

## ИЗ ОПЫТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ ДЛЯ ДЕТОКСИКАЦИИ МОЛОДИ ОСЕТРА

Э. Г. Спивак

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»),  
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону  
E-mail: spivak\_e\_g@azniirkh.ru*

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследований по стимуляции выведения хлорорганических пестицидов (ХОП) и тяжелых металлов (ТМ) из молоди русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt et Ratzeburg, 1833) с помощью активированного угля (АУ), добавляемого в корм. Установлено, что, наряду с выведением этих токсикантов, использование АУ с кормом препятствовало развитию токсического заболевания. Рекомендовано применение АУ с кормом для выведения ХОП и ТМ из органов и тканей молоди и других видов рыб, а также взрослых особей небольших по размеру видов рыб.

**Ключевые слова:** хлорорганические пестициды, тяжелые металлы, активированный уголь, детоксикация, резистентность, интенсивность дыхания, каротиноиды, сульфгидрильные группы, гематология, гистология

## FROM THE EXPERIENCE OF APPLICATION OF ACTIVATED CARBON FOR DETOXIFICATION OF STURGEON JUVENILES

E. G. Spivak

*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI "VNIRO"),  
Azov-Black Sea Branch of the FSBSI "VNIRO" ("AzNIIRKH"), Rostov-on-Don  
E-mail: spivak\_e\_g@azniirkh.ru*

**Abstract.** In this article, research results concerning facilitation of removal of organochlorine pesticides (OCP) and heavy metals (HM) from the Russian sturgeon juveniles (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt et Ratzeburg, 1833), using activated carbon (AC) added to their feed, are presented. It has been found out that, along with removal of these toxic agents, addition of AC to the feed prevented the development of toxicant-induced disease. Based on the study, AC is recommended for use in fish feed for the purpose of OCP and HM removal from organs and tissues of the juveniles of sturgeons and other fish species, and from the organs and tissues of adult individuals belonging to small-sized fish species.

**Keywords:** organochlorine pesticides, heavy metals, activated carbon, detoxification, resistance, respiration rate, carotenoids, sulfhydryl groups, hematology, histology

### ВВЕДЕНИЕ

На протяжении последних десятилетий в водоемы поступают различные токсиканты. Продвигаясь по трофическим цепям и постепенно загрязняя и отравляя гидроекосистемы, они вредят гидробионтам, в том числе и рыбам. Для снижения или устранения негативного воздействия токсикантов используются различные вещества, в частности биологически активные и другие.

Нами проведены работы по использованию активированного угля в контролируемых условиях для детоксикации молоди осетра.

Активированный уголь (АУ) получают из различных видов органического сырья: торфа, бурого и каменного угля, лигнина и других веществ путем их карбонизации и последующей активации [1]. При подготовке АУ к работе наиболее широко применяется парогазовая активация, в процессе которой в угле происходит развитие пористого пространства. Внутри последнего и сорбируются токсиканты, что резко ограничивает их негативное воздействие.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследований послужили личинки русского осетра из рыбоводного завода Азово-Донского района. Анализ и обработка рыбы проводились согласно методическим рекомендациям И.Ф. Правдина [2]. С помощью хроматографических и атомно-абсорбционных исследований выяснилось, что использованная в работе молодь содержала в себе хлорорганические пестициды (ХОП) и тяжелые металлы. Поэтому целью нашего эксперимента было получение информации, отражающей особенности выведения вышеуказанных токсикантов из осетровой молоди с помощью АУ, добавляемого в корм.

Работы проводили на протяжении 30 суток. Рыбу в опыте кормили стартовым комбикормом СТ-07 с добавкой АУ. В контроле рыбу кормили тем же комбикормом без каких-либо добавок, содержащим, однако, заметные концентрации токсикантов: ХОП — 0,0053 мкг/г; Cu — 15,0 мкг/г, Pb — 1,2 мкг/г, Cd — 0,05 мкг/г и Zn — 25,0 мкг/г сухого вещества. В процессе кормления были использованы методические рекомендации АзНИИРХ [3].

На протяжении опытов температура воды, содержание кислорода в ней, а также значения pH в экспериментальных емкостях были в допустимых пределах.

Оценку результатов эксперимента проводили по следующим показателям:

- хроматографические данные по содержанию ХОП ( $\alpha$ -ГХЦГ,  $\beta$ -ГХЦГ,  $\gamma$ -ГХЦГ, п.п. ДДТ, о.п. ДДД, п.п. ДДД, о.п. ДДЕ, и п.п. ДДЕ) и атомно-абсорбционные по содержанию ТМ (Cu, Zn, Pb и Cd) в корме, органах и тканях рыб;
- интенсивность внешнего дыхания рыб;
- спектрофотометрические данные по содержанию в теле рыб дыхательных пигментов (каротиноидов);
- влажность, содержание липидов, белков и сульфгидрильных (SH-) групп;
- гематологические показатели рыб;
- гистологические показатели рыб;
- прирост и упитанность рыб.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Личинки осетра, использованные в эксперименте, были завезены 4 июня в возрасте 17 суток и представляли собой особей длиной от 19 до 23 мм, массой от 33 до 52 мг. После акклимации в течение 20 дней молодь перед началом эксперимента (24 июня) имела среднюю массу 154,7 мг и средний коэффициент упитанности по Фультону — 0,45. Опыты по кормлению молоди начаты 25 июня. Кормление осуществлялось 5 раз в сутки. Как показали наблюдения, не поедалась в основном незначительная часть корма, которая извлекалась из аквариумов. По мере роста рыба все больше потребляла корма. На 30-е сутки (25 июля) средняя масса молоди и средний коэффициент упитанности по Фультону достигли в опыте 1200 мг и 0,65, в контроле — 940 мг и 0,43, соответственно.

В течение эксперимента часть молоди отошла вследствие необратимых процессов, вызванных интоксикацией.

Как известно, накоплению токсикантов в органах и тканях рыб противостоят процессы их выведения. Об интенсивности таких процессов в эксперименте судили по количеству ХОП и ТМ, выводимых с фекалиями. Эти процессы, их динамика и скорости, с которыми они осуществлялись, были различными и

определялись спецификой действия АУ. Так, использование АУ было эффективным лишь в первой декаде, когда выведение ХОП было максимальным в эксперименте, затем оно последовательно снижалось к концу исследований до наименьшей величины по отношению к контролю. Средние скорости выведения ХОП с фекалиями составляли 0,396 мкг/кг\*сутки, что превышало их значения в контрольном варианте на 37,02 %. В результате выведения из организма ХОП с фекалиями у рыб произошло снижение содержания этих токсикантов в костно-мышечной ткани на 53,3 % по сравнению с контролем и значительно ниже ПДК для пищевых продуктов. Контролируемые токсиканты выводились не только с фекалиями, но и в результате работы почек, с жидкими продуктами метаболизма.

ТМ выводились под воздействием АУ избирательно. Так, задействованные в биологических процессах Cu и Zn обнаружены в костно-мышечной ткани в заметных количествах, Cd и Pb — в минимальных. Причем содержание Pb здесь в 3,5 раза ниже, чем в контроле и дает основание предполагать активное выведение этого металла при подаче АУ с кормом.

Резкого снижения содержания ХОП и ТМ в печени рыб при подаче им с кормом АУ не отмечалось, что, возможно, связано с иным механизмом детоксикации.

Таким образом, АУ способствовал выведению токсикантов. Результатом этого было получение к концу эксперимента чистой костно-мышечной ткани.

О последствиях воздействия токсикантов на молодь осетра можно судить, проанализировав данные о ее функциональном состоянии.

Общим и наиболее характерным признаком отравления является дестабилизация интенсивности внешнего дыхания. В нашем эксперименте этот показатель был одним из наиболее информативных индикаторов энергетических затрат организма, связанных с интенсивностью выведения ХОП и ТМ из организма с фекалиями. Интенсивность внешнего дыхания осетровой молоди определена в пределах 0,4–6,4 мг O<sub>2</sub>/г\*час и не зависела от массы тела и содержания ХОП и ТМ в печени рыб. Этот показатель, характеризующий уровень энергозатрат организма в целом, в основном находился в зависимости от скорости выведения исследуемых токсикантов с фекалиями.

Стимуляция процессов выведения токсикантов из организма рыб с применением АУ сопровождалась значительным (на 78,1 %) усилением интенсивности дыхания к 30-м суткам по сравнению с контролем.

В рамках нашего эксперимента в конце наблюдений в печени рыб содержание ХОП было на 19,5 % выше, чем у рыб контрольного варианта.

В эксперименте представляют также интерес определения содержания в органах молоди осетра общих каротиноидов — дыхательных пигментов, играющих роль в компенсаторном механизме энергообеспечения организма. Проведение этих анализов стало возможным лишь на 30-е сутки исследований, когда масса мальков достигла 0,94–1,20 г и появилась возможность препарирования внутренних органов. В печени исследованных экземпляров рыб общие каротиноиды определены в пределах 0,57–1,27 мкг/мг.

В контрольном варианте, где рыба получала комбикорм, содержащий ХОП, последние накапливались в печени к концу эксперимента до 0,0632 мкг/г, оказывая, очевидно, угнетающее действие на тканевое дыхание этого органа. Об этом свидетельствует низкое содержание в печени общих каротиноидов — 0,57 мкг/мг.

Содержание общих каротиноидов в селезенке рыб дает представление о влиянии АУ на кроветворную функцию этого органа. Содержание каротиноидов в селезенке рыб, получавших АУ, было определено в количестве 6,49 мкг/мг. В состоянии крови рыб отмечено улучшение по сравнению с контролем. В контроле нарушения в составе крови рыб к концу эксперимента прогрессировали на фоне самого низкого содержания каротиноидов в селезенке.

Сколько-нибудь значительной зависимости между содержанием общих каротиноидов в паренхиме печени мальков осетра и содержанием в их органах или выведением из организма ТМ установить не удалось.

Исследование крови в начале эксперимента показало наличие у молоди осетра некоторых патологических нарушений. Так, для клеток красной крови отмечена слабая ахромазия при выраженной полихромии, уплотнение хромативного материала и намечающаяся инвагинация ядер клеток. В белой крови

просматривался начинающийся моноцитоз (около 10 % молодых моноцитов) при снижении количества лимфоцитов. По истечении 30 суток в контрольном варианте вышеуказанные нарушения прогрессировали с появлением новых. В частности, для клеток красной крови, при отсутствии полихромазии, наблюдалась ярко выраженная ахромазия, а также слабый пойкило- и анизоцитоз при наличии кариорексиса, инвагинации и, единично, вакуолизации ядер. В белой крови отмечалось усиление моноцитоза (около 20 % молодых и зрелых моноцитов в равном соотношении) при выравнивании количественного соотношения круглых и овальных тромбоцитов. Все это свидетельствует о развитии у рыб токсического заболевания [4–7]. У мальков, получавших с кормом АУ, зафиксировано лишь незначительное усиление ахромазии и дальнейшее снижение полихромазии для клеток красной крови в сравнении с началом эксперимента, а также начинающийся моноцитоз (около 8 % моноцитов), однако выраженные слабее, чем в контрольном варианте.

К настоящему времени в литературе имеются обширные сведения о накоплении ХОП гидробионтами. При этом официально признано преимущественное их накопление в жировой ткани, гонадах и печени [8–10].

Уровень содержания жира в мальках осетра, рассчитанный в процентах к сухому весу, определен в диапазоне значений от 15,11 % у рыб, получавших с кормом АУ, до 16,33 % в контроле. Следует отметить некоторую тенденцию к снижению уровня липидов в костно-мышечной ткани мальков осетра при подаче им с кормом АУ. Причем довольно низкому уровню жирности у рыб, получавших с кормом АУ, соответствует низкое содержание ХОП (0,0064 мкг/г) в костно-мышечной ткани.

У мальков, получавших с кормом АУ, каких-либо заметных сдвигов в белковом обмене не обнаружено. Количество белка в теле рыб (с АУ) было близким к аналогичному показателю в контроле.

Интегральным показателем направленности окислительно-восстановительных процессов на клеточном уровне является содержание свободных SH-групп в белках. Под воздействием токсикантов часто нарушается белковый и аминокислотный обмен, изменяется направленность окислительно-восстановительных реакций и, вследствие этого, содержание SH-групп в белках. Отклонение по этому показателю у рыб с применением АУ от контрольного было незначительным.

Содержание влаги к 30-м суткам экспозиции у осетровой молодежи в эксперименте определено в диапазоне значений от 81,07 % (с АУ) до 82,12 % в контроле, т. е. отклонение было несущественным.

Гистологическое исследование показало, что применение АУ существенных изменений в структуре внутренних органов молодежи, по сравнению с фоном, не вызвало. При кормлении рыб с применением АУ, а также в контроле основной причиной отхода было общее неблагополучное исходное состояние, приводившее особей с ослабленной резистентностью к некробиотическим изменениям и гибели. Кроме того, как известно из литературы, даже весьма значительные концентрации ХОП оказываются слаботоксичными в период развития личинок осетровых, пока основным источником энергии служат углеводы. Однако после перехода на активное питание, когда основным источником энергии для роста и развития личинок становится поступающий с пищей жир, токсичность пестицидов увеличивается до уровня, полностью блокирующего трикарбоновый цикл, вызывая их гибель, достигающую 100 % [11].

У рыб, получавших АУ, структурное состояние носило выраженный положительный характер, однако содержание жира в печеночной ткани здесь оказалось несколько выше, чем в контроле.

К концу эксперимента средняя масса рыб и их упитанность были выше у особей, получавших АУ по сравнению с контролем.

Таким образом, применение АУ с кормом препятствовало развитию токсического заболевания.

В дополнение к полученным данным интересно отметить, что в экспериментах по кормлению бычков-сирманов (преимущественно половозрелых особей) кормом с добавлением АУ отмечены: четкое снижение ХОП в мозге, печени и фекалиях; нормализация расхода кислорода на внешнее дыхание, увеличение содержания общих каротиноидов в селезенке и печени. Гематологические исследования обнаружили положительные изменения в состоянии рыб. Все это способствовало улучшению функционального состояния рыб до нормального [12].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

АУ непосредственно не участвует в ходе биохимических процессов, эффект действия в эксперименте основан на его адсорбционных возможностях.

Исследования показали, что ранняя молодь русского осетра обладает природной способностью выводить ХОП и ТМ из организма с фекалиями.

При применении АУ выведение ХОП из организма рыб с фекалиями в течение эксперимента последовательно снижалось от самого высокого на 10-е сутки до самого низкого в конце наблюдений. Средняя скорость выведения ХОП здесь превышала значения в контроле на 37,02 %. В результате специфики действия АУ в качестве антидота снижение содержания в печени ХОП не произошло. Однако для костно-мышечной ткани рыб отмечено значительное уменьшение содержания этой группы токсикантов (до 0,0064 мкг/г) по сравнению с контролем при одновременном снижении содержания в ней липидов. Из ТМ здесь наиболее интенсивно выводился Pb: на 40 % интенсивнее, чем в контрольном варианте.

Таким образом, АУ способствовал интенсификации естественного процесса выведения токсикантов с продуктами метаболизма и может быть рекомендован для выведения ХОП и ТМ из тканей молоди и других видов рыб, а также взрослых особей рыб небольших размеров по своей природе.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рекомендации по применению активных углей для детоксикации почв, загрязненных остатками пестицидов. Краснодар, 1990. 12 с.
2. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность, 1966. 376 с.
3. Абросимова Н.А., Галыгин Е.А., Белов Е.Г., Сафонова М.В. Инструкция по бассейновому выращиванию молоди осетровых на предприятиях Азово-Донского района с использованием стартового комбикорма Ст-Аз. Ростов-н/Д., 1989. 24 с.
4. Житенева Л.Д., Полтавцева Т.Г., Рудницкая О.А. Атлас нормальных и патологически измененных клеток крови рыб. Ростов-н/Д.: Ростов. книж. изд-во, 1989. 111 с.
5. Комаровский Ф.Я. Экспериментальное исследование токсичности комплексного препарата «Монурон» для рыб в условиях хронического эксперимента // Экспериментальная водная токсикология. Рига: Зинатне, 1972. Вып. 3. С. 17–23.
6. Помазовская И.В., Рыжкова А.М. Влияние некоторых потенциальных пестицидов, содержащихся в стоках целлюлозно-бумажных предприятий, по гематологическим показателям, на рыб // Экспериментальная водная токсикология. Рига: Зинатне, 1976. Вып. 6. С. 132–138.
7. Kodama M., Agata T., Yamamori K. Hemolysis of erythrocytes of rainbow trout *Salmo gairdneri* exposed to zinc polluted water // Bull. Lap. Soc. Sci. Fish, 1982. Vol. 48, no. 4. P. 593.
8. Метелев В.В., Комаровский Ф.Я., Щербаков Ю.И. ГХЦГ, ДДТ и его метаболиты (ДДЕ, ДДД) // Итоги гос. испытаний влияния пестицидов на рыб и водные организмы в 1974–1975 : матер. 12-го Пленума гос. комиссии. М., 1976. С. 36–41.
9. Кесельман М.Л., Беседин В.Б., Алешня Е.П. Взаимосвязь накопления пестицидов в ихтиофауне с изменением биохимических показателей, отражающих состояние мембран : Тез. докл. 1-й Всес. конф. по рыбохоз. токсикологии (г. Юрмала, декабрь 1988 г.). Рига, 1988. Ч. 1. С. 189–191.
10. Павлов Д.Ф., Чуйко Г.М., Герасимов Ю.В. Содержание белка и активность ацетилхолинэстеразы в мозгу леща при хроническом действии кадмия // Сб. науч. тр. ин-та биологии внутренних вод. Борок, 1990. № 89. С. 72–77.
11. Мороз И.Е. Видовая и возрастная чувствительность рыб к хлорорганическим токсикантам // Экспериментальная водная токсикология. Рига: Зинатне, 1990. Вып. 14. С. 150–159.
12. Спивак Э.Г. Последствия воздействий хлорорганических пестицидов и тяжелых металлов на бычков Азовского моря. Ростов-н/Д.: Изд-во АзНИИРХ, 2010. 188 с.