



УДК 502.5(262.81):622.276

**СОДЕРЖАНИЕ ТОКСИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ (ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ  
И АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ) В ТКАНЯХ И ОРГАНАХ ГИДРОБИОНТОВ  
НА УЧАСТКЕ «ЦЕНТРАЛЬНО-КАСПИЙСКИЙ»**

**CONCENTRATION OF TOXIC INGREDIENTS (HEAVY METALS  
AND AROMATIC HYDROCARBONS) IN ORGANS AND TISSUES OF HYDROBIONTS  
IN CENTRAL CASPIAN DISTRICT**

**С.А. Гусейнова, А.А. Гаджиев  
S.A. Guseinova, A.A. Gadzhiev**

Дагестанский государственный университет,  
ул. Гаджиева, 43а, Махачкала, Республика Дагестан 367000Россия  
Dagestan State University,  
Gadzhiev str., 43a, Makhachkala, Republic of Dagestan 367000 Russia

**Резюме.** Приводятся материалы по накоплению тяжелых металлов, ароматических углеводородов в тканях и органах гидробионтов на участке «Центрально-Каспийский», которые указывают на целесообразность расширения исследований, позволяющих оценить влияние загрязнения водной среды и кормовых гидробионтов на организм рыб.

**Abstract. Aim.** Incorporation rate of heavy metals in fish is an important informative integrant index that allows estimating the impact of water pollution and fodder hydrobiont contamination on fish organisms. Unlike other contaminating anthropogenic factors of the Caspian Sea, metals are always present in the sea interacting with fish organisms many thousands times as the result of biological and chemical circuit.

**Methods.** We analysed the grade of concentration of heavy metals in tissues and organs of hydrobionts under the program "the Central Caspian District of the Caspian Sea marine environment". The procedure for determining metals consisted in determination of concentration of heavy metals in accordance with the methodology recommendations of atomic absorption analysis of Dagestan 52.24.28-86, with the help of atomic absorption spectrophotometer Hitachi 180-50.

**Results.** The results after analysis of concentration of heavy metals in the tissues and organs of fish caught in the Central Caspian Sea marine environment are compared with the average annual estimation. The results obtained on the analysis of concentration of hydrocarbons in hydrobionts selected in the Central Caspian District of the Caspian Sea marine environment are within the long-term annual average data that are typical of the Northern and Middle Caspian Sea.

**Main conclusions.** The results obtained help to form scientific foundation of ecological regulation that takes into account some ecosystems' anthropogenic stability. Concentration of pollutants (heavy metals and hydrocarbons) in hydrobiont tissues characterizes the ecological situation on the whole of the Caspian Sea due to hydrobionts' large-scale migrations. The analysis of the dynamics of the pollutant concentration in tissues reflects the situation created in the drilling areas; it will help forecast and avert the negative impact of hydrocarbon production on the Caspian Sea ecosystem

**Ключевые слова:** Каспийское море, гидробионты, тяжелые металлы, ароматические углеводороды, загрязняющие факторы.

**Key words:** the Caspian Sea, hydrobionts, heavy metals, benzene hydrocarbons, contaminative factors.

Оценить реальный уровень загрязнения водных масс и влияние кормового бентоса на организм рыб можно с помощью анализа степени накопления тяжелых металлов в рыбе. В свою очередь уровень тяжелых металлов является главным обобщающим показателем состояния водного мира. Основными компонентами загрязнения среднекаспийских вод являются тяжелые и переходные металлы.

Изменение концентрации определенных видов водных животных возникает на фоне изменения количества загрязняющих элементов в среде, которые зачастую играют существенную роль в жизни водных организмов. Тяжелые и переходные металлы отличаются от других факторов загрязнения каспийских вод тем, что они практически всегда обнаруживаются в водах Каспия и в результате химико-биологических процессов многократно проходят через организмы водных животных.

Как результат, группы тяжелых металлов, входящие в биохимический круговорот водной среды, проходят такой же путь, как и прочие естественные микроэлементы, при попадании в организм морских обитателей, в частности рыб. Из научных исследований



Морозова и Петухова (1981) мы видим, что рыба является наиболее функциональным элементом морской экологической системы, на котором замыкается миграционный цикл токсиканта по пищевой цепи.

Определение степени содержания углеводов и тяжелых металлов в тканях и организмах водных животных включено в программу экологических исследований и мониторинга (согласно экологическим и рыбохозяйственным нормам при проведении геологических работ и добычи углеводородов в средней и северной частях Каспия). Под программу мониторинга попали килька, рыбы осетровых и бычковых пород. Особое внимания уделялось осетровым, так как их широкая миграция и степень накопления загрязняющих веществ в их тканях и организме помогают выявить наиболее достоверную обстановку во всем Каспийском море. Наиболее достоверную ситуацию по состоянию водных масс в районе проведения буровых работ ученые оценивают путем изучения динамики содержания углеводов и тяжелых металлов в организмах рыб бычковых пород.

Несмотря на широкий спектр тяжелых металлов, негативно влияющих на состоянии водного мира, особое внимание стоит уделить ртути. В соответствии со сведениями Никанорова и др. (1985), специфические свойства накапливания ртути в организме и тканях водных обитателей отрицательно сказываются на их кроветворной и нервной системах. В некоторых случаях ртуть вызывает эмбриотоксичный эффект у рыб.

Из таблицы 1 мы видим, что степень содержания ртути в изучаемых водных организмах измерялась в диапазоне от 0,025 мг/кг в бычковых рыбах и до 0,545 мг/кг во внутренних органах белуги. Белуга является представителем высшего звена в трофической цепи, и концентрация ртути в ее тканях выше, чем у прочих рыб. В кильке концентрация ртути наименьшая, в бычках и осетровых концентрация ртути колеблется в диапазоне от 0,025 до 0,055 мг/кг. В северо-восточной части каспийских вод отмечена высокая концентрация ртути в тканях рыб бычковых и осетровых пород. Содержание свинца в органах рыб приводит к перерождению тканей почек и печени, а также к малокровию.

В печени осетровых рыб концентрация свинца достигала 1,25 мг/кг, что превышает норму предельной допустимой концентрации, которая равна 1 мг/кг сырого веса. Превышение ПДК ртути отмечалось в центральной части каспийских вод у бычковых рыб (от 1,1 до 1,25 мг/кг). Наибольшее содержание кадмия было отмечено в тканях печени белуги, которое достигло 0,32 мг/кг. В тканях и органах других рыб концентрация кадмия была невысокой и колебалась в диапазоне от 0 до 0,15 мг/кг, при допустимой норме в 0,2 мг/кг. В органах и тканях исследуемых пород рыб концентрация меди оставалась в пределах допустимой изменчивости, за годы наблюдений в районах северных и средне каспийских вод содержание меди в организмах рыб равнялось 0,38–3,6 мг/кг сырого веса.

Концентрация цинка оставалась примерно на том же уровне – от 1,1 до 4,1 мг/кг. Исключением стала белуга, в ее тканях содержание цинка колебалось от 2,93 до 19,2 мг/кг. В органах кильки и бычков было обнаружено наибольшее содержание марганца – от 3 до 3,5 мг/кг. В органах рыб осетровых пород содержание марганца колеблется от 0 до 2,1 мг/кг. Содержание никеля и кобальта в тканях рыб невелико и колеблется в диапазоне от 0 до 1,76 мг/кг (никель) и от 0 до 1,06 мг/кг (кобальт).

Если говорить о распределении тяжелых металлов в органах рыб осетровых пород, то их наибольшее содержание было выявлено в печени. Сравнив полученные сведения с уровнем содержания тяжелых металлов в водных массах Каспия (Zn>Cu>Pb>Cd>Hg) и уровнем содержания металлов в донных отложениях (Zn>Pb>Cu>Cd>Hg), с учетом примерно одинаковых показателей содержания меди и свинца в морской воде мы смело можем сделать вывод о том, что накопление металлов в органах рыб происходит примерно в таких же пропорциях, как при их накоплении в морской воде. Исключение составляют только такие металлы, как свинец и ртуть.



Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в тканях и органах гидробионтов на участке  
«Центрально-Каспийский» (лето 2007 год)

Объект исследований	элементы, мг/кг сырого веса								
	Zn	Pb	Cd	Cu	Mn	Ni	Co	Hg общ.	
Каспийские бычки	2,75	0,63	0,08	0,83	3,10	0,10	сл	0,065	
Каспийские бычки	2,18	1,10	0,15	1,10	2,83	0,25	0,08	0,085	
Каспийские бычки	1,10	1,25	0,10	1,10	3,50	0,40	0,10	0,035	
Каспийские бычки	2,00	0,85	0,08	0,80	1,90	0,35	0,20	0,025	
Килька	3,20	0,35	0,15	2,47	0,71	1,76	1,06	0,055	
Килька	4,10	0,72	0,12	0,65	3,00	0,10	сл	0,045	
Килька	2,63	0,58	0,08	0,70	3,51	сл	сл	0,055	
Белуга	мышцы	2,93	0,56	0,06	0,38	0,60	сл	0,10	0,465
	печень	19,20	1,08	0,32	3,45	2,10	0,35	0,20	0,545
	гонады	6,50	0,38	0,04	0,40	0,60	0,10	сл	0,095
	жабры	10,20	0,30	0,06	0,35	1,65	0,10	сл	0,165
Осетр	мышцы	2,79	0,40	0,08	0,54	0,50	0,19	0,20	0,185
	печень	1,90	0,52	0,12	3,60	сл	0,26	0,30	0,225
	гонады	3,87	0,32	сл	1,83	сл	0,12	сл	0,045
	жабры	2,40	0,27	0,02	1,06	1,20	0,24	сл	0,035
	ПДК	40,0	1,0	0,20	10,0		–	–	0,50 белуга

Кадмий по своему биологическому действию довольно близок к свинцу, в органах и тканях наблюдаемых рыб показатели этих металлов колебались в диапазоне от 0 до 0,35 мг/кг. Максимальное содержание кадмия обнаружилось в тканях обыкновенной кильки и бычков, обитающих в центральной части каспийских вод. Превышение максимально допустимой концентрации кадмия на 17 % по отношению к другим рыбам было выявлено только в органах кильки и бычков каспийских.

Выявленные в ходе исследований данные по концентрации цинка в тканях изучаемых рыб говорят о его неоднородном содержании в разрезе пространственной изменчивости. На станциях 7 и 14 в западно-центральной части Каспия в тканях обитающих там рыб (килька обыкновенная) была обнаружена наибольшая концентрация цинка. На станции 14 максимально допустимый показатель цинка в органах кильки приравнялся к 40 мг/кг, что на 12 % выше нормы.

Максимальная разница в колебаниях марганца в тканях исследуемых рыб была выявлена в случае с килькой обыкновенной. Более стабильная ситуация в отношении содержания кобальта и никеля в тканях кильки и каспийских бычков. Стоит отметить, что все выявленные данные по концентрации тяжелых металлов в органах и тканях изучаемых рыб, обитающих в центральном участке Каспия, не выходят за пределы средних показателей за год.

Изучая степень загрязнения углеводородами, необходимо помнить, что это означает не только загрязнение нефтью, так как немалое количество углеводородов производится в процессе циклов водной экологической системы, что затрудняет выявление и отделение углеводородов нефтяного происхождения от биогенного.

Исходя из исследований Миронова и др. (1985), важным признаком загрязнения нефтяными углеводородами следует считать содержание углеводородов ароматических в пределе, не превышающем 1 % от их общего содержания в организмах морских рыб. Накопление нефтяных углеводородов в тканях и органах водных организмов происходит из-за биосорбционного эффекта на органах рыб, которые непосредственно контактируют с



водой, к примеру чешуя, жабры. Также вредные вещества в тканях водных организмов накапливаются из-за извлечения эмульгированных и взвешенных форм нефти путем естественной фильтрации и их поглощения в процессе питания. Данные механизмы в природе играют роль в соответствии с типом питания, местом обитания и системной принадлежностью.

Максимально допустимая концентрация нефти для организмов водной среды обитания не имеет четкого определения из-за широкой амплитуды ответной реакции, которая для каждого представителя разных морских видов индивидуальна, несмотря на один и тот же раздражитель. В таблице 2 представлены конечные результаты исследований, направленных на выявление концентрации нефтяных углеводородов и тканях и органах рыб. Степень накопления общего количества углеводородов в организме бычков изменялась в диапазоне от 212 до 360 мг/кг сырого веса. Объединение ароматических углеводородов колеблется от 3,3 до 7,8 % от  $\Sigma$  уровня грунтовых вод. Наиболее высокое содержание ароматических углеводородов было выявлено на станции 4 северо-восточного участка Каспия – 7,8 %, при наименьшем содержании общих углеводородов – 212 мг/кг.

Таблица 2

**Содержание углеводородов в органах и тканях гидробионтов на участке «Центрально-Каспийский» (лето 2007 года)**

Объекты исследования		$\Sigma$ УГВ, мг/кг	Ароматические УВ	
			мг/кг	% от $\Sigma$ УГВ
Каспийские бычки		360,0	11,85	3,3
Каспийские бычки		212,0	16,51	7,8
Каспийские бычки		246,0	18,53	7,5
Каспийские бычки		312,0	22,60	7,2
Килька		514,0	87,26	17,0
Килька		444,0	60,20	13,6
Килька		396,0	30,24	7,6
Белуга	мышцы	328,0	62,48	19,0
	печень	720,0	231,96	32,2
	гонады	944,0	288,64	30,6
	жабры	343,3	49,22	14,3
Осетр	мышцы	240,0	23,15	9,6
	печень	442,0	77,29	17,5
	гонады	362,0	64,94	18,0
	жабры	223,0	15,71	7,0

Сырой вес углеводородов в кильке в суммарном количестве составлял 396–514 мг/кг. Ароматическая фракция в максимальной концентрации выявлена на северо-востоке (станция 4), она составила 17 % от  $\Sigma$  УГВ.

Что касается осетровых рыб, то по ним выявлены такие данные: гонады белуги содержат углеводородов в общем объеме 944 мг/кг сырого веса. Установлено, что увеличение в печени содержания ароматических углеводородов, составляет 32,2 %, в гонадах белуги – 30,6 %. Самое низкое содержание выявлено у осетра в жабрах – 7 %.

Благодаря установленным данным мы видим, что в таких органах, как печень и гонады имеется больший уровень аккумуляции ароматических углеводородов, это обусловлено тем, что их липидный состав богаче.

Сложности в разделении липидов с углеводородами заключаются в том, что липиды сходны по своим свойствам с углеводородами и сопутствуют им. Максимальное содержание углеводородов для всех групп морских организмов колеблется в диапазоне нескольких порядков величин. Это говорит не только о разнообразии условий и способов



токсикологического анализа, но и о различиях по видам в реакции гидробионтов на наличие нефти, согласно исследованиям Патина (2001).

Содержание ароматических углеводородов в процентах от общего объема в каспийском бычке является показателем загрязнения нефтью, указывающим на небольшую техногенную нагрузку в этой системе.

Сезонные изменения являются более выраженным элементом во временных колебаниях суммарного содержания углеводородов и ароматических углеводородов в тканях водных организмов. Самым большим содержанием углеводородов и ароматических углеводородов обладают осетровые и бычковые летом; следовательно, при повышении температуры воды растет темп их поглощения. Ясно выраженной направленности к ежегодной изменчивости присутствия углеводородов в тканях осетровых не установлено.

Следует заметить, что имеющиеся данные о количестве углеводородов в водных организмах, собранных в центрально-каспийском участке акватории, соответствуют средним значениям показателей за много лет, которые характерны для водных организмов Северного и Среднего Каспия.

Полученные данные дают возможность сформулировать научную базу экологических норм, которые учитывают стабильность некоторых экологических систем к антропогенному воздействию (Абдурахманов и др., 2012).

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Абдурахманов Г.М., Абдулмеджидов А.А., Ибрапов И.М., Гусейнова С.А. 2012. Эколого-зоогеографическая оценка биологического разнообразия Каспийского моря. *Юг России: экология, развитие*. 1: 10–27.
- Миронов О.Г., Щекатурина Т.Л., Писарева Н.А., Копыленко Л.Р. 1985. Результаты определения аренов в черноморских рыбах и мидиях. *Биологические науки*. 5: 75–79.
- Морозов Н.П., Петухов С.А. 1981. Содержание и распределение тяжелых металлов в компонентах экосистемы Балтийского моря. *В кн.: Исследование экосистемы Балтийского моря*. Вып. 1. Л.: Гидрометеиздат: 98–131.
- Никаноров А.М., Жулидов А.В., Покаржевский А.Д. 1985. Биомониторинг тяжелых металлов пресноводных экосистемах. Л.: Гидрометеиздат. 144 с.
- Патин С.А. 2001. Нефть и экология континентального шельфа. М.: Изд-во ВНИРО. 247 с.

#### REFERENCES

- Abdurakhmanov G.M., Abdulmedzhidov A.A., Israpilov I.M., Guseinova S.A. 2012. Ecological and zoogeographical assessment of biodiversity of the Caspian Sea. *Yug Rossii: ekologiya, razvitiye*. 1: 10–27 (in Russian).
- Mironov O.G., Shchekaturina T.L., Pisareva N.A., Kopylenko L.R. 1985. Arenes determination results in the fish and mussels of the Black Sea. *Biologicheskiye nauki*. 5: 75–79 (in Russian).
- Morozov N.P., Petukhov S.A. 1981. Heavy metals content and distribution in components of ecosystem in the Baltic Sea. *In: Issledovanie ekosistemy Baltiyskogo morya [Investigation of the Baltic Sea ecosystem]*. Iss. 1. Leningrad: Gidrometeoizdat: 98–131 (in Russian).
- Nikanorov A.M., Zhulidov A.B., Pokarzhevsky A.D. 1985. Biomonitoring tyazhelykh metallov presnovodnykh ekosistemakh [Biomonitoring of heavy metals in freshwater ecosystems]. Leningrad: Gidrometeoizdat. 144 p. (in Russian).
- Patina S.A. 2001. Neft' i ekologiya kontinental'nogo shelfa [Oil and continental shelf ecology]. Moscow: VNIRO Publ. 247 p. (in Russian).