассейна реки Амур на основании анализа фрагмента гена первой субъединицы цитохром с-оксидазы (*COX1*) митохондриальной ДНК.

Материалы и методы

В лаборатории паразитологии Хабаровского научно-исследовательского института эпидемиологии и микробиологии Роспотребнадзора была исследована 61 особь кеты осенней (*Oncorhynchus keta*), отловленной в р. Амур и её притоках в период нерестовой миграции в

октябре-ноябре 2023 г. Отлов рыбы осуществляли при участии сотрудников Хабаровского филиала ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии».

Исследование рыбы проводили в соответствии с МУК 3.2.3804-22 «Методы санитарно-паразитологической экспертизы рыбы, моллюсков, ракообразных, земноводных, пресмыкающихся и продуктов их переработки» при соблюдении режимов работы с инвазионным материалом, регламентированных СанПиН 3.3686-21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней». Было получено 11 плероцеркоидов *Dibothriocephalus* spp. Плероцеркоидов сохраняли в 70%-ном этиловом спирте.

Экстракцию ДНК из фрагментов плероцеркоидов *Dibothriocephalus* spp. массой 1 г проводили с применением набора «РИБО-преп» (AmpliSens biotechnologies) в соответствии с инструкцией производителя (ФБУН «Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии» Роспотребнадзора, Москва). Реакционная смесь для амплификации состояла из реагента ScreenMix-HS (ЗАО «Евроген», Москва), видоспецифических праймеров, предложенных в публикации [17, 18], позволяющих амплифицировать фрагмент гена, кодирующего первую субъединицу цитохром с-оксидазы (*COX1*) митохондриальной ДНК (мтДНК) *D. nihonkaiensis*, и деионизированной воды. Праймеры были синтезированы в ООО «НПФ Синтол» (Москва) и представлены в таблице 1.

Таблица 1

Праймеры для получения фрагмента гена COX1 мтДНК *D. nihonkaiensis*

Table 1

Primers for obtaining a fragment of the COX1 gene mtDNA of *D. nihonkaiensis*

Название праймера	Нуклеотидная последовательность
DbsN_F	5'-TTG ATC GTA AAT TTG GTT C-3'
DbsN_R	5'-AAA GAA CCT ATT GAA CAA AG-3'

Амплификацию нуклеиновых кислот проводили методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) на термоциклере «CFX 96» («Bio-Rad», США). Оценку длины полученных ПЦР-продуктов осуществляли в 1,7%-ном агарозном геле, окрашенном бромидом этидия, с визуализацией в ультрафиолетовом свете на трансиллюминаторе «Vilber Lourmat» (Франция). Нуклеотидные последовательности фрагмента гена *COX1* получали методом секвенирования по Сэнгеру на генетическом анализаторе Applied Biosystems 3500 с использованием реагентов BigDye Terminator v.3.1. Cycle Sequencing Kit (Thermo Fisher Scientific Inc., США). Последовательности выравнивали в программе «BioEdit», затем анализировали с помощью онлайн-алгоритма «BLAST», сравнивая с референсными последовательностями ДНК *D. nihonkaiensis*, депонированными в международную базу данных GenBank.

Результаты

В результате исследования у 9 особей кеты (14,8%, 95% ДИ: 10,26–19,34%) были обнаружены плероцеркоиды типа F. У 7 из них было обнаружено по 1 плероцеркоиду, у двух – по два. Все личинки были инкапсулированы (рис. 1). Овальные капсулы белого цвета, размером от 4 × 6 мм до 6 × 9 мм были локализованы в дорсальной части тела между жировым и спинным плавниками рыб, имели плотную оболочку толщиной до 0,8 мм.

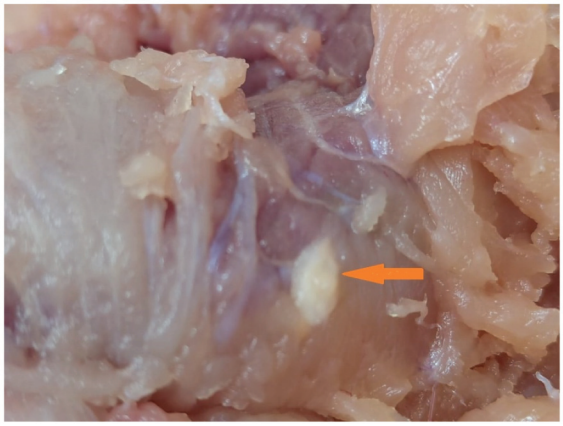

Рис. 1. Инкапсулированный плероцеркоид *D. nihonkaiensis* в дорсальной мускулатуре *O. keta* (Ю. И. Москвина, 2023)

Fig. 1. Encapsulated plerocercoid of *D. nihonkaiensis* in the dorsal musculature of *O. keta* (Yu. I. Moskvina, 2023)

Внутри капсул располагались плероцеркоиды белого цвета, на поверхности тела которых были хорошо заметны складки; сколекс с двумя щелевидными ботриями был инвагинирован. Длина плероцеркоидов, изъятых из капсул, составила от 11 мм в сокращённом до 35 мм в расслабленном состоянии.

Полученные методом секвенирования нуклеотидные последовательности фрагмента гена COX1 (579 п.о.) показали сходство на 99,31–100% по анализируемому участку с референсными последовательностями *D. nihonkaiensis*, зарегистрированными в GenBank (номера EF420138; NC009463). 11 нуклеотидных последовательностей фрагмента гена *COX1 D. nihonkaiensis* были загружены в Национальную базу данных геномных последовательностей VGARus (Virus Genome Aggregator of Russia) под номерами hnii006146–hnii006156 и международную базу GenBank под номерами PP506455–PP506465. Расшифровка результатов по пробам приведена в таблице 2.

Таблица 2

Сравнение нуклеотидных последовательностей фрагмента гена *COX1*, полученных из плероцеркоидов *Dibothriocephalus* sp., с референсными последовательностями

Table 2

Comparison of nucleotide sequences of the *COX1* gene fragment obtained from the plerocercoids *Dibothriocephalus* sp. with reference sequences

№ пробы	Район вылова	Вид возбудителя	Сходство с референсными последовательностями гена *COX1* по анализируемому участку генома, %		VGARus id	Номера GenBank
			EF420138 (13607 bp)	NC009463 (13747 bp)		
1.	Амурская протока, г. Хабаровск	*Dibothriocephalus nihonkaiensis*	99,82	99,64	hnii006146	PP506455
2.	Амурская протока, г. Хабаровск		99,83	99,31	hnii006147	PP506456
3.	р. Амур, с. Дада		100	99,48	hnii006148	PP506457
4.	р. Амур, п. Славянка		99,84	99,37	hnii006149	PP506458
5.	р. Амур, п. Славянка		100	99,48	hnii006150	PP506459
6.	р. Тунгуска		100	99,48	hnii006151	PP506460
7.	р. Тунгуска		100	99,48	hnii006152	PP506461
8.	р. Тунгуска		99,65	99,48	hnii006153	PP506462
9.	р. Тунгуска		100	99,53	hnii006154	PP506463
10.	р. Тунгуска		100	99,48	hnii006155	PP506464
11.	р. Тунгуска		99,83	99,31	hnii006156	PP506465

Обсуждение

Видовая идентификация плероцеркоидов дифиллоботриид по морфологическим признакам предполагает отнесение изучаемого объекта к определённому типу (A-G) на основании оценки группы признаков: наличие капсул, наличие ворсинок на сколексе/теле, толщина кутикулы, характеристика субкутикулярного пространства и другие. Важно отметить, что плероцеркоиды типа F (*D. nihonkaiensis*) имеют морфологическое сходство с плероцеркоидами типа A (*D. latus*), которые обнаруживают практически в любой части тела рыбы и, как правило, не имеют капсул [7, 24].

В доступной научной литературе имеются сведения об инвазированности дифиллоботриидами тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке России, где видовая идентификация возбудителей была проведена на основании изучения морфологических признаков и определения типа плероцеркоидов [1, 2, 8-9, 12-15]. Необходимо отметить, что некоторые авторы не относили обнаруженных плероцеркоидов к какому-либо типу и публикации содержат сведения об инвазированности кеты, горбуши и других видов лососеобразных *Diphyllobothrium* sp. [2, 13]. Ряд публикаций содержит сведения об обнаружении *D. klebanovskii*/*D. luxi* [1, 9, 12]. При этом, у кеты, горбуши, кижуча (*O. kisutch*),

мальмы (*Salvelinus malma*), гольцов (*Salvelinus levanidovi*) также был обнаружен *D. dendriticus* [1, 9, 12].

Видовая идентификация на основании изучения морфологии плероцеркоидов представляет собой сложный и трудоёмкий процесс, который во многом зависит от практического опыта исследователя, поэтому её результат может характеризоваться определённой субъективностью.

Важно отметить, что видовая идентификация плероцеркоидов *Dibothriocephalus* spp. возможна только при исследовании свежей рыбы, которая не подвергалась замораживанию и другим видам обработки. Во всех остальных случаях определение вида возбудителя на основании изучения морфологических признаков плероцеркоидов затруднительно или невозможно. В то же время, санитарно-паразитологическая экспертиза рыбы и продуктов её переработки подразумевает исследование рыбы в замороженном, солёном виде и других вариантах обработки. Таким образом, метод ПЦР в вышеперечисленных случаях является единственным способом видовой идентификации возбудителей дифиллоботриоза и может применяться для плероцеркоидов, имеющих механические или термические повреждения.

Известно, что ген *COX1* мтДНК представляет собой наиболее подходящий ген для видовой идентификации плероцеркоидов и взрослых особей *Dibothriocephalus* sp. Об этом свидетельствуют результаты исследований, проведённых в разные годы в Японии, Корее, Китае, Северной Америке, Европе [17-21, 23, 25, 26].

В настоящем исследовании нами также были получены нуклеотидные последовательности фрагмента гена *COX1* мтДНК, имеющие высокий процент сходства с референсными из GenBank (99,31–100%), что позволило подтвердить видовую принадлежность возбудителя дифиллоботриоза, обнаруживаемого в кете осенней *O. keta* в период нерестовой миграции в реках Амурского бассейна.

Заключение

В результате проведённых исследований у кеты осенней *O. keta*, выловленной в бассейне р. Амур на территории Хабаровского края, на основании анализа фрагмента гена первой субъединицы цитохром с-оксидазы митохондриальной ДНК подтверждена инвазированность возбудителем дифиллоботриоза *Dibothriocephalus nihonkaiensis*. Показано, что молекулярно-генетические методы исследований могут применяться для видовой идентификации плероцеркоидов дифиллоботриид в тех случаях, когда оценка морфологических признаков затруднительна.

Таким образом, использование молекулярно-генетических методов исследования при проведении санитарно-паразитологической экспертизы рыбы и продуктов её переработки позволит оптимизировать профилактические мероприятия в рамках эпидемиологического надзора за дифиллоботриозом.

Актуальным в настоящее время является вопрос подбора оптимальных для широкого круга пользователей алгоритмов молекулярно-генетического исследования возбудителей, их стандартизация и последующая разработка диагностического набора.

Список источников

1. *Витомскова Е. А., Видишев Ю. А.* Ихтиопатологические исследования тихоокеанских лососевых рыб Магаданской области // Международный вестник ветеринарии. 2012. № 1. С. 51–56.
2. *Вялова Г. П.* Разнообразие паразитов кеты и горбуши Сахалина // Известия Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра. 2002. Т. 131. С. 439-459.
3. *Гофман-Кадошников П. Б., Чижова Т. П., Яковлева Т. П.* Новый тип плероцеркоидов дифиллоботриид из кеты Камчатки // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 1970. № 2. С. 237-239.
4. *Довгалёв А. С.* Роль выловленной осенью кеты в передаче дифиллоботриоза в Нижнем Приамурье // Труды лаборатории гельминтологии АН СССР. 1984. № 34. С. 149-151.
5. *Зеля О. П. Завойкин В. Д., Плющева Г. Л.* Современная ситуация по дифиллоботриозу: эпидемиология и эпиднадзор // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2017. № 1. С. 52-59.
6. *Москвина Ю. И., Драгомерецкая А. Г., Гаер С. И., Троценко О. Е.* Дифиллоботриоз на Дальнем Востоке России и в сопредельных странах Азиатско-тихоокеанского региона: возбудители и вопросы эпидемиологии заболевания (обзор литературы) // Дальневосточный журнал инфекционной патологии. 2022. № 43. С. 113-122.

7. *Муратов И. В. Посохов П. С.* Возбудитель дифиллоботриоза человека – *Diphyllobothrium klebanovskii* sp.n. // Паразитология. 1988. Т. 22, № 2. С. 165-170.

8. *Попов А. Ф., Ермоленко А. В., Шедько М. Б., Загней Е. В.* Дифиллоботриоз людей в Приморском крае: возбудители, эпидемиология, клиника // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2022. № 3. С. 24-32. https://doi.org/10.33092/0025-8326mp2022.3.24-32

9. *Поспехов В. В., Атрашкевич Г. И., Орловская О. М.* Паразитические черви проходных лососевых рыб Северного Охотоморья. Магадан: Кордис, 2014. 128 с.

10. *Потапова Т. В., Ермоленко К. Д., Юшина Е. Ю., Холин А. В., Раздъяконова И. В., Власов Н. Н.* Дифиллоботриоз: вопросы диагностики, терапии, профилактики // Журнал инфектологии. 2023. Т. 15, № 1. С. 61-67. https://doi.org/10.22625/2072-6732-2023-15-1-61-67

11. *Рутквич Н. Л. Diphyllobothrium giliacicum* nov. sp. и *Diphyllobothrium* luxi nov. sp. // Работы по гельминтологии: сборник, посвященный 30-летию научно-педагогической и общественной деятельности академика К. И. Скрябина и 15-летию Всесоюзного института гельминтологии. М.: Изд-во Всес. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина, 1937. С. 599.

12. *Сердюков А. М., Витомскова Е. А.* Распространение дифиллоботриоза в популяциях морских и пресноводных рыб водоёмов Магаданской области // Вестник ДВО РАН. 2022. № 1. С. 108-112. https://doi.org/10.37102/0869-7698_2021_221_01_09

13. *Согрина А. В., Кулемеева И. О., Якушева Г. Д.* Гельминтозоонозы тихоокеанских лососей полуострова Камчатка // Пермский аграрный вестник. 2019. Т. 26, № 2. С. 143-150.

14. *Фролов Е. В., Новокрещённых С. В., Вялова Г. П.* Гельминтофауна *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792) юго-восточного Сахалина по результатам многолетних исследований // Российский паразитологический журнал. 2023. Т. 17, № 4. С. 459-473. https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-4-459-473

15. *Фролов Е. В., Новокрещённых С. В.* О возможности использования личинок *Anisakis simplex* и *Dibothriocephalus nihonkaiensis* для разграничения локальных стад горбуши Южного Сахалина // Вопросы рыболовства. 2023. Т. 24, № 4. С. 34-44. https://doi.org/10.36038/0234-2774-2023-24-4-34-44

16. *Хрусталёв А. В.* Современное состояние таксономии и номенклатуры дифиллоботриид, имеющих медицинское и ветеринарное значение // «Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями»: сборник научных статей по материалам международной научной конференции. 2022. Вып. 23. С. 478-483. https://doi.org/10.31016/978-5-6046256-9-9.2022.23.478-483

17. *Abe N., Baba T, Nakamura Y, Murakami S.* Global analysis of cytochrome c oxidase subunit 1 (*cox1*) gene variation in *Dibothriocephalus nihonkaiensis* (Cestoda: Diphyllobothriidae). Current Research in Parasitology & Vector-borne Diseases. 2021; 1: 140-142. https://doi.org/10.1016/j.crpvbd.2021.100042.

18. *Arizono N., Shedko M., Yamada M., Uchikawa R., Tegoshi T., Takeda K., Hashimoto K.* Mitochondrial DNA divergence in populations of the tapeworm *Diphyllobothrium nihonkaiense* and its phylogenetic relationship with *Diphyllobothrium klebanovskii.* International Journal for Parasitology. 2009; 58 (1): 22-28. https://doi.org/10.1016/j.parint.2008.09.001

19. *Chen S., Ai L., Zhang Y., Chen J., Zhang W., Li Y., Muto M., Morishima Y., Sugiyama H., Xu X., Zhou X., Yamasaki H.* Molecular detection of *Diphyllobothrium nihonkaiense* in humans, China. Emerging Infections Diseases. 2014; 20 (2): 315-318. https://doi.org/10.3201/eid2002.121889

20. *Choi S., Cho J., Jung B. K., Kim D. G., Jeon S. J., Jeon H. K., Eom K. S., Chai J. Y. Diphyllobothrium nihonkaiense*: wide egg size variation in 32 molecularly confirmed adult specimens from Korea. Parasitology Research. 2015; 114 (6): 2129-2134. https://doi.org/10.1007/s00436-015-4401-7

21. *Nomura Y., Fujiya M., Ito T., Ando K., Sugiyama R., Nata T., Ueno N., Kashima S., Ishikawa C., Inaba Y., Moriichi K., Okamoto K., Yanagida T., Ito A., Ikuta K., Watari J., Mizukami Y., Kohgo Y.* Capsule endoscopy is a feasible procedure for identifying a *Diphyllobothrium nihonkaiense* infection and determining the indications for vermifuge treatment. BMJ Case Reports. 2010; 31: 30-23. https://doi.org/10.1136/bcr.05.2010.3023

22. *Scholz T., Kuchta R., Brabec J.* Broad tapeworms (Diphyllobothriidae), parasites of wildlife and humans: Recent progress and future challenges. International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife. 2019; 1 (9): 359-369. https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2019.02.001

23. *Wicht B., Yanagida T., Scholz T., Ito A., Jiménez J. A., Brabec J.* Multiplex PCR for differential identification of broad tapeworms (Cestoda: Diphyllobothrium) infecting humans. Journal of Clinical Microbiology. 2010; 48 (9): 3111-3116. https://doi.org/10.1128/JCM.00445-10

24. *Yamane Y., Kamo H., Bylund G., Wikgren B.-J. P. Diphyllobothrium nihonkaiense* sp. nov. (Cestoda:

Diphyllobothriidae) – revised identification of Japanese broad tapeworm. Shimane journal of medical science. 1986; 10: 29-48.

25. *Yera H., Estran C., Delaunay P., Gari-Toussaint M., Dupouy-Camet J., Marty P.* Putative *Diphyllobothrium nihonkaiense* acquired from a Pacific salmon (*Oncorhynchus keta*) eaten in France; genomic identification and case report. International Journal for Parasitology. 2006; 55 (1): 45-49. https://doi.org/10.1016/j.parint.2005.09.004

26. *Zhang W., Che F., Tian S., Shu J., Zhang X.* Molecular Identification of *Diphyllobothrium nihonkaiense* from 3 Human Cases in Heilongjiang Province with a Brief Literature Review in China. Korean Journal of Parasitology. 2015; 53 (6): 683-688. https://doi.org/10.3347/kjp.2015.53.6.683

27. *Waeschenbach A., Brabec J., Scholz T., Littlewood D. T. J., Kuchta R.* The catholic taste of broad tapeworms – multiple routes to human infection. International Journal for parasitology. 2017. 47 (13): 831-843. https://doi.org/10.1016/j/ijpara.2017.06.004

Статья поступила в редакцию 18.09.24; одобрена после рецензирования 03.11.24; принята к публикации 07.11.24

Об авторах:

Драгомерецкая Анна Геннадьевна, кандидат биологических наук, заведующая отделом природно-очаговых инфекций; SPIN-код: 3383-6672, Researcher ID: LPP-3719-2024, Scopus ID: 56771412100.

Москвина Юлия Ивановна, младший научный сотрудник лаборатории паразитологии отдела природно-очаговых инфекций; SPIN-код: 3424-8066.

Котова Валерия Олеговна, старший научный сотрудник, заведующая лабораторией эпидемиологии и профилактики вирусных гепатитов и СПИДа; SPIN-код: 5424-8491, Researcher ID: B-9734-2018, Scopus ID: 7004305557.

Бутакова Людмила Васильевна, научный сотрудник; SPIN-код: 1500-7669, Researcher ID: KVB-5728-2024, Scopus ID: 57209077159.

Гаер Светлана Игоревна, младший научный сотрудник лаборатории паразитологии отдела природно-очаговых инфекций; SPIN-код: 6315-0997.

Троценко Ольга Евгеньевна, доктор медицинских наук, директор; SPIN-код: 1088-8195, Scopus ID: 6602254191.

Подорожнюк Елена Владимировна, заведующая лабораторией лососевых рыб; SPIN-код: 2907-6253.

Вклад соавторов:

Драгомерецкая А. Г. – разработка дизайна исследования, обзор литературных источников, анализ полученных результатов, написание текста рукописи.

Москвина Ю. И. – обзор литературных источников, проведение исследований, написание текста рукописи.

Котова В. О. – проведение секвенирования, анализ нуклеотидных последовательностей.

Бутакова Л. В. – проведение секвенирования, анализ нуклеотидных последовательностей.

Гаер С. И. – проведение исследований.

Троценко О. Е. – организация проведения исследования, общая редакция и окончательное одобрение варианта статьи для опубликования.

Подорожнюк Е. В. – сбор биологического материала.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

1. Vitomskova E. A., Vidishev Yu. A. Ichthyopathological studies of Pacific salmonids of the Magadan region. *Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii = International Bulletin of Veterinary Medicine*. 2012; 1: 51-56. (In Russ.)

2. Vyalova G. P. A variety of parasites of chum salmon and pink salmon of Sakhalin. *Izvestiya Tikhookeanskogo nauchno-issledovatel'skogo rybokhozyaistvennogo tsentra = Proceedings of the Pacific Scientific Research Fisheries Center.* 2002; 131: 439-459. (In Russ.)

3. Gofman-Kadoshnikov P. B., Chizhova T. P., Yakovleva T. P. A new type of plerocercoid diphyllobothriids from chum salmon of Kamchatka. *Meditsinskaya parazitologiya i parazitarnyye bolezni = Medical parasitology and parasitic diseases.* 1970; 2: 237-239. (In Russ.)

4. Dovgalev A. S. The role of chum salmon caught in the fall in the transmission of diphyllobothriasis in the Lower Amur region. *Trudy lab. Gel'mintologii AN SSSR = Proceedings of the laboratory Helminthology Academy of Sciences of the USSR.* 1984; 34.149-151.

5. Zelya O. P., Zavoykin V. D., Plusheva G. L. Current situation with diphyllobothriasis: epidemiology and surveillance. *Meditsinskaya parazitologiya i parazitarnyye bolezni = Medical parasitology and parasitic diseases.* 2017; 1: 52-59. (In Russ.)

6. Moskvina Yu. I., Dragomeretskaya A. G., Gaer S. I., Trotsenko O. E. Diphyllobothriosis in the Russian Far East and in neighboring countries of the Asia-Pacific region pathogens and issues of epidemiology of the disease (literature review). *Dal'nevostochnyi zhurnal infektsionnoi patologii = Far Eastern Journal of Infectious Pathology*. 2022; 43: 113-122. (In Russ.)

7. Muratov I. V., Posokhov P. S. The causative agent of human diphyllobothriosis – Diphyllobothrium klebanovskii sp.n. *Parazitologiya = Parasitology.* 1988; 2: 165-170. (In Russ)

8. Popov A. F., Ermolenko A. V., Shed'ko M. B., Zagnei E. V. Diphyllobothriosis of people in Primorsky Krai: pathogens, epidemiology, clinic. *Meditsinskaya parazitologiya i parazitarnye bolezni = Medical parasitology and parasitic diseases.* 2022; 3: 24-32. (In Russ.) https://doi.org/10.33092/0025-8326mp2022.3.24-32

9. Pospekhov V. V., Atrashkevich G. I., Orlovskaya O. M. Parasitic worms of passing salmon fish of the Northern Okhotsk Sea. Magadan: Kordis, 2014; 128. (In Russ.)

10. Potapova T. V., Ermolenko K. D., Yushina E. Yu., Kholin A. V., Razd"yakonova I. V., Vlasov N. N. Diphyllobothriasis: issues of diagnosis, therapy, prevention. *Zhurnal infektologii = Journal of Infectology.* 2023; 15 (1): 61-67. (In Russ.) https://doi.org/10.22625/2072-6732-2023-15-1-61-67

11. Rutkevich N. L. Diphyllobothrium giliacicum nov. sp. and Diphyllobothrium luxi nov. sp. Raboty po gel'mintologii: sbornik, posvyashchennyj 30-letiyu nauch.-pedagog. i obshchestv. deyatel'nosti zasluzhennogo deyatelya nauki akad. Konstantina Ivanovicha Skryabina i 15-letiyu Vses. in-ta gel'mintologii = Works on helminthology: collection dedicated to the 30th anniversary of scientific and pedagogical work. and societies. activities of Honored Scientist Academician. Konstantin Ivanovich Scriabin and the 15th anniversary of the All. institute of helminthology. Moskow: Publishing house Vses. acad. agricultural Sciences named after V. I. Lenin, 1937; 599 (In Russ.)

12. Serdyukov A. M., Vitomskova E. A. The spread of diphyllobothriosis in populations of marine and freshwater fish in reservoirs of the Magadan region. *Vestnik DVO RAN = Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences.* 2022; 1: 108-112. (In Russ.) https://doi.org/10.37102/0869-7698_2021_221_01_09

13. Sogrina A. V., Kulemeyeva I. O., Yakusheva G. D. Helminthozoonoses of Pacific salmon of the Kamchatka Peninsula. *Permskii agrarnyi vestnik = Perm Agrarian Bulletin*. 2019; 2 (26): 143-150. (In Russ.)

14. Frolov E. V., Novokreshchennykh S. V., Vyalova G. P. Helminthofauna Oncorhynchus gorbuscha (Walbaum, 1792) of southeastern Sakhalin according to the results of many years of research. *Rossiiskii parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology.* 2023; 17 (4): 459-473. (In Russ.) https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-4-459-473

15. Frolov E. V., Novokreshchennykh S. V. On the possibility of using larvae of Anisakis simplex and Dibothriocephalus nihonkaiensis to differentiate local pink salmon herds of Southern Sakhalin. *Voprosy rybolovstva = Fishing issues.* 2023; 24 (4): 34-44. (In Russ.) https://doi.org/10.36038/0234-2774-2023-24-4-34-44

16. Khrustalev A. V. The current state of the taxonomy and nomenclature of diphyllobothriids of medical and veterinary importance. *«Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami»: sbornik nauchnykh statei po materialam mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii = Theory and practice of combating parasitic diseases: a collection of scientific articles based on the materials of the international scientific conference.* 2022; 23: 478-483. (In Russ.) https://doi.org/10.31016/978-5-6046256-9-9.2022.23.478-483

17. Abe N., Baba T, Nakamura Y, Murakami S. Global analysis of cytochrome c oxidase subunit 1 (cox1) gene variation in Dibothriocephalus nihonkaiensis (Cestoda: Diphyllobothriidae). *Current Research in Parasitology & Vector-borne Diseases.* 2021; 1: 140-142. https://doi.org/10.1016/j.crpvbd.2021.100042.

18. Arizono N., Shedko M., Yamada M., Uchikawa R., Tegoshi T., Takeda K., Hashimoto K. Mitochondrial DNA divergence in populations of the tapeworm Diphyllobothrium nihonkaiense and its phylogenetic relationship with Diphyllobothrium klebanovskii. *International Journal for Parasitology.* 2009; 58 (1): 22-28. https://doi.org/10.1016/j.parint.2008.09.001

19. Chen S., Ai L., Zhang Y., Chen J., Zhang W., Li Y., Muto M., Morishima Y., Sugiyama H., Xu X., Zhou X., Yamasaki H. Molecular detection of Diphyllobothrium nihonkaiense in humans, China. *Emerging Infections Diseases.* 2014; 20 (2): 315-318. https://doi.org/10.3201/eid2002.121889

20. Choi S., Cho J., Jung B. K., Kim D. G., Jeon S. J., Jeon H. K., Eom K. S., Chai J. Y. Diphyllobothrium nihonkaiense: wide egg size variation in 32 molecularly confirmed adult specimens from Korea. *Parasitology Research*. 2015; 114 (6): 2129-2134. https://doi.org/10.1007/s00436-015-4401-7

21. Nomura Y., Fujiya M., Ito T., Ando K., Sugiyama R., Nata T., Ueno N., Kashima S., Ishikawa C., Inaba Y., Moriichi K., Okamoto K., Yanagida T., Ito A., Ikuta K., Watari J., Mizukami Y., Kohgo Y. Capsule endoscopy is a feasible procedure for identifying a Diphyllobothrium nihonkaiense infection

and determining the indications for vermifuge treatment. *BMJ Case Reports.* 2010; 31: 30-23. https://doi.org/10.1136/bcr.05.2010.3023

22. Scholz T., Kuchta R., Brabec J. Broad tapeworms (Diphyllobothriidae), parasites of wildlife and humans: Recent progress and future challenges. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife.* 2019; 1 (9): 359-369. https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2019.02.001

23. Wicht B., Yanagida T., Scholz T., Ito A., Jiménez J. A., Brabec J. Multiplex PCR for differential identification of broad tapeworms (Cestoda: Diphyllobothrium) infecting humans. *Journal of Clinical Microbiology.* 2010; 48 (9): 3111-3116. https://doi.org/10.1128/JCM.00445-10

24. Yamane Y., Kamo H., Bylund G., Wikgren B.-J. P. Diphyllobothrium nihonkaiense sp. nov. (Cestoda: Diphyllobothriidae) – revised identification of Japanese broad tapeworm. *Shimane journal of medical science.* 1986; 10: 29-48.

25. Yera H., Estran C., Delaunay P., Gari-Toussaint M., Dupouy-Camet J., Marty P. Putative Diphyllobothrium nihonkaiense acquired from a Pacific salmon (Oncorhynchus keta) eaten in France; genomic identification and case report. *International Journal for Parasitology.* 2006; 55 (1): 45-49. https://doi.org/10.1016/j.parint.2005.09.004

26. Zhang W., Che F., Tian S., Shu J., Zhang X. Molecular Identification of Diphyllobothrium nihonkaiense from 3 Human Cases in Heilongjiang Province with a Brief Literature Review in China. *Korean Journal of Parasitology.* 2015; 53 (6): 683-688. https://doi.org/10.3347/kjp.2015.53.6.683

27. Waeschenbach A., Brabec J., Scholz T., Littlewood D. T. J., Kuchta R. The catholic taste of broad tapeworms – multiple routes to human infection. *International Journal for parasitology.* 2017. 47 (13): 831-843. https://doi.org/10.1016/j/ijpara.2017.06.004

The article was submitted 10.09.24; approved after reviewing 03.11.24; accepted for publication 07.11.24

About the authors:

Anna G. Dragomeretskaya, Candidate of Biological Sciences, Head of the Department of Natural Focal Infections; SPIN: 3383-6672, Researcher ID: LPP-3719-2024, Scopus ID: 56771412100.

Yulia I. Moskvina, Junior Researcher, Laboratory of Parasitology, Department of Natural Focal Infections; SPIN: 3424-8066.

Valerya O. Kotova, Senior Researcher, Head of the Laboratory of Epidemiology and Prevention of Viral Hepatitis and AIDS; SPIN: 5424-8491, Researcher ID: B-9734-2018, Scopus ID: 7004305557.

Ludmila V. Butakova, Researcher; SPIN: 1500-7669, Researcher ID: KVB-5728-2024, Scopus ID: 57209077159.

Svetlana I. Gaer, Junior Researcher, Laboratory of Parasitology, Department of Natural Focal Infections; SPIN: 6315-0997.

Olga E. Trotsenko, Doctor of Medical Sciences, Director; SPIN: 1088-8195, Scopus ID: 6602254191.

Elena V. Podorozhnyuk, Head of the Salmon Laboratory; SPIN: 2907-6253.

Contribution of the authors:

Dragomeretskaya A. G. – development of research design, review of literature sources, analysis of the obtained results, writing of the manuscript.

Moskvina Y. I. – review of literature sources, conducting research, writing the manuscript.

Kotova V. O. – sequencing, analysis of nucleotide sequences.

Butakova L. V. – sequencing, analysis of nucleotide sequences.

Gaer S. I. – conducting research.

Trotsenko O. E. – organization of the study, general editing and final approval of the article version for publication.

Podorozhnyuk E. V. – collection of biological material.

All authors have read and approved the final manuscript.