

УДК 574.64:597.552.5(470.12)

# СОДЕРЖАНИЕ РТУТИ В МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ЕВРОПЕЙСКОГО ХАРИУСА (*THYMALLUS THYMALLUS (L.)*) В РЕКАХ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

А.С. Комарова, Е.В. Угрюмова,  
Н.Ю. Тропин, А.Е. Шилова,  
А.А. Соколова, М.Я. Борисов

Вологодское отделение ФГБНУ «ГосНИОРХ»  
(Вологодское Отделение – филиал  
федерального государственного бюджетного  
научного учреждения «Государственный  
научно-исследовательский институт  
озерного и речного рыбного хозяйства  
им. Л.С. Берга»), 160012, г. Вологда,  
Российская Федерация

Представлены сведения о содержании ртути в мышечной ткани европейского хариуса *Thymallus thymallus* (L.) в 11 реках Вологодской области (Тагажма, Вожега, Вотча, Костюга, Тиксна, Шебеньга, Пырнуг, Земцовка, Юрманга, Большая Речка и Ёнтала) за период 2011–2015 гг. Среднее содержание токсиканта варьировало от 0,04 мг/кг у особей р. Шебеньга до 0,21 мг/кг в рр. Юрманга и Большая Речка. У четырёх экземпляров рыб отмечено превышение допустимого уровня санитарно-гигиенических норм (СанПиН 2.3.2.1078-01. 2.3.2.) для нехищных видов рыб (0,3 мг/кг). Молодь хариуса содержит в среднем 0,06–0,10 мг/кг ртути в мышечной ткани, особи пяти-шестилетнего возраста содержат 0,26 и 0,27 мг/кг токсиканта соответственно. Сопоставление уровня концентрации ртути в мышечной ткани европейского хариуса с таковым для других видов рыб показало, что содержание Hg не выходит за пределы выявленных фоновых значений для водных объектов территории Вологодской области.

**Ключевые слова:** европейский хариус; ртуть; токсикант; реки; Вологодская область.

**Введение.** Изучение содержания ртути в мышцах рыб в водных объектах Северо-Запада России проводилось преимущественно для хищных видов, имеющих промысловое значение [1-3]. В то же время объекты спортивного и любительского рыболовства, к которым относится европейский хариус (*Thymallus thymallus* (L., 1758)), исследуются в меньшей степени. Значительное количество публикаций посвящено изучению микроэлементного состава органов и тканей хариуса бассейна р. Кама [4-7]. Ряд работ характеризуют закономерности накопления и содержания тяжёлых металлов (за исключением ртути) в популяциях данного вида в бассейне рр. Кама и Печора [8-10]. Особенности накопления ртути в мышцах сибирского хариуса отражены в ряде работ [11-15]. Публикаций по содержанию ртути в органах и тканях европейского хариуса на территории России нами не встречено.

Целью настоящей работы было выявление закономерностей содержания ртути в мышечной

ткани европейского хариуса (*Thymallus thymallus*) в водотоках Вологодской области.

**Материалы и методы исследования.** Исходный материал для исследования собран авторами в 2011–2015 гг. на 11 водотоках Вологодской области (табл. 1). Площади водосборов исследуемых рек и их заболоченность определены с помощью программного пакета ArcGis. Основные характеристики водотоков выявлены в ходе экспедиций Вологодского отделения «ГосНИОРХ» в 2014–2015 гг. с использованием анализатора растворённого кислорода МАРК 302Э, кондуктометра МАРК 603/1, гидрометрической микровертушки ГМЦМ-1.

Лов хариуса осуществлялся с использованием электролова, ставных сетей (с ячейёй 20–30 мм) и поплавной удочки. Полный биологический анализ 184 экземпляра рыб проводился А.С. Комаровой согласно общепринятым в ихтиологии методикам [16]. Далее от каждого экземпляра был взят образец мышечной ткани (массой 0,5–2,0 г),

Комарова Александра Сергеевна (Komarova Aleksandra Sergeevna), научный сотрудник Вологодского отделения ФГБНУ «ГосНИОРХ», г. Вологда, komarowa.aleks@yandex.ru

Угрюмова Елена Васильевна (Ugryumova Elena Vasil'evna), младший научный сотрудник Вологодского отделения ФГБНУ «ГосНИОРХ», г. Вологда, uev259@yandex.ru

Тропин Николай Юрьевич (Tropin Nikolay Yur'evich), научный сотрудник Вологодского отделения ФГБНУ «ГосНИОРХ», г. Вологда, nikolay-tropin1@yandex.ru

Шилова Анастасия Евгеньевна (Shilova Anastasiya Evgen'evna), младший научный сотрудник Вологодского отделения ФГБНУ «ГосНИОРХ», г. Вологда, uljuticheva26@yandex.ru

Соколова Анна Александровна (Sokolova Anna Aleksandrovna), младший научный сотрудник Вологодского отделения ФГБНУ «ГосНИОРХ», г. Вологда, anns092@mail.ru

Борисов Михаил Янович (Borisov Mikhail Yanovich), кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Вологодского отделения ФГБНУ «ГосНИОРХ», г. Вологда, myaborisov@mail.ru

помещён в индивидуальный этикетированный полиэтиленовый пакет, хранящийся до начала камеральной обработки при температуре  $-16^{\circ}\text{C}$ .

Камеральные работы были выполнены на базе лаборатории физиологии и токсикологии водных животных Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН (ИБВВ РАН, пос. Борок). Определение содержания ртути в мышечной ткани рыб определяли на ртутном анализаторе РА-915+ с приставкой ПИРО (Люмэкс) атомно-абсорбционным методом холодного пара без предварительной пробоподготовки. Диапазон измерений составлял более трёх порядков. Сжигание проб проводилось в течение 1 мин. при температуре  $300^{\circ}\text{C}$  [17].

Статистическая обработка данных проводилась в среде MS Excel и Statistica 10 [18]. Для сравнения использованы фондовые материалы Вологодского отделения «ГосНИОРХ» по содержанию ртути в мышечной ткани рыб р. Вожега.

**Результаты и обсуждение.** Содержание ртути в мышцах хариуса водотоков Вологодской области варьировало от 0,018 до 0,793 мг/кг (рис.). Максимальные значения по среднему содержанию ртути отмечены для особей хариуса рр. Ёнтала, Костюга, Большая Речка и Юрманга и составляли от 0,17 до 0,21 мг/кг. Наименьшими значениями по данному показателю характеризуются особи хариуса рр. Шебеньга, Тагажма, Земцовка и Вотча. Среднее содержание ртути в мышцах хариуса данных водотоков варьировало от 0,04 до 0,09 мг/кг. Ранговый дисперсионный анализ Краске-

ла-Уоллиса выявил статистически значимые различия по среднему содержанию ртути в мышцах хариуса исследуемых рек. Результаты попарных сравнений с помощью критерия Манна-Уитни представлены в таблице. Для рр. Юрманга, Тагажма, Тиксна и Пырнуг не выявлено достоверно значимых отличий средних значений содержания ртути с другими анализируемыми выборками.

Анализ содержания ртути в мышцах европейского хариуса водотоков Вологодской области показал отсутствие превышения санитарно-гигиенических норм для рыбной продукции (0,3 мг/кг) для нехищных видов рыб [19]. Исключение составили лишь четыре особи хариуса: р. Костюга, содержание ртути – 0,793 мг/кг при длине тела 26,5 см и массе 232,0 г, р. Тиксна – 0,377 мг/кг (20,6 см и 117,6 г), р. Юрманга – 0,348 мг/кг (21,0 см и 125,3 г), р. Ёнтала – 0,316 мг/кг (14,3 см и 36,1 г).

Анализ возрастной изменчивости накопления токсиканта показал следующую зависимость (табл. 2): молодь хариуса разных рек накапливает в среднем 0,06–0,10 мг/кг металла, тогда как особи 5–6-летнего возраста содержат 0,26 и 0,27 мг/кг ртути в мышцах.

Видовая специфика содержания металла в пределах одного водного объекта показана на примере р. Вожега (табл. 3). Содержание ртути у разных видов рыб варьировало незначительно от 0,06 мг/кг у леща до 0,42 мг/кг у щуки. Наибольшее содержание токсиканта характерно для хищных видов рыб (щука – 0,42 мг/кг, окунь – 0,24 мг/кг), при этом показатель не выходит за пределы до-

Таблица 1

Краткая характеристика исследуемых водотоков и объём выборки

№	Река	Длина, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Заболоченность, %	Скорость течения, м/с	Минерализация, мг/л	Количество, экз.
1	Тагажма	25,9	309,6	27,6	0,4	125	3
2	Вожега	140,5	2007,4	12,8	0,3	241	10
3	Вотча	55,3	423,9	24,5	0,4	287	31
4	Костюга	7,7	21,2	15,6	0,4	108	25
5	Тиксна	47,6	389,4	1,8	-	-	12
6	Шебеньга	22,1	112,1	0	0,2	-	5
7	Пырнуг	7,9	24,3	0	0,4	-	9
8	Земцовка	6,9	27,2	0	0,2	130	50
9	Юрманга	40,9	247,8	4,7	-	-	5
10	Большая Речка	3,2	6,3	0	0,3	-	8
11	Ёнтала	111,5	1441,2	1,2	0,1	235	26

Таблица 2

**Среднее содержание ртути (мг/кг) в мышцах хариуса разных возрастных групп водотоков  
Вологодской области**

Река	Содержание ртути, мг/кг						Среднее
	Возрастная группа, год						
	1	2	3	4	5	6	
Тагажма (а)	-	<u>0,056</u> 12,4/25,4	<u>0,079</u> 16,5/58,1	-	-	-	0,06±0,009
Вожега (b)	-	<u>0,107</u> 14,2/37,3	<u>0,099</u> 17,7/81,3	-	-	-	0,11±0,017 <sup>j,k</sup>
Вотча (с)	-	<u>0,162</u> 14,7/42,0	<u>0,087</u> 17,2/70,9	<u>0,184</u> 22,6/176,3	-	-	0,09±0,009 <sup>d,f,j,k</sup>
Костюга (d)	-	-	<u>0,120</u> 17,2/67,5	<u>0,149</u> 20,3/110,4	<u>0,793</u> 26,5/232,0	-	0,17±0,028 <sup>c,f,h</sup>
Тиксна (е)	-	<u>0,054</u> 12,5/27,6	<u>0,114</u> 16,2/60,8	<u>0,256</u> 20,5/120,7	-	-	0,16±0,031
Шебеньга (f)	-	<u>0,048</u> 13,9/33,2	<u>0,039</u> 17,2/65,0	-	-	-	0,04±0,006 <sup>k,c,d</sup>
Пырнуг (g)	-	-	<u>0,102</u> 16,6/61,0	<u>0,139</u> 19,5/110,7	-	-	0,11±0,011
Земцовка (h)	<u>0,055</u> 8,8/8,2	<u>0,085</u> 11,8/23,3	<u>0,087</u> 15,0/47,7	<u>0,108</u> 17,0/70,3	-	-	0,09±0,00 <sup>d,j,k</sup>
Юрманга (i)	-	-	-	<u>0,086</u> 22,1/166,9	<u>0,238</u> 21,6/150,9	<u>0,273</u> 28,0/384,0	0,21±0,054
Большая Речка (j)	-	<u>0,200</u> 12,4/22,1	<u>0,221</u> 16,3/53,6	-	-	-	0,21±0,021 <sup>b,c,h</sup>
Ёнтала (k)	-	<u>0,140</u> 15,7/39,4	<u>0,185</u> 15,9/50,3	<u>0,181</u> 18,1/76,2	<u>0,145</u> 21,7/136,5	-	0,18±0,012 <sup>b,c,f,h</sup>
Среднее	<u>0,055</u> 8,8/8,2	<u>0,099</u> 12,9/28,7	<u>0,112</u> 16,3/59,1	<u>0,166</u> 19,8/106,7	<u>0,261</u> 22,3/153,8	<u>0,273</u> 28,0/384,0	

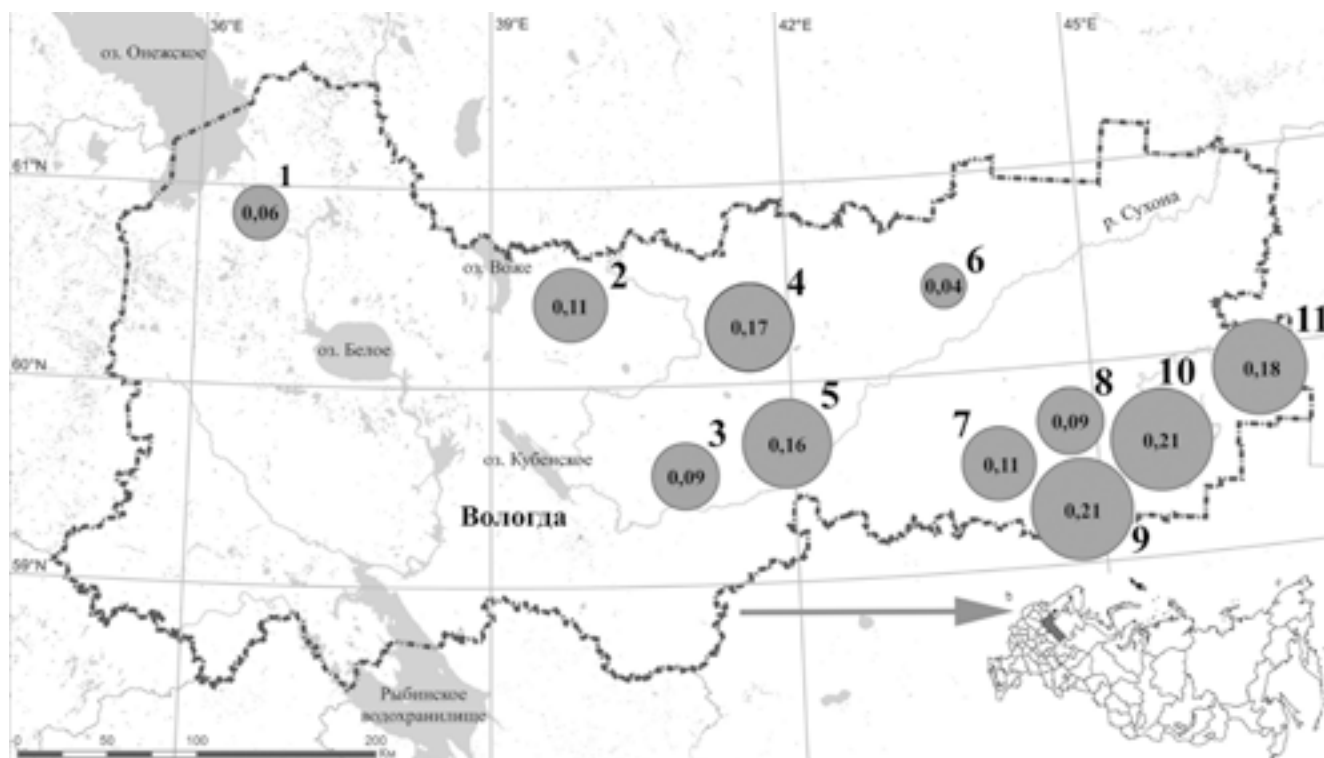
*Примечание.* В числителе указано среднее содержание ртути, мг/кг, в знаменателе – стандартная длина тела (1), см / масса, г.

В надстрочных индексах отмечены статистически значимые отличия между выборками хариуса по критерию Манна-Уитни (при уровне значимости с поправкой Бонферрони  $p < 0,0009$ ).

пустимого значения санитарно-гигиенических норм (для хищных видов рыб – 0,6 мг/кг). Количество ртути в мышцах леща и хариуса было наименьшим и составляло 0,06 мг/кг и 0,11 мг/кг соответственно.

Полученные значения (табл. 3) полностью укладываются в ранее эмпирически зафиксированный диапазон содержания Hg в костных рыбах Вологодской области (0,05–1,06 мг/кг) [2]. При этом сравнительно низкое содержание ртути в европейском хариусе может быть обусловлено

его видовой специфичностью, в частности типом питания – типичной эврифагией. Весной и осенью рацион хариуса в реках Вологодской области сформирован преимущественно водными беспозвоночными (личинки ручейников, моллюски) и рыбой. С вылетом амфибиотических насекомых, в пищевом спектре в равной степени представлены как водные, так и наземно-воздушные организмы (имаго представителей отрядов Diptera, Odonata, Orthoptera, Hymenoptera, кроме того дождевые черви, попадающие на поверхность во-



**Рис.** Соотношение среднего значения содержания ртути в мышцах хариуса водотоков Вологодской области. Номерами (1-11) обозначены реки (см. табл. 1).

ды при размыве берегов) [20]. Содержание ртути в амфибиотических насекомых Вологодской области по данным В.А. Гремячих с соавторами [21] составляет от 0,02 до 0,5 мг/кг сухой массы. При этом имаго двукрылых насекомых разных районов области могут накапливать до 1,3 мг/кг металла [22]. Питание хариуса преимущественно животным кормом способствует накоплению токсиканта по трофической цепи, подтверждая известную закономерность [23, 24].

Аналогичные нашим данные по содержанию

металла были получены для европейского хариуса р. Отава (в районе г. Сушице, Чехия), общее количество ртути в мышечной ткани которого достигало значения 0,1 мг/кг [25].

Сопоставимые пределы варьирования ртути в мышечной ткани получены П.А. Поповым и Н.В. Андросовой [12, 13] и для другого вида семейства хариусовых – сибирского хариуса (*Thymallus arcticus* Pallas, 1776). По их данным в мышечной ткани сибирского хариуса оз. Байкал (Чивыркуйский залив) содержание Hg состави-

Таблица 3

**Среднее содержание ртути (мг/кг) в мышцах рыб р. Вожега**

Вид	Длина, см	Масса, г	Возраст, лет	Hg, мкг/кг
<i>Abramis brama</i> (L., 1758)	13,6±0,62	57,0±8,00	4+...8+	0,06±0,008
<i>Thymallus thymallus</i> (L., 1758)	15,2±0,74	50,3±8,57	1+...2+	0,11±0,017
<i>Leuciscus idus</i> (L., 1758)	17,5±1,50	103,0±22,95	7+	0,16±0,031
<i>Leuciscus leuciscus</i> (L., 1758)	16,0±0,49	65,8±5,31	5+...8+	0,21±0,022
<i>Rutilus rutilus</i> (L., 1758)	16,7±0,54	100,3±9,85	6+...10+	0,21±0,023
<i>Perca fluviatilis</i> (L., 1758)	17,7±1,41	126,5±37,34	4+...6+	0,24±0,048
<i>Esox lucius</i> (L., 1758)	31,0±1,00	229,0±7,00	3+	0,42±0,070

ло 0,06 мкг/г сырой массы, оз. Байкал (пролив Малое Море) – 0,01 мкг/г, р. Катунь (среднее течение) – 0,02 мкг/г, р. Большой Пит – 0,04 мкг/г, р. Цыпа – 0,03 мкг/г. Содержание ртути в мышцах белого байкальского хариуса (*Thymallus brevipinnis* Svetovidov, 1931) Селенгинского мелководья оз. Байкал (по данным В.Т. Комова с соавторами [14]) варьировало от 0,20 до 0,87 мг/кг, составляя в среднем  $0,38 \pm 0,08$  мг/кг сухой массы. Концентрация ртути в мышцах сибирского хариуса (*Thymallus arcticus* Pallas, 1776) разных участков Братского водохранилища составляла: р. Ангара (нижний бьеф Иркутской ГЭС) – от 0,006 до 0,02 мкг/г (в среднем –  $0,011 \pm 0,001$  мкг/г), верхний участок водохранилища – 0,065 мкг/г сырой массы [11]. Концентрация Hg в пробах амурского хариуса (*Thymallus grubii* Dybowski, 1869), выловленного в реках Урми и Ин в 2010 и 2012 гг., составляла в среднем  $0,1672 \pm 0,0251$  и  $0,0777 \pm 0,012$  мг/кг [15].

Экспериментально было доказано токсичное воздействие различных концентраций метилртути на развитие и поведение европейского хариуса, которое проявлялось в снижении пищевой активности и конкурентоспособности молоди вида по сравнению с контрольной группой [26, 27].

Достоверных корреляционных зависимостей средних, минимального и максимального значений содержания ртути в мышечной ткани хари-

уса водотоков Вологодской области с площадью водосбора и заболоченностью не выявлено.

**Заключение.** Содержание ртути в мышечной ткани хариуса водотоков Вологодской области находилось в пределах от 0,04 мг/кг до 0,21 мг/кг. Однако у нескольких экземпляров рыб из рр. Костюга, Тиксна, Юрманга и Ёнтала наблюдалось превышение допустимого уровня ртути для нехищных видов рыб (0,3 мг/кг), которое составило 0,316–0,793 мг/кг. Наши исследования подтвердили закономерность увеличения содержания ртути в мышцах рыб с возрастом. Так, молодь хариуса разных рек накапливает в среднем 0,06–0,10 мг/кг металла, особи 5–6-летнего возраста – 0,26 и 0,27 мг/кг соответственно. Анализ видовой специфики накопления металла показал увеличение содержания токсиканта у хищных видов (щука – 0,42 мг/кг, окунь – 0,24 мг/кг) по сравнению с мирными видами рыб (лещ – 0,06 мг/кг, хариус – 0,11 мг/кг).

Уровень накопления ртути в мышцах хариуса обусловлен как фоновыми концентрациями металла в водной среде, так и в значительной степени биологическими особенностями вида.

**Благодарности.** Авторы благодарят профессора В.Т. Комова (ИБВВ РАН) за предоставленную возможность для обработки проб и Д.А. Филиппова (ИБВВ РАН) за помощь в обсуждении полученных результатов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гремячих В.А. Закономерности накопления ртути и биологические последствия действия её сублетальных доз для гидробионтов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Борок; 2007.
- Комов В.Т., Степанова И.К., Гремячих В.А. Содержание ртути в мышцах рыб из водоемов Северо-Запада России: причины интенсивного накопления и оценка негативного эффекта на состояние здоровья людей. Актуальные проблемы водной токсикологии: сб. ст. Борок, 2004; 99–123.
- Немова Н.Н., Лысенко Л.А., Мещерякова О.В., Комов В.Т. Ртуть в рыбах: биохимическая индикация. Биосфера. 2014; 6 (2): 176–186.
- Костицына Н.В., Бакланов М.А., Зиновьев Е.А., Костицын В.Г. Микроэлементный состав некоторых видов рыб р. Ласва (по материалам 1998–2000 гг.). Рыбные ресурсы Камско-Уральского региона и их рациональное использование: Материалы науч.-практ. конф. (12–13 апреля 2001 г.). Пермь: Пермский ун-т, 2001; 86–88.
- Костицына Н.В., Зиновьев Е.А. Геохимическая среда как один из факторов формирования экотипов хариусов. Биология и экология рыб Прикамья: межвуз. сб. науч. тр. Пермь, 2003; 1: 124–132.
- Костицына Н.В., Зиновьев Е.А., Костицын В.Г. Анализ содержания микроэлементов в органах и тканях европейского хариуса (*Thymallus thymallus*). Современное состояние, проблемы охраны и рационального использования биоресурсов пресноводных водоемов: сб. науч. тр. СПб., 2007; IV: 101–105.
- Костицына Н.В., Мандрица С.А. К микроэлементному составу европейского хариуса *Thymallus thymallus* (Linnaeus, 1758) р. Косьява (бассейн Средней Камы). Вестник Тамбовского ун-та. Естественные и технические науки. 2013; 6 (18): 3019–3022.
- Костицына Н.В., Зиновьев Е.А., Ельченок О.Н. Особенности накопления тяжелых металлов в популяциях хариуса из рек Пермской области. Рыбные ресурсы Камско-Уральского региона и их рациональное использование: Материалы науч.-практ. конф. 12–13 апреля 2001 г. Пермь: Пермский ун-т, 2001; 89–90.
- Мазур В.В. Химико-экологическая оценка состояния водотоков по результатам анализа содержания металлов в рыбах. Вестник Томского гос. ун-та. Биология. 2012; 3 (19): 178–185.
- Доровских Г.Н., Мазур В.В. Аккумуляция металлов в рыбе и её паразитах // Проблемы изучения и охраны животного мира на Севере: Материалы докл. II Всероссийской конф. с междунар. участием (Сыктывкар, Республика Коми, Россия, 8–12 апреля 2013 г.). Сыктывкар, 2013; 70–73.
- Леонова Г.А., Андрулайтис Л.Д. Ртуть в экосистеме Братского водохранилища. Экология промышленного производства. 2006; 1: 12–17.
- Полов П.А., Андросова Н.В. Индикация экологического состояния водных объектов Сибири по содержанию тяжелых металлов в рыбах. География и природные ресурсы. 2008; 3: 36–41.
- Полов П.А., Андросова Н.В. Содержание тяжелых металлов в мышечной ткани рыб из водоемов бассейна реки Оби. Вестник Томского гос. ун-та. Биология. 2014; 4 (28): 108–122.
- Kotov V.T., Pronin N.M., Mendsaikhan B. Mercury content in muscles of fish of the Selenga River and lakes of its basin (Russia). Inland Water Biology. 2014; 7 (2): 178–184.
- Поляков В.Ю., Ревуцкая И.Л. Тяжелые металлы в речной рыбе некоторых поверхностных водотоков Приамурья. Глобальный научный потенциал. 2015; 1 (46): 93–95.
- Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М.: Пищ. пром-сть; 1966.
- Лапердина Т.Г. Определение ртути в природных водах. Новосибирск: Наука; 2000.
- Унгуриану Т.Н., Гржибовский А.М. Сравнение трёх и более независимых групп с использованием непараметрического критерия Краскела-Уоллиса в программе Stata. Экология человека. 2014; 6: 55–58.
- Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 14.11.2001 № 36 (ред. от 06.07.2011) «О введении в действие Санитарных правил» (вместе с «СанПиН 2.3.2.1078-01.2.3.Продовольственное сырье и пищевые продукты. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы», утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 06.11.2001) (Зарегистрировано в Минюсте РФ 22.03.2002 № 3326).
- Комарова А.С. Питание европейского хариуса (*Thymallus thymallus* (L.)) в реках Вологодской области. Вестник Пермского ун-та. Серия: Биология. 2017; 2: 159–167.
- Гремячих В.А., Комов В.Т., Транквилевский Д.В., Шоповалов М.И., Моторин А.А. Содержание ртути в водных и амфибиотических насекомых из различных водоемов и водотоков европейской части России. Гидроэкология в России и сопредельных странах: материалы V Всероссийского симп. по амфибиотическим и водным насекомым. Ярославль: Филигрань, 2013; 46–51.
- Иванова Е.С., Тузова Л.А., Комов В.Т. Содержание ртути в организме представителей амфибиотных и наземных двукрылых (Diptera) некоторых районов Вологодской области. Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы: сб. материалов VI Всероссийской конф. по водной экотоксикологии, посвящ. 80-летию со дня рождения д.б.н., проф. Б.А. Флерова, с приглашением специалистов из стран ближнего зарубежья (Борок, 14–17 сентября 2017 г.). Ярославль: Филигрань, 2017; 36–39.
- Лобус Н.В., Комов В.Т. Биогеохимия ртути в водных экосистемах разных климатических зон. Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы: материалы V Всероссийской конф. по водной экотоксикологии. 28 октября – 1 ноября 2014 г. Борок. Том Ярославль: Филигрань, 2014; 19–23.

24. Moiseenko T.I., Gashkina N.A. Bioaccumulation of mercury in fish as indicator of water pollution. *Geochemistry International*. 2016; 54 (6): 485–493.

25. Kenšová R., Kružiková K., Svobodová Z. Mercury speciation and safety of fish from important fishing locations in the Czech Republic. *Czech J. Food Sci.*,

2012; 30: 276–284.

26. Fjeld E., Haugen T.O., Vøllestad L.A. Permanent impairment in the feeding behavior of grayling (*Thymallus thymallus*) exposed to methylmercury during embryogenesis. *The Science of the Total Environment*. 1998; 213: 247–254.

27. Vøllestad L.A., Fjeld E., Haugen T., Oxnevad S.A. Developmental instability in grayling (*Thymallus thymallus*) exposed to methylmercury during embryogenesis. *Environmental Pollution*. 1998; 101 (3): 349–354.

## REFERENCES:

1. Gremyachikh V.A. Patterns of mercury bioaccumulation and biological effects of its sublethal doses for aquatic organisms: Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Borok; 2007 (in Russian).

2. Komov V.T., Stepanova I.K., Gremyachikh V.A. Mercury content in muscles of fish from North-West Russia: causes of intensive accumulation and assessment of negative effect on human health. In: Actual problems of aquatic toxicology: collected papers. Borok, 2004; 99–123 (in Russian).

3. Nemova N.N., Lysenko L.A., Meshcheryakova O.V., Komov V.T. Mercury in fish: biochemical indication. *Biosfera*. 2014; 6 (2): 176–186 (in Russian).

4. Kostitsyna N.V., Baklanov M.A., Zinov'ev E.A., Kostitsyn V.G. Microelement composition of some fish species of the Las'va river (based on 1998–2000 gg.). In: Fish resources of the Kama-Ural region and their rational use: Materials of scientific and practical conference. (12–13 April 2001). Perm: Permskiy un-t, 2001; 86–88 (in Russian).

5. Kostitsyna N.V., Zinov'ev E.A. Geochemical environment as a factor of formation of ecotypes grayling. In: Biology and ecology of fishes in the Kama region: interuniversity collection of scientific papers. Perm, 2003; 1: 124–132 (in Russian).

6. Kostitsyna N.V., Zinov'ev E.A., Kostitsyn V.G. Analysis of trace elements in organs and tissues of European grayling (*Thymallus thymallus*). In: Current state, problems of protection and rational use of biological resources of freshwater bodies: collection of scientific papers. St. Petersburg, 2007; IV: 101–105 (in Russian).

7. Kostitsyna N.V., Mandritsa S.A. On microelements composition of European grayling *Thymallus thymallus* (Linnaeus, 1758) of Kos'va river (basin of middle Kama river). *Vestnik Tambovskogo un-ta. Estestvennyye i tekhnicheskije nauki*. 2013; 6(18): 3019–3022 (in Russian).

8. Kostitsyna N.V., Zinov'ev E.A., El'chenkova O.N. Peculiarities of accumulation of heavy metals in populations of graylings from rivers of the Perm region. In: Fish resources of the Kama-Ural region and their rational use: Materials of scientific and practical conference (12–13 April 2001). Perm: Permskiy un-t, 2001; 89–90 (in Russian).

9. Mazur V.V. Chemical and ecological estimation of water currents condition according to the results of the analysis of microcells content in hydrobionts. *Vestnik Tomskogo gos. un-ta. Biologiya*. 2012; 3(19): 178–185 (in Russian).

10. Dorovskikh G.N., Mazur V.V. Accumulation of metals in fish and its parasites. In: Problems of study and protection of wildlife in the North: Proceedings of the II all-Russian conference with the international participation (Syktyvkar, Komi Republic, Russia, April 8–12, 2013). Syktyvkar, 2013; 70–73 (in Russian).

11. Leonova G.A., Andrulaytis L.D. Mercury in the ecosystem of the Bratsk water reservoir. *Ekologiya promyshlennogo proizvodstva*. 2006; 1: 12–17 (in Russian).

12. Popov P.A., Androsova N.V. Indication of the ecological state of water bodies of Siberia from the content of heavy metals in fishes. *Geografiya i prirodnye resursy*. 2008; 3: 36–41 (in Russian).

13. Popov P.A., Androsova N.V. The content of heavy metals in muscle tissue of fish from ponds in the basin of the Ob river. *Vestnik Tomskogo gos. un-ta. Biologiya*. 2014; 4 (28): 108–122 (in Russian).

14. Komov V.T., Pronin N.M., Mendsaikhan B. Mercury content in muscles of fish of the Selenga River and lakes of its basin (Russia). *Inland Water Biology*. 2014; 7 (2): 178–184.

15. Polyakov V.Yu., Revutskaya I.L. Heavy metals in river fish of some superficial water currents of Priamurye. *Global'nyy nauchnyy potentsial*. 2015; 1 (46): 93–95 (in Russian).

16. Pravdin I.F. Manual of fish study (mainly freshwater). Moscow: Pishchevaya promyshlennost' Publ.; 1966 (in Russian).

17. Laperdina T.G. Mercury determination in natural waters. Novosibirsk: Nauka; 2000 (in Russian).

18. Unguryanu T.N., Grzhibovskiy A.M. Analysis of three independent groups using non-parametric Kruskal-Wallis test in Stata software. *Ekologiya cheloveka*. 2014; 6: 55–58 (in Russian).

19. The resolution of the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation dated 14.11.2001 № 36 (edited on 06.07.2011) "About introduction in action of Sanitary regulations" (together with "SanPiN 2.3.2.1078-01.2.3. Food raw materials and food products. Hygienic safety requirements and nutritive value of food products. Sanitary-epidemiological rules and norms", approved. Chief state sanitary doctor of the Russian Federation 06.11.2001) (Registered in Ministry of justice of Russia 22.03.2002 № 3326).

20. Komarova A.S. Diet of European grayling (*Thymallus*

*thymallus* (L.)) in the rivers of the Vologda region. *Vestnik Permskogo universiteta. Seriya: Biologiya*. 2017; 2: 159–167 (in Russian).

21. Gremyachikh V.A., Komov V.T., Trankvilevskiy D.V., Shapovalov M.I., Motorin A.A. Levels of mercury in water and amphibiote insects from different waterbodies and watercourses of European Russia. In: Hydroentomology in Russia and adjacent countries: Materials of the Fifth All-Russia Symposium on Amphibiote and Aquatic Insect. Yaroslavl: Filigran, 2013; 46–51 (in Russian).

22. Ivanova E.S., Tuzova L.A., Komov V.T. Mercury content in the body of representatives of amphibious and terrestrial dipter (Diptera) of some areas of the Vologda region. In: Anthropogenic influence on aquatic organisms and ecosystems: proceedings of the VI all-Russian conference on aquatic ecotoxicology, dedicated to the 80th anniversary of the birth of doctor of biological sciences, professor B.A. Flerov, with the invitation of specialists from neighboring countries (Borok, September 14–17, 2017). Yaroslavl: Filigran, 2017; 36–39 (in Russian).

23. Lobus N.V., Komov V.T. Biogeochemistry of mercury in aquatic ecosystems of different climatic zones. Anthropogenic impact on aquatic organisms and ecosystems: proceedings of the V all-Russian conference on aquatic ecotoxicology. 28 October – 1 November 20Borok. Vol. Yaroslavl: Filigran, 2014; 19–23 (in Russian).

24. Moiseenko T.I., Gashkina N.A. Bioaccumulation of mercury in fish as indicator of water pollution. *Geochemistry International*. 2016; 54 (6): 485–493.

25. Kenšová R., Kružiková K., Svobodová Z. Mercury speciation and safety of fish from important fishing locations in the Czech Republic. *Czech J. Food Sci.*, 2012; 30: 276–284.

26. Fjeld E., Haugen T.O., Vøllestad L.A. Permanent impairment in the feeding behavior of grayling (*Thymallus thymallus*) exposed to methylmercury during embryogenesis. *The Science of the Total Environment*. 1998; 213 (1–3): 247–254.

27. Vøllestad L.A., Fjeld E., Haugen T., Oxnevad S.A. Developmental instability in grayling (*Thymallus thymallus*) exposed to methylmercury during embryogenesis. *Environmental Pollution*. 1998; 101 (3): 349–354.

A.S. Komarova, E.V. Ugryumova, N.Yu. Tropin, A.E. Shilova, A.A. Sokolova, M.Ya. Borisov

## MERCURY CONTENT IN MUSCLE TISSUE OF EUROPEAN GRAYLING (*THYMALLUS THYMALLUS* (L.)) IN THE RIVERS OF THE VOLOGDA REGION

L.S. Berg State Research Institute of Lake and River Fishery (Vologda Department), 160012, Vologda, Russian Federation

The article presents information about the mercury content in the muscle tissue of the *European grayling* *Thymallus thymallus* (L.) in 11 rivers of the Vologda region (Tagazhma, Vozhega, Votcha, Kostyuga, Tikсна, Sheben'ga, Pyrnug, Zemtsovka, Yurmanga, Bol'shaya Rechka and Yontala) for the period of 2011–2015. The average content of toxicant ranged from 0,04 mg/kg in individuals of the river Sheben'ga up to 0,21 mg/kg in the rivers Yurmanga and Bol'shaya Rechka. Four fish noted an excess of the permissible level of sanitary and hygienic standards (SanPiN 2.3.2.1078-01. 2.3.2.) for non-predatory fish species (0,3 mg/kg). Young grayling contains an average of 0,06–0,10 mg/kg mercury in muscle tissue, individuals five to six years old contain 0,26 and 0,27 mg/kg, respectively. A comparison of the level of mercury concentration in the muscle tissue of *European grayling* with that of other fish species showed that the Hg content does not go beyond the revealed background values for water bodies of the Vologda region.

**Keywords:** *European grayling, mercury, toxicant, rivers, Vologda region.*

Материал поступил в редакцию 04.06.2018 г.