

УДК 614.8.084+504.061.2:69.05(075.8)

Доктор техн. наук	М.Ж. Бурлибаев *
Доктор геогр. наук	Н.А. Амиргалиев **
	И.В. Шенбергер *
	А.С. Перевалов *
	Д.М. Бурлибаева ***

**СОВРЕМЕННЫЕ ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И
ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСГРАНИЧНОГО
СТОКА РЕК БАСЕЙНА ЖАЙЫКА (УРАЛА) И ХАРАКТЕР
ТРАНСФОРМАЦИИ ИХ ПАРАМЕТРОВ**

ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ, САМООЧИЩАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ВОДОТОКА, ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ, УРОВЕННЫЙ РЕЖИМ, ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ, ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ, КИСЛОРОДНЫЙ РЕЖИМ, РЕЧНАЯ ЭКОСИСТЕМА, РЕЧНАЯ ПОЙМА, ЗАТОПЛЕНИЕ, РЕЧНАЯ ДОЛИНА

В настоящее время в переговорных процессах по реке Жайык и Илек с представителями Российской Федерации констатируется качество стока, но оно не становится ключевым моментом переговоров. Между тем известно, что качество вод рек Жайык и Илек далеко не соответствуют требованиям современных стандартов. Поэтому, в предлагаемой статье анализируется гидрохимический режим и токсикологические показатели рассматриваемых водотоков.

Гидрохимические и токсикологические параметры трансграничного стока р. Жайык у с. Январцево.

Согласно данным РГП «Казгидромет» МООС РК за 2010 и 2011 гг., трансграничный сток р. Жайык имеет повышенную минерализацию до 1291 мг/дм³, в среднем 891 мг/дм³. Из анализированных биогенных веществ средняя концентрация аммонийных и нитритных соединений не превышала нормативы рыбохозяйственных ПДК (табл. 1). Содержание органических веществ, в том числе и значение БПК₅ также невысоко. Из тяжелых металлов определялись железо, хром и марганец. Содержание последнего не достигает ПДК, общее железо регистрировалось на уровне

* Казахстанское агентство прикладной экологии, г. Алматы

** Институт Географии МОН РК, г. Алматы;

*** Казахский национальный аграрный университет МОН РК, г. Алматы.

1,7 ПДК по средней концентрации и до 6 ПДК – по максимальной. Среднее содержание хрома (6+) не превышает ПДК, однако оно возросло в январе до 40 мкг/дм³, а в июле – до 30 мкг/дм³.

Таблица 1

Гидрохимические и токсикологические параметры трансграничного стока р. Жайык у с. Январцево в 2010 г.

№ п/п	Показатель	Концентрация		
		единица измерения	средняя	min max
1	БПК ₅	мгО ₂ /дм ³	2,705	1,600 3,240
2	Азот аммонийный	мг/дм ³	0,225	0,050 0,600
3	Азот нитритный	мг/дм ³	0,029	0,015 0,066
4	Железо общее	мг/дм ³	0,171	0,030 0,610
5	Хром (6+)	мкг/дм ³	14,17	0,010 40,00
6	Марганец	мкг/дм ³	5,417	0,0 9,000
7	Летучие фенолы	мг/дм ³	0,001	0,0 0,002
8	Нефтепродукты	мг/дм ³	0,033	0,020 0,062
9	Сумма ионов	мг/дм ³	891,5	635,5 1290,8
10	Окисляемость бихроматная	мгО/дм ³	4,515	2,600 5,400

Содержание фенолов в основном было в пределах ПДК, лишь с февраля по апрель отмечено в количестве 0,002 мг/дм³. Превышение ПДК по нефтяным углеводородам до концентрации 0,062 мг/дм³ зарегистрировано лишь в мае.

На основе анализа представленных данных следует заключить, что в течение 2010 г. не зарегистрировано случаев существенного ухудшения качества трансграничного стока реки.

В Информационном бюллетене о состоянии окружающей среды РК за 2011 г. [12] указано, что индекс загрязнения воды (ИЗВ) р. Жайык по Западно-Казахстанской области составил в 2010 г. 0,92 (2 кл.), в 2011 г. – 1,08 (3 кл.). В числе загрязняющих веществ Cr(6+) – 1,55 ПДК, Fe_{общ.} – 1,5 ПДК, NO₂ – 1,2 ПДК и фенолы – 1,1 ПДК. На основе данных наблюдений сделан вывод о том, что в 2010 г. речная вода характеризовалась «чистой», а в 2011 г. «умеренно-загрязненной».

Характер трансформации химического состава и токсичных показателей р. Жайык в пределах Казахстана

Одним из важных гидрохимических показателей, определяющих пригодность воды для питьевых, хозяйственно-бытовых, технических и других целей является ее минерализация. Произведенный нами анализ многолетних данных выявляет определенную закономерность в изменении

этого показателя в воде р. Жайык в пределах Казахстана. Как было показано выше, в 2010 г. минерализация трансграничного стока р. Жайык у с. Январцево была повышенной. Изменение ее по течению реки за указанный год почти до Жайык-Каспийского канала представлено на рис. 1.

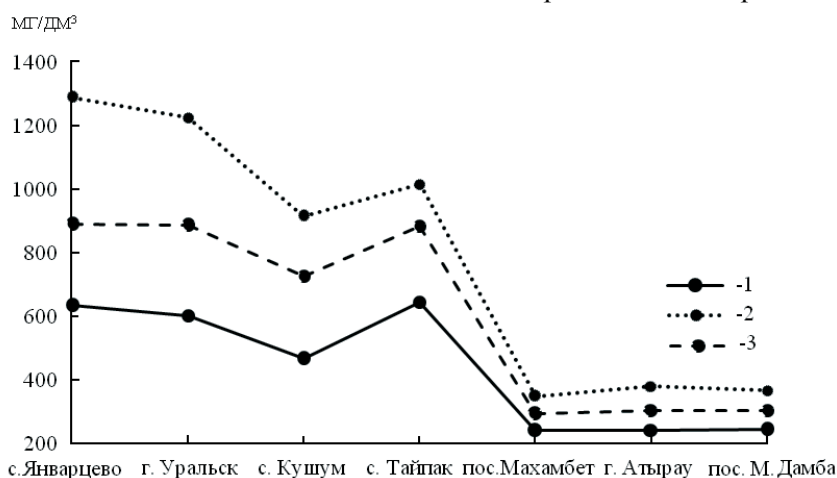


Рис. 1. Характер изменения минерализации воды по течению р. Жайык в 2010 г. 1 – минимальные, 2 – максимальные, 3 – средние значения концентрации.

На рис. 1 заметно, что максимум минерализации воды зарегистрирован в трансграничном стоке у с. Январцево, а на последующих участках она имеет тенденцию к снижению до с. Кушум под влиянием ряда притоков. Возле с. Тайпак отмечено ее возрастание. Однако наиболее интересным явлением можно считать резкое падение минерализации воды у с. Махамбет на территории Атырауской области. Максимальная минерализация снизилась от 1017 мг/дм³ у с. Тайпак до 350 мг/дм³ – у с. Махамбет, т.е. в 2,9 раза, а минимальная от 646 до 242 мг/дм³ (в 2,7 раза). Этот уровень минерализации без заметных изменений сохраняется до Каспийского моря.

Для выявления достоверности этих данных и причин резких колебаний минерализации из-за отсутствия аналогичных данных за последние годы нами для сравнительного анализа привлечены материалы РГП «Казгидромет» МООС РК за 1986...1988 гг. (рис. 2). В целом аналогичная с данными 2010 г. картина обнаруживается и по материалам ранних наблюдений, особенно заметно сходство по данным 1986 г.

Следует отметить, что регистрируемая нами закономерность имеет достоверный характер, о чем свидетельствуют результаты наблюдений. Однако пока нам не удалось выявить причины, вызывающие эти аномаль-

ные изменения минерализации воды по течению реки. Наблюдаемое явление, очевидно, происходит под влиянием каких-то местных природных гидрогеологических условий, вызывающих опреснение речных вод. Снижение минерализации воды само по себе является положительным фактором, вызывающим улучшение ее качества.

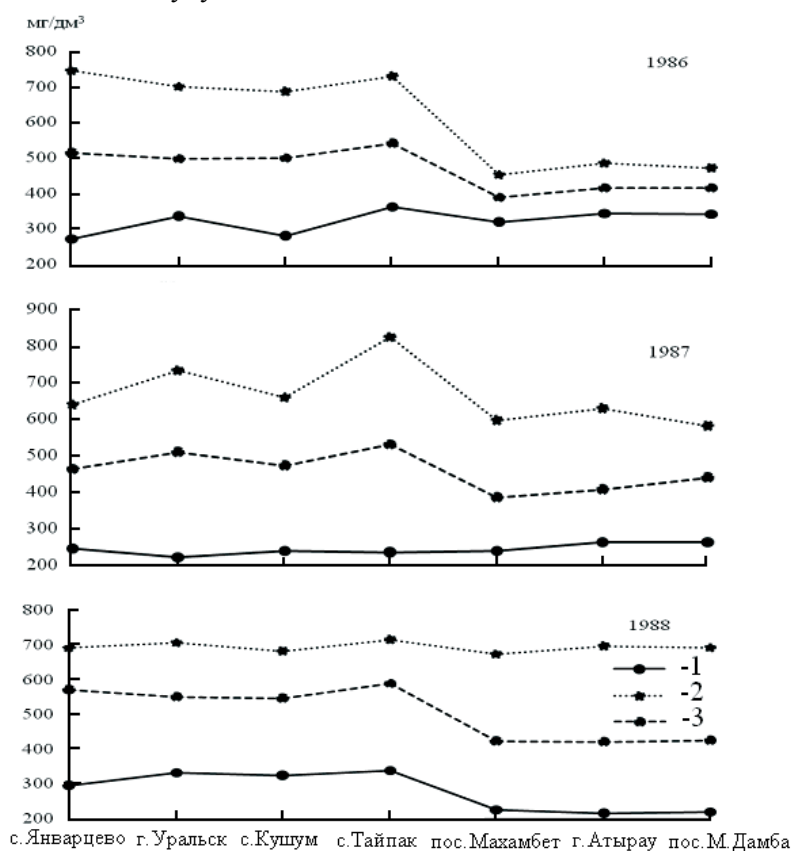


Рис. 2. Динамика минерализации воды по течению р. Жайык в 1986...1988 гг. Обозначения см. рис. 1.

Анализ главных ионов в воде р. Жайык за 2010 г. также выявляет некоторые классификационные изменения ее ионного состава. При максимальных значениях минерализации речная вода от створа Январцево до створа Тайпак относится к хлоридно-гидрокарбонатному классу натриевой группы, а у створа Махамбет и М. Дамба она характеризовалась индексами SNa и $SCINa$ соответственно. При минимальных значениях минерализации у створа М. Дамба и г. Атырау ионному составу воды свойствен индекс SCa , т.е. преобладающим анионом становятся сульфаты в место гидрокарбонатов, которые ранее доминировали.

По материалам наблюдений РГП «Казгидромет» МООС РК за 2010 г. обнаруживается изменение (нарушение) внутригодового режима минимальных и максимальных значений минерализации воды р. Жайык, особенно в ее самом нижнем течении. Так, в створе Махамбет минимальная минерализация зарегистрирована в январе и декабре, а максимум – в феврале, в створе г. Атырау и М. Дамба минимум обнаружен в сентябре и декабре, а максимум в мае. По данным ранее проведенных исследований [1, 2], максимальная минерализация отмечалась в зимнюю межень, минимальная – весной в период паводка. Возможно, эти обстоятельства вызывают изменение состава доминирующих ионов воды, особенно при минимальных значениях ее минерализации. Нарушение внутригодового режима гидрохимических показателей р. Жайык возможно связано с деятельностью имеющихся на территории РФ четырех водохранилищ, так как у створа Январцево минимальная минерализация трансграничного стока в 2010 г. наблюдалась в июле, хотя максимум – зимой.

Для оценки трансформации качественных показателей воды по течению реки в табл. 2 приведено их среднее содержание на отдельных створах. Концентрация органических веществ в воде всех рассматриваемых створов невысокая, БПК₅ ниже ПДК, по бихроматной окисляемости данные по створам Атырауской области отсутствуют. Соединения группы азота по содержанию не достигают уровня ПДК.

Из тяжелых металлов превышение среднего содержания обнаружено по общему железу 1,7 ПДК у г. Уральска и по цинку у створе М. Дамба (см. табл. 2). Единичные превышения уровня ПДК по максимальным концентрациям зарегистрированы: по общему железу и шестивалентному хрому в створах Уральск и Махамбет, по меди, цинку и марганцу в створах Махамбет, Атырау и М. Дамба. По всем этим элементам превышение уровня ПДК незначительное. Концентрация нефтепродуктов не достигала ПДК, а фенолы на территории Атырауской области отсутствовали.

Анализ представленного материала в целом свидетельствует о сходном составе вод на всех створах территории РК и невысоким уровнем загрязненности. Исключением является колебание минерализации воды, о чем сказано выше.

Сведения о загрязнении воды р. Жайык химическими компонентами, в частности медью, хромом шестивалентным, железом и другими соединениями имеются в отчетных материалах ЗКО филиала КазНИИ рыбного хозяйства. Причина загрязненности трансграничного стока – поступ-

ление в речную сеть промышленных, хозяйственно-бытовых и других категорий сточных вод (табл. 3).

Таблица 2

Средние значения концентрации гидрохимических и токсикологических показателей трансграничного стока р. Жайык, 2010 г.

Показатель	Единица измерения	г. Уральск	Махамбет	г. Атырау	М. Дамба
БПК ₅	мгО ₂ /дм ³	2,673	1,883	1,875	2,000
Азот аммонийный	мг/дм ³	0,206	0,233	0,253	0,252
Азот нитритный	мг/дм ³	0,031	0,010	0,008	0,009
Фосфаты	мг/дм ³		0,218	0,220	0,237
Кремний	мг/дм ³		5,833	5,800	5,992
Железо общее	мг/дм ³	0,167	0,061	0,068	0,069
Железо (2+)	мг/дм ³		0,004	0,004	0,005
Медь	мкг/дм ³		0,833	0,858	0,867
Цинк	мкг/дм ³		6,801	9,501	12,60
Никель	мкг/дм ³		2,429	2,144	2,857
Хром (6+)	мкг/дм ³	15,83	12,00	16,25	11,17
Хром (3+)	мкг/дм ³		2,250	1,667	2,083
Марганец	мкг/дм ³	4,917	4,667	5,501	4,417
Летучие фенолы	мг/дм ³	0,001	0,0	0,0	0,0
Нефтепродукты	мг/дм ³	0,036	0,023	0,030	0,015
Сумма ионов	мг/дм ³	887,05	295,21	307,41	306,00
Окисл. бихроматная	мгО/дм ³	4,431			

Таблица 3

Средние концентрации токсических веществ в водах трансграничных рек Жайык и Елек в 2005 г.

Река (створ)	Тяжелые металлы, мкг/дм ³					Нефтяные углеводороды, мг/дм ³
	Cu	Zn	Pb	Cd	Cr(VI)	
	Весна					
Жайык (Январцево)	1,5	4,0	8,0	4,2	47,0	0,0398
Жайык (Уральск)	1,0	12,0	8,0	5,1	57,0	0,0480
Жайык (Кушум)	0,1	3,0	8,0	4,6	32,0	0,0450
Жайык (Тайпак)	1,0	7,0	7,0	4,9	43,0	0,0400
Елек (Чилик)	2,3	6,0	9,0	5,3	58,0	0,0370
	Осень					
Жайык (Январцево)	1,0	2,0	5,0	3,2	35,0	0,0400
Жайык (Уральск)	1,0	10,0	4,0	3,8	38,0	0,0510
Жайык (Кушум)	0,1	2,0	6,0	3,6	25,0	0,0350
Жайык (Тайпак)	1,0	5,0	5,0	3,5	36,0	0,0300
Елек (Чилик)	1,2	3,0	6,0	4,5	46,0	0,0380
ПДК	1	10	10	5	20	0,05

Расчет трансграничных загрязнений, поступающих в пределы ЗКО по р. Жайык, произведен с использованием среднегодового объема стока р. Жайык за 1995...2000 гг. – 7,25 км³.

Количество загрязняющих веществ, поступающих ежегодно с трансграничным стоком р. Жайык приводится в табл. 4. Как видно, в составе водносолевого стока по р. Жайык в пределы области вносится ежегодно только тяжелых металлов в объеме 1,203 тыс. т.

Таблица 4

Приток загрязняющих веществ по р. Жайык при среднегодовом объеме стока 7,25 км³

Компоненты	Среднее содержание в воде, мг/дм ³	Количество вещества, приносимого рекой, т/год
Кадмий	0,014	101,5
Цинк	0,021	152,2
Свинец	0,025	181,2
Марганец	0,035	253,7
Железо	0,048	348,0
Хром	0,023	166,7
Азот аммонийный	0,160	1160
Нитраты	9,8	71,05·10 ³
Нефтепродукты	0,18	1305

Авторы рассчитали количество химических соединений, выносимых с водносолевым стоком по р. Жайык за пределы ЗКО, т.е. в сторону Каспийского моря. Среднегодовой объем стока принят с учетом общих водопотерь на все нужды области: 7,25 – 0,624 = 6,63 км³ (табл. 5).

Таблица 5

Количество выносимых химических соединений со стоком р. Жайык за пределы Западно-Казахстанской области

Компоненты	Среднее содержание в воде, мг/дм ³	Среднегодовой объем стока, км ³	Количество вещества, приносимого рекой, т/год
Кадмий	0,047	6,63	311,61
Цинк	0,65	6,63	4309,5
Медь	0,065	6,63	490,95
Свинец	0,817	6,63	5416,71
Марганец	0,58	6,63	3845,4
Железо	0,039	6,63	258,57
Хром	0,028	6,63	185,64
Нитраты	15,5	6,63	102765
Нефтепродукты	0,052	6,63	344,76
Азот аммонийный	0,14	6,63	928,2

В пределах самой области (г. Уральск, Кушум, Тайпак) вода приобретает более высокое загрязнение, в основном тяжелыми металлами, а также органическими веществами (нефтепродукты). Указанные загрязнения воды поступают, очевидно, из р. Утва, а также из правобережных притоков – рр. Киндели, Иртек. Другой причиной служат загрязнения, связанные с хозяйственной деятельностью на территории водосборного бассейна протяженностью 700 км.

Режим гидрохимических и токсикологических параметров р. Елек

Река Елек одна из максимально загрязненных водных источников и входит в приоритетный список водных объектов республики, требующих первоочередного осуществления водоохранных мероприятий.

Современными литературными данными об экологическом состоянии и источниках загрязнения данной реки авторы не располагают. Поэтому для того, чтобы иметь некоторое представление по указанным вопросам приводим сведения из ранних источников РГП «Казгидромет» МОС РК. В «Ежегоднике качества поверхностных вод...» за 1989 г. [9] приводятся следующие данные.

На качество воды в районе г. Алга оказывают влияние подземные воды, загрязненные бором через старые шламовые пруды охладители Актюбинского химического завода. В 20 км ниже г. Актюбинска в створе с. Георгиевка под влиянием грунтовых вод, загрязненных соединениями хрома (источники загрязнения – Актюбинский завод хромовых соединений и Актюбинская ТЭЦ, расположенные в пойме реки) в р. Елек систематически наблюдается экстремально высокий уровень загрязнения хромом шестивалентным – содержание его достигает здесь 50...120 ПДК, возрастающая в период зимней межени с увеличением доли грунтового питания реки до 687 ПДК (0,687 мг/дм³). Средние значения хрома составили 189 ПДК (0,189 мг/дм³). На уровень загрязненности реки бором и хромом существенное влияние оказывает водность – в период половодья концентрации этих загрязняющих веществ снижаются до нулевых значений (хром) или не превышает 0,6 ПДК (бор).

Показатели хозяйственного загрязнения на участке реки г. Алга – г. Актюбинск – органические и азотсодержащие вещества, фенолы и нефтепродукты, периодически превышали ПДК в 2...3 раза (фенолы в II). Однако среднегодовые значения, как правило, находились в пределах нормы и только содержание фенолов на всем протяжении реки составило 3...4 ПДК.

В устье реки (с. Чилик) уровень загрязнения по специфическим показателям значительно снижается – содержание хрома находится в пределах 25 ПДК, бора 0,2 ПДК. Исключение составляют органические и азотсодержащие вещества, нефтепродукты, среднегодовые значения которых по сравнению с вышерасположенными створами возрастают в несколько раз – до 0,1...2,5 ПДК.

В соответствии с ИЗВ качество воды в районе г. Актюбинска в створе выклинивания загрязненных подземных вод по-прежнему относится к чрезвычайно грязным (7 класс качества, ИЗВ = 32,2), в замыкающем створе с. Чилик – к грязным (5 класс, ИЗВ = 5,9). По наблюдениям в 1992 г. [10], в устье река загрязнена хромом (6+) и фенолами, содержание которых в среднем за год равно 19 ПДК и 2 ПДК соответственно. В данном году отмечалось 8 случаев высокого загрязнения по хрому. В 20 км ниже г. Актюбинска содержание хрома составило 6,4 ПДК, а в зимнюю межень оно достигало 18 ПДК. По сравнению с 1991 г. максимальные значения хрома возросли на 70 %. Из приведенного выше материала следует, что высокая загрязненность этой трансграничной реки сохраняется и до настоящего времени, подвергаясь некоторым колебаниям в отдельные годы.

Режим гидрохимических и токсикологических параметров р. Елек дается на основании детального анализа материала РГП «Казгидромет» МООС РК за 2010 г. По ряду вопросов в качестве дополнительной информации привлечены ранние сведения данной организации. Поскольку Елек одна из наиболее загрязненных рек Казахстана, динамика основных показателей качества воды нами рассматривается по всем створам в течение всей реки. Для удобства изложения каждый створ условно пронумерован, начиная с верхней части течения реки, который показан в табл. 6 вместе с результатами гидрохимических наблюдений.

В воде р. Елек повышена концентрация органических веществ. Значения БПК₅ по средним и максимальным показателям превышают уровни ПДК по всей длине реки, лишь в воде замыкающего створа (с. Целинное) средняя его величина была в пределах ПДК (табл. 6). Изменение количества органических веществ по течению реки по значениям БПК₅ и бихроматной окисляемости показано на рис. 3. Рост концентрации органических веществ в воде происходит в районе г. Алга (створ 2). На последующих участках не происходит заметных изменений, однако в воде замыкающего створа среднее значение БПК₅ несколько снижается, а окисляемость возрастает до 16,3 мгО₂/дм³, а максимальная величина до 27,6 мгО₂/дм³.

Таблица 6
Концентрация гидрохимических и токсикологических показателей транграничного стока р. Елек, 2010 г.

Показатель	Единица измерения	г. Алга 0,5 км ниже выхода подземных вод (створ 1)			г. Алга 1 км выше шламовых прудов (створ 2)			г. Актобе 0,5 км выше города (створ 3)			г. Актобе 0,5 км ниже выхода подземных вод (створ 4)			с. Целинное (створ 5)		
		ср.	min	max	ср.	min	max	ср.	min	max	ср.	min	max	ср.	min	max
БПК ₅	мг/дм ³	3,9	0,84	7,3	4,8	2,4	8,5	3,2	0,97	8,8	3,8	1,2	8,5	2,9	0,9	7,6
Азот аммон.	мг/дм ³	1,4	0,03	5,7	2,2	0,23	5,6	1,4	0,12	5,6	2,1	0,04	8,3	2,1	0,0	7,3
Азот нитрит.	мг/дм ³	0,01	0,0	0,02	0,02	0,0	0,09	0,07	0,0	0,23	0,03	0,0	0,11	0,02	0,0	0,11
Фосфаты	мг/дм ³	0,03	0,02	0,04	0,03	0,02	0,04	0,02	0,02	0,03	0,04	0,03	0,05	0,04	0,03	0,05
Кремний	мг/дм ³	7,9	6,2	11,4	7,7	2,9	10,7	7,6	1,5	12,8	7,2	3,7	9,6	6,1	2,6	9,7
Железо общ.	мг/дм ³	0,06	0,0	0,17	0,04	0,0	0,10	0,06	0,0	0,13	0,07	0,0	0,20	0,03	0,0	0,07
Железо (2+)	мг/дм ³	0,04	0,0	0,10	0,02	0,0	0,06	0,03	0,0	0,06	0,05	0,0	0,16	0,01	0,0	0,04
Медь	мкг/дм ³	18,6	0,03	46,0	19,2	0,05	47,0	12,1	0,03	24,0	11,9	0,01	29,5	12,0	0,03	33,0
Цинк	мкг/дм ³	3,2	0,0	10,0	10,0	0,02	30,0	3,7	0,0	12,0	4,2	0,0	23,0	7,8	0,0	35,0
Свинец	мкг/дм ³	98,5	0,07	273	80,4	0,08	253	98,7	0,09	210	69,5	0,14	231	65,0	0,14	217
Железо (3+)	мг/дм ³	0,02	0,0	0,07	0,02	0,0	0,04	0,03	0,0	0,07	0,02	0,0	0,04	0,02	0,0	0,03
Лет. фенолы	мг/дм ³	0,001	0,0	0,001	0,001	0,0	0,002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,001
Фториды	мг/дм ³	0,59	0,0	1,0	0,56	0,0	0,96	0,43	0,0	0,89	0,31	0,0	0,75	0,19	0,0	0,64
Бор	мг/дм ³	0,71	0,26	1,1	0,31	0,02	0,53	0,42	0,14	0,66	0,26	0,10	0,62	0,34	0,06	1,08
Сумма ионов	мг/дм ³	808	234	1226	995	257	1994	592	511	751	747	580	832	933	607	1169
Окисл. бихр.	мгО/дм ³	12,2	3,7	28,3	16,9	4,7	27,7	14,1	5,3	24,5	14,3	7,3	21,9	16,3	7,3	27,6

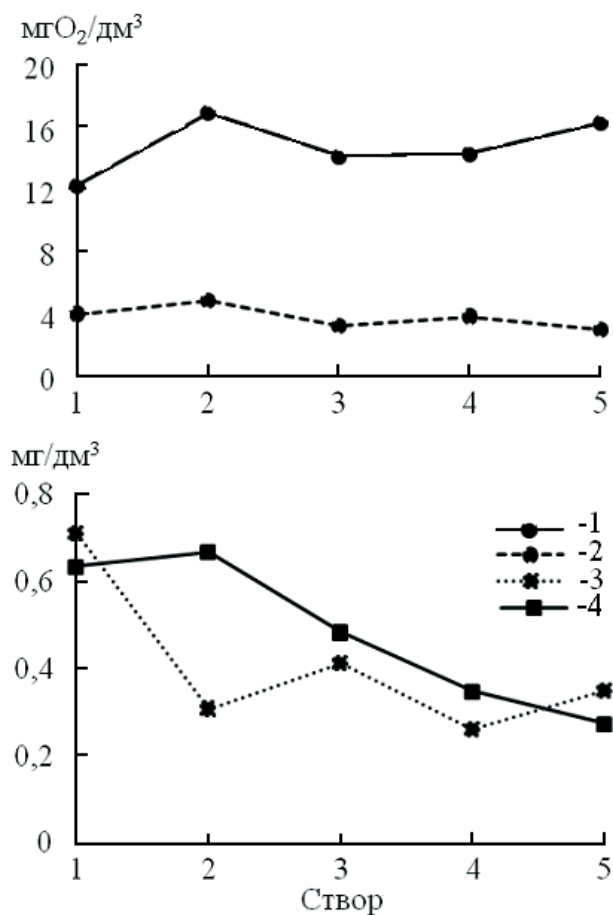


Рис. 3. Изменение содержания органических веществ и микроэлементов в воде р. Елек. 1 – окисляемость, 2 – БПК₅, 3 – бор, 4 – фториды.

Приоритетными загрязнителями воды р. Елек являются бор и фториды. Во всех анализированных пробах речной воды бор присутствовал выше значений ПДК. Средняя его концентрация превышает ПДК от 15 до 42 раз. Максимальная концентрация, зарегистрированная в воде первого и замыкающего створов, достигала 6,5 ПДК. Максимальное содержание фторидов 0,89...1,0 мг/дм³, превысившее уровень ПДК, отмечалось в речной воде в районе г. Алга и выше г. Актюбинска. Средние концентрации не превышали ПДК.

Для пространственного распределения этих микроэлементов было характерно снижение концентрации по течению реки, что свидетельствует о нахождении источников загрязнения в верхних участках реки (см. рис. 3).

По течению реки существенно меняется и минерализация воды, она сильно колеблется и по сезонам года. В 2010 г., например, она меня-

лась в интервале в самом верхнем створе, в районе г. Алга от 234 до 1226 мг/дм³, а у замыкающего створа от 607 до 1169 мг/дм³ (см. табл. 6). Среднее значение в верхнем течении реки составляет 808 мг/дм³, на втором створе средняя минерализация воды возрастает до 995 мг/дм³. Следовательно, на этом участке имеют место антропогенные или природные факторы (источники), вызывающие осолонение речных вод. Довольно резкое снижение минерализации регистрируются в 0,5 км выше г. Актюбинска (створ 3). На последующих участках она непрерывно возрастает до средних значений 933 мг/дм³ в воде замыкающего створа.

Анализ внутригодовой динамики минерализации речной воды показывает наступление максимальных ее значений в зимнюю межень, а минимум на всех створах, за исключением створа 4 (г. Актюбинск: ниже выхода подземных вод) отмечался в апреле, т.е. в период паводка. Нарушение естественного внутригодового режима данного показателя свидетельствуют о наличии источников антропогенного загрязнения на отдельных участках реки.

По динамике биогенных соединений можно отметить, что по всему течению реки концентрация аммонийных солей в воде менялась в интервале от 2,8 до 4,4 ПДК, а максимальная достигала в замыкающем створе 14,6 ПДК. Высокая концентрация этого показателя свидетельствует о свежем, нетрансформированном составе поступающих в реку органических и азотсодержащих соединений.

Концентрация нитритов в воде верхней части течения реки в целом не превышает ПДК. В последних трех створах наиболее высокие концентрации достигали 1,4...2,9 ПДК (см. табл. 6). Содержание нитритного азота и фосфатов не превышает уровень ПДК. Наблюдается повышенная концентрация кремния почти по всему течению реки – 11,4...12,8 мг/дм³ (при ПДК 10 мг/дм³). Из анализа материала видно, что максимальные концентрации кремния в воде почти всех створов зарегистрированы в январе иногда в октябре, что может быть результатом влияния антропогенных факторов.

Наблюдения 2010 г. по уровню тяжелых металлов в речной воде показали следующее (см. табл. 6): из анализированных соединений железа наиболее высокое содержание характерно для окисной формы (Fe^{2+}) до 20 и 32 ПДК. Среднее содержание его составляло 0,01...0,05 мг/дм³, т.е. 2...10 ПДК. Во внутригодовом аспекте максимальные концентрации отмечались в марте – мае, т.е. в основном в период паводка. В летние месяцы данная и остальные формы железа в речной воде отсутствовали. Кон-

центрация других анализированных форм редко достигала уровня ПДК. Концентрация остальных тяжелых металлов Cu, Zn и Pb в подавляющем большинстве случаев превышала уровень ПДК и подвергается существенным внутригодовым колебаниям. Среднее содержание цинка не достигало ПДК, а максимальное – составило 3,0 и 3,5 ПДК в воде 2-го и 5-го створов.

Наиболее высокие концентрации меди 46 мкг/дм^3 и 47 мкг/дм^3 (46 и 47 ПДК) зарегистрированы в воде верхнего течения реки в районе г. Алга, в последующих створах происходит незначительное снижение (см. табл. 6). В сезонном аспекте максимум в апреле, несколько снижается в мае, минимум в зимнюю межень. Динамика среднего содержания меди по течению реки имеет равномерный характер, некоторый рост отмечен в воде створа 2 до 19 мкг/дм^3 , на последующих участках в пределах 12 мкг/дм^3 .

Высокие концентрации в воде характерны и для свинца. Данный элемент превышает уровень ПДК по максимальным концентрациям от 21 до 27 раз, средним от 6,5 до 9,9 раз. Сезонное распределение в целом аналогично таковому с медью, т.е. максимум концентрации регистрируется в апреле, во время весеннего паводка. В режиме этих элементов ведущими факторами, очевидно, являются смыв их с поверхности почв водосбора, а также с территории промышленных, сельскохозяйственных объектов и населенных пунктов (ливневый сток) во время весеннего снеготаяния.

Средняя концентрация свинца по течению реки имеет тенденцию снижения от верховьев к замыкающему створу. Более высокие значения концентрации свинца, как и меди, регистрируются в воде первых трех створов, где, очевидно, больше влияние антропогенных факторов, а на последующих участках течения реки происходит снижение и стабилизация концентрации свинца под влиянием процессов самоочищения водного потока.

Содержание летучих фенолов в воде р. Елек невысокое, они зарегистрированы в верхнем течении, в районе г. Алга. Максимальное значение достигало 2 ПДК в воде 2-го створа, а на последующих участках они практически отсутствовали.

Таким образом, из анализа материала за 2010 г. следует, что вода р. Елек отличается высокой загрязненностью тяжелыми металлами и другими токсичными соединениями, что является результатом влияния антропогенных факторов, главным образом отходами металлургической промышленности.

В Информационных бюллетенях МООС РК [12, 13] также указано, что качество воды р. Елек (п. Целинный) относится к 5 классу – «грязная»,

ИЗВ составляет 4,37. Наблюдалось превышение по бору (10,41 ПДК), меди (7 ПДК), нитритному азоту (4,15 ПДК), БПК₅ (2,18 ПДК), сульфатам (1,92 ПДК) по их среднегодовым концентрациям. А наибольшие концентрации достигали (п. Целинный) по бору 34,7 ПДК, меди – 20,0 ПДК, БПК₅ – 4,56, нитратам – 9,8, сульфатам – 3,69. Источниками загрязнения считаются Актюбинский завод хромовых соединений, борно-кислотное производство, сельскохозяйственные стоки.

В 2011 г. по р. Елек на территории Актюбинской области зарегистрировано 59 случаев высокого загрязнения (ВЗ) воды, а на территории ЗКО – 1 случай ВЗ.

В районе г. Алги отмечено 22 случая ВЗ, когда кратность превышения ПДК достигала по бору 46,65 и 58,29. В районе г. Актюбинска зарегистрировано 30 случаев ВЗ с кратностью превышения по бору до 32,3 и 38,8 и по нитритному азоту до 23,5 и 21,1. У с. Целинный в 7-ми случаях концентрация бора достигала 15,3 и 19,5 ПДК.

Таким образом, в 2011 г. ВЗ воды р. Елек отмечалось в основном по бору на всем ее протяжении. В ряде случаев, главным образом в районе г. Актюбинска ВЗ регистрировалось по соединениям азотной группы.

Оценка качества вод р. Елек

Основной принцип оценки качества природных вод, официально утвержденный и повсеместно используемый в водоохраной практике, состоит в сравнении значений показателей состава и свойств исследуемой воды с существующими нормативными значениями ПДК загрязняющих веществ.

Однако лишь сравнение фактических концентраций с нормативами ПДК не позволяет комплексно оценить эффект совместного присутствия различных загрязняющих веществ и воздействие многих факторов на состояние воды водного объекта. Методы комплексной оценки качества поверхностных вод постоянно совершенствуются, предложен ряд вариантов, в той или иной степени уточняющих и дополняющих существующие методы [4, 5, 6, 7, 14, 15, 16]. Исходя из имеющихся данных о фактических концентрациях гидрохимических и токсичных показателей, более приемлемыми, на наш взгляд, являются методы, разработанные под руководством М.Ж. Бурлибаева [4, 5, 6, 7], которые использованы нами в данной работе.

Для оценки качества воды р. Елек использовались данные за 2010 г., а также в целях сравнения данные РГП «Казгидромет» МООС РК за 1987 и 1988 гг.

Для расчета комплексного индекса загрязнения воды (КИЗВ) берутся загрязняющие ингредиенты, концентрация которых превышает собственные ПДК. По материалам за 2010 г. нами взяты восемь токсичных соединений (табл. 7).

Таблица 7

Концентрация токсичных веществ, взятых для расчета КИЗВ, мг/дм³

Створ	Вещество							
	Pb	Zn	Cu	B	Fe ²⁺	NH ₄	NO ₂	F
1	0,099	0,0032	0,019	0,711	0,037	1,455	0,010	0,635
2	0,080	0,0100	0,019	0,307	0,027	2,208	0,016	0,668
3	0,099	0,0037	0,012	0,412	0,037	1,402	0,075	0,484
4	0,070	0,0042	0,012	0,260	0,048	0,033	0,448	0,348
5	0,065	0,0078	0,012	0,060	0,012	2,062	0,018	0,274
ПДК	0,01	0,01	0,001	0,017	0,005	0,5	0,08	0,05

Результаты расчета КИЗВ по ингредиентам, концентрация которых превышает собственные ПДК, приведены в табл. 8 с учетом класса опасности (K_o). Наиболее высокие значения зарегистрированы в 2010 г. по свинцу, меди, бору и фторидам.

На основе приведенных выше данных, в табл. 9 представлены средневзвешенные значения КИЗВ для речной воды по принятым для расчета показателям с учетом их класса опасности.

Как видим основной рост значений КИЗВ приходится на элементы второго класса опасности, особенно в воде 1...3 створов. Значения средневзвешенных КИЗВ постепенно снижается по длине реки.

Таблица 8

Индекс загрязненности вод с учетом класса опасности

Створ	Вещество (класс опасности)							
	Pb (2)	Zn (3)	Cu (3)	B (2)	Fe ²⁺ (3)	NH ₄ (3)	NO ₂ (2)	F (2)
1	4,95	0,11	6,33	20,9	2,47	0,97	0,06	6,35
2	4,00	0,33	6,33	9,02	1,80	1,47	0,10	6,68
3	4,95	0,12	4,00	12,1	2,47	0,93	0,47	4,84
4	3,50	0,14	4,00	7,65	3,20	0,02	2,80	3,48
5	3,25	0,26	4,00	1,76	0,80	1,37	0,11	2,74

По результатам расчета КИЗВ вода р. Елек на замыкающем створе (с. Целинное) относится к «умеренному уровню загрязнения» и на остальных створах – к «высокому уровню загрязнения» (табл. 10).

Таблица 9

Комплексные индексы загрязнения воды (КИЗВ) с учетом
класса опасности

Створ	Показатель	С учетом K_o	КИЗВ _{ср. вз.}
1	КИЗВ $K_2 = \sum \text{ИЗВ (Pb+B+F)/n}$	10,7	7,2
	КИЗВ $K_3 = \sum \text{ИЗВ (Cu+Fe}^{2+}+\text{Fe}_{\text{общ.}}+\text{NH}_4)/n$	3,3	
2	КИЗВ $K_2 = \sum \text{ИЗВ (Pb+B+F)/n}$	6,6	4,6
	КИЗВ $K_3 = \sum \text{ИЗВ (Zn+Cu+Fe}^{2+}+\text{Fe}_{\text{общ.}}+\text{NH}_4)/n$	2,5	
3	КИЗВ $K_2 = \sum \text{ИЗВ (Pb+B+F)/n}$	7,3	4,9
	КИЗВ $K_3 = \sum \text{ИЗВ (Cu+Fe}^{2+}+\text{Fe}_{\text{общ.}}+\text{NH}_4)/n$	2,5	
4	КИЗВ $K_2 = \sum \text{ИЗВ (Pb+B+NO}_2+\text{F)/n}$	4,4	4,0
	КИЗВ $K_3 = \sum \text{ИЗВ (Cu+Fe}^{2+}+\text{Fe}_{\text{общ.}}+\text{NH}_4)/n$	3,6	
5	КИЗВ $K_2 = \sum \text{ИЗВ (Pb+B+F)/n}$	2,6	2,4
	КИЗВ $K_3 = \sum \text{ИЗВ (Cu+Fe}^{2+}+\text{Fe}_{\text{общ.}}+\text{NH}_4)/n$	2,1	

Таблица 10

Классификация водных объектов по степени загрязнения

Створ	Степень загрязнения			
	нормативно чистая ($\leq 1,0$)	умеренная (от 1,1 до 3,0)	высокая (от 3,1 до 10,0)	чрезвычайно высокая ($\geq 10,0$)
1			7,2	
2			4,6	
3			4,9	
4			4,0	
5		2,4		

На основании анализа данных за 2010 г. и выполненных расчетов уровня загрязненности водной среды р. Елек можно заключить, что концентрация и режим большинства гидрохимических и токсичных показателей не соответствуют нормативным требованиям для воды рыбохозяйственных водоемов.

Для сравнительной оценки качества воды р. Елек за последний 20-летний период ниже приводятся результаты расчета КИЗВ по материалам РГП «Казгидромет» МООС РК за 1987 и 1988 гг. Концентрация токсичных соединений, взятых для расчета, приведены в табл. 11. Повышенный уровень загрязнения характерен для хрома, фтора и бора.

В табл. 12...14 приведены результаты соответствующих расчетов по оценке качества вод. Как видно из данных таблиц, индекс загрязненности достигает высоких уровней за счет хрома, фтора и бора. По данным 1987 г. водный объект классифицируется в верховьях «высоким уровнем

загрязнения», а в замыкающем створе – «чрезвычайно высоким уровнем загрязнения». По данным 1988 г. вода всех взятых для расчета створов характеризуется «чрезвычайно высоким уровнем загрязнения».

Таблица 11

Концентрация токсичных веществ, взятых для расчета КИЗВ, мг/дм³

Створ	Год	Вещество				
		Fe _{общ.}	Cr ⁶⁺	F	B	Фенолы
1	1987	0,18		0,35	0,38	0,008
	1988			0,46	0,49	
2	1987	0,17		0,32	0,45	0,002
	1988			0,45	0,55	
3	1987	0,11		0,22	0,39	
	1988			0,27	0,39	
4	1987	0,11	0,387	0,32	0,37	
	1988			0,12	0,172	
ПДК, мг/дм ³		0,1	0,001	0,05	0,017	0,001

Таблица 12

Индекс загрязненности вод с учетом класса опасности

Створ	Год	Вещество				
		Fe _{общ.} (3)	Cr ⁶⁺ (3)	F (2)	B (2)	Фенолы (4)
1	1987	1,8		7,0	22,4	8,0
	1988			9,2	28,8	
2	1987	1,7		6,4	26,5	2,0
	1988			9,0	32,4	
3	1987	1,1		4,4	22,9	
	1988			5,4	22,9	
4	1987	1,1	387	6,4	21,8	
	1988			1,2	172	

Таблица 13

Комплексные индексы загрязнения воды (КИЗВ) с учетом класса опасности

Створ	Показатель	С учетом K _o	КИЗВ _{ср. вз.}
1987 год			
1	КИЗВ K ₂ = ∑ИЗВ (B+F)/n	14,7	8,2
	КИЗВ K ₃ = ∑ИЗВ (Fe _{общ.})/n	1,8	
	КИЗВ K ₄ = ∑ИЗВ (фенолы)/n	8,0	
2	КИЗВ K ₂ = ∑ИЗВ (B+F)/n	16,5	6,7
	КИЗВ K ₃ = ∑ИЗВ (Fe _{общ.})/n	1,7	
	КИЗВ K ₄ = ∑ИЗВ (фенолы)/n	2,0	

Створ	Показатель	С учетом K_o	КИЗВ _{ср. вз.}
3	КИЗВ $K_2 = \sum \text{ИЗВ (В+F)/n}$	13,7	7,4
	КИЗВ $K_3 = \sum \text{ИЗВ (Fe}_{\text{общ.}})/n$	1,1	
4	КИЗВ $K_2 = \sum \text{ИЗВ (В+F)/n}$	14,1	104,1
	КИЗВ $K_3 = \sum \text{ИЗВ (Cr}^{6+} + \text{Fe}_{\text{общ.}})/n$	194,1	
1988 год			
1	КИЗВ $K_2 = \sum \text{ИЗВ (В+F)/n}$	19,0	19,0
2	КИЗВ $K_2 = \sum \text{ИЗВ (В+F)/n}$	20,7	20,7
3	КИЗВ $K_2 = \sum \text{ИЗВ (В+F)/n}$	14,2	14,2
4	КИЗВ $K_2 = \sum \text{ИЗВ (В+F)/n}$	10,3	48,4
	КИЗВ $K_3 = \sum \text{ИЗВ (Cr}^{6+} + \text{Fe}_{\text{общ.}})/n$	86,6	

Таблица 14

Классификация водных объектов по степени загрязнения с учетом КИЗВ

Створ	Степень загрязнения			
	нормативно чистая ($\leq 1,0$)	умеренная (от 1,1 до 3,0)	высокая (от 3,1 до 10,0)	чрезвычайно высокая ($\geq 10,0$)
1987 год				
1			8,2	
2			6,7	
3			7,4	
4				104,1
1988 год				
1				19,0
2				20,7
3				14,2
4				48,4

Сопоставление результатов расчета по данным различного периода свидетельствует о том, что высокое загрязнение воды фтором и бором имеет место и в настоящее время. В 2010 г. к числу сверх нормативных загрязнителей присоединились тяжелые металлы, такие как свинец, медь и железо двухвалентное, т.е. круг загрязняющих компонентов возрос, хотя степень загрязнения речных вод несколько снизилась. Уменьшение уровня загрязнения речной воды хромом, видимо, результат проведенных на промышленных предприятиях водоохранных мероприятий.

Уровень биоаккумуляции токсикантов в рыбах р. Жайык

Изучение уровня накопления токсичных соединений в мышцах промысловых рыб, обитающих в р. Жайык имеет важное значение. Для

этого в июне 2012 г. осуществлен специальный выезд в г. Атырау для выполнения намеченных работ в нижнем течении реки.

Лов рыбы на р. Жайык произведен неводом выше г. Атырау в районе с. Бугорки. В уловах присутствовали в основном лещ, судак и жерех. Эти же наиболее массовые виды рыб взяты на токсикологический анализ в следующем количестве: разновозрастных особей леща 9 экз., судака 11 экз., жереха 4 экз. и воблы 1 экз.

Анализ тяжелых металлов проводился на атомно-абсорбционном спектрофотометре ShimadzuAA-6200 (Япония) с двухлучевой оптической системой при спектральном диапазоне 190...900 nm.

Хлорорганические пестициды и полихлорированные бифенилы определяли на газовом хроматографе «Хромос-1000» с использованием общепринятых методических руководств.

Во взятых образцах мышечных тканей рыб определяли содержание тяжелых металлов (Zn, Cu, Pb, Cd, Ni, Mn), хлорорганические пестициды (изомеры ГХЦГ, метаболиты ДДТ, гептахлор, альдрин, гексахлорбензол, дикофол), а также полихлорированные бифенилы (ПХБ).

Тяжелые металлы

В условиях все возрастающего антропогенного влияния на водные экосистемы на современном этапе большую актуальность приобретают исследования загрязнения водоемов тяжелыми металлами. При осуществлении комплексных программ мониторинга для оценки экологического состояния водоемов чрезвычайно важными являются данные, касающиеся особенностей накопления тяжелых металлов в тканях различных гидробионтов и включения их в биотический круговорот. Среди загрязняющих веществ значительную опасность для водной биоты представляют тяжелые металлы, поскольку в отличие от органических загрязнителей, металлы не распадаются и не исчезают, а могут только перераспределяться по компонентам экосистемы водоема. Полученные результаты по концентрации тяжелых металлов в мышцах, взятых для анализа рыб представлены в табл. 15.

Данные табл. 15 показывают, что наиболее высокие значения в мышцах рыб имеет цинк, максимальный уровень его (до 20 мг/кг, в среднем 10,1 мг/кг) отмечен в мышечной ткани леща. Повышенные концентрации меди, кадмия и никеля обнаружены в мышцах судака и жереха, т.е. хищных видов рыб. Содержание свинца и марганца изменялось несущественно в мышцах изученных рыб и не отличалось заметным межвидовым различием.

Уровень кумуляции металлов в мышцах рыб р. Жайык в мг/кг

Элемент	Вид рыбы					
	лещ		судак		жерех	
	min...max	среднее	min...max	среднее	min...max	среднее
Zn	4,6...20,0	10,1	2,2...8,6	6,4	4,2...15,2	8,4
Cu	1,2...4,2	2,7	4,6...6,4	5,2	4,4...5,4	5,0
Pb	2,6...4,0	3,4	2,0...3,7	2,6	2,6...4,0	3,7
Cd	0,2...1,6	0,6	0,8...1,6	1,1	0,4...1,6	1,1
Ni	2,2...4,6	3,9	3,6...6,8	5,6	2,8...7,6	5,1
Mn	2,2...3,6	2,8	2,2...4,8	3,5	2,2...2,8	2,5

Для сравнительной характеристики зарегистрированного уровня кумуляции металлов в рыбах р. Жайык в табл. 16 приведены данные, полученные нами по другим водоемам республики.

Сопоставление полученных данных по уровню накопления тяжелых металлов в аналогичных видах рыб, обитающих в отдельных водоемах, свидетельствует о том, что в рыбах р. Жайык остаточная концентрация элементов характеризуется повышенными значениями. Исключение представляют цинк, повышенные концентрации которого регистрируются и в ихтиофауне других водоемов, а также свинец, достигавший в последние годы в рыбах оз. Балхаш 2,66 мг/кг. Повышенный уровень кумуляции металлов в рыбах данной реки обусловлен, вероятно, загрязненностью водной среды этими элементами.

Максимально-допустимый уровень (МДУ) в мышцах рыб меди составляет 10 мг/кг, кадмия 0,2 мг/кг, свинца 1,0 мг/кг, цинка 40 мг/кг и никеля 0,5 мг/кг. Определенные концентрации меди и цинка ниже нормативных пределов (см. табл. 15). Свинец по своей средней концентрации превышает МДУ от 2,6 раза в судаке, до 3,7 раза – в жерехе, кадмий в отдельных особях леща отмечался на МДУ, но средние концентрации изменяются в пределах 3...5 ПДК. МДУ для никеля в нормативных документах отсутствуют, лишь во временном источнике приводится значение 0,5. Если принять этот МДУ, то по средним концентрациям никель будет превышать нормативный предел от 3,9 до 5,6 раз, максимум до 7,6 раза в мышцах жереха.

Хлорорганические пестициды

Большую опасность для водных организмов представляют стойкие хлорорганические пестициды (ХОП), поскольку они не только обладают токсичностью, но и накапливаются, причем накопление усиливается по мере продвижения по пищевым цепям – от низших организмов к высшим, т.е. происходит их концентрирование.

Таблица 16

Данные по остаточной концентрации металлов в рыбах отдельных водоемов Казахстана, в мг/кг

Водный объект	Период наблюдения	Zn	Cu	Pb	Cd	Ni	Mn
оз. Балхаш	1993...2001	2,14	1,35	1,46	0,09	0,30	0,70
оз. Балхаш	2002	6,66	0,40	1,08	0,08	1,04	0,62
оз. Балхаш	2010	2,76...6,16	0,40...0,92	0,40...2,66	0,03...0,20	Нет данных	Нет данных
Кашагайское вдхр.	2003, 2004, 2011	8,22	0,46	0,55	0,10	Нет данных	Нет данных
р. Иле	2004	3,49...6,23	0,25...0,50	0,43...0,88	0,05	0,27...0,64	
Шардаринское вдхр.	2004, 2005	3,50...14,5	0,36...1,04	0,07...0,77	0,04...0,12	0,40...0,86	
р. Жайык	2012	8,20	4,21	3,10	0,92	4,90	3,00

Пестициды, такие как: ДДТ, альдрин, гептахлор, а также промышленные химикаты: полихлорбифенилы (ПХБ) и гексахлорбензол входят в число 12 стойких органических загрязнителей (СОЗ), определенных Стокгольмской конвенцией в 2000 г. СОЗ – разнообразная группа химических веществ, обладающих высокотоксичными свойствами, проявляющих устойчивость к разложению и способных к активной биоаккумуляции. Они являются объектами трансграничного переноса по воздуху, воде, мигрирующими видами животных, а также осаждаются на большом расстоянии от источника, накапливаясь в экосистемах суши, морей и внутренних водоемов.

Среди химических веществ СОЗ представляют особую опасность и в Казахстане. В мае 2001 г. Правительством Республики Казахстан была подписана Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях. Этой конвенцией предусмотрены запретительные и ограничительные меры в отношении веществ, включенных в перечень СОЗ.

По результатам более ранних исследований стабильности пестицидов в различных средах указывалось, что гексахлоран обнаруживается в воде водоемов в течение 360 суток. Однако наши исследования и исследования многих других авторов свидетельствуют о присутствии хлорорганических пестицидов в водных экосистемах и в настоящее время, несмотря на то, что использование ядохимикатов этого класса в сельском хозяйстве давно запрещено. Поступление их в поверхностные и морские воды, видимо, обусловлено высокой устойчивостью к биодegradации и большим периодом полураспада, который, по оценкам разных авторов, составляет от 7 до 38 лет. Специалисты полагают, что загрязнение водной среды пестицидами по-прежнему представляет опасность.

Повышенное содержание остаточных количеств химических веществ в гидробионтах, в частности рыбах, создает угрозу их существованию и делает их непригодными и для использования в пищевых целях. Одним из основных критериев опасности токсических веществ, особенно с точки зрения оценки их способности вызывать хроническое отравление, являются данные о кумулятивных свойствах.

В настоящее время большое научно-практическое значение представляет изучение бионакопления пестицидов и выявление их способности к локализации в репродуктивных органах рыб для прогнозирования гонадотоксического действия вещества. Накопление пестицидов, обладающих гонадотропным действием, в репродуктивных органах ценных про-

мысловых рыб вызывает ослабление интенсивности процесса размножения, что приводит к сокращению их численности.

Накопившиеся в жировых запасах пестициды оказывают подобного рода губительное воздействие только в том случае, когда запасы жира являются единственным источником энергии. У осетровых рыб это имеет место, например, в ранней стадии их постэмбрионального развития и в период нерестовых миграций. Поскольку эти виды во время долгих нерестовых миграций почти не питаются, то основным источником энергии в течение всего периода миграции служат жировые запасы.

Поступление пестицидов в жировое депо и мобилизация жировых запасов осуществляется только через печень, т.е. чем больше накопление пестицидов в жировом депо и чем больше расход жира, тем больше окажется пестицидов в печени.

При хроническом токсикозе массовую гибель рыб могут спровоцировать все же факторы, воздействие которых вызывает повышение интенсивности обмена, т.е. расхода энергии. Их гибель может возникнуть даже при незначительном повышении загрязнения водоема, при резком повышении или снижении температуры воды или кратковременном дефиците кислорода, что не оказывало бы существенного влияния на рыб, не подвергавшихся хроническому токсикозу. В таких случаях происходит гибель только тех экземпляров рыб, которые в наибольшей степени были поражены хроническим токсикозом. У погибших осетров и севрюг содержание жира в печени превышало 60 %, тогда как у живых экземпляров оно наблюдалось в пределах 12...33 %.

Установлено, что при больших уровнях накопления пестицидов хронический токсикоз проявляется в виде язв у судака и других видов рыб. Показано, что последствия хронического токсикоза в наиболее выраженной форме проявляется у судака определенного возраста. В период полового созревания у судака (4...6 летнего возраста) масса полостного жира резко снижается, а у старших возрастных групп она снова повышается. Усиление использования полостного жира при повышении энергетических затрат обуславливает резкое увеличение содержания пестицидов в печени. Следовательно, печень судака этих возрастных групп в наибольшей степени подвергается воздействию пестицидов. Язвенное заболевание является проявлением хронического токсикоза хлорорганическими пестицидами, чему наиболее подвержены особи, вступившие в период полового созревания.

Высокому пестицидному загрязнению были подвержены почти все водоемы и водотоки РК. Лишь в последние 10...15 лет интенсивность этого процесса заметно снизилась, однако наличие их регистрируется в водных экосистемах особенно тех, которые питаются стоками трансграничных рек.

Хлорорганические пестициды определялись нами в тех же видах и экземплярах рыб, в которых анализировали тяжелые металлы. В мышечных тканях рыб, взятых для анализа, такие ядохимикаты как альдрин, гексахлорбензол, дикафол обнаружены не были. Изомеры ГХЦГ зарегистрированы в мышцах всех вскрытых экземплярах рыб, т.е. встречаемость этих токсикантов 100 % (табл. 17). Метаболиты ДДТ регистрировались не во всех особях, они обнаружены в 18 % судака, взятых для анализа, максимальная встречаемость у леща 89 %. Примерно в половине взятых мышечных пробах леща и судака отмечен гептахлор, а в жерехе встречаемость составила 25 %.

Таблица 17

Уровень накопления пестицидов в мышцах рыб р. Жайык в мкг/кг

Пестициды	Показатель	Вид рыб		
		лещ	судак	жерех
ГХЦГ	пределы	5,0...64,0	4,6...37,9	2,9...5,0
	среднее	20,6	11,3	3,8
	% встречаемости	100	100	100
ДДТ	пределы	0,0...1450,0	0,0...6,9	0,0...8,8
	среднее	175,7	-	4,9
	% встречаемости	89	18	75
Гептахлор	пределы	0,0...15,0	0,0...18,0	0,0...3,4
	среднее	7,8	7,8	-
	% встречаемости	56	55	25

В мышцах всех взятых для анализа рыб, концентрация изомеров ГХЦГ менялась в интервале от 2,9 до 64,0 мкг/кг. Максимальное их накопление отмечено на уровне 62 и 64 мкг/кг лишь в двух особях леща и в одном экземпляре судака – 37,9 мкг/кг, в остальных рыбах было значительно ниже. В меньшей степени ГХЦГ концентрируется в мышцах жереха (2,9...5,0 мкг/кг). Метаболиты ДДТ, как по встречаемости, так и по концентрации больше кумулируются в мышцах леща, причем максимум их (36 мкг/кг, 1450 мкг/кг) зарегистрирован в тех же трех экземплярах, в которых выявлено наибольшее содержание ГХЦГ. Аномально высокая концентрация метаболитов ДДТ в мышцах единственного экземпляра ле-

ща, достигавшая 1450 мкг/кг, трудно объяснимое явление, однако исключать подобные случаи, нельзя.

По исследованиям авторов среднее содержание этих поллютантов в мышцах леща и судака Капшагайского и Шардаринского водохранилищ составило 170 мкг/кг и 439 мкг/кг, в половых продуктах 3320 мкг/кг и 573 мкг/кг, а во внутреннем жире 1526 мкг/кг и 1361 мкг/кг соответственно. Можно предположить, что в бассейне р. Жайык в вегетационный период имеют место какие-то источники заражения гидрофауны токсикантами.

Наиболее высокое содержание гептахлора зарегистрировано в мышцах единичных экземпляров леща (12...15 мкг/кг) и судака (11...18 мкг/кг). В подавляющем большинстве случаев уровень концентрации был в пределах 2...6 мкг/кг. Среднее его содержание в мышечной ткани леща и судака оказалось равным 7,8 мкг/кг, в большинстве проб жереха он не был обнаружен (табл. 17).

В целях сравнительной оценки уровня кумуляции пестицидов в ихтиофауне р. Жайык в табл. 18 представлены полученные нами данные по ряду главных водоемов Казахстана в разные годы.

Таблица 18

Сведения об остаточных концентрациях пестицидов в рыбах главных водоемов Казахстана, мкг/кг

Водный объект	Период наблюдения	Лещ		Судак		Жерех	
		ГХЦГ	ДДТ	ГХЦГ	ДДТ	ГХЦГ	ДДТ
Шардаринское вдхр.	2005	1,6	3,1	0,08	0,1	0,11	2,2
Капшагайское вдхр.	1990	28	250	4,0	26		
	2003	0,021	0,156	0,110	0,26	0,074	0,768
Оз. Балхаш	1993	3,88	3,10	4,18	6,46	3,05	1,60
	2005	0,07	0,62	0,12	0,93		
Оз. Сасыкколь	1989	12,8	0,4	3,8	1,4		
	2004	0,19	не обн.	0,19	не обн.		
Малое Аральское море	1997	6,39	6,39	1,66	1,66		
	2003	0,44	0,44	0,04	0,04		
Река Жайык	2012	20,6	176 (18,8)	11,3	0,0...6,9	3,6	4,9

Из данных табл. 18 видно повышенное содержание поллютантов в рыбах р. Жайык. По результатам анализов 2012 г. токсиканты в ихтиофауне р. Жайык сопоставимы с концентрациями в рыбах разных водоемов в девяностые годы. Этот период был наиболее высоким в уровне загрязне-

ния пестицидами водоемов республики. В последующий период, например, в 2003...2005 гг., уровень накопления пестицидов в органах и тканях ихтиофауны в главных водных бассейнах Казахстана существенно уменьшился, о чем свидетельствуют данные табл. 18.

Следует отметить, что достоверность полученных нами аналитических данных не должна вызывать сомнения, так как все анализы были получены по одной методике и в одной лаборатории Института проблем питания (ныне ТОО «Нутритест») одними и теми же высоко квалифицированными специалистами.

Сведений об уровнях накопления пестицидов в ихтиофауне р. Жайык в литературных источниках нам не удалось встретить. Весной 2004 и 2005 гг. в устье р. Жайык нами изучался уровень кумуляции пестицидов в мышцах и печени осетровых видов рыб, заходящих из моря в реку во время нерестовой миграции. Полученные данные приводятся в табл. 19.

В мышцах осетровых видов в 2004 г. изомеры ГХЦГ не были обнаружены. Наличие ДДТ отмечено в севрюге и в невысоком количестве в мышцах белуги.

Таблица 19

Уровень накопления пестицидов в мышцах и печени осетровых видов рыб в 2004 и 2005 гг.

Вид рыбы	2004 год		2005 год			
	ГХЦГ	ДДТ	ГХЦГ (изомеры)			
	мышцы		мышцы		печень	
	мкг/кг		мкг/кг	% встречаемости	мкг/кг	% встречаемости
Севрюга	не обн.	0,0...40	0,0...1,6	25	0,0...2,0	37
Осетр	не обн.	не обн.	0,0...2,0	60	0,0...2,0	60
Белуга	не обн.	10,0	1,0...2,0	100	0,0...1,2	50
Шип			0,0...1,7	75	0,0...2,8	50
МДУ, мкг/кг	30	300	30			

Весной 2005 г. в органах и тканях осетровых метаболиты ДДТ не были обнаружены. Однако накопление изомеров ГХЦГ приобрело более массовый характер, хотя концентрация их была не столь высока. В мышцах взятых для анализа осетровых встречаемость этих токсикантов была в интервале от 25 % для севрюги до 100 % для белуги, в печени от 37 до 60 % максимум также характерен для белуги, а минимум – для севрюги. Обнаруженные концентрации токсикантов в целом не высоки: от 1,0 до 2,0 мкг/кг в мышцах и от 1,2 до 2,8 в печени рыб.

Согласно отчетным сведениям КаспНИИРХа, уровень накопления пестицидов белугой выше, чем осетром и севрюгой. В данном источнике указано, что летом 2002 г. накопление пестицидов в органах и тканях рыб Северного Каспия составляло по сумме ГХЦГ от 0,3 до 7,6 мкг/кг, по ДДТ – от 1,0 до 81,45 мкг/кг. Следовательно, полученные нами результаты свидетельствуют о заметном снижении в 2004 и 2005 гг. уровня накопления пестицидов в органах и тканях осетровых видов рыб Северного Каспия.

В мышцах частиковых рыб, обитающих в устьевой зоне р. Кигаш, в отличие от осетровых, выловленных в устье р. Жайык, зарегистрировано наличие изомеров ГХЦГ и метаболитов ДДТ. Изомеры ГХЦГ обнаружены в редких случаях, в основном в мышцах рыб, выловленных в мелководной акватории восточной части дельты Волги. Наличие этих токсикантов в более повышенных концентрациях (0,70...2,5 мкг/кг) обнаружены в основном в мышцах сазана, с 75 % обнаружения (табл. 20).

Таблица 20

Уровень накопления пестицидов в мышечной ткани частиковых рыб устьевой зоны р. Кигаш

Вид рыб	ГХЦГ (изомеры)		ДДТ (метаболиты)	
	мкг/кг	% встречаемости	мкг/кг	% встречаемости
Сазан	0,0...2,50	75	0,0...20,0	75
Сом	0,0...0,2	30	10,0...20,0	100
Лещ	не обн.		0,0...140	50
Щука	не обн.		60,0	
Карась	не обн.		40,0	
Красноперка	0,0...0,20	25	0,0...25,0	50
МДУ, мкг/кг	30		300	

Метаболиты ДДТ зарегистрированы почти во всех анализированных рыбах, процент встречаемости их составил от 50 до 100. Наиболее высокие концентрации ДДТ от 60 до 140 мкг/кг в сазане, леще, а из хищных видов в соме и щуке. Из приведенных данных следует, что в зоне восточных рукавов дельты Волги и мелководной акватории моря, находящейся под влиянием волжского стока, уровень накопления пестицидов в рыбах значительно выше, чем в другой части Северного Каспия.

Водная среда этой территории отличается повышенным содержанием хлорорганических пестицидов. Уровень кумуляции пестицидов в мышцах и печени осетровых видов рыб, вылавливаемых в устье р. Жайык во время весеннего нерестового хода, характеризовался невысокими значениями. Это может быть обусловлено сравнительно низкой пестицидной

загрязненностью водной среды и кормовых объектов акватории моря, где нагуливались пойманные особи. Повышенная пестицидная загрязненность волжского стока является причиной достаточно высокого накопления этих токсикантов в органах и тканях рыб устьевой зоны р. Кигаши и северо-восточной акватории моря.

Из приведенных выше данных в целом следует, что накопление пестицидов в ихтиофауне устьевых зон рек Жайык и Кигаши (восточные рукава дельты Волги) имеет повышенный уровень, по сравнению с другими водоемами РК. Это может быть результатом пестицидной загрязненностью не только волжского стока, но и воды р. Жайык, в бассейне которой широки масштабы сельскохозяйственного освоения.

По существующим нормативным документам МДУ для пресноводных рыб по изомерам ГХЦГ – 30 мкг/кг, по метаболитам ДДТ – 300 мкг/кг. В мышцах двух особей леща и одного судака наблюдалось превышение нормативов по ГХЦГ 2,1 МДУ для леща и 1,2 МДУ – для судака. По накоплению ДДТ превышение МДУ отмечено лишь в одном случае.

Полихлорированные бифенилы (ПХБ)

ПХБ наряду с другими хлорорганическими соединениями (ДДТ, ГХБ, ГХЦГ) являются в настоящее время загрязняющими веществами, распространенными в глобальном масштабе. Этому способствует их высокая стабильность (это самые устойчивые химические соединения), гидрофобность (слабо вымываются осадками) и значительный объем применения. Пути попадания ПХБ в природную среду:

сжигание твердых отходов на свалках, особенно при неполном сгорании красок, пластмасс, покрытий (до 60 %);

смыв со свалок;

сбросы промышленных стоков и утечки на производстве.

Установлено, что пресноводная рыба основной и опасный источник поступления ПХБ в организм людей. В воде водоема концентрация ПХБ может быть выше его растворимости, что связано с адсорбцией взвешенными веществами.

Органы и ткани рыб по уровню в них ПХБ, можно выстроить в следующий ряд: печень → яичники → почки → семенники → мышцы, и по содержанию в липидном экстракте: яичники → печень → мышцы → почки → семенники.

Для низших водных организмов (фитопланктон) концентрации ПХБ порядка 5 мкг/дм³ уже токсичны. Водные организмы абсорбируют ПХБ

прямо из воды в зависимости от продолжительности экспозиции и концентрации. Морской зоопланктон может накапливать до 5 мг/кг в экстрагируемых липидах, сельдь, питающаяся ими, – до 10 мг/кг (в экстрагируемом жире). В длительных экспериментах гибель рыбы отмечалась при концентрации 5 мкг/дм³, при этом молодые особи отличались большей чувствительностью, рост мальков нарушился при концентрации 2,2 мкг/дм³.

ПХБ в объектах водной экосистемы водоемов Казахстана практически не изучаются. Наблюдение за динамикой этих токсикантов не ведется и сетью Казгидромета. Некоторые сведения по уровню концентрации ПХБ в воде и рыбах отдельных водоемов Казахстана получены авторами.

Интересная картина распределения ПХБ зарегистрирована нами в устье р. Жайык во время весенней нерестовой миграции 2005 г. Сто процентная встречаемость ПХБ обнаружена в 8-ми экз. севрюги взятых для анализа: концентрация в мышцах составила от 2,95 до 45,0 мкг/кг, в печени – от 3,96 до 44,9 мкг/кг, в белуге (1 экз.) 59,8 мкг/кг в мышцах и 29,5 мкг/кг – в печени. Во взятых на токсикологическое вскрытие 3 экз. осетра и 4 экз. шипа эти токсиканты обнаружены не были.

Как показали приведенные выше результаты наших ранних исследований, водная экосистема трансграничного Жайык-Каспийского бассейна также подвержена загрязнению ПХБ. Поэтому оценить современный уровень загрязненности ихтиофауны р. Жайык целесообразно.

Полученные нами результаты хроматографического анализа собранных в июне 2012 г. образцов тканей рыб на содержание полихлорированных бифенилов представлены в табл. 21.

Таблица 21

Уровень кумуляции ПХБ в мышечных тканях рыб р. Жайык в мкг/кг

Показатель	Лещ	Судак	Жерех
Min...max	80,0...316,0	22,0...177,0	102,0...140,0
Среднее	167,7	97,4	118,5
% встречаемости	100	100	100

Из данных табл. 21, прежде всего, видно, что этот токсикант в тканях всех взятых для анализа рыб встречается в 100 % случаев. Эти данные являются показателем того, что водная экосистема реки загрязнена высоко токсичным соединением ПХБ.

Наиболее высокий уровень кумуляции поллютантов обнаруживается в мышцах представителя «мирных» рыб – бентофага леща до 316,0 мкг/кг. Менее подвержены загрязнению хищники – судак и жерех,

хотя в особях последнего вида концентрация токсиканта повышена от 102,0 до 140,0 мкг/кг.

Известно, что основное депо соединений ПХБ находится в донных отложениях, причем наиболее высокие концентрации наблюдаются в черном иле, минимальные в песчаных образованиях. Эти закономерности, очевидно, характерны и для р. Жайык и являются обоснованием причины высокой аккумуляции токсиканта в тканях леща.

Повышенный уровень ПХБ в тканях жереха можно объяснить теми особенностями его биологии, что он относится к видам рыб смешенного питания особенно в младшевозрастных стадиях.

В Государственной системе санитарно-эпидемиологического нормирования РК (СанПиН № 4.01.071.03), утвержденных 11.06.2003 г. №447, допустимые уровни ПХБ в мышцах рыб – 2 мг/кг.

Сопоставление полученных нами данных с нормативным уровнем свидетельствуют о том, что в мышечных тканях изученных представителей ихтиофауны р. Жайык концентрация ПХБ значительно ниже МДУ.

На основе выполненных в 2012 г. полевых и лабораторных исследований получены достаточно подробные сведения о современных уровнях кумуляции тяжелых металлов, хлорорганических пестицидов и полихлорированных пестицидов в тканях наиболее массовых видов рыб р. Жайык.

В основной массе изученных экземпляров рыб зарегистрирована остаточная концентрация указанных выше токсичных соединений. Сопоставление полученного аналитического материала с действующими нормативными документами показали превышение максимально-допустимого уровня (МДУ) в мышцах рыб по ряду тяжелых металлов, таких как свинец и кадмий. Поллютанты органического происхождения (пестициды и ПХБ) зарегистрированы в мышцах рыб ниже нормативных уровней.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амиргалиев Н.А. Некоторые вопросы гидрохимического режима дельты р. Урал // Сб. «Рыбные ресурсы водоемов Казахстана и их использование». – 1966. – Вып. 5. – Изд-во АН КазССР, – С. 46-57.
2. Амиргалиев Н.А. О неоднородности минерализации воды в отдельных рукавах дельты р. Урал // Известия АН КазССР. – Серия химическая. – 1966. – Вып. 3. – С.13-19.
3. Анализ гидрологического режима трансграничных водоемов и определение его влияния на формирование биоресурсов. Западно-

- Казахстанская область: Отчет о НИР – Уральск, 2005. – 49 с. – Отв. исполн. Н.А. Амиргалиев, У.Т. Таубаев.
4. Бурлибаев М.Ж. Теоретические основы устойчивости экосистемы трансзональных рек Казахстана. – Алматы: Каганат, 2007. – 515 с.
 5. Бурлибаев М.Ж., Амиргалиев Н.А., Павличенко Л.М., Муртазин Е.Ж. Методические рекомендации по комплексной оценке качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям. – Астана, 2012. – 80 с.
 6. Бурлибаев М.Ж., Байманов Ж.Н., Тажмагамбетов Е.А. Комплексная оценка качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям. – Алматы: Ғылым, 2007. – 95 с.
 7. Бурлибаев М.Ж., Павличенко Л.М., Шестернева О.Г. К концепции комплексной оценки качества поверхностных вод // Гидрометеорология и экология. – 1998. – № 3-4. – С. 86-112.
 8. Ежегодник качества поверхностных вод и эффективности проведенных водоохранных мероприятий по территории Казахской ССР за 1987 г. – Алматы, 1988. – 411 с.
 9. Ежегодник качества поверхностных вод и эффективности проведенных водоохранных мероприятий по территории Казахской ССР за 1989 г. – Ч. 1. – Алма-Ата, 1990. – 145 с.
 10. Ежегодник качества поверхностных вод и эффективности проведенных водоохранных мероприятий по территории Казахской ССР за 1992 г. – Алматы, 1993. – 164 с.
 11. Ежегодник качества поверхностных вод и эффективности проведенных водоохранных мероприятий по территории Казахской ССР за 1988 г. – Алматы, 1989. – Ч. II. – 379 с.
 12. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды РК за 2011 г. Астана, 2012. – 210 с.
 13. Информационный бюллетень об экологической и радиоэкологической ситуации в приграничных районах трансграничных рек Республики Казахстан за 2011 год. – Астана, 2012. – 76 с.
 14. Методические рекомендации по нормализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. – М.: 1988. – 10 с.
 15. Методические рекомендации по проведению комплексных обследований и оценке загрязнения природной среды в районах, подверженных интенсивному антропогенному воздействию (ПР РК 52.5.06-00). / Разработчик к.г.н. М.Ж. Бурлибаев. – Алматы: 2001. – 74 с.

16. Никаноров А.М. Емельянова В.П. Комплексная оценка качества поверхностных вод суши // Водные ресурсы. – 2001. – Т. 32.– № 1 – С. 61-69.

Поступила 12.03.2013

Техн. ғылымд. докторы	М.Ж. Бүрлібаев
Геогр. ғылымд. докторы	Н.А. Амиргалиев
	И.В. Шенбергер
	А.С. Первалов
	Д.М. Бүрлібаева

**ЖАЙЫҚ ӨЗЕНІНІҢ ҚАЗІРГІ КЕЗДЕГІ ГИДРОЭКОЛОГИЯЛЫҚ,
ТОКСИКОЛОГИЯЛЫҚ ПРОБЛЕМАЛАРЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ
КӨРСЕТКІШТЕРІНІҢ ӨЗГЕРУЛЕРІ**

Бүгінгі таңда Қазақстан Республикасы және Ресей Федерациясының арасында трансшекаралық өзендер туралы жүріп жатқан келісімде Жайық және Елек өзендерінің су сапасы туралы ешқандай келіссөз, шешім қабылданбай отыр. Бар проблемалар тек өзендердің ағын суын қараумен шектелуде. Біз білетіндей, Жайық пен Електің су сапасы ешқандай нормативтерге сәйкес келмейді. Сол себептен қарастырылып отырылған ғылыми жұмыс Жайық пен Електің гидрохимиялық режімін және токсикологиялық көсеткіштерін зерттеуге арналады.