

УДК 664.951.014: 543:(574.5:615.9)

ОЦЕНКА УРОВНЯ БИОНАКОПЛЕНИЯ ТОКСИКАНТОВ В РЫБАХ АЛАКОЛЬСКОЙ СИСТЕМЫ ОЗЕР

Доктор геогр. наук Н.А. Амиргалиев

Рассматривается многолетняя динамика уровня накопления пестицидов и тяжелых металлов в мышечных тканях рыб, обитающих в Алакольской системе озер. Выявлено наличие в мышцах рыб за последнее десятилетие только хлорорганических пестицидов – изомеров ГХЦГ и метаболитов ДДТ. В последние годы наметилась тенденция роста содержания ГХЦГ в изученных объектах, а метаболиты ДДТ часто отсутствуют.

Алакольская система озер находится в зоне интенсивного земледелия. К 1990-1992 гг. посевные площади здесь составили около 55 тыс. га, а орошаемые земли достигли 40...41 тыс. га. Водозабор на орошение в бассейне оз. Алаколь составил в 1990 г. 303,6 млн.м³, что равно 90% суммарного водопотребления. К 2000 г., в период спада экономики, объем его снизился в 3 раза [6]. Постепенное восстановление этой отрасли, как правило, сопровождается использованием различных ядохимикатов против сельскохозяйственных вредителей, которые разными путями, преимущественно поверхностным стоком, поступают в рыбопромысловые озера. Есть вероятность попадания в водоемы и тяжелых металлов в составе хозяйственно-бытовых и коллекторно-дренажных стоков, так как некоторые ядохимикаты, используемые в сельском хозяйстве, содержат токсичные элементы. Все это определяет необходимость слежения за уровнем кумуляции токсикантов в органах и тканях промысловых рыб.

Исследования накопления токсикантов в рыбах, обитающих в Алакольских озерах, имеют эпизодический характер. Уровень пестицидного загрязнения органов и тканей рыб в начале в 90-х годов характеризовался высокими значениями, что было обусловлено использованием в сельском хозяйстве большого количества различных ядохимикатов. В этот период по речным системам и коллекторно-дренажным, сбросным каналам в озера поступали как хлорорганические, так и фосфорорганические соединения. Среда обитания промысловых рыб подвергалась усиленному загрязнению остроток-

сичными и стойкими в водной экосистеме видами пестицидов. Они же накапливались в промысловых рыбах.

Концентрация хлорорганических пестицидов – изомеров ГХЦГ и метаболитов ДДТ в органах и тканях промысловых рыб достигла в 1989 и 1993 гг. по средним значениям от 12,8 до 110 мкг/кг (табл. 1). Повышенный уровень биоаккумуляции пестицидов, как правило, отмечается в печени рыб. Коэффициенты накопления токсикантов в рыбах (K_n), показывающие во сколько раз концентрация пестицидов в органах рыб превышает их концентрацию в воде, достигали по ГХЦГ 168- 220 (в бентофаге, сазане), а по ДДТ - 509 (в хищных рыбах).

В указанные годы в тканях рыб, наряду с хлорорганическими, были зарегистрированы фосфорорганические пестициды как карбофос, трихлорметафос, пропанид и др. Концентрация карбофоса в мышцах растительноядных рыб достигала 120 мкг/кг, а пропанида 90 мкг/кг.

Выявлена определенная закономерность в кумуляции пестицидов в органах и тканях рыб. Из обнаруженных фосфорорганические препаратов в печени рыб накапливается только трихлорметафос и частично пропанид (только в хищных рыбах). Однако накопление карбофоса в печени рыб не зарегистрировано, а хлорорганические формы, как упомянуто выше, в большей степени аккумулируются в печени рыб. Максимальное количество пестицидов, как известно, откладывается в жировом теле.

Указываемые особенности в биотрансформации различных классов пестицидов в организме рыб, очевидно, обусловлены специфичностью их поведения в органах водных животных и другими свойствами. Хлорорганические пестициды (ГХЦГ и ДДТ), обладающие высокой стойкостью и кумулятивной способностью, в больших концентрациях откладываются в печени рыб, следовательно, создаются условия для депонирования их в организме. Фосфорорганические препараты, как правильно, менее стабильны, обладают меньшей миграционной способностью и быстро разрушаются в организмах гидробионтов. Среды представителей этого класса менее активным в биотрансформации, очевидно, являются карбофос и пропанид.

Результаты исследований 2002 и 2004 гг. свидетельствуют о значительном снижении уровня пестицидного загрязнения водной среды озер и соответственно обитающей в них ихтиофауны. Прежде всего, следует отметить, что в настоящее время в разных звеньях водной экосистемы, в том числе в тканях рыб, регистрируются только хлорорганические пестициды.

Из 17-ти анализируемых нами препаратов обнаруживаются в рыбах только изомеры ГХЦГ и метаболиты ДДТ (табл. 1).

Таблица 1

Средняя концентрация пестицидов в рыбах Алакольской системы озер

Озеро	Период	Вид рыбы, взятый для анализа / орган	ГХЦГ		ДДТ		
			мкг/кг	K_n	мкг/кг	K_n	
Сасыкколь	1989	Судак / мышцы	3,8	50	1,4	6,0	
		Судак / печень	5,0	66	110	509	
		Сазан / мышцы	12,8	168	0,4	2,0	
		Сазан / печень	3,0	39	6,0	28	
		Б. Амур / мышцы	3,8	50	2,4	11	
		Б. Амур / печень	4,0	53	1,0	5	
		Толстолобик / мышцы	1,6	21	0,1	0,5	
		Толстолобик / печень	3,0	39	не обн.		
	1993	Судак / мышцы	3,7	124	не опр.		
		Сазан / мышцы	5,3	220	не опр.		
	2004	Судак / мышцы	0,192	48	не обн.		
		Лещ / мышцы	0,188	47	не обн.		
	2005	06...08	Судак / мышцы	3,43	107	не обн.	
			Судак / мышцы	0,220	24	не обн.	
06...08		Лещ / мышцы	1,44	45	не обн.		
		Лещ / мышцы	0,700	78	не обн.		
Алаколь	2002	Лещ / мышцы	0,039	7	не обн.		
		Окунь / мышцы	0,057	10	не обн.		
		Карась / мышцы	0,100	17	не обн.		
	2004	Судак / мышцы	не обн.		0...0,4		
		Лещ / мышцы	0...0,02		0...3,0		
	2005	6...08	Судак / мышцы	1,78	32	не обн.	
			Судак / мышцы	0,27	14	не обн.	
	06...08	Лещ / мышцы	4,20	75	не обн.		
Лещ / мышцы		0,840	44	не обн.			
Кошкарколь	2004	Судак / мышцы	0,400	100	не обн.		
		Лещ / мышцы	0,670	167	не обн.		
	2005	06...08	Судак / мышцы	2,92	265	не обн.	
			Судак / мышцы	0,030		не обн.	
	06...08	Лещ / мышцы	2,03	184	не обн.		
		Лещ / мышцы	0,44		не обн.		

Средняя концентрация первых за указанные годы находилась в интервале от 0,020 до 0,670 мкг/кг, в отдельных случаях они не были обнаружены. При этом обращает на себя внимание некоторый рост концентрации этих токсикантов в мышцах рыб из оз. Кошкарколь. И коэффициенты накопления токсикантов в мышцах рыб составили 100 и 167, что значительно выше, чем для рыб из других озер за последние годы. Очевидно, поступающие в этот сравнительно небольшой по площади водоем микро-ручейковые и сбросные воды содержат повышенные количества токсикантов. Метаболиты ДДТ в лещах и судаках оз. Сасыкколь и Кошкарколь не были зарегистрированы, однако изомеры ГХЦГ в них присутствовали постоянно при 100% встречаемости в анализируемых образцах.

Подверженность пестицидному загрязнению водной среды и ихтиофауны озер Сасыкколь и Кошкарколь в целом равномерна по их акваториям. В более крупном по площади бессточном оз. Алаколь, которое принимает стоки множества рек и мелких водотоков, характер накопления пестицидов в ихтиофауне несколько отличается от других озер. В 2004 г. в особях судака и леща, выловленных в северо-западной части озера обнаружены метаболиты ДДТ в концентрациях от 0,200 до 3,00 мкг/кг при 13 % встречаемости. Этот район подвержен влиянию стока р. Урджар. В лещах, выловленных в северо-восточной акватории озера, куда распространяются стоки рек Хатынсу и Эмель, зарегистрированы только изомеры ГХЦГ.

Более подробные исследования 2005 г. выявили неоднородность уровня кумуляции пестицидов в весенне-летний период. Как видно из табл.1, в этом году в мышцах рыб зарегистрированы только изомеры ГХЦГ. Однако, в весенне-летний период, уровень накопления препаратов в мышцах судака и леща из этих озер был на порядок выше, чем летом 2004 г. и за осенний период 2005 г. В озерах Сасыкколь и Кошкарколь в мышцах особей судака концентрация пестицидов было значительно выше, чем в леще. Также обращает на себя внимание то, что в рыбах оз. Сасыкколь средний уровень концентрации ГХЦГ за осень 2005 г. выше, чем за летний период 2004 г., а в рыбах оз. Кошкарколь, наоборот, осенние пробы 2005 г., особенно по судаку, отличались меньшим содержанием пестицидов.

В 2005 г. характер накопления пестицидов в рыбах данного озера был аналогичным с другими озерами системы, т.е. зарегистрированы только изомеры ГХЦГ. По сравнению с данными 2004 г. концентрация

изомеров ГХЦГ повысилась почти на два порядка. В отличие от других рассмотренных выше озер уровень кумуляции пестицидов в лещах оз. Алаколь значительно выше, чем в судаке.

В последние годы, по сравнению с данными за 1989 и 1993 гг., уровень накопления пестицидов в мышцах рыб имел тенденцию снижения. Однако, по данным 2005 г., о снижении токсикантов в рыбах можно сказать только в отношении метаболитов ДДТ, а уровень накопления в рыбах изомеров ГХЦГ имеет нарастающий характер, что можно объяснить ростом использования этих препаратов на сельскохозяйственных полях в бассейнах озер и впадающих рек. Возрастание концентрации ГХЦГ в мышцах рыб регистрируется во всех трех озерах системы. Прослеживается существенная роль стока ряда впадающих рек в накоплении этих токсикантов в экосистеме озер.

В мышцах, всех подвергнутых токсикологическому анализу рыб, случаев превышения концентрации пестицидов нормативов МДУ не зарегистрировано.

Одним из наиболее опасных компонентов для водной экосистемы водоемов являются тяжелые металлы. Они играют большую роль в развитии растительных и животных организмов, регулируют многие биохимические процессы. Однако избыток их в водоеме, создающийся под влиянием различных антропогенных факторов, нарушает нормальное функционирование водных экосистем. Они способны накапливаться в различных объектах водной среды, в том числе в рыбах, не подвергаясь при этом химической и биологической деградации.

В целом уровень накопления металлов в рыбах отдельных озер Алакольской впадины характеризуется близкими значениями, более четко это прослеживается для рыб оз. Сасыкколь и Кошкарколь (табл. 2). Можно указать лишь на следующие отличия в кумуляции металлов в тканях отдельных видов рыб, обитающих в различных по режиму озерах. Уровень накопления никеля, кобальта и свинца в 2004 и 2005 гг. был в целом однороден в мышцах анализированных рыб.

Концентрация хрома в 2005 г. характеризовалась в мышцах всех изученных рыб очень близкими значениями, которые были значительно ниже, чем в 2004 г., особенно в мышцах рыб, обитающих в оз. Алаколь. Сравнительно высокие содержания кадмия чаще отмечались в мышечной ткани судака. В отношении концентрирования меди и цинка в мышцах судака и леща четко проявляется доминирующее положение леща. Боль-

шее накопление этих и некоторых других элементов в бентофагах оз. Балхаш также была установлена нашими многолетними исследованиями [6, 8]. Следует также заметить, что уровень кумуляции цинка в мышцах судака и леща в 2005 г. заметно вырос, чем в 2004 г.

Таблица 2

Средняя концентрация металлов в мышцах рыб Алакольской системы озер
в мг/кг

Озеро	Вид рыбы	<i>Ni</i>	<i>Co</i>	<i>Cr</i>	<i>Pb</i>	<i>Cd</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>
2004 г.								
Сасыкколь	Судак	0,505	0,261	13,85	0,486	0,042	0,213	3,55
	Лещ	0,488	0,420	12,90	0,596	0,066	0,226	3,71
Алаколь	Судак	0,517	0,379	32,65	0,714	0,075	0,411	2,13
	Лещ	0,605	0,373	33,19	0,690	0,058	0,606	2,42
Кошкарколь	Судак	0,495	0,472	11,69	0,466	0,052	0,173	3,23
	Лещ	0,557	0,403	11,60	0,537	0,049	0,373	3,50
2005 г.								
Сасыкколь	Судак	0,689	0,351	8,85	0,610	0,070	0,270	4,69
	Лещ	0,614	0,406	8,06	0,578	0,066	0,368	6,00
Алаколь	Судак	0,679	0,386	9,43	0,500	0,102	0,311	5,614
	Лещ	0,543	0,373	8,76	0,486	0,039	0,511	5,887
Кошкарколь	Судак	0,716	0,335	9,91	0,540	0,072	0,280	6,39
	Лещ	0,595	0,347	8,95	0,454	0,045	0,307	4,63

В мышцах всех изученных особей судака и леща концентрация свинца, кадмия, меди, кобальта и цинка ниже нормативов МДУ. Для остальных металлов значения МДУ в действующих нормативных документах отсутствуют.

Полученные данные в целом свидетельствуют о невысоких уровнях накопления металлов в мышцах изученных видов рыб. Сопоставление этих данных с материалами по этим видам рыб, обитающих в оз. Балхаш, показывает, что в мышцах рыб из Алакольских озер свинца в 4,5 раза, кадмия и цинка - в 3,0 раза, меди в 4,0 ниже, чем в балхашских особях этих видов.

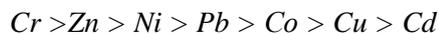
Известно, что отдельные металлы имеют различную способность концентрироваться в органах и тканях водных организмов. На основе по-

лученного материала составлены следующие характерные ряды по накоплению металлов в порядке убывания их концентрации:

для леща и судака из оз. Алаколь



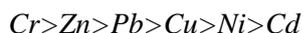
для леща и судака из оз. Сасыкколь и Кошкарколь.



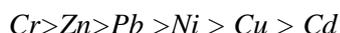
Эти ряды показывают аналогичный характер концентрирования элементов в обоих видах рыб в оз. Алаколь и близких по режиму озерах Сасыкколь и Кошкарколь. В месте с тем при лидирующем положении *Cr* и *Zn* в обоих случаях выявляется более активное поглощение рыбами оз. Алаколь таких металлов, как *Pb* и *Cu*. В рыбах остальных двух водоемов миграционная активность их, особенно меди, заметно снижается и несколько активнее *Ni* и *Co*.

Согласно нашим исследованиям, в тканях промысловых рыб разных водоемов Казахстана обнаруживаются некоторые особенности в миграционной активности металлов. Так, для рассматриваемых видов рыб, обитающих в оз. Балхаш, соотношение абсолютной кумуляции элементов имеет следующий вид:

для леща



для судака



Эти ряды в целом аналогичны между собой, меняется положение лишь меди и никеля. Вместе с тем, эти данные (особенно ряд по лещу) сходны с выявленным соотношением элементов для рыб из оз. Алаколь. Отметим и аналогичность этих водоемов по ряду показателей: бессточность, повышенная минерализация воды, сходство кормовых объектов для этих видов рыб и др.

Ряды накопления элементов в мышечных тканях и печени осетровых видов рыб Северного Каспия также сопоставимы с приведенными выше данными по двум лидирующим и замыкающим ряд элементам [2, 3]:

для мышц



для печени



В этих объектах более активны *Cu* и *Ni*, но активность свинца значительно ниже, чем в рыбах Балхаша и Алаколя.

Литературных сведений о селективном характере кумуляции металлов в водных организмах недостаточно. Однако выявлена закономерность о неоднозначности реакции растений на содержание тяжелых металлов в почвах и водах. Например, наиболее токсичный металл свинец вызывает у многих наземных растений одинаковую реакцию - торможение его поступления в наземные части растения. Медь и цинк могут накапливаться в наземных и водных растениях в высоких концентрациях без видимого вреда для их жизнедеятельности [4,5]. Исследования биоаккумуляции металлов беспозвоночными организмами Балтийского моря [7] и оз. Балхаш [1] выявили зависимость этого процесса от специфических условий водной среды водоемов, возрастными, видовыми различиями организмов и потребляемой им альгофлоры. Анализ полученного материала также дает основание полагать о наличии в планктонных и бентических организмах механизма, ограничивающего на определенных уровнях накопления в организме некоторых металлов даже при условии высоких их концентрации в среде обитания – в воде или в донных отложениях. Для отдельных металлов выявлена зависимость уровня их концентрирования беспозвоночными организмами от содержания данного элемента в среде обитания.

Результаты исследований в целом свидетельствуют о невысоких уровнях накопления металлов в мышцах изученных видов рыб, а содержание цинка и хрома подвергается существенным межгодовым изменениям. Сопоставление полученных данных с материалами по этим видам рыб, обитающих в оз. Балхаш [8] показывает, что в мышцах изученных нами рыб свинца в 4,5 раза, кадмия и цинка - в 3,0 раза, меди – в 4,0 ниже, чем в балхашских особях этих видов. Содержание никеля несколько выше в рыбах Алакольских озер.

В заключении следует отметить, что продолжается пестицидное загрязнение водной экосистемы Алакольских озер, что приводит к накоплению их в биологических объектах, в том числе в рыбах. Присутствие этих токсикантов в водной экосистеме озер является результатом антропогенного загрязнения, так как в природе они не существуют. Уровень пестицидного загрязнения водной экосистемы озер, после некоторого сни-

жения в начале века, имеет тенденцию роста в последние годы. Повышенный уровень концентрирования некоторых металлов в органах рыб может быть вызван под влиянием фонового их содержания в природных водах и почвах бассейна, а также постепенного накопления вносимых реками элементов в донных осадках, особенно в бессточном озере Алаколь. За годы исследования содержание пестицидов и тяжелых металлов не превышало нормативы МДУ.

Большой удельный вес в загрязнении окружающей среды, в частности природных вод, рыбных и др. ресурсов, принадлежит сельскому хозяйству. Поэтому необходимо развитие в системе АПК РК научных направлений в области экологического нормирования и совершенствования методов и технологии использования ядохимикатов в сельском хозяйстве.

Органы Минсельхоза РК совместно с другими природоохранными и местными органами управления должны наладить строгий контроль за соблюдением требований по охране экосистемы озер от пестицидного загрязнения. Это соответствует задачам и принципам законов «Об охране окружающей среды», «Об особо охраняемых территориях» и «Концепции экологической безопасности РК на 2004...2015 гг.»;

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амиргалиев Н.А., Лопарева Т.Я., Накыпбек С.Т., Кенжебеков Б.К. О влиянии антропогенного загрязнения на состояние биологических объектов оз. Балхаш // Гидрометеорология и экология.- 2003. №1. С.- 99-114.
2. Амиргалиев Н.А. К оценке уровня накопления металлов в рыбах и двустворчатых моллюсках в устьевой зоне р. Урал // Материалы II междунаучной научно-практической конференции «Человек и животные».- Астрахань, 2004. С.- 40-42.
3. Амиргалиев Н.А. К эколого-токсикологической оценке Урало-Каспийского бассейна // Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений.- Астрахань, 2005. С.- 13-16.
4. Вакаренко Л.П. и др. Накопление растениями Mo, Sr, Cu, Zn, Pb в районах рудопроявлений Северного Прибалхашья (Казахстан) // «Экология».- 1992.-№2.- С. 18-23.
5. Нахшина Е.П. Микроэлементы в водохранилищах Днепра.- Киев: Наука думка, 1983.- 153 с.

6. Проблемы гидроэкологической устойчивости в бассейне оз. Балхаш.- Алматы: Каганат, 2003.-584 с.
7. Сейсума З.К. Тяжелые металлы в гидробионтах Рижского залива.- Рига: Зинатне, 1984.-179 с.
8. Современное экологическое состояние бассейна озера Балхаш.- Алматы: Каганат, 2002.- 388 с.

Научно-производственный центр рыбного хозяйства

АЛАҚҒА КҒЛДЕР ЖҒЙЕСІНДЕГІ БАЛЫСТАРДА УЛЫ ЗАТТАРДЫҒ ТҒНУ ДЕНГЕЙІН БАҚАЛАУ

Геогр. Ғылымд. докторы

Н.мірҒалиев

Алақға кғлдер жғйесінде тіршілік ететін балықтардыҒ бғлиығ еттерінде пестицидтер мен ауыр металдардыҒ жинағталу деҒгейініҒ кғп жылдығ динамикасы жарастырылады. СоҒҒы он жылдығта балықтардыҒ бғлиығ еттерінде хлоро-органилығ пестицидтердіҒ Јана барлығы анығталады- ГХЦГ изомерлері, ДДТ метаболиттері. Соңғы жылдары зертеленген нысанда ГХЦГ мғлиерініҒ қсу тенденциясы байғалса, ал ДДТ метаболиттері кғбінесе жоғ болып шығлады.