

В. А. Чаплыгин, Т. С. Ершова, В. Ф. Зайцев

## СОДЕРЖАНИЕ РТУТИ В МЫШЦАХ ГИДРОБИОНТОВ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Целью исследования являлось определение уровня содержания ртути в мышцах различных видов рыб Каспийского моря, относящихся к различным экологическим группам: зоопланктофаги – килька (*Clupeonella cultriventris caspia* Svetovidov), бентофаги – вобла (*Rutilus rutilus caspicus* Jakowlew), русский и персидский осетры (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt и *Acipenser persicus* Borodin); хищники – сельдь (*Alosa kessleri kessleri* Grimm), а также каспийского тюленя (*Phoca caspica* Gmelin), который занимает вершину трофической пирамиды на Каспии, вследствие чего по состоянию его популяции можно судить о благополучии всей экосистемы. Показано, что в трофической пирамиде на более высоком трофическом уровне пищевой цепи уровень биоаккумуляции ртути был выше. Среди исследованных видов гидробионтов наименьшую концентрацию ртути в мышцах имела килька. Максимальный уровень содержания ртути, по сравнению с рыбами, питающимися планктоном или бентосом, был отмечен в мышцах сельди – в 2,7; 1,88 и 1,39 раза выше, чем в мышцах воблы, русского и персидского осетра соответственно. В случае с килькой, которая является одним из основных объектов питания сельди, уровень аккумуляции ртути мышцами черноспинки был выше более чем в 6 раз. Наибольший уровень концентрации ртути в мышечной ткани по сравнению с другими гидробионтами был зафиксирован у каспийского тюленя. Установлено, что концентрации ртути в мышцах исследованных видов гидробионтов невелики и не превышают норм, установленных в России.

**Ключевые слова:** килька, вобла, русский осетр, персидский осетр, каспийский тюлень, зоопланктофаги, бентофаги, хищник, ртуть, биоаккумуляция.

### Введение

Каспийское море – уникальный внутренний бессточный водоем, в котором происходят накопление и трансформация поллютантов. Наибольший объем загрязняющих веществ поступает в море с речными стоками, которые приносят основную массу тяжелых металлов. Загрязнение морской среды является одной из причин, угрожающей сохранению биологического разнообразия в Каспийском бассейне.

Среди тяжелых металлов ртуть относится к элементам с высокой степенью токсичности. В связи с нарастающим уровнем загрязнения водоемов ртутью наиболее серьезной проблемой является ее способность накапливаться в живых организмах, при этом уровень аккумуляции элемента повышается по пищевой цепи [1]. В водной среде микроорганизмы способствуют преобразованию неорганической ртути в высокотоксичную метиловую ртуть. Содержащаяся в бактериальной биомассе ртуть поглощается зоопланктоном, который, в свою очередь, служит пищей для молоди рыб или (после отмирания) бентосных организмов. Так, в органической взвеси на метилированную ртуть приходится 11 %, в зоопланктоне – 18 %, в пелагических рыбах – 95 % [2]. Таким образом, по мере продвижения по звеньям трофической цепи в организме гидробионтов увеличивается общее содержание ртути и доля метилированной ртути. По данным А. G. Heath [3], около 95 % метиловой ртути поглощается жабрами, выделяется менее 1 %, более 90 % ртути находится в организме рыбы в форме метилртути. Ртуть в организме рыб в наибольшем количестве способна аккумулироваться в печени и в мышечной ткани. В то же время, по мнению В. Т. Комова [4], содержание ртути в мышцах исследованных им рыб было выше, чем в печени. Именно поэтому изучение содержания ртути в вышеуказанных органах способствует выявлению загрязнения водоемов этим тяжелым металлом.

Тюлень, питающийся разнообразными водными животными, в том числе рыбой, занимает вершину трофической пирамиды на Каспии, поэтому по состоянию этой популяции можно судить о благополучии всей экосистемы. Кроме того, рыба является источником пищи для человека, а в Астраханском регионе она является одним из основных ресурсов потребления. Аккумулируясь в тканях и органах рыб в концентрациях, превышающих предельно установленные нормы, ртуть представляет опасность для здоровья человека.

В связи с этим целью исследования являлось определение уровней содержания ртути в мышцах гидробионтов Каспийского моря, относящихся к различным экологическим группам: зоопланктофаги – килька (*Clupeonella cultriventris caspia* Svetovidov), бентофаги – вобла (*Rutilus rutilus caspicus* Jakowlew), русский осетр (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt), персидский осетр (*Acipenser persicus* Borodin), хищники – сельдь (*Alosa kessleri kessleri* Grimm), каспийский тюлень (*Phoca caspica* Gmelin).

#### Материалы и методы исследования

Образцы проб органов и тканей рыб и каспийского тюленя были получены в результате экспедиций с 2011 по 2014 г.

Определение тяжелых металлов в мышечной ткани гидробионтов было проведено на атомно-абсорбционном спектрометре РА-915+ (ООО НПФ «Люмэкс» с зеемановской компенсацией неселективных поглощений с приставкой РП-91 С по методикам [5, 6].

Для характеристики уровня содержания ртути в органах и тканях полученные концентрации сравнивали с соответствующими санитарно-гигиеническими нормативами по СанПиН 2.3.2.560–96 «Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов». Санитарно-гигиенические нормативы РФ по содержанию ртути (ПДК ртути) в морских рыбах для пищевых продуктов составляют 0,5 мг/кг сырой массы; ПДК ртути в морских млекопитающих – 1,0 мг/кг сырого вещества [7].

#### Результаты исследований и их обсуждение

Среди исследованных видов гидробионтов наименьшую концентрацию ртути в мышцах имела килька (0,018 мг/кг) (табл.). Это объясняется тем, что килька в экосистеме Каспийского моря является зоопланктофагом и питается различными планктонными ракообразными. Кроме того, она относится к короткоциклическим рыбам и продолжительность ее жизни составляет около шести лет [8].

**Накопление ртути в мышцах гидробионтов Каспийского моря**

Виды рыб	Hg, мг/кг сырой массы
Килька ( <i>Clupeonella cultriventris caspia</i> )	0,018 ± 0,004
Вобла ( <i>Rutilus rutilus caspicus</i> )	0,046 ± 0,012
Русский осетр ( <i>Acipenser gueldenstaedtii</i> )	0,065 ± 0,017
Персидский осетр ( <i>Acipenser persicus</i> )	0,088 ± 0,023
Сельдь-черноспинка ( <i>Alosa kessleri kessleri</i> )	0,122 ± 0,024
Каспийский тюлень ( <i>Phoca caspica</i> , Gmelin)	0,858 ± 0,27

Большее, чем у кильки накопление ртути в мышцах наблюдалось у бентофагов. Так, среди этой экологической группы наименьший уровень значений был отмечен у воблы (0,046 мг/кг). Возможно, это обусловлено двумя обстоятельствами. Во-первых, спецификой мест их обитания (вобла обитает в Каспийском море на глубинах до 6 м, осетры – до 130 м). По мнению Т. И. Моисеенко с соавт. [1], условия среды мест обитания и химический состав вод (в особенности содержание органического вещества и pH воды) оказывают существенное влияние на накопление металла органами и тканями гидробионтов. Во-вторых, осетры, помимо бентоса, своей излюбленной пищи, способны потреблять и мелкую рыбу (бычки и кильки) [7]. Таким образом, осетры, являясь бентофагами, способны частично занимать трофический уровень хищников. Накопление ртути в мышцах воблы было ниже, чем в мышцах русского и персидского осетров в 1,4 и 1,9 раза соответственно.

Сравнивая уровень содержания ртути в мышцах двух видов осетров, можно отметить, что исследуемый показатель был выше у персидского осетра – 0,065 и 0,088 мг/кг соответственно. Причиной этому являются видовые особенности рыб, т. к. накопление ртути имеет видовую специфичность, обусловленную, возможно, разницей в темпах линейного и весового роста и связанными с ней обменными процессами. По мнению Н. Т. Комова с соавт., интенсивность линейного роста рыб – существенный биологический фактор, который способен влиять на накопление ртути [4]. При этом низкий темп роста рыб является причиной ее аккумуляции в больших количествах [9, 10]. Таким образом, у рыб с низким темпом роста способность к аккумуляции ртути должна быть выше, чем у рыб с высоким темпом роста. Однако в нашем слу-

чае персидский осетр, имея более высокий темп линейного и весового роста, аккумулирует более высокие количества ртути в мышцах. Указанное положение не подтвердилось также результатами исследований, проведенными ранее Т. Б Камшиловой с соавт. [11] на окуне.

Максимальный уровень накопления ртути среди рыб был отмечен в мышцах хищников. Так, значение биоаккумуляции ртути у хищной сельди составляло 0,122 мг/кг. Известно, что хищничество способствует более интенсивному накоплению металла. Так, например, в работе Н. В. Лобуса с соавт. [12] было показано, что хищники в водоемах Вьетнама (*Channa gachua*, *Channa striata*, *Xenotodon cancila*) содержат большее количество ртути в организме по сравнению с мирными видами рыб (*Oreochromis niloticus*, *Mystacoleucus marginatus*). Содержание ртути в рыбах, являющихся по типу питания хищниками, было выше, чем у планктофагов или бентофагов и в результатах исследований озера Оногадо (штат Нью-Йорк, США), которое ранее было подвержено ртутному загрязнению. В частности, А. G. Heath [3] отмечено повышение концентрации ртути в организме от фитопланктона и беспозвоночных к рыбам. При этом способность к биологической аккумуляции ртути живыми объектами возрастала с более высоким трофическим уровнем в пелагическом и бентосном компонентах пищевой сети.

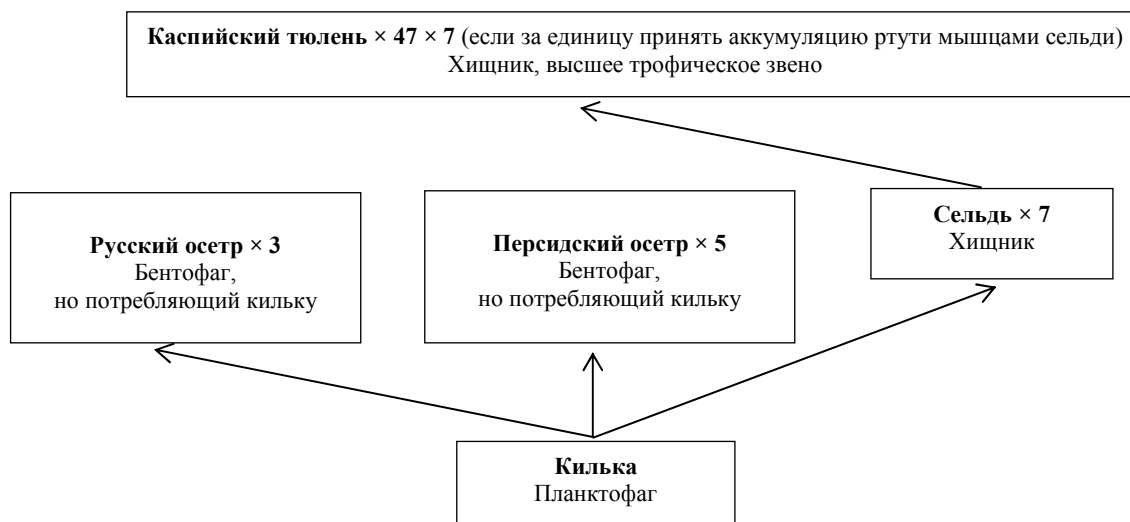
Наибольший уровень концентрации ртути в мышечной ткани по сравнению с другими гидробионтами был зафиксирован у каспийского тюленя (0,858 мг/кг). Известно, что преобразованная микроорганизмами неорганическая ртуть в виде высокотоксичной метиловой ртути наиболее интенсивно поглощается тканями и оседает в жировых клетках [2]. В связи с этим целесообразно было бы указать концентрацию ртути в подкожно-жировой клетчатке у каспийского тюленя – обладателя наибольшего количества ртути в мышцах по сравнению с другими изученными объектами. Так, значение биоаккумуляции ртути подкожно-жировой клетчаткой составляло 0,084 мг/кг сырой массы, что в 10 раз меньше, чем в мышцах. Столь низкий уровень накопления ртути жировой тканью можно оправдать тем, что она не обладает свойством избирательно накапливать ртуть, поэтому эта ткань является одним из депо ртути в организме с ненасыщенной и относительно незначительной емкостью, на что ранее указывал А. М Малов с соавт. в отношении крыс [13].

По содержанию ртути в мышцах исследованные гидробионты располагаются в следующем убывающем порядке: каспийский тюлень > сельдь > персидский осетр > русский осетр > вобла > килька.

Вышеприведенные данные позволяют утверждать, что аккумуляция ртути является видовой особенностью рыб. Ранее на видовую специфичность накопления ртути в организмах рыб указывали Н. А. Гашкина с соавт. [2] в отношении сига, кумжи, леща, окуня и щуки. Способность к биоаккумуляции ртути зависит от видовых физиологических особенностей рыб и факторов среды различных экологических ниш, которые занимают эти виды. Нами было выявлено, что в мышцах сельди содержание ртути выше, чем в бентофагах (в 2,7; 1,88 и 1,39 раза в вобле, русском и персидском осетрах соответственно). В случае с килькой, которая является одним из основных объектов питания сельди, уровень аккумуляции ртути мышцами черноспинки был выше более чем в 6 раз. Для хищников ключевое значение имеет величина содержания ртути в пище. Как правило, содержание ртути в хищнике в 5 раз больше, чем в объектах его питания [4]. Аккумуляция токсического элемента мышцами у тюленя была в 7 раз выше таковой у сельди, которая является его излюбленной пищей [8], и в 47 раз больше, чем у кильки, имеющей наименьший уровень концентрации ртути на фоне других объектов исследования.

Ниже представлена схема накопления ртути в некоторых звеньях трофической цепи (рис.).

В данном случае концентрация ртути в планктофаге – кильке была принята за единицу. Коэффициенты накопления ртути у осетровых видов рыб ниже, чем у сельди, т. к. они являются прежде всего бентофагами, иногда потребляющими кильку, и поэтому лишь отчасти хищниками. У сельди высокий коэффициент накопления ртути мышечной тканью обусловлен исключительно хищным образом жизни. Каспийский тюлень, занимая высший трофический уровень, имел наибольший коэффициент накопления металла. Столь высокое значение этого показателя можно объяснить несколькими причинами: хищничество (основной рацион тюленей составляла хищная сельдь); продолжительность жизни (средний возраст нерп составлял 10 лет); большие размеры (средние вес особей 51 кг).



Коэффициенты накопления ртути  
в некоторых звеньях трофической цепи

У исследованных видов рыб по трофологическому признаку продемонстрирована четкая зависимость накопления ртути в мышцах рыб от типа питания. С повышением занимаемого положения в трофической пирамиде у живых объектов происходило достоверное возрастание содержания металла ( $r = 0,96$ ). Вероятно, это связано с тем, что ртуть образует очень стойкие ртутьорганические комплексы, вытесняя из биологических молекул практически все другие металлы. Это свойство ртути обуславливает необратимое возрастание ее концентрации при переходе по трофической цепи от организмов низших звеньев к высшим.

### Заключение

Таким образом, в ходе исследований еще раз показано, что биоаккумуляция ртути возрастала с более высоким трофическим уровнем пищевой цепи. Выявлено также, что концентрации ртути в мышцах исследованных видов гидробионтов невелики и не превышают норм, установленных в России (для морских рыб – 0,5 мг/кг сырой массы, для каспийского тюленя – 1,0 мг/кг сырой массы). Возможно, причиной этому является устоявшееся мнение о меньшей степени загрязнения морских экосистем по сравнению с водными экосистемами суши [14]. В. Т. Комов с соавт. [14] отметили, что интенсивность метилирования ртути снижается с повышением солености воды, т. к. в результате образуются устойчивые ковалентные соединения с ионами хлора. При этом рыбы и другие виды гидробионтов поглощают органические формы ртути в первую очередь. Процесс накопления металла в морской рыбе ограничивают повышенная соленость, щелочность и более низкие значения среднегодовой температуры воды. Таким образом, необходимо отметить, что Каспийское море не подвержено значительному загрязнению ртутью, благодаря процессам самоочищения в экосистеме, в частности саморегуляции химического состава вод. Тем не менее содержание ртути в рыбе и в каспийском тюлене из российских водоемов на уровне ПДК в настоящее время представляется небезобидным, поскольку негативный эффект этого металла в малых дозах на здоровье человека неоднократно документально подтверждался в научной литературе [15, 16].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моисеенко Т. И. Рассеянные элементы в поверхностных водах суши: Технофильность, биоаккумуляция и экотоксикология / Т. И. Моисеенко, Л. П. Кудрявцева, Н. А. Гашкина. М.: Наука, 2006. 261 с.
2. Гашкина Н. А. Биоаккумуляция ртути в организмах рыб в водоемах Европейской части России / Н. А. Гашкина, Т. И. Моисеенко, Л. П. Кудрявцева // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты. Материалы Междунар. симпоз. (Москва, 7–9 сентября 2010 г.). М.: ГЕОХИ РАН, 2010. С. 258–263.
3. Heath A. G. Water pollution and fish physiology / A. G. Heath. London, Lewis Publ., 2002. 506 p.

4. *Комов Н. Т.* Содержание ртути в мышцах рыб из водоемов Северо Запада России: причины интенсивного накопления и оценка негативного эффекта на состояние здоровья людей / Н. Т. Комов, И. К. Степанова, В. А. Гремячих // Актуальные вопросы водной токсикологии. Борок: ИБВВ РАН, 2004. С. 99–123.
5. *Методика* выполнения измерений массовой доли общей ртути в пробах почв, грунтов и донных отложений на анализаторе ртути РА-915+ с приставкой РП-91С. ПНД Ф 16.1:2.23-2000.
6. *Методические* указания по определению ртути, мышьяка, сурьмы и селена с использованием ртутно-гидридного генератора «ГРГ-107». М.: ООО «Кортэк», 2004. 45 с.
7. *Санитарные* правила и нормы. Продовольственное сырье и пищевые продукты. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2.560-96. М.: Госкомэпиднадзор России, 1996. 269 с.
8. *Иванов В. П.* Рыбы Каспийского моря (Систематика, биология, промысел) / В. П. Иванов, Г. В. Комарова. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2008. 256 с.
9. *Vetra M.* Changes in fish mercury concentrations in an intensively fished lake / M. Vetra // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1990. No. 47. P. 1888–1897.
10. *Suns K.* Interrelationships between mercury levels in yearling yellow perch, fish condition and water quality / K. Suns, G. Hitchin // Water Air Soil Pollut. 1990. No. 650. P. 255–265.
11. *Камшилова Т. Б.* Содержание ртути и скорость роста окуня *Perca fluviatilis* из озер Волгоградской области / Т. Б. Камшилова, В. Т. Комов, В. А. Гремячих // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты. Материалы Междунар. симпоз. (Москва, 7–9 сентября 2010 г.). М.: ГЕОХИ РАН, 2010. С. 277–281.
12. *Лобус Н. В.* Содержание ртути в компонентах экосистем водоемов и водотоков провинции Кхань Хоа (Центральный Вьетнам) / Н. В. Лобус, В. Т. Комов, Нгуен Тхи Хай Тхань // Водные ресурсы. 2011. Т. 38, № 6. С. 733–739.
13. *Малов А. М.* Распределение ртути в некоторых органах и тканях крыс / А. М. Малов, В. К. Сибиряков, Е. В. Семенов // Токсикол. вестн. 2009. № 5. С. 9–14.
14. *Комов В. Т.* Сравнительное содержание ртути в мышцах рыб водоемов севера европейской России (Кандалакшский залив Белого моря) / В. Т. Комов, В. А. Гремячих, П. Н. Ершов // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера. Петрозаводск: ПТУ, 2009. С. 289–291.
15. *Myers G. J.* Main neurodevelopmental study of Seychellois children following in utero exposure to methylmercury from a maternal fish diet: outcome at six months / G. J. Myers, D. Marsh, P. Davidson, C. Cox, C. Shamlaye, M. Tanner, A. Choi, E. Cernichiari, O. Choisy, T. Clarkson // Neurotoxicology. 1995. Vol. 16. P. 653–664.
16. *Myers G. J.* Neurodevelopmental outcomes of Seychellois children sixty-six months after in utero exposure to methylmercury from a maternal fish diet: pilot study / G. J. Myers, P. W. Davidson, C. Cox, C. F. Shamlaye, M. A. Tanner, O. Choisy, J. Sloane-Reeves, D. O. Marsh, E. Cernichiari, A. Choi, M. Berlin, T. W. Clarkson // Neurotoxicology. 1995. Vol. 16. P. 639–652.

Статья поступила в редакцию 18.01.2016,  
в окончательном варианте – 3.02.2016

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Чаплыгин Владимир Александрович** – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; аспирант кафедры «Гидробиология и общая экология»; wladimirchap@yandex.ru.

**Ершова Татьяна Сергеевна** – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; канд. биол. наук, доцент; доцент кафедры «Прикладная биология и микробиология»; ershova\_ts@mail.ru.

**Зайцев Вячеслав Фёдорович** – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; д-р с.-х. наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации; зав. кафедрой «Гидробиология и общая экология»; viacheslav-zaitsev@yandex.ru.



V. A. Chaplygin, T. S. Ershova, V. F. Zaitsev

## CONTENT OF MERCURY IN MUSCLES OF HYDROBIONTS IN THE CASPIAN SEA

**Abstract.** The aim of this study was to determine the levels of mercury in muscle of different fish species of the Caspian Sea belonging to different ecological groups: zooplanktophages – sprat (*Clupeonella cultriventris caspia* Svetovidov), benthophages – roach (*Rutilus rutilus caspicus* Jakowlew), Russian and Persian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt and *Acipenser persicus* Borodin), predators – herring (*Alosa kessleri kessleri* Grimm) and also the Caspian seal (*Phoca caspica* Gmelin), which is at the top of trophic pyramid in the Caspian, by the state of its population the welfare of the whole ecosystem can be evaluated. It is shown that mercury bioaccumulation factor increased with higher trophic levels of the food chain. Among the studied aquatic species, sprat had the lowest concentration of mercury in the muscle. The maximum level of mercury accumulation was observed in the muscles of herring, compared with fishes that feed on plankton and benthos (by 2.7, 1.88 and 1.39 times in the roach, Russian and Persian sturgeon, respectively). In the case of sprat, which is one of the main objects of herring food, the level of accumulation of mercury in the muscles of backed shad was higher than 6 times. The highest concentrations of mercury in the muscle tissue, among hydrobionts was recorded in the Caspian seal. It is established that the concentration of mercury in the muscle of the studied aquatic species is low and does not exceed the Russian standard.

**Key words:** sprat, roach, Russian sturgeon, Persian sturgeon, Caspian seal, zooplanktophages, benthophages, predator, mercury, bioaccumulation.

### REFERENCES

1. Moiseenko T. I., Kudriavtseva L. P., Gashkina N. A. Rasseiannye elementy v poverkhnostnykh vodakh sushi: Tekhnofil'nost', bioakkumuliatsiia i ekotoksikologiya [Dispersed elements in the surface waters of the land: technophile, bioaccumulation and ecotoxicology]. *Institut vodnykh problem RAN*. Moscow, Nauka Publ., 2006. P. 102–114.
2. Gashkina N. A., Moiseenko T. I., Kudriavtseva L. P. Bioakkumuliatsiia rtuti v organizmakh ryb v vodoemakh Evropeiskoi chasti Rossii [Bioaccumulation of mercury in fish organisms in the basins of the European part in Russia]. *Rtut' v biosfere: ekologo-geokhimicheskie aspekty. Materialy Mezhdunarodnogo simpoziuma (Moskva, 7–9 sentiabria 2010 g.)*. Moscow, GEOkhi RAN, 2010. P. 258–263.
3. Heath A. G. *Water pollution and fish physiology*. London, Lewis Publ., 2002. 506 p.
4. Komov N. T., Stepanova I. K., Gremiachikh V. A. Soderzhanie rtuti v myshtsakh ryb iz vodoemov Severo Zapada Rossii: prichiny intensivnogo nakopleniia i otsenka negativnogo effekta na sostoianie zdorov'ia liudei [Content of mercury in the muscles of fish from the basins of the North-Western Russia: causes of intensive accumulation and evaluation of negative effect on the health of people]. *Aktual'nye voprosy vodnoi toksikologii*. Borok, IBVV RAN, 2004. P. 99–123.
5. Metodika vypolneniia izmerenii massovoi doli obshchei rtuti v probakh pochv, gruntov i donnykh otlozhenii na analizatore rtuti RA-915+ s pristavkoi RP-91S. PND F 16.1:2.23-2000 [Methods of measurement of mass share of total mercury in the probes of soils, ground and bottom sediments using mercury analyzer PA-915+ with an attachment RP-91C].
6. Metodicheskie ukazaniia po opredeleniiu rtuti, mysh'iaka, sur'my i selena s ispol'zovaniem rtutno-gidridnogo generatora «GRG-107» [Methodical recommendations on determination of mercury, arsenium, stibium and selenium using mercury-hydride generator "GRG-107"]. Moscow, OOO «Kortek», 2004. 45 p.
7. Sanitarnye pravila i normy. Prodoval'stvennoe syr'e i pishchevye produkty. Gigienicheskie trebovaniia k kachestvu i bezopasnosti prodoval'stvennogo syr'ia i pishchevykh produktov. SanPiN 2.3.2. 560-96 [Sanitarium rules and norms. Productive raw materials and foodstuff. Hygienic requirements to the quality and safety of productive raw materials and foodstuff. SanPiN 2.3.2. 560-96]. Moscow, Goskomepidnadzor Rossii, 1996. 269 p.
8. Ivanov V. P., Komarova G. V. *Ryby Kaspiiskogo moria (Sistematika, biologiya, promysel)* [Caspian Sea fishes (Systematics, biology, trade)]. Astrakhan, Izd-vo AGTU, 2008. 256 p.
9. Vetra M. Changes in fish mercury concentrations in an intensively fished lake. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 1990, no. 47, pp. 1888–1897.
10. Suns K., Hitchin G. Interrelationships between mercury levels in yearling yellow perch, fish condition and water quality. *Water Air Soil Pollut.*, 1990, no. 650, pp. 255–265.
11. Kamshilova T. B., Komov V. T., Gremiachikh V. A. Soderzhanie rtuti i skorost' rosta okunia Perca fluviatilis iz ozer Volgogradskoi oblasti [Content of mercury and growth rate of perch from the lakes in the Volgograd region]. *Rtut' v biosfere: ekologo-geokhimicheskie aspekty. Materialy Mezhdunarodnogo simpoziuma (Moskva, 7–9 sentiabria 2010 g.)*. Moscow, GEOkhi RAN, 2010. P. 277–281.

12. Lobus N. V., Komov V. T., Nguen Tkhi Khai Tkhan'. Soderzhanie rtuti v komponentakh ekosistem vodoemov i vodotokov provintsii Kkhan' Khoa (Tsentral'nyi V'etnam) [Content of mercury in the components of ecosystems of water bodies and watercourses in the province Khan Hoa (Central Vietnam)]. *Vodnye resursy*, 2011, vol. 38, no. 6, pp. 733–739.

13. Malov A. M., Sibiriakov V. K., Semenov E. V. Raspredelenie rtuti v nekotorykh organakh i tkaniakh krys [Distribution of mercury in some organs and tissues of rats]. *Toksikologicheskii vestnik*, 200, no. 5, pp. 9–14.

14. Komov B. T., Gremiachikh V. A., Ershov P. N. Sravnitel'noe sodержание rtuti v myshtsakh ryb vodoemov severa evropeiskoi Rossii (Kandalakshskii zaliv Belogo moria) [Comparative content of mercury in the muscles of fish in the water bodies of the Northern European Russia (Kandalakshskiy bay in the White Sea)]. *Biologicheskie resursy Belogo moria i vnutrennikh vodoemov Evropeiskogo Severa*. Petrozavodsk, PTU, 2009. P. 289–291.

15. Myers G. J., Marsh D., Davidson P., Cox S., Shamlaye C., Tanner M., Choi A., Cernichiari E., Choisy O., Clarkson T. Main neurodevelopmental study of Seychellois children following in utero exposure to methylmercury from a maternal fish diet: outcome at six months. *Neurotoxicology*, 1995, vol. 16, pp. 653–664.

16. Myers G. J., Davidson P. W., Cox C., Shamlaye C. F., Tanner M. A., Choisy O., Sloane-Reeves J., Marsh D O., Cernichiari E., Choi A., Berlin M., Clarkson T. W. Neurodevelopmental outcomes of Seychellois children sixty-six months after in utero exposure to methylmercury from a maternal fish diet: pilot study. *Neurotoxicology*, 1995, vol. 16, pp. 639–652.

The article submitted to the editors 18.01.2016,  
in the final version – 3.02.2016

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Chaplygin Vladimir Aleksandrovich** – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Postgraduate Student of the Department "Hydrobiology and General Ecology"; wladimirchap@yandex.ru.

**Ershova Tatiyana Sergeevna** – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Biology, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department "Applied Biology and Microbiology"; ershova\_ts@mail.ru.

**Zaitsev Vyacheslav Fedorovich** – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Doctor in Agriculture; Professor, Honoured Science Worker of the Russian Federation; Head of the Department "Hydrobiology and General Ecology"; viacheslav-zaitsev@yandex.ru.

