



© В. И. Лошенко, А. Е. Просенко, Л. Н. Сивохина, А. В. Сахаров

DOI: [10.15293/2226-3365.1703.13](https://doi.org/10.15293/2226-3365.1703.13)

УДК 574.522 + 597.423 + 611.34 + 57.044

## ВЛИЯНИЕ АЦЕТАТА СВИНЦА НА СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ ОРГАНИЗАЦИЮ ОРГАНОВ ПЕРЕДНЕЙ И СРЕДНЕЙ КИШКИ СИБИРСКОГО ОСЕТРА

В. И. Лошенко, А. Е. Просенко, Л. Н. Сивохина, А. В. Сахаров (Новосибирск, Россия)

**Проблема и цель.** Перманентное поступление в водоемы токсичных веществ в сублетальных для гидробионтов концентрациях может оставаться длительное время незаметными для природоохранных служб, что негативно сказывается на состоянии водных биоресурсов. Несмотря на то, что свинец является типичным представителем тиоловых ядов, патогенетические механизмы токсического действия этого металла описаны лишь фрагментарно и требуют изучения на молекулярно-генетическом, клеточном и тканевом уровнях. Целью работы стало изучение особенностей организации желудка и спиральной кишки сибирского осетра при экспериментальном моделировании хронической интоксикации ацетатом свинца.

**Методология.** Объектом исследований служили желудок и спиральная кишка сибирского осетра. Все образцы фиксировали в 10%-м растворе формалина и проводили по стандартной методике. Обзорные препараты окрашивали гематоксилином Бёмера и эозином. Суммарные кислые гликозаминогликаны выявляли реакцией по методу Стидмена. Распределение коллагена в тканях желудка и спиральной кишки определяли по методу Маллори. Гистологические препараты изучали в проходящем свете с использованием микроскопа Axio Imager.M2 (CARL ZEISS, Германия).

**Результаты.** При экспериментальном моделировании хронической интоксикации ацетатом свинца желудок и спиральная кишка характеризуются дифференциальным уровнем нарушения их структурной и функциональной организации.

---

**Лошенко Виталина Игоревна** – кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии и методики обучения биологии, Новосибирский государственный педагогический университет.

E-mail: [vitalina\\_loshenk@mail.ru](mailto:vitalina_loshenk@mail.ru)

**Просенко Александр Евгеньевич** – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой химии, Новосибирский государственный педагогический университет.

E-mail: [chemistry@ngs.ru](mailto:chemistry@ngs.ru)

**Сивохина Любовь Николаевна** – кандидат педагогических наук, заведующая лабораторией воспроизводства водных биоресурсов, Новосибирский государственный педагогический университет.

E-mail: [zoology@rambler.ru](mailto:zoology@rambler.ru)

**Сахаров Андрей Валентинович** – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой зоологии и методики обучения биологии, Новосибирский государственный педагогический университет.

E-mail: [asakharov142@rambler.ru](mailto:asakharov142@rambler.ru)



**Заключение.** Авторами отмечается, что с точки зрения фундаментальной биологии, изучение особенностей организации органов пищеварительной системы сибирского осетра при экспериментальном моделировании хронической интоксикации ацетатом свинца позволяет уточнить имеющиеся представления о патогенетических механизмах отравлений, заболеваниях химической этиологии и приблизиться к решению проблемы управления процессами детоксикации в организме рыб.

**Ключевые слова:** осетр; ацетат свинца; интоксикация; гистология; желудок; кишечник; эпителий; экологические факторы.

### Постановка проблемы

Исследование перераспределения металлов в воде и тканях рыб является одним из приоритетных направлений прикладной биологии<sup>1</sup> [2; 5–6; 10; 12; 15–16; 22; 29]. Перманентное поступление в водоемы токсичных веществ в сублетальных для гидробионтов концентрациях могут оставаться длительное время незаметными для природоохранных служб, что негативно сказывается на состоянии водных биоресурсов<sup>2</sup> [9; 14; 16–17; 21; 24–25; 28]. Несмотря на то, что свинец является типичным представителем тиоловых ядов<sup>3</sup> и его токсические эффекты подробно изучены<sup>4</sup> [1; 3; 9; 13; 27], патогенетические механизмы токсического действия этого металла описаны лишь фрагментарно и требуют изучения на молекулярно-генетическом, клеточном и тканевом уровнях.

Сложность исследований объясняется тем, что в патогенезе отравлений тиоловыми ядами и функциональных нарушений орга-

низма тесно сочетаются специфические и неспецифические реакции клеток тканей, экспонированных данными элементами<sup>5</sup> [1–2; 10; 20]. При этом специфические реакции избирательной токсичности металлов обусловлены блокированием не только сульфгидрильных групп различных ферментов, но и аминных, карбоксильных и других группировок белков, а также низкомолекулярных тиолов, выполняющих роль кофакторов или входящих в состав простатических групп различных ферментных систем [8–9; 11; 19; 30].

**Целью** исследования стало изучение морфофункциональной характеристики желудка и спиральной кишки сибирского осетра при экспериментальном моделировании хронической интоксикации ацетатом свинца.

### Материалы и методы

Исследования проводились на базе научно-образовательного центра «Экспериментальная и прикладная биология» ФГБОУ

<sup>1</sup> Лошенко В. И. Оценка содержания металлов в поверхностных водах акватории приплотинного участка Новосибирской ГЭС // Молодежь XXI века: образование, наука, инновации: материалы II Всероссийской студенческой науч.-практ. конф. с междунар. участием (Новосибирск, 20–22 ноября 2013 г.): в 3 ч. – Новосибирск: НГПУ, 2013. – Ч. 1. – С. 24–26.

<sup>2</sup> Bjerregaard P., Andersen B. I. Ch., Andersen O. Chapter 21 – Ecotoxicology of Metals – Sources, Transport, and Effects on the Ecosystem // Handbook on the Toxicology

of Metals (Fourth Edition). – 2015. – Vol. 1. – P. 425–459. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59453-2.00021-4>

<sup>3</sup> Куценко С. А. Основы токсикологии: учебное пособие. – М.: Фолиант, 2004. – 570 с.

<sup>4</sup> Моисеенко Т. И. Водная токсикология. Теоретические и прикладные аспекты: учеб. – М.: Наука, 2009. – 400 с.

<sup>5</sup> Elder A., Gunnar F. Nordberg G. F., Kleinman M M. Chapter 3 – Routes of Exposure, Dose, and Toxicokinetics of Metals // Handbook on the Toxicology of Metals (Fourth Edition). – 2015. – Vol. 1. – P. 45–74. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59453-2.00003-2>

ВО «НГПУ» на сеголетках сибирского осетра (*Acipenser baerii* Brandt, 1869) в осенне-весенние периоды 2012–2017 гг. В настоящее время сибирский осетр включен в Красную книгу Российской Федерации [23] и в Обском бассейне потерян как промысловый ресурс [26].

Дизайн эксперимента включал изучение влияния ацетата свинца на морфофункциональное состояние желудка и спиральной кишки сибирского осетра. С этой целью были сформированы контрольная и опытная группы. Осетры контрольной ( $n = 20$ ) и опытной группы ( $n = 20$ ) получали стандартный корм для осетров Aller Thalassa фирмы Aller Aqua (Дания). Рыбы опытной группы находились в воде с концентрацией ацетата свинца, в четыре раза превышающей предельно допустимую концентрацию (ПДК) (ПДК<sub>Pb</sub> = 0,006 мг/л для водоемов рыбохозяйственного значения)<sup>6</sup>.

На 30-е сутки наблюдения рыб всех групп выводили из эксперимента. Объектами исследований служили образцы желудка и спиральной кишки, которые фиксировали в 10%-м растворе забуференного формалина и проводили по стандартной методике<sup>7</sup>. Серийные срезы толщиной 4–6 мкм изготавливали на ротационном полуавтоматическом микротоме SLEE CUT 5062 (Германия). Обзорные препараты окрашивали гематоксилином Бёмера и эозином. Суммарные кислые гликозаминогликаны (ГАГ) выявляли реакцией по методу Сидмена. Распределение коллагена в тканях исследуемых органов определяли по методу Маллори.

<sup>6</sup> Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения [Электронный ресурс] / Зарег. в Минюсте РФ 9 февраля 2010 г. Рег. № 16326. – URL: <http://www.normacs.ru/Doclist/doc/VFEN.html> (дата обращения: 09.02.2016).

Гистологические препараты изучали в проходящем свете с использованием микроскопа Axio Imager.M2 (CARL ZEISS, Германия). С помощью CCD-камеры (программное обеспечение ZenLite; CARL ZEISS, Германия) осуществляли съемку изображений.

### Результаты и обсуждение

На гистологических срезах желудка осетров контрольной группы идентифицируются слизистая оболочка, мышечная и серозная. Подслизистая основа отсутствует. Слизистая оболочка формирует желудочные ямки<sup>8</sup>, продолжением которых вглубь слизистой оболочки являются кардиальные железы (рис. 1А). Однослойный эпителий слизистой оболочки представлен высокими призматическими клетками, которые располагаются на базальной мембране и имеют характерное для данной ткани полярное строение. Клетки эпителия на апикальном полюсе имеют хорошо развитые микроворсинки, что отчетливо заметно на светооптическом уровне. Подлежащая к эпителию собственная пластинка образована рыхлой неоформленной соединительной тканью.

Клетки эпителия желудка осетров опытной группы по сравнению с контролем имеют признаки низкой функциональной активности. На это указывают слабое базофильное окрашивание цитоплазмы и редукция микроворсинок (рис. 1В). При постановке гистохимической реакции на кислые гликозаминогли-

<sup>7</sup> Семченко В. В., С. А. Барашкова, Артемьев В. Н. Гистологическая техника: учебное пособие. – Омск: Омская медицинская академия, 2006. – 152 с.

<sup>8</sup> Афанасьев Ю. И., Баженов Д. В., Боровая Т. Г., Валькович Э. И. Руководство по гистологии: учебное пособие в 2-х т. – 2-е изд. – СПб.: СпецЛит, 2011. – Т. 2. – 511 с.



каны (ГАГ) и коллаген в собственной пластинке слизистой оболочки желудочных ямок и кардиальных желез выявляются обширные образования соединительной ткани неправильной формы (рис. 1B, 1D). Формирование плотной оформленной соединительной ткани на участке одного из важнейших компартментов, где происходит напряженный трансмембранный перенос веществ из просвета желудка в общий кровоток и из крови в слизистую оболочку указывает на наличие локуса повреждения ионами свинца в собственной пластике слизистой оболочки. Выявленная закономерность дает все основания утверждать, что в желудке транспорт катионов свинца из среды обитания в организм осетра осуществляется не через эпителий слизистой оболочки, а вероятно через жабры и покровы тела. При исследовании структур микроциркуляторного русла собственной пластинки слизистой оболочки желудка в проходящем свете установлено чрезмерное расширение капилляров. В их просвете идентифицируются плазма и клетки крови. Среди последних заметно высокое содержание полиморфноядерных лейкоцитов. Клетки эндотелия выглядят набухшими. Таким образом, снижение функциональной активности эпителиоцитов желудка обусловлено главным образом не прямым повреждением эпителия, а транспортом ионов свинца из общего кровотока и повреждением структур микроциркуляторного русла. На вопрос «Почему поступающие с водой и кормом катионы свинца из среды обитания осетра почти не повреждают чувствительные к дей-

ствию тиоловых ядов клетки эпителия желудка?», однозначно ответить не представляется возможным. Можно полагать, что секретруемые клетками эпителия желудка анионы и катионы вступают в сложные физико-химические взаимодействия с катионами свинца, ограничивают его трансмембранный перенос в клетки эпителия и последующее повреждение субклеточных структур. Однако этот механизм не единственный. Известно, что слизистый секрет желудка в химическом отношении представлен высокополианионными группами протеогликанов, которые взаимодействуют с положительно заряженными катионами свинца и лимитируют их внутриклеточный транспорт [4; 18].

При гистологическом анализе спиральной кишки осетров опытной группы в структуре эпителия обнаружено превышение по сравнению с контролем содержания бокаловидных клеток (рис. 2B). С нашей точки зрения, этот признак является адаптивной тканевой реакцией на поступление катионов свинца в данный отдел желудочно-кишечного тракта. Ограничение внутриклеточных молекулярных маршрутов положительно заряженных ионов металлов за счет их взаимодействия с отрицательно заряженными группировками ГАГ в структуре протеогликановых агрегатов как слизи, синтезируемой бокаловидными клетками, так и гликокаликса эпителиоцитов, является отражением реализации одного из эволюционно сохранившегося механизма защиты организма рыб от отравления катионами металлов.



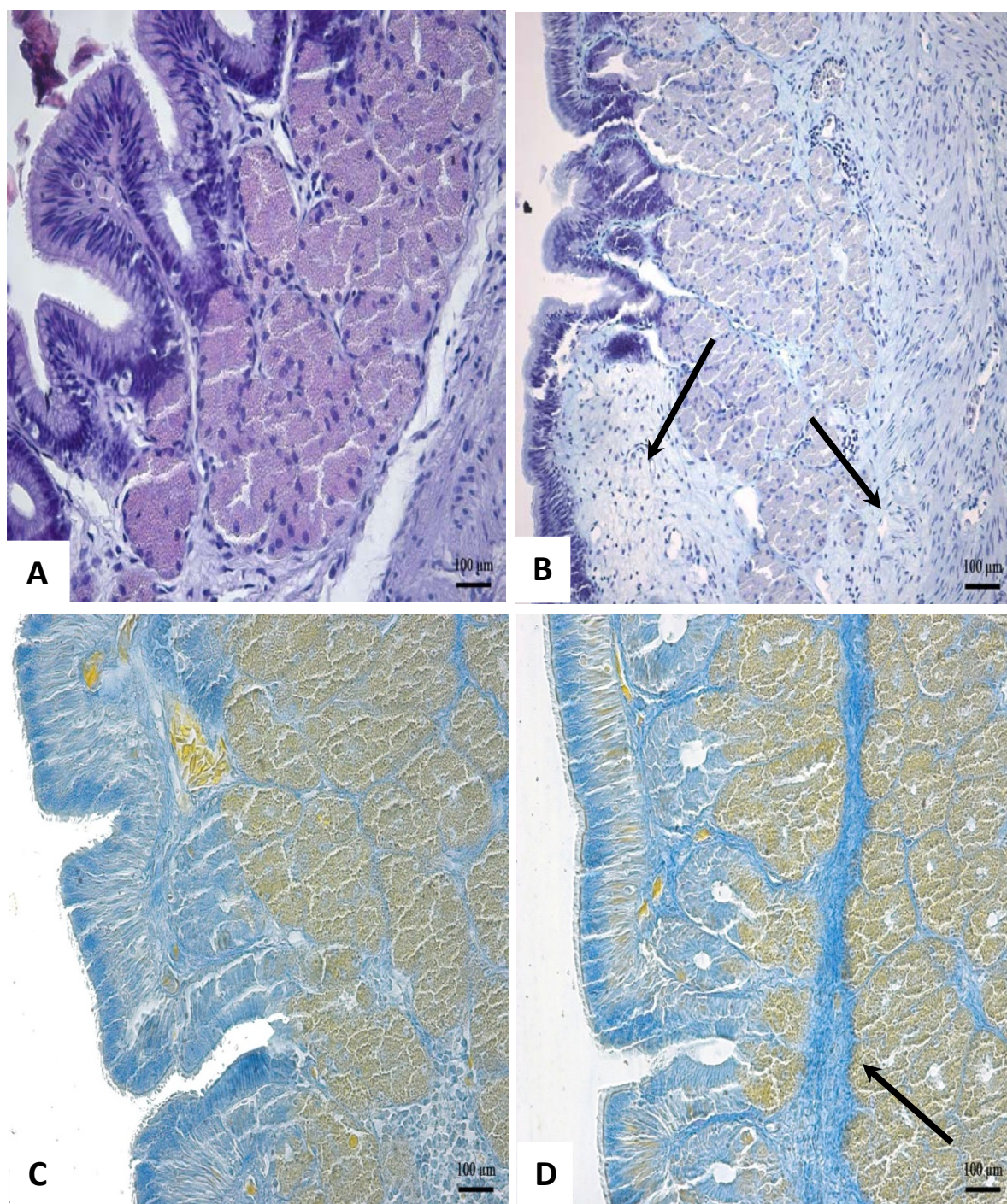


Рис. 1. Кардиальный отдел желудка сибирского осетра

Fig. 1. Cardiac section of stomach of Siberian sturgeon

Примечание. А, С – контрольная группа; В, D – опытная группа. А – окрашивание гематоксилином Бёмера и эозином; В – реакция по методу Сидмена; С, D – реакция по методу Маллори. Стрелкой обозначены обширные участки соединительной ткани неправильной формы.

Note. A, C – control group; B, D – experimental group. A – Staining by Böhmer's hematoxylin and eosin; B – The reaction according by the Stidman method; C, D – The reaction according by the Mallory method. Arrow denotes extensive areas of connective tissue of irregular shape.



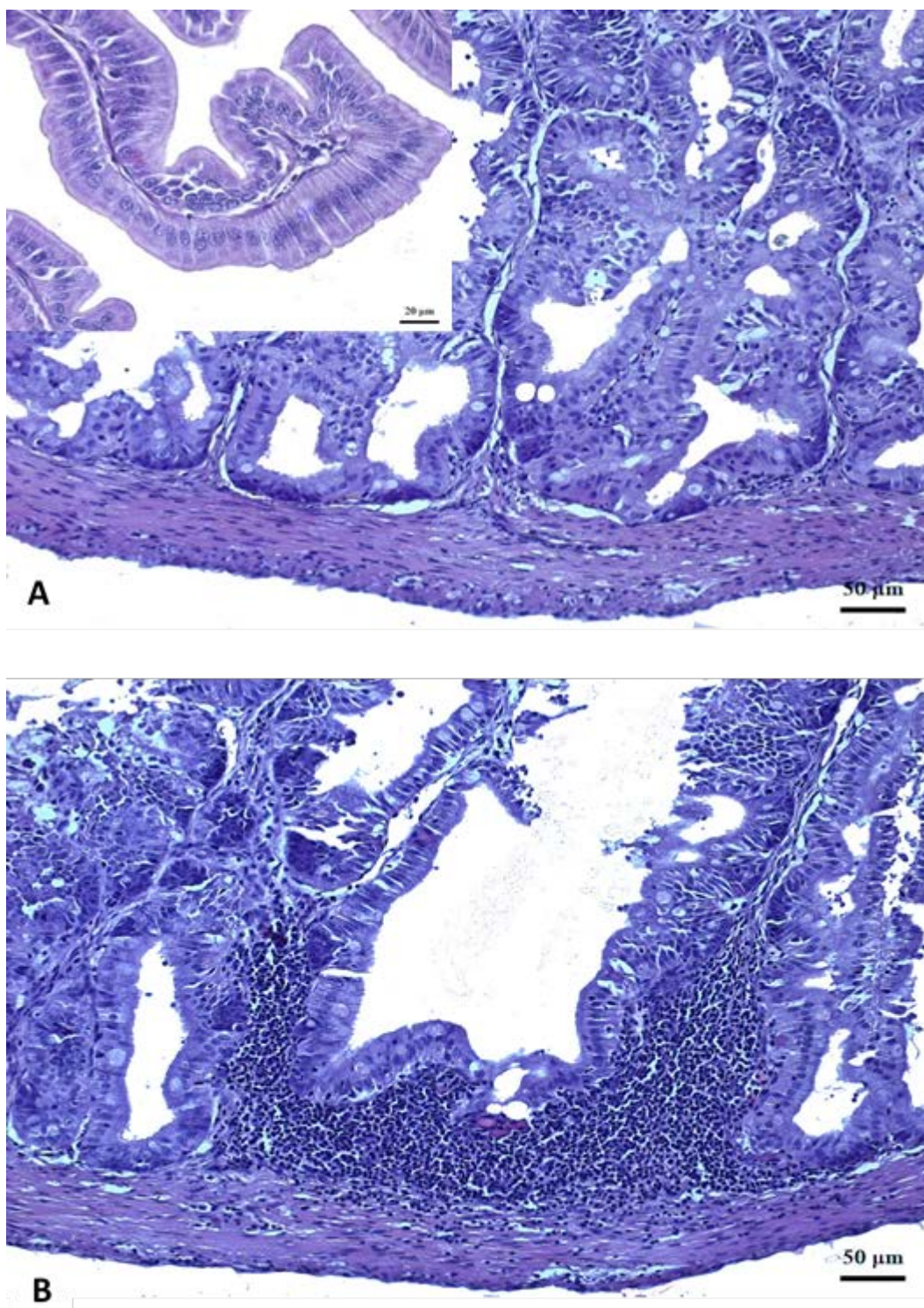


Рис 2. Микрофотография гистологического среза спиральной кишки сибирского осетра

*Fig. 2. Photomicrographs of section of the spiral intestine of Siberian sturgeon*

*Примечание.* А – контрольная группа; В – опытная группа. Окрашивание гематоксилином Бёмера и эозином. Стрелкой обозначены бокаловидные клетки.

*Note.* А – control group; В – experimental group. Staining by Böhmer's hematoxylin and eosin. Arrow denotes goblet cells.

Этот механизм защиты слизистой оболочки кишечника по сравнению с желудком является не совершенным. Наличие в цитоплазме эпителиоцитов крупных и мелких оптически прозрачных вакуолей во всех исследуемых образцах кишечника рыб, экспонированных в среде с высоким уровнем содержания ацетата свинца, указывает на нарушение водно-ионного гомеостаза в клетках эпителия кишечника. Считается, что в структуру белкового Na/K-транспортера, обеспечивающего регуляцию водно-электролитного гомеостаза, входят сульфгидрильные группы, в которых водород легко замещается на ион свинца. Это приводит к изменению конформации данного белка и нарушению его функции [7–8; 11]. На уровне ультраструктуры, обнаруженные в клетке оптически прозрачные вакуоли, вероятно, являются расширенными и заполненными водой мембранами эндоплазматической сети и комплекса Гольджи. В целом в слизистой оболочке спиральной кишки изменения аналогичны описанным ранее в слизистой

оболочке желудка. К особенностям можно отнести более высокий уровень нарушения структурно-функциональной организации. Это проявляется в инфильтрации клетками воспаления собственной пластинки слизистой оболочки кишечных ворсин, усилении тинкториальных свойств стромы при гистохимическом выявлении ГАГ и коллагена, расширение зоны склерозирования.

Таким образом, при экспериментальном моделировании хронической интоксикации организма осетров ацетатом свинца органы передней и средней кишки характеризуются дифференциальным уровнем нарушения их структурной и функциональной организации. С точки зрения фундаментальной биологии, полученные результаты позволяют уточнить имеющиеся представления о патогенетических механизмах отравлений, заболеваниях химической этиологии и приблизиться к решению проблем управления процессами детоксикации рыб.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Alvarez-Lloret P., Lee Ch. M., Conti M. I., Terrizzi A. R., Gonzalez-Lopez S., Martinez M. P. Effects of chronic lead exposure on bone mineral properties in femurs of growing rats // *Toxicology*. – 2017. – Vol. 377. – P. 64–72. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tox.2016.11.017>
2. Doering J. A., Beitel Sh. C., Eisner B. K., Heide T., Hollert H., Giesy J. P., Hecker M., Wiseman S. B. Identification and response to metals of metallothionein in two ancient fishes: White sturgeon (*Acipenser transmontanus*) and lake sturgeon (*Acipenser fulvescens*) // *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*. – 2015. – Vol. 171. – P. 41–48. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2015.03.002>
3. **El-Tantawy W. H.** Antioxidant effects of Spirulina supplement against lead acetate-induced hepatic injury in rats // *Journal of Traditional and Complementary Medicine*. – 2016. – Vol. 6, Issue 4. – P. 327–331. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2015.02.001>
4. **Ghosh S. K., Chakrabarti P.** Histological and histochemical characterization on stomach of *Mystus cavasius* (Hamilton), *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) and *Gudusia chapra* (Hamilton): Comparative study // *The Journal of Basic & Applied Zoology*. – 2015. – Vol. 70. – P. 16–24. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobaz.2015.04.002>
5. **Hauser-Davis R. A., Bordon I. C. A. C., Oliveira T. F., Zioli R. L.** Metal bioaccumulation in edible target tissues of mullet (*Mugil liza*) from a tropical bay in Southeastern Brazil // *Journal of*





- Trace Elements in Medicine and Biology. – 2016. – Vol. 36. – P. 38–43. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2016.03.016>
6. **Jayaprakash M., Senthil Kumar R., Giridharan L., Sujitha S. B., Sarkar S. K., Jonathan M. P.** Bioaccumulation of metals in fish species from water and sediments in macrotidal Ennore creek, Chennai, SE coast of India: A metropolitan city effect // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2015. – Vol. 120. – P. 243–255. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.05.042>
  7. **Karri V., Schuhmacher M., Kumar V.** Heavy metals (Pb, Cd, As and MeHg) as risk factors for cognitive dysfunction: A general review of metal mixture mechanism in brain // *Environmental Toxicology and Pharmacology*. – 2016. – Vol. 48. – P. 203–213. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.etap.2016.09.016>
  8. **Kosak A., Maja Bauman M., Padezник-Gomilsek J., Lobnik A.** Lead (II) complexation with 3-mercaptopropyl-groups in the surface layer of silica nanoparticles: Sorption, kinetics and EXAFS/XANES study // *Journal of Molecular Liquids*. – 2017. – Vol. 229. – P. 371–379. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2016.11.115>
  9. **Mohanty D., Samanta L.** Multivariate analysis of potential biomarkers of oxidative stress in *Notopterus notopterus* tissues from Mahanadi River as a function of concentration of heavy metals // *Chemosphere*. – 2016. – Vol. 155. – P. 28–38. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.04.035>
  10. **Morcillo P., Esteban M. E., Cuesta A.** Heavy metals produce toxicity, oxidative stress and apoptosis in the marine teleost fish SAF-1 cell line // *Chemosphere*. – 2016. – Vol. 144. – P. 225–233. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.08.020>
  11. **Narai-Kanayama A., Hanaishi T., Aso K.** Mechanistic investigation of capability of enzymatically synthesized polycysteine to cross-link proteins // *Biochemistry and Biophysics Reports*. – 2016. – Vol. 7. – P. 338–346. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbrep.2016.07.013>
  12. **Peter D. H., Castella E., Slaveykova V. I.** Lateral and longitudinal patterns of water physico-chemistry and trace metal distribution and partitioning in a large river floodplain // *Science of The Total Environment*. – 2017. – Vol. 587–588. – P. 248–257. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.132>
  13. Santos C. R. D., Cavalcante A. L. M., Hauser-Davis R. A., Lopes R. M., Da Costa Mattos R. D. C. O. Effects of sub-lethal and chronic lead concentrations on blood and liver ALA-D activity and hematological parameters in Nile tilapia // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2016. – Vol. 129. – P. 250–256. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.03.028>
  14. **Scudiero R., Cretì P., Trinchella F., Grazia M.** Esposito Evaluation of cadmium, lead and metallothionein contents in the tissues of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from the Campania coast (Italy): Levels and seasonal trends // *Comptes Rendus Biologies*. – 2014. – Vol. 337, Issue 7–8. – P. 451–458. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crv.2014.05.003>
  15. **Sfakianakis D. G., Renieri E., Kentouri M., Tsatsakis A. M.** Effect of heavy metals on fish larvae deformities: A review // *Environmental Research*. – 2015. – Vol. 137. – P. 246–255. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.12.014>
  16. **Susie Sh.-Y. H., Silas S. O. H., Hing M. Ch.** Maintaining tissue selenium species distribution as a potential defense mechanism against methylmercury toxicity in juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) // *Aquatic Toxicology*. – 2014. – Vol. 156. – P. 88–95. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2014.08.004>
  17. **Tierney K. B.** Chemical avoidance responses of fishes // *Aquatic Toxicology*. – 2016. – Vol. 174. – P. 228–241. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2016.02.021>





18. **Wilson J. M., Castro L. F. C.** 1 – Morphological diversity of the gastrointestinal tract in fishes // *Fish Physiology*. – 2010. – Vol. 30. – P. 1–55. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1546-5098\(10\)03001-3](https://doi.org/10.1016/S1546-5098(10)03001-3)
19. **Winterbourn Ch. C., Hampton M. B.** Thiol chemistry and specificity in redox signaling // *Free Radical Biology and Medicine*. – 2008. – Vol. 45, Issue 5. – P. 549–561. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2008.05.004>
20. **Zee J., Patterson S., Wiseman S., Hecker M.** Is hepatic oxidative stress a main driver of dietary selenium toxicity in white sturgeon (*Acipenser transmontanus*)? // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2016. – Vol. 133. – P. 334–340. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.07.004>
21. **Абдуллаева Н. М., Габитов М. М.** Состояние мембран эритроцитов периферической крови рыб при воздействии тяжелых металлов и сырой нефти // *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки*. – 2011. – № 5. – С. 50–54.
22. **Вундцеттель М. Ф., Кузнецова Н. В.** Содержание тяжелых металлов в органах и тканях рыб реки Яхрома // *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство*. – 2013. – № 2. – С. 155–158.
23. **Ердаков Л. Н., Сахаров А. В., Лошенко В. И.** Список фауны центральной части Западной Сибири: монография. – Новосибирск: Изд. НГПУ, 2013. – 294 с.
24. **Заделёнов В. А.** К характеристике редких видов рыб фауны реки Енисей // *Вопросы рыболовства*. – 2015. – Т. 16, № 1. – С. 24–39.
25. **Интересова Е. А.** Чужеродные виды рыб в бассейне Оби // *Российский журнал биологических инвазий*. – 2016. – Т. 9, № 1. – С. 83–100.
26. **Интересова Е. А., Сиротин В. В.** Где ты, царь-рыба? // *Наука из первых рук*. – 2011. – № 3. – С. 128–133.
27. **Лошенко В. И., Сахаров А. В., Просенко А. Е.** Экспериментальные подходы к изучению экотоксикологических проблем приплотинного участка Новосибирской гидроэлектростанции // *Экология урбанизированных территорий*. – 2014. – № 1. – С. 59–63.
28. **Моисеенко Т. И.** Влияние геохимических факторов водной среды на биоаккумуляцию металлов в организме рыб // *Геохимия*. – 2015. – № 3. – С. 222–233. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0016752515030097>
29. **Неверова Н. В., Лебедев А. А., Морева О. Ю., Чупаков А. В., Ершова А. А.** Тяжелые металлы в донных отложениях, придонном слое воды и бентосных организмах устьевой части р. Северной Двины // *Вода: химия и экология*. – 2014. – № 4 (70). – С. 3–10.
30. **Скугорева С. Г., Ашихмина Т. Я., Фокина А. И., Лялина Е. И.** Химические основы токсического действия тяжёлых металлов (обзор) // *Теоретическая и прикладная экология*. – 2016. – № 1. – С. 4–13.



DOI: [10.15293/2226-3365.1703.13](https://doi.org/10.15293/2226-3365.1703.13)

Vitalina Igorevna Loshenko, Candidate of Biological Sciences, Associated Professor of Zoology and Biology Teaching Methods Department, Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russian Federation.

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-7137-2424>

E-mail: [vitalina\\_loshenk@mail.ru](mailto:vitalina_loshenk@mail.ru)

Alexandr Evgenievich Prosenko, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of Chemistry Department, Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russian Federation.

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-5167-4094>

E-mail: [chemistry@ngs.ru](mailto:chemistry@ngs.ru)

Lubov Nikolaevna Sivokhina, Candidate of Pedagogical Sciences, Head of Laboratory of Artificial Reproduction of Aquatic Biological Resources, Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russian Federation.

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-5400-2437>

E-mail: [zoology@rambler.ru](mailto:zoology@rambler.ru)

Andrey Valentinovich Sakharov, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of Zoology and Biology Teaching Methods Department, Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russian Federation.

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-5076-2113>

E-mail: [asakharov142@rambler.ru](mailto:asakharov142@rambler.ru)

## The impact of lead acetate on structural and functional organisation of the anterior and middle intestine of the Siberian sturgeon

### Abstract

**Introduction.** Permanent increase of toxic substances in water in sublethal concentrations for hydrobionts for a long time can remain undetected by the nature protection services. It negatively affects the condition of aquatic biological resources. Despite the fact, that lead is a typical thiol poison, pathogenetic mechanisms of the toxic effect of this metal had been described in a fragmentary manner only and require the molecular genetic, cellular and tissue levels study. The aim of the research is to study the peculiarities of organisation of the Siberian sturgeon's stomach and spiral intestine during the experimental modeling of chronic intoxication by lead acetate.

**Materials and Methods.** The object of research was the stomach and spiral intestine of the Siberian sturgeon. All samples were fixed in a 10 per cent formalin solution and carried out according to a standard procedure. The preparations were stained by Böhmer's hematoxylin and eosin. The total acidic glycosaminoglycans were detected by the Stidman method. Collagen distribution in tissues of the stomach and spiral intestine was determined by the Mallory method. Histological specimens were examined in transmitted light using the microscope Axio Imager.M2 (CARL ZEISS, Germany).

**Results.** The Results of the study showed that during the experimental modeling of chronic intoxication by lead acetate, the stomach and spiral intestine are characterized by a differential level of disruption of their structural and functional organization.



**Conclusions.** From the point of view of fundamental biology the authors note, that studying the peculiarities of organisation of the Siberian sturgeon digestive organs using experimental modeling during the process of chronic intoxication by lead acetate allows to clarify the ideas about pathogenetic mechanisms of poisoning and diseases of chemical etiology. This provides a special view on the problem of controlling the detoxification processes in fish.

**Keywords**

Siberian sturgeon; Lead acetate; Intoxication; Histology; Stomach; Intestine; Epithelium; Environmental factors.

**REFERENCES**

1. Alvarez-Lloret P., Lee Ch. M., Conti M. I., Terrizzi A. R., Gonzalez-Lopez S., Martinez M. P. Effects of chronic lead exposure on bone mineral properties in femurs of growing rats. *Toxicology*, 2017, vol. 377, pp. 64–72. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tox.2016.11.017>
2. Doering J. A., Beitel Sh. C., Eisner B. K., Heide T., Hollert H., Giesy J. P., Hecker M., Wiseman S. B. Identification and response to metals of metallothionein in two ancient fishes: White sturgeon (*Acipenser transmontanus*) and lake sturgeon (*Acipenser fulvescens*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 2015, vol. 171, pp. 41–48. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2015.03.002>
3. El-Tantawy W. H. Antioxidant effects of Spirulina supplement against lead acetate-induced hepatic injury in rats. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 2016, vol. 6, no. 4, pp. 327–331. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2015.02.001>
4. Ghosh S. K., Chakrabarti P. Histological and histochemical characterization on stomach of *Mystus cavasius* (Hamilton), *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) and *Gudusia chapra* (Hamilton): Comparative study. *The Journal of Basic & Applied Zoology*, 2015, vol. 70, pp. 16–24. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobaz.2015.04.002>
5. Hauser-Davis R. A., Bordon I. C. A. C., Oliveira T. F., Ziolli R. L. Metal bioaccumulation in edible target tissues of mullet (*Mugil liza*) from a tropical bay in Southeastern Brazil. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 2016, vol. 36, pp. 38–43. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2016.03.016>
6. Jayaprakash M., Senthil Kumar R., Giridharan L., Sujitha S. B., Sarkar S. K., Jonathan M. P. Bioaccumulation of metals in fish species from water and sediments in macrotidal Ennore creek, Chennai, SE coast of India: A metropolitan city effect. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2015, vol. 120, pp. 243–255. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.05.042>
7. Karri V., Schuhmacher M., Kumar V. Heavy metals (Pb, Cd, As and MeHg) as risk factors for cognitive dysfunction: A general review of metal mixture mechanism in brain. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 2016, vol. 48, pp. 203–213. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.etap.2016.09.016>
8. Kosak A., Maja Bauman M., Padeznic-Gomilsek J., Lobnik A. Lead (II) complexation with 3-mercaptopropyl-groups in the surface layer of silica nanoparticles: Sorption, kinetics and EXAFS/XANES study. *Journal of Molecular Liquids*, 2017, vol. 229, pp. 371–379. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2016.11.115>
9. Mohanty D., Samanta L. Multivariate analysis of potential biomarkers of oxidative stress in *Notopterus notopterus* tissues from Mahanadi River as a function of concentration of heavy metals. *Chemosphere*, 2016, vol. 155, pp. 28–38. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.04.035>





10. Morcillo P., Esteban M. E., Cuesta A. Heavy metals produce toxicity, oxidative stress and apoptosis in the marine teleost fish SAF-1 cell line. *Chemosphere*, 2016, vol. 144, pp. 225–233. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.08.020>
11. Narai-Kanayama A., Hanaishi T., Aso K. Mechanistic investigation of capability of enzymatically synthesized polycysteine to cross-link proteins. *Biochemistry and Biophysics Reports*, 2016, vol. 7, pp. 338–346. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbrep.2016.07.013>
12. Peter D. H., Castella E., Slaveykova V. I. Lateral and longitudinal patterns of water physico-chemistry and trace metal distribution and partitioning in a large river floodplain. *Science of the Total Environment*, 2017, vol. 587–588, pp. 248–257. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.132>
13. Santos C. R. D., Cavalcante A. L. M., Hauser-Davis R. A., Lopes R. M., Da Costa Mattos R. D. C. O. Effects of sub-lethal and chronic lead concentrations on blood and liver ALA-D activity and hematological parameters in Nile tilapia. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2016, vol. 129, pp. 250–256. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.03.028>
14. Scudiero R., Cretì P., Trinchella F., Grazia M. Esposito Evaluation of cadmium, lead and metallothionein contents in the tissues of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from the Campania coast (Italy): Levels and seasonal trends. *Comptes Rendus Biologies*, 2014, vol. 337, no. 7–8, pp. 451–458. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crv.2014.05.003>
15. Sfakianakis D. G., Renieri E., Kentouri M., Tsatsakis A. M. Effect of heavy metals on fish larvae deformities: A review. *Environmental Research*, 2015, vol. 137, pp. 246–255. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.12.014>
16. Susie Sh.-Y. H., Silas S. O. H., Hing M. Ch. Maintaining tissue selenium species distribution as a potential defense mechanism against methylmercury toxicity in juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). *Aquatic Toxicology*, 2014, vol. 156, pp. 88–95. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2014.08.004>
17. Tierney K. B. Chemical avoidance responses of fishes. *Aquatic Toxicology*, 2016, vol. 174, pp. 228–241. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2016.02.021>
18. Wilson J. M., Castro L. F. C. 1 – Morphological diversity of the gastrointestinal tract in fishes. *Fish Physiology*, 2010, vol. 30, pp. 1–55. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1546-5098\(10\)03001-3](https://doi.org/10.1016/S1546-5098(10)03001-3)
19. Winterbourn Ch. C., Hampton M. B. Thiol chemistry and specificity in redox signaling. *Free Radical Biology and Medicine*, 2008, vol. 45, no. 5, pp. 549–561. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2008.05.004>
20. Zee J., Patterson S., Wiseman S., Hecker M. Is hepatic oxidative stress a main driver of dietary selenium toxicity in white sturgeon (*Acipenser transmontanus*)? *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2016, vol. 133, pp. 334–340. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.07.004>
21. Abdullaeva N. M., Gabibov M. M. the condition of red cell membranes of fish peripheral blood with the influence of heavy metals and crude oil. *Izvestiya Vuzov. Severo-Kavkazskii Region*, 2011, no. 5, pp. 50–54. (In Russian) URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=17063904>
22. Vundtsettel M. F., Kuznetsova N. V. Heavy metals in the organs and tissues of the Yakhroma river's fishes. *Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*, 2013, no. 2, pp. 155–158. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20244376>
23. Erdakov L. N., Sakharov A. V., Loshenko V. I. *List of the fauna of the central part of Western Siberia*. Novosibirsk, NSPU Publ, 2013. 294 p. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21834967>



24. Zadelenov V. A. To the characteristics of the rare species of fish fauna of the Yenisei River. *Problems of Fisheries*, 2015, vol. 16, no. 1, pp. 24–39. (In Russian) URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=23418973>
25. Interesova E. A. Non-native freshwater fish species in the Ob river basin. *Russian Journal of Biological Invasions*, 2016, no. 1, pp. 83–100. (In Russian) URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=25775007>
26. Interesova E. A., Sirotin V. V. Where are you, king of fish? *Science First Hand*, 2011, no. 3, pp. 128–133. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16528095>
27. Loshenko V. I., Sakharov A. V., Prosenko A. E. Experimental approaches to studying of ecotoxicological problems of the dam site of Novosibirsk hydroelectric power station. *Ecology of Urban Areas*, 2014, no. 1, pp. 59–63. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21674237>
28. Moiseenko T. I. Impact of geochemical factors of aquatic environment on the metal bioaccumulation in fish. *Geochemistry International*, 2015, vol. 53, no. 3, pp. 213–223. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.7868/S0016752515030097>
29. Neverova N. V., Lebedev A. A., Moreva O. Yu., Chupakov A. V., Ershova A. A. Heavy metals in the sediments, bottom water and benthic organisms in the estuary of the Northern Dvina river. *Water: Chemistry and Ecology*, 2014, no. 4, pp. 3–10. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21496911>
30. Skugoreva S. G., Ashihmina T. Ya., Fokina A. I., Lyalina E. I. Chemical grounds of toxic effect of heavy metals (review). *Theoretical and Applied Ecology*, 2016, no. 1, pp. 4–13. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26005563>



This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. (CC BY 4.0).