

Раздел 4

ЭКОЛОГИЯ. ФЛОРА. ФАУНА

Section 4

ECOLOGY. FLORA. FAUNA

УДК 597.5:577.170.49

**СОДЕРЖАНИЕ МЕТАЛЛОВ В ОРГАНАХ
ОБЫКНОВЕННОЙ ЩУКИ (ESOX LUCIUS)
ИЗ РЕКИ ТОМИ (ВЕРХНЯЯ ОБЬ)**

П.А. Попов¹, Н.В. Андросова², В.А. Попов³

¹Институт водных и экологических проблем СО РАН, Новосибирский филиал, Новосибирск,

²Аналитический Центр объединенного института геологии,
геофизики и минералогии СО РАН, Новосибирск,

³Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск,

E-mail: popov@iwep.nsc.ru, androsovanv@igm.nsc.ru, mtvpopov@sibmail.com

В статье приведены результаты изучения содержания металлов (Mn, Fe, Cu, Zn, Cd, Co, Hg, Pb) в органах (мышцы, печень, почки, жабры, яичники, семенники, позвонки) обыкновенной щуки из устья р. Томи – самого крупного правого притока Верхней Оби. Химический анализ проб осуществлялся методом атомной абсорбции. Результаты анализа свидетельствуют о сравнительно низком содержании металлов в органах щуки, включая мышечную ткань. При сопоставлении результатов по сезонным выборкам выявлены статистически достоверные различия в накоплении металлов в органах щуки, пойманной осенью 2020 г. и весной 2021 г., особенно в яичниках и семенниках.

Ключевые слова: устье реки Томь; щука (*Esox lucius*); металлы.

DOI: 10.24412/2410-1192-2021-16305

Дата поступления: 11.12.2021

Интерес к изучению содержания металлов, в том числе относимых к группе тяжелых металлов (ТМ), в рыбах продолжается во многих промышленно развитых странах [Castello et al., 2014; Ajima et al., 2015; Walters et al., 2015;

Seccatto et al., 2016], включая Россию [Тяптиргянов, Тяптиргянова, 2015; Зотина и др., 2016; Моисеенко, Гашкина, 2016; Кораблина и др., 2019; Попов и др. 2019, 2021], что прежде всего связано с загрязнением водоемов и аккумуля-

ляцией этих элементов в гидробионтах [Терентьев, Кашулин, 2015]. В большинстве водоемов Сибири щука (наряду с налимом и, в меньшей степени, судаком) по характеру преобладающего питания относится к хищным рыбам, для которых, в частности, выявлены особенностями накопления ртути [Соболев, 2005; Walters et al., 2015]. Сведения о распространении щуки в пределах ареала и ряде черт ее экологии в Оби приведены нами в работах [Попов, 2007, 2021]. Результаты изучения содержания ТМ в щуке из устьевого участка р. Томи в 2006 и 2016 гг. опубликованы нами в статьях [Попов, Трифонова, 2007; Попов и др., 2018]. Цель настоящей работы – продолжение мониторинга проблемы – анализ характера накопления ТМ в органах щуки, выловленной на этом участке реки в 2020 и 2021 годы.

Материал и методы

В процессе реализации данных исследований на устьевом участке р. Томи было выловлено ставными сетями две группы щуки. 27 октября 2020 г. выборка состояла из 34 половозрелых особей с равным соотношением самцов и самок, с колебаниями абсолютной длины (L) тела 50–54 см, массы тела (g) 1500–1740 г, в возрасте 4–5 лет. Во второй выборке, пойманной 10 мая 2021 г., было 29 половозрелых особей (из кото-

рых 15 экз. – самки), с колебаниями длины (L) тела рыб 52–55 см, массы тела (g) 1400–1650 г, в возрасте 4–5 лет. Все рыбы первой группы имели четвертую стадию зрелости половых продуктов, второй группы – шестую стадию, со следами вымета икры и молок. Используемая нами в течение многих лет методика отбора проб описана в публикациях [Попов, Трифонова, 2007; Попов, Андросова 2014; Попов и др., 2018]. В мышечной ткани (взятой в латеральной части туловища под спинным плавником) и органах (печень, почки, жабры, яичники, семенники, позвонки) определялось содержание Mn, Fe, Cu, Zn, Cd, Co, Hg, Pb. Химанализ проб осуществлялся в лаборатории Аналитического Центра института геологии и минералогии СО РАН (Аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.510590). Метод анализа – атомно-абсорбционная спектрометрия с использованием атомно-абсорбционного спектрофотометра SOLAAR-M6 фирмы "THERMO ELEKTRON" (США). Ртуть определяли методом "холодного пара" на приборе MAS-50D фирмы BACHARACH (США). Для контроля качества анализа использовали ГСО №9055-2008 – стандартный образец состава мышечной ткани байкальского окуня (БОК-2). Достоверность различий средних арифметических оценивалась по t-критерию ис-

ходя из ошибки 10% от средней и уровне вероятности (P)>0,999. В мышечной ткани содержание металлов сравнивалось с принятыми в России допустимыми остаточными концентрациями (ДОК) этих элементов в свежих рыбопродуктах [Санитарные правила..., 1997].

Результаты и их обсуждение

Анализируя данные таблиц 1–3 следует отметить как сложный характер распределения металлов в органах щуки, так и ряд закономерностей. В абсолютном выражении концентрация металлов сравнительно невелика (табл. 1),

в том числе в мышцах по сравнению с ДОК. Содержание Mn, Fe, Cu и Zn во всех органах существенно превышает концентрацию потенциально опасных для организма элементов: Cd, Co, Hg и Pb. Интересны результаты сравнения содержания металлов в органах щуки осенней и весенней групп. Прежде всего это касается репродуктивных органов.

Достоверность различий средних арифметических в яичниках составляет 5,0, 6,7 и 13,4 соответственно порядку указанных элементов, а в семенниках – 6,3, 6,2 и 8,6 соответственно.

Таблица 1

Содержание металлов в органах обыкновенной щуки из р. Томь

Table 1

Content of metals in organs of pike from Tom river

Орган	Элементы, мкг/г сыр. массы проб							
	Mn 10*	Fe 30	Cu 10	Zn 40	Cd 0.2	Co 0.5	Hg 0.5	Pb 1.0
Мышцы	0.23/ 0.21	0.23/ 0.24	0.18/ 0.16	5.9/ 8.2	0.0036/ 0.002	0.007/0.005	0.14/0.14	<0.005/<0.005
Печень	0.90/ 0.84	1.1/0.80	1.2/0.96	30/33	0.009/ 0.032	0.007/0.015	0.11/0.0037	<0.005/<0.005
Почки	0.62/ 0.58	0.63/0.50	6.4/1.2	71/77	0.077/ 0.089	0.065/0.058	0.21/0.25	0.016/0.007
Жабры	8.0/ 8.5	6.7/8.1	0.24/ 0.15	86/ 100	0.0096/ 0.0084	<0.005/ <0.005	0.032/0.036	<0.005/<0.005
Яичники	9.5/ 2.8	9.4/2.8	1.4/ 0.059	52/ 35	0.0025/ <0.002	0.012/0.005	<0.002/0.038	0.034/0.032
Семенники	10/ 3.2	9.8/3.4	1.8/ 0.071	46/ 39	0.001/ <0.002	0.010/0.005	<0.002/0.041	0.020/0.030
Позвонки	15/ 13	11/8.5	0.042/ 1.0	52/ 48	0.006/ 0.0022	0.006/0.005	0.044/0.0042	<0.005/<0.005

Примечание: слева от косой черты – пробы щуки, отобранные 27.10.2020 (n=34), справа от черты – пробы щуки, отобранные 10.05.2021 (n=29); * – ДОК в мышечной ткани (для всех металлов).

Достоверно большее содержание в гонадах рыб из осенней выборки других элементов: Cd – в семенниках (t = 6.0), Co – в яичнике и семенниках (t = 7.0 и 5.0 соответственно), Hg – в этих же органах (t = 9.0 и 9.0), а также в печени (t = 10.6) и в позвонках (t = 10.0), Pb – в почках (t = 4.5), связано, по нашему мнению, с большей концентрацией этих элементов в заметно меньшем, чем в половодье, объеме водного стока реки в конце октября [Экология..., 2006].

При сравнении каждого элемента по убыванию его концентрации в органах рыб из осенней выборки (табл. 2) оказалось, что Cu, Cd, Co и Hg лидируют в почках, Zn – в жабрах и почках; и то и другое может свидетельствовать об активном выведении их из организ-

ма рыб. Повышенный уровень Mn, Fe, Pb, но также и Cu и Co обнаружен в семенниках и яичниках, в которых эти элементы играют важную роль в формировании половых продуктов генерации следующего года [Пасюкова, 2002]. Однако следствием сравнительно высокого содержания Pb может быть его повышенное содержание в среде обитания щуки, тем более что вслед за гонадами по концентрации этого элемента следуют почки. В ряду ранжирования Hg второе и третье места занимают мышцы и печень, что характерно для процесса преимущественной аккумуляции этого металла в мышечной ткани рыб, но также и его выведения почками и детоксикации в печени [Моисеенко, Гашкина, 2016; Попов и др., 2019].

Таблица 2

Ранжирование металлов по убыванию их концентрации в органах щуки из устья р.

Томь, октябрь 2020 г.

Table 2

Distribution of metals in descending order concentration in organs of pike from estuary of

Tom river, oktober 2020

Элементы	Органы
Mn	Пзв>См>Я>Ж>Пчн>Пчк>М
Fe	Пзв>См=Я>Ж>Пчн>Пчк>М
Cu	Пчк>См>Я>Пчн>Ж>М>Пзв
Zn	Ж>Пчк>Я=Пзв>См>Пчн>М
Cd	Пчк> Пчн= Ж>Пзв>М>Я>См
Co	Пчк>Я=См>М=Пчн>Пзв>Ж
Hg	Пчк>М> Пчн>Пзв> Ж>Я>См
Pb	Я>См>Пчк>Пзв=Ж=Пчн>М

В яичниках и семенниках концентрация Hg, а также и Cd, наименьшая в ряду. По содержанию в мышцах ряды замыкают Mn, Fe, Zn и Pb, а Cu занимает предпоследнее место.

Распределение металлов по убыванию их концентрации в каждом органе в осенней выборке показан в табл. 3. Во всех органах по этому параметру лидируют элементы, относимые к жизненно необходимым, а потенциально токсичные металлы замыкают ряды. Характер ранжирования металлов по органам и в каждом органе в весенней выборке принципиально схож с таковым для осенней выборки. Также следует отметить, что при сравнении данных по весенней выборке 2021 г. и аналогичных данных по щуке, отнерестившейся на этом участке Томи 8 мая 2017 г. [Попов

и др., 2019] уровень накопления и характер распределения металлов по органам (мышцы, печень, жабры) в целом схож.

Различия проявились в достоверно большей концентрации в мае 2017 г. Fe и Cu в мышцах, печени и жабрах, Mn – в печени, Hg – в мышцах, печени и жабрах, Pb – в мышцах и печени.

Весьма вероятно, это связано как с различиями в концентрации металлов в реке, так и, что немаловажно, иным состоянием рыб в биохимическом и физиологическом отношениях.

Зависимость характера накопления металлов от условий обитания рыб и состояния их организма показана в ряде работ [Гилева и др., 2014; Давыдова и др., 2014; Евтушенко, Дудник, 2014; Моисеенко и др., 2014].

Таблица 3

Ранжирование металлов по убыванию их концентрации в каждом органе щуки из устья р. Томи, октябрь 2020 г.

Table 3

Distribution of metals in descending order concentration in each organ of pike from estuary of Tom river, oktober 2020

Органы	Элементы
Мышцы	Zn>Mn=Fe>Cu>Hg>Cd>Co>Pb
Печень	Zn>Fe=Cu>Mn>Hg>Cd>Co>Pb
Почки	Zn>Cu>Mn=Fe>Hg>Cd>Co>Pb
Жабры	Zn>Mn>Fe>Cu>Hg>Cd>Co=Pb
Яичники	Zn>Mn=Fe>Cu>Pb>Co>Hg=Cd
Семенники	Zn>Mn=Fe>Cu>Pb>Co>Hg>Cd
Позвонки	Zn>Mn>Fe>Cu=Hg>Cd>Co>Pb

Заключение

Рассмотренный характер накопления металлов в органах щуки из устьев-ного участка р. Томи в общих чертах схож с таковым для пресноводных рыб в целом. Выявленные различия между концентрацией ряда металлов в рыбах осенней и весенней групп связаны, вероятно, с большей концентрацией элементов в воде реки в период осенней межени, а также с особенностями физиологического состояния рыб в конце

летне-осеннего нагула – с одной стороны, и в период нереста и последующие за ним дни – с другой стороны. Сравнительно низкое содержание металлов в органах щуки обоих выборок косвенно свидетельствует о невысокой концентрации этих элементов в среде обитания рыб реки. Факт снижения содержания металлов в Томи за последние годы показан в работах [Папина, Третьякова, 1997; Попов, Трифонова, 2007; Румак, 2016; Попов и др., 2018].

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declares that he has no conflict of interest.

Список литературы

1. Гилева Т.А., Зиновьев Е.А., Костицына Н.В. Содержание тяжелых металлов в органах и тканях рыб, обитающих в разнотипных водоемах Пермского края // Аграр. вестн. Урала. 2014. № 8. С. 73–77.
2. Давыдова О.А., Климов Е.С., Ваганова Е.С., Ваганов А.С. Влияние физико-химических факторов на содержание тяжелых металлов в водных экосистемах. Ульяновск: Изд-во УлГТУ, 2014. 167 с.
3. Евтушенко Н.Ю., Дудник С.В. Механизмы поступления, распределения и выведения металлов из организма рыб // Гидробиологический журнал. 2014. Вып. 50, № 4. С. 63–77.
4. Зотина Т.А., Трофимова Е.А., Дементьев Д.В., Болсуновский А.Я. Возрастная зависимость накопления ^{137}Cs щукой *Esox lucius* в р. Енисей // Докл. РАН. 2016. Т. 468, № 4. С. 474–477.
5. Кораблина И.В., Барабашин Т.О., Геворкян Ж.В., Евсеева А.И. Тяжёлые металлы в органах и тканях промысловых рыб пресноводных объектов Северо-Кавказского региона // Труды ВНИРО. 2019. Т. 177. С. 151–166.
6. Моисеенко Т.И., Гашкина Н.А. Биоаккумуляция ртути в рыбах как индикатор уровня загрязнения вод // Геохимия. 2016. № 6. С. 495–504.

7. Моисеенко Т.И., Давыдова О.А., Климов Е.С., Ваганова ИО, Ваганов А.С. Влияние физико-химических факторов на содержание тяжелых металлов в водных экосистемах. Ульяновск: УлГТУ, 2014. 167 с.

8. Папина Т.С., Третьякова Е.И. Гидрохимическое состояние и качество поверхностных вод бассейна Томи // Обской вестник. 1997. № 1. С. 27–36.

9. Пасюкова Н.Г. Биологическая роль, функции микроэлементов и их токсическое действие на организмы рыб // Рыбохозяйственное образование Камчатки в XXI веке. Петропавловск-Камчатский, 2002. С. 139–142.

10. Попов П.А. К экологии щуки реки Оби // Известия АО РГО. 2021. №1. С. 76–90.

11. Попов П.А., Андросова Н.А., Попов В.А. Характер накопления металлов в рыбах Средней Оби // Журнал прикладной экологии. 2019. № 4. С. 51–56.

12. Попов П.А., Андросова Н.В. Содержание тяжелых металлов в мышечной ткани рыб из водоемов бассейна реки Оби // Вестник ТГУ. Биология. 2014. № 4. С. 122–136.

13. Попов П.А., Андросова Н.В., Попов В.А. К характеристике накопления ТМ в стерляди Ср. Оби // Вестник Якутского госуниверситета. 2021. №1. С. 15–24.

14. Попов П.А., Н.В. Андросова, В.А. Попов Содержание металлов в рыбах устья реки Томи (Верхняя Обь) // Российский журнал прикладной экологии. 2018. № 1. С 35–38.

15. Попов П.А., Трифонова О.В. Содержание и характер накопления металлов в рыбах р. Томи // Сибирский. экологический журнал. 2007. Т. 14, №. 6. С. 961–967.

16. Румак А.В. Химсостав реки Томь в районе Лагерного сада (г. Томск). Томск: ТПИ, 2016. 68 с.

17. Санитарные правила и нормы 2.3.2.560-960. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов. М.: Изд-во «Деловой центр», 1997. 269 с.

18. Соболев К.Д. Особенности накопления тяжелых металлов в органах и тканях рыб различных экологических групп // Современные проблемы водной токсикологии. Борок: ИБВВ РАН, 2005. С. 128–129.

19. Герентьев П.М., Кашулин Н.А. Проблема ртутного загрязнения Арктики на примере рыб водоемов Мурманской области // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты: 2 Междунар. Симпозиум (21–25 сентября 2015 г., Новосибирск). Новосибирск, 2015. С. 332–335.

20. Тяптиргянов М.М., Тяптиргянова В.М. Эколого-биологический анализ накопления ртути в органах и тканях пресноводных рыб Якутии // Ртуть в биосфере: эколого-

геохимические аспекты: 2 Междунар. Симпозиум (21–25 сентября 2015 г., Новосибирск). Новосибирск, 2015. С. 357–361.

21. Экология рыб Обь-Иртышского бассейна / Ред. Д. С. Павлов, А. Д. Мочек. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 596 с.

22. Ajima M.N., Nnodi P.C., Ogo O.A., Adaka G.S., Osuigwe D.I., Njoku D.C. Bioaccumulation of heavy metals in Mbaa River and the impact on aquatic ecosystem // Environ. Monit. and Assess. 2015. Vol. 187, № 12. P. 768/1–768/9.

23. Castello L., Zhulidov A.V., Gurtovaya T.Y., Robarts R.D., Holmes R.M., Zhulidov D.A., Lysenko V.S., Spencer R.G. Low and declining mercury in arctic Russian rivers // Environ. Sci. and Technol. 2014. Vol. 48, № 1. P. 747–752.

24. Ceccatto Ana P.S., Testoni, Magalei C., Ignacio Aurea R.A., Santos-Filho M., Malm O., Diez S. Mercury distribution in organs of fish species and the associated risk in traditional subsistence villagers of the Pantanal wetland // Environ. Geochem. and Health. 2016. Vol. 38, № 3. P. 713–722.

25. Walters D.M., Rosi-Marshall E., Kennedy T.A., Cross W.F., Baxter C.V. Mercury and selenium accumulation in the Colorado River food web, Grand Canyon, USA // Environ. Toxicol. and Chem. 2015. Vol. 34, № 10. P. 2385–2394.

References

1. Gileva T.A., Zinov'ev E.A., Kosticyna N.V. Soderzhanie tyazhelyh metallov v organah i tkanyah ryb, obitayushchih v raznotipnyh vodoemah Permskogo kraja [The content of heavy metals in the organs and tissues of fish living in heterogeneous reservoirs of the Perm Territory] // Agrar. vestn. Urala [Agrarian Bulletin of the Urals]. 2014. № 8. P. 73–77. (in Russian).

2. Davydova O.A., Klimov E.S., Vaganova E.S., Vaganov A.S. Vliyanie fiziko-himicheskikh faktorov na sodержanie tyazhelyh metallov v vodnyh ekosistemah [The influence of physical and chemical factors on the content of heavy metals in aquatic ecosystems]. Ul'yanovsk: Izd-vo UIGTU, 2014. 167 p. (in Russian).

3. Evtushenko N.Yu., Dudnik S.V. Mekhanizmy postupleniya, raspredeleniya i vyvedeniya metallov iz organizma ryb [Mechanisms of entrance, distribution and removal of metals from the body of fish] // Gidrobiologicheskij zhurnal [Hydrobiological Journal]. 2014. Vyp. 50, № 4. P. 63–77. (in Russian).

4. Zotina T.A., Trofimova E.A., Dement'ev D.V., Bolsunovskij A.YA. Vozrastnaya zavisimost' nakopleniya ¹³⁷Cs shchukoj *Esox lucius* v r. Enisej [Age dependence of the accumula-

tion ^{137}Cs of pike *Esox lucius* in the Yenisei River] // Dokl. RAN [Reports of the Russian Academy of Sciences]. 2016. T. 468, № 4. P. 474–477. (in Russian).

5. Korablina I.V., Barabashin T.O., Gevorkyan ZH.V., Evseeva A.I. Tyazhyolye metally v organah i tkanyah promyslovyh ryb presnovodnyh ob"ektov Severo-Kavkazskogo regiona [Heavy metals in the organs and tissues of commercial fish of freshwater objects of the North Caucasus region] // Trudy VNIRO [Works VNIRO]. 2019. T. 177. P. 151–166. (in Russian).

6. Moiseenko T.I., Gashkina N.A. Bioakkumulyatsiya rtuti v rybah kak indikator urovnya zagryazneniya vod [Bioaccumulation of mercury in fish as an indicator of the level of water pollution] // Geokhimiya [Geochemistry]. 2016. № 6. P. 495–504. (in Russian).

7. Moiseenko T.I., Davydova O.A., Klimov E.S., Vaganova IO, Vaganov A.S. Vliyaniye fiziko-himicheskikh faktorov na sodержaniye tyazhelykh metallov v vodnykh ekosistemakh [Influence of physicochemical factors on the content of heavy metals in aquatic ecosystems]. Ul'yanovsk: UIGTU, 2014. 167 p. (in Russian).

8. Papina T.S., Tret'yakova E.I. Gidrokhimicheskoye sostoyaniye i kachestvo poverhnostnykh vod bassejna Tomi [Hydrochemical condition and quality of surface waters of the Tomsk basin] // Obskoj vestnik [Ob Bulletin]. 1997. № 1. P. 27–36. (in Russian).

9. Pasyukova N.G. Biologicheskaya rol', funktsii mikroelementov i ih toksicheskoye deystviye na organizmy ryb [The biological role, functions of micro elements and their toxic effects on fish organisms] // Rybohozyajstvennoye obrazovaniye Kamchatki v XXI veke [Kamchatka fishery formation in the XXI century]. Petropavlovsk-Kamchatskiy, 2002. P. 139–142. (in Russian).

10. Popov P.A. K ekologiyi shchuki reki Obi [To the ecology of the pike of the Ob River] // Izvestiya AO RGO [Bulletin of the Altai Regional Branch of the Russian Geographical Society]. 2021. №1. P. 76–90. (in Russian).

11. Popov P.A., Androsova N.A., Popov V.A. Harakter nakopleniya metallov v rybah Srednej Obi [The character of the accumulation of mercury in fish of the Ob River] // Zhurnal prikladnoj ekologiyi [Russian Journal of Applied Ecology]. 2019. № 4. P. 51–56. (in Russian).

12. Popov P.A., Androsova N.V. Soderzhanie tyazhelykh metallov v myshechnoy tkani ryb iz vodoemov bassejna reki Obi [The content of heavy metals in the muscle tissue of fish from water bodies of the Ob River basin] // Vestnik TGU. Biologiya [Bulletin of Tomsk State University. Biology]. 2014. № 4. P. 122–136. (in Russian).

13. Popov P.A., Androsova N.V., Popov V.A. K harakteristike nakopleniya TM v sterlyadi Sr. Obi [To the characteristics of the accumulation of TM in starlet of the Upper Obi] //

Vestnik Yakutskogo gosuniversiteta [Bulletin of Yakutsk State University]. 2021. №1. P. 15–24. (in Russian).

14. Popov P.A., N.V. Androsova, V.A. Popov Soderzhanie metallov v rybah ust'ya reki Tomi (Verhnyaya Ob') [Metal content in fish of the mouth of the Tom River (Upper Ob)] // Rossijskij zhurnal prikladnoj ekologii [Russian Journal of Applied Ecology]. 2018. № 1. P. 35–38. (in Russian).

15. Popov P.A., Trifonova O.V. Soderzhanie i harakter nakopleniya metallov v rybah r. Tomi [The content and nature of the accumulation of metals in fish of the river Tom] // Sibirskij. ekologicheskij zhurnal [Siberian Ecological Journal]. 2007. T. 14, №. 6. P. 961–967. (in Russian).

16. Rumak A.V. Himsostav reki Tom' v rajone Lagernogo sada (g. Tomsk) [Chemical composition of the Tom river in the area of the Camp Garden (Tomsk)]. Tomsk: TPI, 2016. 68 p. (in Russian).

17. Sanitarnye pravila i normy 2.3.2.560-960. Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu i bezopasnosti prodovol'stvennogo syr'ya i pishchevyh produktov [Sanitary rules and norms (SanPiN) 2.3.2.560-960. Hygienic requirements for the quality and safety of food raw materials and food products]. M.: Izd-vo «Delovoj centr», 1997. 269 p. (in Russian).

18. Sobolev K.D. Osobennosti nakopleniya tyazhelyh metallov v organah i tkanyah ryb razlichnyh ekologicheskikh grupp [The problem of mercury pollution of the Arctic on the example of fish reservoirs of the Murmansk region] // Sovremennye problemy vodnoj toksikologii [Modern problems of aquatic toxicology]. Borok: IBVV RAN, 2005. P. 128–129. (in Russian).

19. Terent'ev P.M., Kashulin N.A. Problema rtutnogo zagryazneniya Arktiki na primere ryb vodoemov Murmanskoy oblasti [The problem of mercury pollution in the Arctic on the example of fish reservoirs of the Murmansk region] // Rtut' v biosfere: ekologo-geohimicheskie aspekty: 2 Mezhdunar. Simpozium (21–25 sentyabrya 2015 g., Novosibirsk) [Mercury in the biosphere: Ecological and geochemical aspects: 2 International. Symposium (Sept. 21–25, 2015)]. Novosibirsk, 2015. P. 332–335. (in Russian).

20. Tyaptirgyanov M.M., Tyaptirgyanova V.M. Ekologo-biologicheskij analiz nakopleniya rtuti v organah i tkanyah presnovodnyh ryb Yakutii [Ecological and biological analysis of mercury accumulation in the organs and tissues of freshwater fish of Yakutia] // Rtut' v biosfere: ekologo-geohimicheskie aspekty: 2 Mezhdunar. Simpozium (21–25 sentyabrya 2015 g., Novosibirsk) [Mercury in the biosphere: Ecological and geochemical aspects: 2 International. Symposium (Sept. 21–25, 2015)]. Novosibirsk, 2015. P. 357–361. (in Russian).

21. Ekologiya ryb Ob'-Irtyskogo bassejna [Ecology of fish of the Ob-Irtysk basin] / Ed. D. S. Pavlov, A. D. Mochek. M.: Tovarishestvo nauchnyh izdaniy KMK, 2006. 596 p. (in Russian).

22. Ajima M.N., Nnodi P.C., Ogo O.A., Adaka G.S., Osuigwe D.I., Njoku D.C. Bioaccumulation of heavy metals in Mbaa River and the impact on aquatic ecosystem // *Environ. Monit. and Assess.* 2015. Vol. 187, № 12. P. 768/1–768/9.

23. Castello L., Zhulidov A.V., Gurtovaya T.Y., Robarts R.D., Holmes R.M., Zhulidov D.A., Lysenko V.S., Spencer R.G. Low and declining mercury in arctic Russian rivers // *Environ. Sci. and Technol.* 2014. Vol. 48, № 1. P. 747–752.

24. Ceccatto Ana P.S., Testoni, Magalei C., Ignacio Aurea R.A., Santos-Filho M., Malm O., Diez S. Mercury distribution in organs of fish species and the associated risk in traditional subsistence villagers of the Pantanal wetland // *Environ. Geochem. and Health.* 2016. Vol. 38, № 3. P. 713–722.

25. Walters D.M., Rosi-Marshall E., Kennedy T.A., Cross W.F., Baxter C.V. Mercury and selenium accumulation in the Colorado River food web, Grand Canyon, USA // *Environ. Toxicol. and Chem.* 2015. Vol. 34, № 10. P. 2385–2394.

METALS CONTENT IN THE PIKE (*ESOX LUCIUS*) OF THE MOUTH TOM RIVER (THE UPPER OB RIVER)

P. A. Popov¹, N. V. Androsova², V. A. Popov³

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Novosibirsk Branch, Novosibirsk,

²Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of the Russian, Novosibirsk,

³Tomsk State University, Tomsk,

E-mail: popov@iwep.nsc.ru, androsovanv@igm.nsc.ru, mtvpopov@sibmail.com

*In this article presents the results of the content heavy metals (Mn, Fe, Cu, Zn, Cd, Co, Hg, Pb) in the organs (muscle, liver, kidneys, gills, ovaries, testes, vertebrae) of pike (*Esox lucius*) from of the mouth river Tom (The largest in flow of Upper Ob river). The chemical analysis of samples by the method of atomic absorption was studied in the laboratory of isotope-geochemical methods of The Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. Analysis shows a relatively low content studied metals in the pike organs, including muscle tissue. When comparing the results by seasonal samples of fish were identified statistically differences in the metals accumulation in organs of pike caught autumn 2020 and spring 2021 especially in the ovaries and testes.*

Keywords: The mouth Tom river; pike (*Esox lucius*); metals.

Received December 11, 2021

Сведения об авторах

Попов Петр Алексеевич – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 630090, г. Новосибирск, Морской пр-т, 2. E-mail: popov@iwep.nsc.ru.

Андросова Наталья Валерьевна – ведущий инженер Института геологии и минералогии СО РАН. Россия, 630090, г. Новосибирск, пр-т акад. Коптюка, 3. E-mail: androsovanv@igm.nsc.ru.

Попов Виктор Алексеевич – инженер-исследователь Национального исследовательского Томского государственного университета. Россия, 634050, г. Томск, пр-т Ленина, 36. E-mail: mtvpopov@sibmail.com.

Information about the authors

Popov Petr A. – Dr Sc. in Biology, the conducting scientific worker of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS), Siberian Branch. 2, Morskoi Av., 630090 Novosibirsk, Russia. E-mail: popov@iwep.nsc.ru.

Androsova Natalya V. – Senior engineer of the Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences. 3, Acedemika Koptyuga Av., 630090 Novosibirsk, Russia. E-mail: androsovanv@igm.nsc.ru.

Popov Victor A. – Engineer-researcher of the Tomsk State University. 36, Lenina Av., 634050 Tomsk, Russia. E-mail: mtvpopov@sibmail.com.