

© В. И. Лошенко

DOI: 10.15293/2226-3365.1402.17

УДК 59 + 574 + 556

РЕШЕНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ ВОДНОЙ ЭКОЛОГИИ

В. И. Лошенко (Новосибирск, Россия)

*В аквариальных условиях воспроизведена модель перманентного загрязнения акватории приплотинного участка Новосибирской гидроэлектростанции соединениями свинца и установлена роль свободнорадикального механизма в повреждении тканей центральной нервной системы и органов детоксикации осетра при отравлении тиоловыми ксенобиотиками. Представлен морфологический анализ нарушений головного мозга, печени и почек осетра сибирского (*Acipenser baerii*) при затравке ацетатом свинца. Установлено, что использование антиоксиданта «Тиофан» оказывает нейро-, гепато- и нефропротекторный эффекты и может использоваться в качестве средства неспецифической защиты организма рыб при их отравлении соединениями свинца. Полученные результаты обсуждаются с позиции разработки новых методов управления процессами детоксикации в организме рыб при отравлении тиоловыми ядами для решения проблем сохранения и воспроизводства водных биоресурсов.*

Ключевые слова: водная экология, тиоловые яды, река Обь, плотина Новосибирской гидроэлектростанции, осетр сибирский, антиоксидант, детоксикация, печень, почка, головной мозг.

Анализ публикаций, посвященных проблемам сохранения и воспроизводства водных биоресурсов позволяет считать, что в настоящее время многие промысловые виды рыб в акваториях рек Сибирского региона находятся на грани исчезновения [2–5, 8]. Причины снижения численности популяций сиговых и осетровых требуют тщательного анализа, основанного на междисциплинарном подходе с учетом результатов исследований специалистов в области гидробиологии, экологической токсикологии и водной токсикологии.

Зарегулирование русла реки Обь плотинной гидроэлектростанции, а также расположение крупной транспортной развязки в непосредственной близости от акваторий

приплотинного участка определяют высокий уровень антропогенной нагрузки на всех представителей водных экосистем [6–7, 10]. Являясь искусственно созданной человеком преградой на пути нерестовых и нагульных миграций рыб акватория приплотинного участка Новосибирской ГЭС на протяжении многих лет служила местом массового скопления полупроходных и проходных видов рыб [2–3, 8]. По результатам мониторинговых исследований ФГУ «Верхнеобьрыбвод» катастрофическое снижение численности сиговых и осетровых при условии запрета на их вылов позволяет предполагать существование механизмов экотоксичности.

Лошенко Виталина Игоревна – аспирант кафедры зоологии и методики обучения биологии, Новосибирский государственный педагогический университет.

E-mail: vitalina_loshenk@mail.ru

Высокая проходимость транспорта по автомагистрали плотины может являться одним из основных источников поступления продуктов неполного сгорания топлива в окружающую среду, в том числе соединений свинца [1, 7, 9]. С нашей точки зрения, это может являться причиной локального загрязнения русла Оби на приплотинном участке. Это явилось основанием для проверки сформулированной нами гипотезы об участии соединений свинца и других металлов в развитии механизмов экотоксичности.

Результаты исследований по загрязнению тяжелыми металлами акватории реки Обь на приплотинном участке Новосибирской ГЭС в доступных источниках представлены крайне недостаточно, что определяет актуальность углубленного изучения акватории приплотинного участка на содержание элементного состава естественной среды обитания рыб и их тканей с использованием современного аналитического оборудования.

При анализе образцов воды по тридцати металлам таблицы Менделеева лишь по девяти из них было отмечено изменение сезонной динамики их содержания. Полученные результаты в отношении сезонных изменений содержания катионов в акватории приплотинного участка реки Обь и их распределения в тканях рыб различных таксономических групп позволили выявить некоторые особенности, имеющие, с нашей точки зрения, прямое отношение к пониманию механизмов экотоксичности.

В основе первого механизма лежат известные представления о конкурентных взаимоотношениях между элементами. Многие из исследованных нами катионов входят в состав активных центров белков-ферментов или являются их кофакторами. Из полученных данных обращает на себя внимание тот факт, что превышение ПДК или приближение

значений содержания в воде катионов в конце весны – начале лета соответствует периоду размножения многих видов рыб. Считается, что в тканях различных органов рыб цинк находится в конкурентных отношениях с железом и медью, а повышение концентрации железа приводит к снижению содержания меди. А медь и марганец, как известно, являются антагонистами.

В связи с этим при недостатке одних катионов и избыточном поступлении из внешней среды других в результате взаимозамещения их распределение в тканях может изменяться, что создает условия для развития токсического процесса. При отсутствии превышения ПДК свинца в образцах поверхностных вод его максимальные значения регистрируются в апреле, мае и июне. Однако при анализе содержания катионов в тканях рыб различных таксономических групп содержание свинца в весенне-летний период 2012 г. превышает ПДК в тканях органов в следующей последовательности: печень > мозг > почка > кишечник > кожа > жабры. Особенностью является превышение содержания свинца в тканях головного мозга рыб, отловленных в акватории приплотинного участка в течение всего периода наблюдения.

Полученные результаты позволяют считать, что исследуемая акватория представляет собой локальный участок загрязнения соединениями свинца, который не подвергается биотрансформации, а лишь перераспределяется между различными компонентами водной экосистемы.

В связи с тем, что в патогенезе отравлений свинцом тесно сочетаются специфические и неспецифические реакции клеток тканей, экспонированных данным элементом, неспецифические механизмы при отравлении тиоловыми ядами могут вносить существенный вклад в общий механизм интоксикации.

Считается, что повышение активности свободнорадикального перекисного окисления липидов при интоксикации тиоловыми ядами рассматривается в качестве неспецифической реакции организма и требует повышения активности системы антиоксидантной защиты в организме гидробионтов. С нашей точки зрения, недостаток или избыток некоторых металлов, в частности, Mn, Zn, Cu, Fe, входящих в состав активных центров ферментов антиоксидантной защиты, обуславливают депрессию ферментативного звена системы антиоксидантной защиты и развитие окислительного стресса. Познание закономерностей взаимодействия металлов друг с другом по конкурентному ионному механизму значительно расширяет существующие представления о патогенезе интоксикаций при отравлении тиоловыми ядами.

Использование комплексного подхода с применением методов биохимии, морфологии и биофизики для изучения проблемы загрязнения реки Обь тиоловыми ксенобиотиками позволяет сформулировать принципы научно обоснованного подхода к решению проблемы рационального использования, сохранения и воспроизводства водных биоресурсов.

Цель исследования – изучение механизмов экотоксичности и возможности управления токсическим процессом в организме гидробионтов при отравлении тиоловым ядами.

Материалы и методы исследований

Поиск методов управления неспецифическими реакциями организма рыб при отравлении свинцом явился основанием для изучения в условиях эксперимента возможности оптимизации течения свободнорадикальных процессов в организме осетра си-

бирского при экспериментальной заправке ацетатом свинца.

Исследования проводились в лаборатории морфологии Новосибирского государственного педагогического университета на сеголетках осетра сибирского (*Acipenser baerii*) в осенние периоды 2011–2012 гг.

Дизайн эксперимента включал изучение влияния антиоксиданта «Тиофан» на морфофункциональное состояние переднего отдела головного мозга и центральных органов детоксикации осетра сибирского (*Acipenser baerii*) при заправке ацетатом свинца ($Pb(CH_3COO)_2$). С этой целью были сформированы опытная и контрольная группы (n=40). Рыбам опытной группы (n=20) в состав стандартного корма для осетров вводили антиоксидант «Тиофан» в дозе 90 мг/кг. Осетры контрольной группы (n=20) получали стандартный корм для осетров без антиоксиданта «Тиофан». Осетры обеих групп содержали в бассейнах с водой, содержащей ацетат свинца в концентрации 0,4 мг/л (ПДК для содержания свинца в воде соответствует 0,1 мг/л). Животных всех групп планировалось выводить из эксперимента по 6 опытных и контрольных рыб еженедельно в течение трех недель. Однако в первые трое суток погибло 58 % животных контрольной группы. Это явилось основанием для выведения из эксперимента всех оставшихся в живых рыб контрольной группы уже на третьи сутки наблюдения. Для морфологического анализа печень, почки и головной мозг извлекали в течение 1–3 минут после декапитации. Материал фиксировали в десятипроцентном растворе нейтрального формалина, а затем проводили по стандартной методике и заливали в парафиновые блоки. На ротационном микротоме CUT 5062 (Германия) изготавливали серийные срезы толщиной 3–5 мкм. Для получения обзорных препаратов срезы окрашива-

ли гематоксилином и эозином. Суммарные кислые гликозаминогликаны (ГАГ) выявляли альциановым синим по Сиддмену. Распределение коллагена в исследуемых тканях выявляли реакцией по Маллори. Препараты изучали с использованием комплекса оптико-структурного анализа Olympus BH-2 (Япония).

Результаты исследований

При морфогистохимическом анализе препаратов головного мозга осетров контрольной группы, выполненных в сагиттальной плоскости, отчетливо заметно, что в крыше переднего мозга идентифицируются глиальные клетки. Нейроны серого вещества в виде полосатых тел сосредоточены, главным образом, в основании, обонятельных долях и выстилают полости желудочков. При анализе исследуемых образцов обнаружены признаки тотального отека головного мозга.

При реакции на кислые ГАГ в образцах переднего отдела головного мозга рыб контрольной группы обнаруживаются участки, которые характеризуются высоким уровнем содержания кислых ГАГ. С нашей точки зрения, повышенный синтез полианионных макромолекул ГАГ является адаптивной реакцией нервной ткани на повышенное поступление катионов свинца. Наличие повреждения как в сером, так и белом веществе головного мозга осетров контрольной группы может свидетельствовать о наличии системного повреждения нервной ткани при свинцовой интоксикации. У рыб опытной группы в аналогичных образцах мозга, полученных на третьи сутки наблюдения, накопление воды в нервной ткани регистрируется лишь в виде локальных участков среди глии.

Таким образом, результаты морфогистохимического анализа позволяют считать,

что при свинцовой интоксикации отмечаются признаки нарушения структурной организации переднего отдела головного мозга осетров, что, безусловно, должно найти свое отражение в реализации его функций и требует проведения дополнительных исследований.

При морфогистохимическом анализе препаратов почек осетров контрольной группы клетки нефротелия извитых канальцев нефрона характеризуются нарушением полярности строения. Нефроциты образцов опытной группы имеют высокую призматическую форму с отчетливо выраженной щеточной каемкой, интенсивно окрашенной на кислые ГАГ альциановым синим. Как мы полагаем, данные признаки указывают на их высокую функциональную активность, обусловленную повышенным адаптивным синтезом полианионных соединений ГАГ для связывания катионов свинца из первичной мочи. Цитоплазма нефроцитов осетров контрольной группы бледно окрашивается эозином на белки, и в ней заметны многочисленные оптически прозрачные вакуоли, характерные для одной из форм сублетального повреждения – гидропической дистрофии. Считается, что в основе ее морфогенетического механизма лежит нарушение системы базального лабиринта, локализованного в базолатеральном компартменте нефроцитов. В связи с тем, что молекулярными «мишенями» тиоловых ядов являются система энергообеспечения клетки и мембраны органелл, данные вакуоли в нефроцитах могут быть связаны со свободно-радикальным повреждением мембран митохондрий и плазматической мембраны клетки.

В печени рыб контрольной и опытной групп установлены признаки жировой дистрофии гепатоцитов различной степени. У животных обеих групп этот процесс локализован преимущественно в центрлобулярной зоне дольки, представленной светлыми гепа-

тоцитами. Последние, как известно, богаты ферментами детоксикации и инактивации активных кислородных метаболитов. У рыб контрольной группы, по сравнению с опытной, повреждение клеток паренхимы печени характеризуется не только дистрофией, но и фокальным некрозом гепатоцитов с перисинусоидальной инфильтрацией клетками воспаления.

Полученные результаты позволяют считать, что в условиях хронической интоксикации тиоловыми ядами свободнорадикальный механизм повреждения нервной ткани, печени и почек является одним из ведущих в нарушении структуры, а следовательно, и функций центральной нервной системы и органов детоксикации.

Таким образом, перманентное загрязнение акватории приплотинного участка соединениями свинца может рассматриваться в качестве ведущего экотоксического механизма снижения численности популяции осетра сибирского. Использование антиоксиданта

«Тиофан» в аквариальных экспериментах доказывает наличие у данного препарата выраженных нейро-, гепато- и нефропротекторных эффектов, что позволяет позиционировать его как средство неспецифической защиты при отравлении соединениями свинца.

В связи с этим для сохранения популяций особо ценных промысловых видов рыб на акватории приплотинного участка Новосибирской ГЭС предлагается создание особо охраняемой территории с возможностью осуществления подкормки рыб специализированными кормами, содержащими антиоксидантные соединения. В условиях кратковременного, но мощного поступления металлов, например, весной с тальными водами, данный подход позволит рыбам, используя различные стратегии выживания, сохранить способность к миграции на удаленные расстояния от источников загрязнения и вернуться обратно при наступлении благоприятной ситуации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Башкин В. Н., Галиулин Р. В., Галиулина Р. А., Калинина И. Е.** Геоэкологическая оценка путей поступления канцерогенных веществ в окружающую среду // Экология и промышленность России. – 2009. – № 3. – С. 9.
2. **Донченко А. С., Сахаров А. В., Каличкин В. К., Макеев А. А., Петренко П. П., Просенко А. Е., Лошенко В. И., Абрамов А. Л.** Сохранение и воспроизводство водных биологических ресурсов в акваториях рек Сибирского Федерального округа // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2011. – № 7–8 (221). – С. 129–133.
3. **Журавлев В. Б.** К методике изучения численности популяций редких и исчезающих видов рыб // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2012. – Т. 2. – № 23–2. – С. 20–27.
4. **Интересова Е. А., Сиротин В. В.** Где ты, царь-рыба? // Наука из первых рук. – 2011. – Т. 39. – № 3. – С. 128–133.
5. **Исаков П. В.** Сиговые рыбы в Обской губе: половые циклы, состояние жизненно-важных органов : автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Борок, 2009. – 24 с.
6. **Кеберлайн О. В., Сахаров А. В., Макеев А. А., Просенко А. Е., Сафьянов Ю. В.** Инновационная технология управления процессами свободнорадикальной защиты рыб на ранних этапах онтогенеза // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2012. – № 9. – С. 112–117.



7. **Лошенко В. И., Сахаров А. В., Макеев А. А., Просенко А. Е., Передереев В. В., Гриднев Е. Е., Гундарева Е. Ю.** Морфологические подходы в решении региональных проблем водной экологии // Механизмы и закономерности индивидуального развития человека и животных: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Саранск, 11–13 октября 2012). – Саранск. – С. 86–90.
8. **Меньшиков М. И.** Рыбы бассейна реки Оби: моногр. – Пермь: Перм. гос. ун-т, 2011. – 215 с.
9. **Попов П. А., Андросова Н. В.** Индикация экологического состояния водных объектов Сибири по содержанию тяжелых металлов в рыбах // География и природные ресурсы. – 2008. – № 3. – С. 36–41.
10. **Селезнева М. В., Визер А. М., Горцева Д. Б., Еньшина С. А., Малявко С. И., Трифонова О. В.** Покатная миграция рыб через плотину Новосибирской ГЭС // Вестник Курганского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2006. – № 8. – С. 57–60.

© V. I. Loshenko

DOI: 10.15293/2226-3365.1402.17

UDC 59 + 574 + 556

DECISION OF THE REGIONAL PROBLEMS OF AQUATIC ECOLOGY

V. I. Loshenko (Novosibirsk, Russia)

*The model of permanent pollution of the waters of the Novosibirsk hydroelectric power by lead compounds is reproduced and the role of free radical mechanism in tissue injury of the central nervous system and organs of detoxification of sturgeon poisoning with thiol xenobiotics is established. Morphological analysis of brain damage, liver and kidney of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) by lead acetate is carried out. It is established that use of an antioxidant of "Tiofan" provides neuro-, hepato- and nephroprotective effects and can be used as cure of nonspecific protection of an organism of fishes for their poisoning with compounds of lead. The results are discussed from the perspective of the development of new methods of management of processes of detoxification in the organism of fish poisoning with compounds of lead to solve the problems of preservation and reproduction of aquatic biological resources.*

Keywords: aquatic ecology, thiol poisons, Ob river, the dam of the Novosibirsk hydroelectric station, Siberian sturgeon, antioxidant, detoxification, liver, kidney, brain.

REFERENCES

1. Bashkin V. N., Galiulin R. V., Galiulina R. A., Kalinina I. E. Geocological estimation of routes of carcinogenic substances in the environment. *Ecology and industry of Russia*. 2009, vol. 3, pp. 9. (In Russian).
2. Donchenko A. S., Sakharov A. V., Kalichkin V. K., Makeyev A. A., Petrenko P. P., Prosenko A. E., Loshenko V. I., Abramov A. L. Preservation and reproduction of water biological resources in river basins of Siberian federal district. *Siberian journal of agricultural science*. 2011, vol. 7–8 (221), pp. 129–133. (In Russian).
3. Zhuravlev V. B. The methodology for the study of populations of rare and endangered fish species. *Novosibirsk state agrarian University*. 2012, vol. 2, no. 23–2, pp. 20–27. (In Russian).
4. Interesova E. A., Sirotin V. V. Where are you, king of fish? *Science at first hand*. 2011, vol. 39, no. 3, pp. 128–133. (In Russian).
5. Isakov P. V. *Coregonids in the Ob Bay: sexual cycles, the status of vital organs*. The author's abstract of dissertation. Borok, 2009, 24 p. (In Russian).
6. Keberlayn O. V., Sakharov A. V., Makeyev A. A., Prosenko A. E., Safyanov J. V. Innovative technology of processes control for free radical protection of fish in the early stages of ontogenesis. *Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University*. 2012, vol. 9, pp. 112–117. (In Russian).
7. Loshenko V. I., Sakharov A. V., Makeyev A. A., Prosenko A. E., Peredereev V. V., Gridnev E. E., Gundareva E. Yu. Morphological approaches in solving regional problems of aquatic ecology. *Mechanisms and regularities of the development of the individual human and animal*. Materials of Scientifically Conference. Saransk, pp. 86–90. (In Russian).



8. Menshikov M. I. *Fish river basin of the Ob river: the monograph*. Perm, 2011, 215 p. (In Russian).
9. Popov P. A., Androsova N. V. Indication of the ecological state of water bodies of Siberia from the content of heavy metals in fishes. *Geography and natural resources*. 2008, vol. 3, pp. 36–41. (In Russian).
10. Selezneva M. V., Vizer A. M., Gorceva D. B., Enshina S. A., Malyavko S. I., Trifonova O. V. Downstream migration of fish through the dam of the Novosibirsk hydroelectric power station. *Bulletin of Kurgan State University*. 2006, vol. 8, pp. 57–60. (In Russian).

Loshenko Vitalina Igorevna, the post-graduate student, the department of zoology and technique of teaching biology, Novosibirsk State Pedagogical University.

E-mail: vitalina_loshenk@mail.ru