



Ключевые слова:
видовая биоаккумуляция, химические элементы, русский осетр, *Acipenser gueldenstaedtii* (Brandt, 1833), персидский осетр, *Acipenser persicus* (Borodin, 1897), Каспийское море

Keywords:
specific bioaccumulation, chemical elements, Russian sturgeon, *Acipenser gueldenstaedtii* (Brandt, 1833), Persian sturgeon, *Acipenser persicus* (Borodin, 1897), Caspian Sea

Видовые особенности накопления металлов в организме русского (*Acipenser gueldenstaedtii*, Brandt, 1833) и персидского (*Acipenser persicus*, Borodin, 1897) осетров Каспийского моря

DOI

Канд. биол. наук
В.А. Чаплыгин – главный специалист лаборатории осетровых рыб; **А.С. Хурсанов** – специалист Лаборатории водных проблем и токсикологии Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КаспНИРХ), Астрахань
Канд. биол. наук, доцент **Т.С. Ершова** – кафедра «Гидрология и общая экология»; д-р с-х. наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ **В.Ф. Зайцев** – кафедра «Гидрология и общая экология» Астраханский государственный технический университет, Астрахань

@ wladimirchap@yandex.ru;
ershova_ts@mail.ru;
viacheslav-zaitsev@yandex.ru

SPECIFIC FEATURES OF METAL ACCUMULATION IN THE RUSSIAN (*ACIPENSER GULDENSTAEDTII*, BRANDT, 1833) AND PERSIAN (*ACIPENSER PERSICUS*, BORODIN, 1897) STURGEON OF THE CASPIAN SEA

Candidate of biological Sciences **V.A. Chaplygin** – chief specialist of the sturgeon fish laboratory; **A.S. Khursanov** – specialist of the laboratory of water problems and toxicology Volga-Caspian branch of the all-Russian Research Institute of fisheries and Oceanography (KaspNIRH), Astrakhan
Candidate of biological Sciences, associate Professor **T.S. Ershova** – Department of «Hydrology and General ecology»; doctor of agricultural Sciences, Professor, Honored worker of science of the Russian Federation **V.F. Zaitsev** – Department of «Hydrology and General ecology», Astrakhan State Technical University, Astrakhan
wladimirchap@yandex.ru; ershova_ts@mail.ru; viacheslav-zaitsev@yandex.ru

In the course of the research, the biological features of the accumulation of microelements by the organs and tissues of the Persian sturgeon in comparison with the Russian, as well as the regularities of the age accumulation of sturgeon were revealed. Studies of the elemental composition of organs and tissues of the Persian (*Acipenser persicus*, Borodin, 1897) and Russian (*Acipenser gueldenstaedtii*, Brandt, 1833) sturgeon revealed a number of specific features associated with different rates of metabolic processes in fish: the level of iron, copper, manganese, zinc, and mercury in the Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) in almost all organs and tissues, it was recorded higher than in the Russian, at the same time, the content of cadmium and cobalt indicates its greater accumulation in the organs and tissues of the Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*).

ВВЕДЕНИЕ

Каспийское море – уникальный внутренний водоем, который отличается особым, исторически сложившимся биоразнообразием. Осетровые рыбы являются ценными представителями ихти-

офауны Каспийского моря, численность которых значительно сократилась в результате антропогенного воздействия [15; 25].

В результате длительной эволюции упорядочивались процессы биогенной миграции хи-

мических элементов и их избирательное усвоение организмами в процессе жизнедеятельности. Химический элементарный состав организмов отражает геохимическую роль данного вида организма. Вне геохимических процессов, идущих в биосфере, организмов не существует [3; 4; 26]. Таким образом, аккумуляция химических элементов у русского и персидского осетров в своих органах и тканях является физиологической характеристикой организма, которая зависит в большей мере от видовых особенностей [2; 6; 7; 21].

На основании вышесказанного **цель исследования** – выявить видовые особенности накопления химических элементов в органах и тканях русского (*Acipenser gueldenstaedtii*, Brandt, 1833) и персидского (*Acipenser persicus*, Borodin, 1897) осетров Каспийского моря.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Объектом исследования являлись русский осетр (*Acipenser gueldenstaedtii*, Brandt, 1833) (рис. 1) и персидский осетр (*Acipenser persicus*, Borodin, 1897) (рис. 2).

Материалом исследования являлись органы и ткани осетров. Сбор материала осуществлялся в Северной и Средней части Каспийского моря, согласно общепринятым методикам [23].

Определение металлов проводилось методом атомно-абсорбционной спектроскопии [1; 24], согласно ГОСТ 30178-96 и ГОСТ Р 54639-2011.

Результаты исследования обрабатывались статистически при помощи программного продукта Microsoft Office Excel 2010, согласно общепринятым методикам биометрии [19; 20; 22].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Железо в организме рыб присутствует в больших количествах относительно других элементов. Отмечено сходное распределение железа в организме обоих видов осетров. Этот элемент преимущественно накапливался в селезенке, печени



Рисунок 1. Русский осетр *Acipenser gueldenstaedtii*

Figure 1. Russian sturgeon *Acipenser gueldenstaedtii*



Рисунок 2. Персидский осетр *Acipenser persicus*

Figure 2. Persian sturgeon *Acipenser persicus*

В ходе исследований выявлены биологические особенности накопления микроэлементов органами и тканями персидского осетра по сравнению с русским, а также закономерности возрастной аккумуляции осетровых рыб. Исследования элементного состава органов и тканей персидского (*Acipenser persicus*, Borodin, 1897) и русского (*Acipenser gueldenstaedtii*, Brandt, 1833) осетров выявили ряд видовых особенностей, связанных с различным темпом обменных процессов у рыб: уровень содержания железа, меди, марганца, цинка и ртути у персидского осетра (*Acipenser persicus*) практически во всех органах и тканях зафиксирован выше, чем у русского, в то же время содержание кадмия и кобальта свидетельствует о большем его накоплении в органах и тканях русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*).

и почках исследованных рыб. Последовательный ряд убывания содержания железа в органах и тканях исследованных видов осетров имеет следующий вид: селезенка > печень, почки > жабры > кишечник > гонады > мышцы.

Наибольшее содержание железа у двух видов осетров выявлено в органах, в которых идет обильное кровоснабжение [3; 5; 13; 14]. Первое место по накоплению данного металла у исследованных видов рыб занимает селезенка (рис. 3), за счет своих функциональных особенностей, она является депо крови в организме. В ней происходят интенсивные кроветворные процессы: превращение неорганического железа в составную часть гемоглобина [12].

Железосодержащий белок апоферритин печени рыб накапливает до 23% железа к сухому веществу, поэтому в печени русского и персидского осетров обнаружено высокое содержание этого химического элемента [3]. Известно, что гепатоциты и купферовские клетки печени участвуют в создании резервного железа, причем большая часть нового железа обнаружена в гепатоцитах в виде ферритина [11; 12]. Относительно высокие концентрации железа были обнаружены в жабрах исследованных видов. Известно, что жабры играют существенную роль в проникновении железа в организм и его аккумуляции в нем [5; 6]. Минимальные концентрации железа обнаружены у исследованных рыб в тканях мышц и гонад. Аналогичные данные ранее были получены В.И. Воробьевым с соавторами [6] на русском осетре в речной период жизни. Исследования накопления элемента, в зависимости от пола изучаемых видов рыб, не выявили каких-либо достоверных закономерностей. С возрастом у исследованных видов осетров происходит накопление железа в печени и мышечной ткани, кроме того, у персидского осетра (*Acipenser persicus*) возрастные накопления замечены и в гонадах. Стоит заметить, что у персидского осетра по сравнению с русским осетром выявлено большее содержание химического элемента в органах и тканях, что возможно является видовой особенностью.

Распределение меди в органах и тканях у персидского (*Acipenser persicus*) и русского (*Acipenser gueldenstaedtii*) осетров идентичное: печень > почки > кишечник > селезенка > жабры > мышцы > гонады. Отличительной видовой особенностью является способность органов и тканей персидского осетра аккумулировать медь в больших количествах, чем у русского осетра. Медь является биофильным элементом и, по мнению Т.И. Моисеенко с соавторами [21], ее содержание строго регулируется организмом. Эта регуляция заключается в перераспределении меди между органами, поэтому концентрация металла в таком органе как печень на порядок выше, чем в других органах и тканях [21]. В гепатоцитах происходят процессы кроветворения, где меди отводится значимая роль [9; 21]. Кишечник у исследованных осетровых рыб занимает третью позицию после печени и почек по содержанию меди.

Известно, что основной источник поступления меди в организм животных – это желудочно-кишечный тракт [13]. Уровень содержания меди в организме исследованных осетров выше у самок по сравнению с самцами, особенно это выражено в печени. С возрастом происходило достоверное увеличение концентрации меди в жабрах обоих видов рыб. Кроме того, у русского осетра обнаружена положительная корреляция между возрастом рыб и степенью накопления металла в селезенке ($r=0,8$), что, возможно, является особенностью вида.

Исследованные виды осетров отличаются высоким содержанием цинка во всех органах и тканях, при этом отмечена видовая особенность персидского осетра, которая заключалась в способности его органов и тканей аккумулировать эти значения в больших количествах. У персидского (*Acipenser persicus*) и русского (*Acipenser gueldenstaedtii*) осетров наибольшими значениями цинка отличались почки, а наименьшими – гонады и мышцы (рис. 5). Это свидетельствует о более активном участии цинка в протекании метаболизма в почках по сравнению с другими системами организма, что было ранее показано Т.И. Моисеенко с соавторами [21] на других видах рыб. Высокий уровень биоаккумуляции цинка селезенкой рыб можно объяснить активным участием этого микроэлемента в кроветворении, что отмечали ранее [6]. Значения концентрации цинка в жабрах и гонадах, как у персидского, так и у русского осетров, сопоставимы. Достаточно высокие значения в этих органах можно объяснить тем, что цинк концентрируется преимущественно в органах, контактирующих с внешней средой (жабрах), а также репродуктивных органах, на что ранее обращали свое внимание М.Ф. Вундцеттель и Н.В. Кузнецова [8] в своих работах на окуне и карасе. По мнению В.В. Ермакова, С.Ф. Тютюкова [13], основным путем поступления цинка в организм является желудочно-кишечный тракт, а А.П. Виноградов [4] отмечал аккумуляцию цинка железистыми органами. Поэтому у русского и персидского осетра высокие концентрации элемента выявлены в органах пищеварительной системы: печень, кишечник, пилориче-

ская железа. Уровень аккумуляции цинка в почках, печени и кишечнике у самцов исследованных видов рыб несколько выше, чем у самок. В остальных органах достоверных различий по данному элементу между самками и самцами не выявлено. Известно, что цинк играет физиологическую роль в период нереста рыб: этот элемент из мышц перемещается в гонады самцов [4]. Возможно это и является причиной того, что концентрация металла в гонадах в исследованный период у самцов не отличается от значений в гонадах самок.

У русского и персидского осетров выявлена аналогичная картина распределения ртути в органах и тканях и отмечены высокие ее концентрации в печени и мышцах, в которых активно протекают обменные процессы (рис. 6). На основании обобщения уровней концентраций ртути в печени и мышцах у русского и персидского осетров за исследуемый возрастной период показано, что содержание ртути в печени в 2-3 раза выше, чем в мышцах. На данные изменения в отноше-

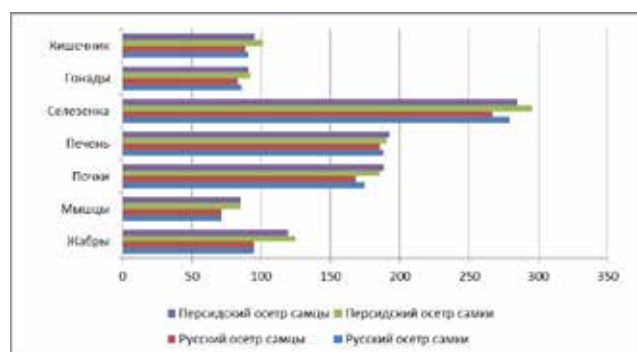


Рисунок 3. Содержание железа в организме русского (*Acipenser gueldenstaedtii*) и персидского (*Acipenser persicus*) осетров, мг/кг сухого вещества

Figure 3. The iron content in the body of the Russian (*Acipenser gueldenstaedtii*) and Persian (*Acipenser persicus*) sturgeon, mg / kg of dry matter

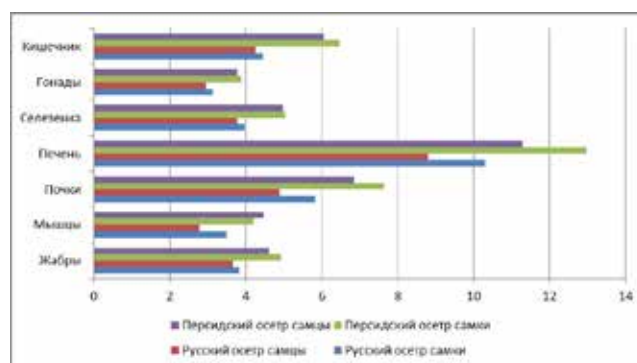


Рисунок 4. Содержание меди в организме русского (*Acipenser gueldenstaedtii*) и персидского (*Acipenser persicus*) осетров, мг/кг сухого вещества

Figure 4. The copper content in the body of the Russian (*Acipenser gueldenstaedtii*) and Persian (*Acipenser persicus*) sturgeon, mg / kg of dry matter

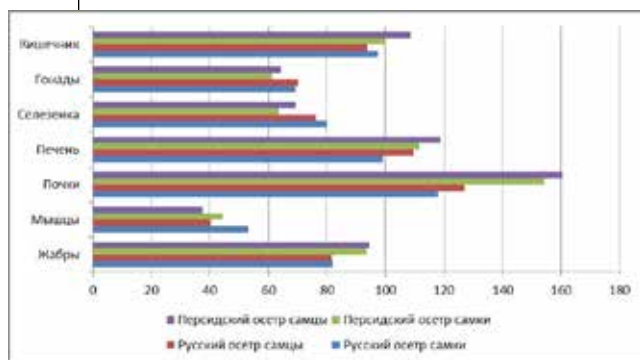


Рисунок 5. Содержание цинка в организме русского (*Acipenser gueldenstaedtii*) и персидского (*Acipenser persicus*) осетров, мг/кг сухого вещества

Figure 5. Zinc content in the body of Russian (*Acipenser gueldenstaedtii*) and Persian (*Acipenser persicus*) sturgeon, mg / kg of dry matter

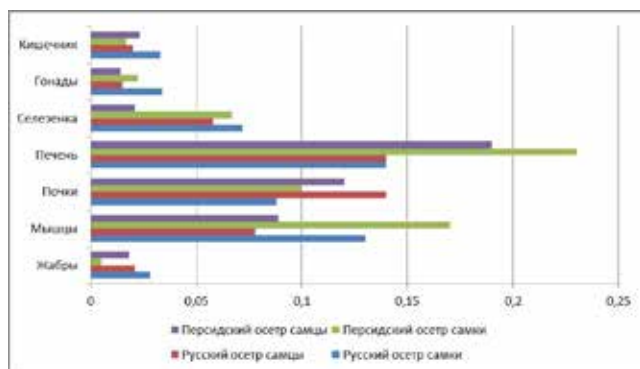


Рисунок 6. Содержание ртути в организме русского (*Acipenser gueldenstaedtii*) и персидского (*Acipenser persicus*) осетров, мг/кг сырого вещества

Figure 6. The mercury content in the body of the Russian (*Acipenser gueldenstaedtii*) and Persian (*Acipenser persicus*) sturgeon, mg / kg of raw material

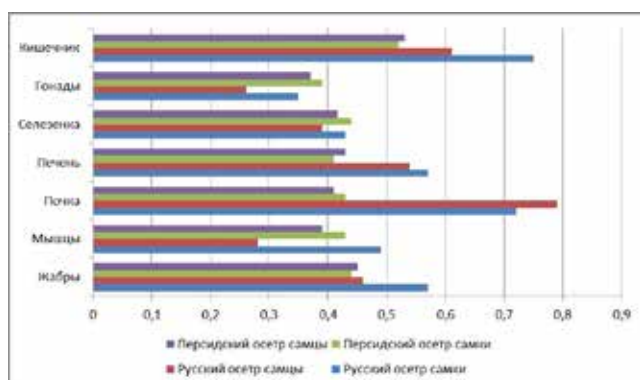


Рисунок 7. Содержание кобальта в организме русского (*Acipenser gueldenstaedtii*) и персидского (*Acipenser persicus*) осетров, мг/кг сухого вещества

Figure 7. Cobalt content in the body of Russian (*Acipenser gueldenstaedtii*) and Persian (*Acipenser persicus*) sturgeon, mg / kg of dry matter

нии других видов рыб обращали внимание Л.Т. Ковековдова и М.В. Симоконь [17]. На основании полученных данных у персидского осетра была установлена положительная корреляционная зависимость между длиной особей и содержанием ртути в мышцах и печени ($r=0,8$ и $r=0,99$, соответственно).

Статистически значимая зависимость содержания ртути в мышцах и печени от длины рыб была установлена и у русского осетра, но она была несколько слабее ($r=0,7$ и $r=0,8$, соответственно). Похожая ситуация складывалась при определении зависимости концентрации ртути в мышцах и печени от веса. Так, у персидского осетра показатель зависимости составлял 0,6 и 0,9, соответственно, а у русского осетра он находился на уровне 0,6 для обеих зависимостей. Аналогичную картину наблюдали в отношении других видов рыб Т.Б. Камшилова с соавторами [16]. У персидского осетра содержание ртути в печени и мышцах коррелирует между собой ($r=0,86$). Сопряженная аккумуляция ртути в печени и мышцах является установленным фактом [10; 18]. Различия, полученные в результате этого анализа, еще раз свидетельствуют о различных системах накопления микроэлементов, в частности ртути, у русского и персидского осетров, относящихся к разным видам. У персидского осетра уровень аккумуляции ртути в печени положительно коррелировал с возрастом ($r=0,85$).

В исследованных рыбах кобальт, по сравнению с другими химическими элементами, отличался низким содержанием и вариабельностью величин аккумуляции. Аналогичную закономерность у других видов рыб замечали Т.И. Моисеенко с соавторами [21] и В.И. Воробьев с соавторами [6]. В целом у двух видов осетров отмечено накопление кобальта в кишечнике, почках и жабрах (рис. 7). Это связано с тем, что он входит в состав витамина В12 [3]. Поступление кобальта в гидробионты осуществляется, в основном, через жабры [21], что объясняет его повышенное содержание в органах дыхания рыб. Сравнивая концентрации исследованного металла в органах и тканях самок и самцов изучаемых видов осетров, показано, что у самок и самцов эти значения вполне сопоставимы и различия недостоверны. Анализ накопления кобальта в организме русского осетра позволил установить, что с возрастом происходило повышение уровня содержания химического элемента в кишечнике и жабрах. У персидского осетра (*Acipenser persicus*) с возрастом содержание кобальта увеличивалось в жабрах, печени и гонадах. По сравнению с русским осетром, значения аккумуляции химического элемента в органах и тканях персидского осетра достоверно ниже ($p<0,05$). Все выше сказанное свидетельствует о видовых отличиях русского и персидского осетров.

У русского и персидского осетров кадмий в большей степени аккумулировался в почках, где он принимает участие в осморегуляторных процессах, а в наименьшей – в мышцах. Кроме почек кадмий в достаточно большом количестве накапливали печень и кишечник (рис. 8). Подоб-

ную картину ранее выявила Т.И. Моисеенко с соавторами [21], где в своих результатах на других видах рыб: независимо от видовой принадлежности, наибольшим значением отличались почки, затем – печень и замыкали этот ряд мышцы. Это связано с тем, что почки выполняют функцию барьера для проникновения значительного количества металла в другие органы и ткани. Как и в наших исследованиях, вышеуказанные авторы выявили превышение содержания кадмия в почках в 2 и более раза, чем в печени. В тканях печени этот элемент входит в состав легко диссоциирующего комплекса [3]. Паренхиматозные клетки печени обладают способностью аккумулировать кадмий [3; 6], поэтому у изучаемых видов печень является вторым органом по накоплению этого металла. Показано, что концентрация металла в исследованных органах и тканях выше у русского осетра по сравнению с персидским, что является видовой особенностью.

Анализ возрастной динамики накопления кадмия у изученных видов осетров свидетельствует о том, что он обладает способностью накапливаться в некоторых органах и тканях. О выраженной тенденции к накоплению кадмия в органах и тканях русского осетра в речной период жизни с возрастом свидетельствовали ранее И.В. Воробьев с соавторами [6]. У самок персидского осетра концентрация кадмия в печени ($r=0,9$), селезенке ($r=0,7$), пилорической железе ($r=1$), кишечнике ($r=1$) и гонадах ($r=0,8$) тесно сопряжена с возрастом. У самцов эта связь между возрастом персидского осетра и степенью аккумуляции кадмия органами несколько слабее. У самцов русского осетра содержание кадмия в печени ($r=0,8$) и кишечнике ($r=0,9$) статистически значимо зависело от возраста рыб. Тогда как у самок уровень аккумуляции кадмия в гонадах, печени и кишечнике положительно коррелировал с возрастом ($r=0,7$; $r=0,9$ и $r=0,9$, соответственно), а также в мышцах рыб обоих полов.

Таким образом, значения аккумуляции железа, меди, цинка и ртути в органах и тканях у персидского осетра выше, чем у русского. Видовой особенностью персидского осетра является его способность к большему накоплению элементов в органах и тканях по сравнению с русским, что связано с его биологическими особенностями, а именно – более высоким темпом линейно-вещного роста, о чем ранее свидетельствовали В.П. Иванов и Г.В. Комарова [15].

Сравнительный анализ содержания кадмия и кобальта в организме двух видов осетров свидетельствует о большем его накоплении в органах и тканях русского осетра. В отношении кадмия и кобальта это является видовой особенностью русского осетра.

ВЫВОДЫ

1. Выявлены видовые особенности накопления Fe, Cu, Cd, Co, Zn, Hg в органах и тканях у изучаемых видов осетров. Больше их накапливается в органах и тканях персидского осетра (*Acipenser persicus*) по сравнению с русским (*Acipenser gueldenstaedtii*), в то время как аккумуляция Cd

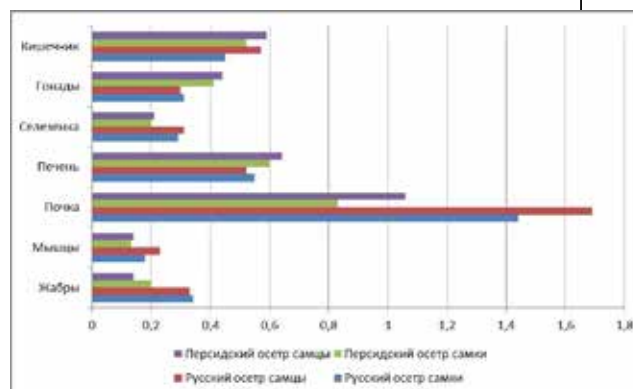


Рисунок 8. Содержание кадмия в организме русского (*Acipenser gueldenstaedtii*) и персидского (*Acipenser persicus*) осетров, мг/кг сухого вещества

Figure 8. The content of cadmium in the organism of the Russian (*Acipenser gueldenstaedtii*) and Persian (*Acipenser persicus*) sturgeon, mg / kg of dry matter

и Co в исследованных органах и тканях выше у русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*).

2. Выявлены возрастные особенности накопления кобальта в почках, жабрах и кишечнике; меди – в жабрах и селезенке; кадмия, железа – в печени и мышцах; кобальта и цинка – в печени у обоих видов рыб; содержание ртути – в печени русского (*Acipenser gueldenstaedtii*) и персидского (*Acipenser persicus*) осетров.

3. Установлены половые особенности накопления микроэлементов русским (*Acipenser gueldenstaedtii*) и персидским осетрами (*Acipenser persicus*). Так, концентрация Cu в печени достоверно больше у самок, чем у самцов; концентрация Cd в почках самцов выше, чем у самок изученных видов осетровых рыб; уровень аккумуляции цинка в почках, печени у самцов персидского осетра (*Acipenser persicus*) выше, чем у самок; содержание Hg в мышцах, селезенке и гонадах выше у самок, а в почках – у самцов.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

- Брицке М.Э. Атомно-адсорбционный спектрохимический анализ: монография / М.Э. Брицке // М.: Химия, 1982. – 223 с.
- Britske M.E. Atomic-adsorption spectrochemical analysis: monograph / M.E. Britske // М.: Chemistry, 1982. - 223 p.
- Бубунец С.О., Бубунец Э.В., Жигин А.В. Содержание тяжелых металлов в икhtiофауне парковых прудов / С.О. Бубунец [и другие] // Рыбное хозяйство. – № 2. 2019. – С. 7-11.
- Bubonic S.O., Bubonic E.V., Zhigin, A.V. Content of heavy metals in ichthyofauna of the Park's ponds / S.O. Bubonic [and others] // Fish industry. - No. 2. 2019. - P. 7-11.
- Войнар А.И. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека / А.И. Войнар // М.: Высшая школа, 1960. – 544 с.
- Voynar A.I. Biological role of microelements in the body of animals and humans / A.I. Voynar // Moscow: Higher school, 1960 - 544 p.
- Виноградов А.П. Химический элементарный состав организмов моря: монография / А.П. Виноградов // М.: Наука, 2001. – 620 с.
- Vinogradov A.P. Chemical elementary composition of sea organisms: monograph / A.P. Vinogradov // Moscow: Nauka, 2001. - 620 p.
- Воробьев В.И. Биогеохимия и рыбоводство / В.И. Воробьев // Саратов: ЛИТЕРА. 1993. – 224 с.
- Vorobyov V.I. biogeochemistry and fish farming / V.I. Vorobyov // Saratov: LITERA. 1993. - 224 p.

6. Воробьев В.И., Зайцев В.Ф., Щербакоев Е.Н. Биогенная миграция тяжелых металлов в организме русского осетра / В.И. Воробьев [и другие] // Астрахань: Изд-во ООО «ЦНТЭП», 2007. – С.116.
6. Vorobyov V.I., Zaitsev V.F., Shcherbakova E.N. Biogenic migration of heavy metals in the body of Russian sturgeon / V.I. Vorobyov [and others] // Astrakhan: Publishing house of LLC "TSNTEP", 2007. - P. 116.
7. Воробьев Д.В. Метаболизм микроэлементов у рыб Нижней Волги: монография. Астрахань: издательский дом Астраханский университет». 2010. С. 130.
7. Vorobyov D.V. Metabolism of trace elements in fish of the Lower Volga: monograph. Astrakhan: Astrakhan University publishing house. 2010. P. 130.
8. Вундцеттель М.Ф., Кузнецова Н.В. Содержание тяжелых металлов в органах и тканях рыб реки Яхромы / М.Ф. Вундцеттель, Н.В. Кузнецова // Вестник АГТУ. Сер. Рыбное хозяйство. – 2013. – № 2. – С. 155-158.
8. Vundzettel M.F., Kuznetsova N.V. Content of heavy metals in organs and tissues of fish of the Yakhroma river / M.F. Vundzettel, N.V. Kuznetsova // Bulletin of AGTU. Ser. Fisheries. - 2013. - No. 2. - Pp. 155-158.
9. Гапеева М.В., Цельвич О.Л. Тяжелые металлы в осетровых рыбах Нижней Волги. // Физиолого-биохимический статус Волго-Каспийских осетров в норме и при расслоении мышечной ткани. Рыбинск, 1990. – С. 55-61.
9. Gapeeva M.V., Tselovich O.L. Heavy metals in sturgeon fish of the Lower Volga. // Physiological and biochemical status of Volga-Caspian sturgeon in normal condition and with muscle tissue dissection. Rybinsk, 1990, Pp. 55-61.
10. Гашкина Н.А., Кудрявцева Л.П., Моисеенко Т.И. Биоаккумуляция ртути в организмах рыб в водоемах Европейской части России // Материалы Междунар. симпозиума «Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты» (Москва, 7-9 сентября 2010 г.). М.: ГЕОХИ РАН, 2010. – С. 258–263.
10. Gashkina N.A., Kudryavtseva L.P., Moiseenko T.I. Bioaccumulation of mercury in fish organisms in reservoirs of the European part of Russia // Proceedings of The International. the international Symposium. "Mercury in the biosphere: ecological and geochemical aspects" (Moscow, September 7-9, 2010). Moscow: geohi RAS, 2010, Pp. 258-263.
11. Глазунова И.А. Содержание и особенности распределения тяжелых металлов в органах и тканях рыб Верхней Оби / И.А. Глазунова // Известия АлтГУ, №3. 2007. – С. 20-22.
11. Glazunova I. A. Content and distribution features of heavy metals in organs and tissues of fish of the Upper Ob / I. A. Glazunova // Izvestiya AltGU, No. 3. 2007. - P. 20-22.
12. Давыдова О.А., Климов Е.С., Ваганова Е.С., Ваганов А.С. Влияние физико-химических факторов на содержание тяжелых металлов в водных экосистемах / О.А. Давыдова [и другие] // Ульяновск: УлГТУ, 2014. – 167 с.
12. Davydova O.A., Klimov E.S., Vaganova E.S., Vaganov A.S. Influence of physical and chemical factors on the content of heavy metals in aquatic ecosystems / O. A. Davydova [and others] // Ulyanovsk: UlSTU, 2014. - 167 p.
13. Ермаков В.В., Тютиков С.Ф. Геохимическая экология животных / В.В. Ермаков, Тютиков // М.: Наука, 2008. – 315 с.
13. Ermakov V.V., Tyutikov S.F. Geochemical ecology of animals / V.V. Ermakov, S.F. Tyutikov // Moscow: Nauka, 2008. - 315 p.
14. Зубкова В.М., Болотов В.П., Белозубова Н.Ю. Содержание и миграция тяжелых металлов в компонентах экосистем Волгоградского водохранилища / В.М. Зубкова [и другие] // Аграрная наука, 2015. №1. – С. 14-16.
14. Zubkova V.M., Bolotov V.P., Belozubova N.Yu. Content and migration of heavy metals in components of ecosystems of the Volgograd reservoir / V. M. Zubkova [and others] // agrarian science, 2015. no. 1. - Pp. 14-16.
15. Иванов В.П., Комарова Г.В. Рыбы Каспийского моря (систематика, биология, промысел) / В.П. Иванов, Г.В. Комарова // Астрахань: Изд-во АГТУ, 2008. – 224с.
15. Ivanov V.P., Komarova G.V. Fish of the Caspian Sea (systematics, biology, fishing) / V.P. Ivanov, G.V. Komarova // Astrakhan: AGTU Publishing house, 2008. - 224s.
16. Камшилова Т.Б., Комов В.Т., Гремячих В.А. Содержание ртути и скорость роста окуни Perca fluviatilis из озер Вологодской области // Материалы Междунар. симпозиума «Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты» (Москва, 7–9 сентября 2010 г.). М.: ГЕОХИ РАН. 2010. С. 277-281.
16. Kamshilova T.B., Komov V.T., Gremyachikh V. A. mercury Content and growth rate of perch Perca fluviatilis from lakes of the Vologda region // Proceedings of The International. the international Symposium. "Mercury in the biosphere: ecological and geochemical aspects" (Moscow, September 7-9, 2010). Moscow: geohi RAS, 2010, Pp. 277-281.
17. Ковековдова Л.Т., Симоконов М.В. Ртуть в донных отложениях и промысловых гидробионтах залива Петра Великого (Японское море) / Материалы Междунар. симпозиума «Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты» (Москва, 7-9 сентября 2010 г.). М.: ГЕОХИ РАН. 2010. С. 233-238.
17. Kovekovdova L. T., Simokon M. V. Mercury in bottom sediments and commercial hydrobionts of Peter the Great Bay (Sea of Japan) / Materials of the international journal. the international Symposium. "Mercury in the biosphere: ecological-geochemical aspects" (Moscow, 7-9 September, 2010). M.: GEOKHI RAS. 2010. S. 233-238.
18. Кузнецова, О.В., Ельчинойна О.А. Содержание и особенности распределения тяжелых металлов в органах и тканях рыб бассейна Телецкого озера / Труды IX Международной биогеохимической школы (Барнаул, 24-28 августа 2015 г.). Барнаул. 2015. Т. 1. – С. 306-309
18. Kuznetsova O.V., Elchinina O.A. the Contents and distribution features of heavy metals in organs and tissues of fish of the basin of lake Teletskoye / Proceedings of the IX International biogeochemical school (Barnaul, 24-28 August 2015). Barnaul. 2015. Vol. 1. – S. 306-309
19. Лакин Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин // М.: Высшая школа, 1967. – С. 7-65.
19. Lakin G. F. Biometrics / G. F. Lakin // Moscow: Higher school, 1967. - Pp. 7-65.
20. Лакин Г.Ф. 1980. Биометрия: Учебное пособие для биологич. спец. вузов / М.: Высшая школа, 1980. – 293 с.
20. Lakin G. F. 1980. Biometrics: A textbook for biological special universities / Moscow: Higher school, 1980. - 293 p.
21. Моисеенко Т.И., Кудрявцева Л.П., Гашкина Н.А. Рассеянные элементы в поверхностных водах суши: Технофильность, биоаккумуляция и экотоксикология / Т.И. Моисеенко [и другие] // М.: Наука, 2006. – 261 с.
21. Moiseenko T.I., Kudryavtseva L.P., Gashkina N.A. Scattered elements in surface waters of the land: Technophilicity, bioaccumulation and ecotoxicology / T.I. Moiseenko [and others] // Moscow: Nauka, 2006. - 261 p.
22. Плохинский Н.А. Биометрия / Н.А. Плохинский – М.: Просвещение, 1981. – С. 3-184
22. Plokhinsky N.A. Biometrics / N. A. Plokhinsky-M.: Prosveshchenie, 1981. - Pp. 3-184
23. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб / И.Ф. Правдин – М.: Пищевая промышленность, 1966. – С. 163-179.
23. Pravdin I.F. Guide to the study of fish / I.F. Pravdin-M.: Food industry, 1966. - Pp. 163-179.
24. Прайс В. Аналитическая атомно-абсорбционная спектроскопия: монография / В. Прайс – М.: Мир. 1976. – 355 с.
24. Price V. Analytical atomic absorption spectrometry: monograph / V. Price-M.: Mir. 1976. - 355 p.
25. Распопов В.М. Морфофизиологическая характеристика русского осетра в морской период жизни // Нейроэндокринология. Тезисы докл. Всерос. конф. с между. участием (Санкт-Петербург, 23-25 сент.). – Санкт-Петербург. 2003. – С. 135-136
25. Raspopov V.M. Morphophysiological characteristics of the Russian sturgeon in the marine period of life // Neuroendocrinology. Theses of the docl. Vseros. Conf. with it. participation (Saint Petersburg, 23-25 Sept.). – Saint Petersburg, 2003. - P. 135-136
26. Рыжков Л.П., Савицкая Ю.С. Сезонная динамика содержания тяжелых металлов в органах рыб // Экологическая физиология и биохимия рыб: Тезисы докладов. – Ярославль. 2000. – С. 118-119.
26. Ryzhkov L.P., Savitskaya Yu.S. Seasonal dynamics of heavy metal content in fish organs // Ecological physiology and biochemistry of fish: Abstracts. – Yaroslavl. 2000. - Pp. 118-119.