

УДК 614.8.084+504.061.2:69.05(075.8)

Доктор техн. наук

Доктор геогр. наук

М.Ж. Бурлибаев \*

Н.А. Амиргалиев \*\*

И.В. Шенбергер \*

А.С. Перевалов \*

Д.М. Бурлибаева \*\*\*

**СОВРЕМЕННЫЙ РЕЖИМ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ И  
ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСГРАНИЧНОГО  
СТОКА РЕКИ СЫРДАРЬИ И ХАРАКТЕР ИХ ТРАНСФОРМАЦИИ В  
ПРЕДЕЛАХ ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА**

*ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ, САМООЧИЩАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ВОДОТОКА, ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ, УРОВЕННЫЙ РЕЖИМ, ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ, ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ, КИСЛОРОДНЫЙ РЕЖИМ, РЕЧНАЯ ЭКОСИСТЕМА*

*В настоящее время в переговорных процессах по р. Сырдарье, по линии Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии (МКВК) стран Центральной Азии качество стока трансграничного водотока не рассматривается. Акцент, при водodelении стока данной реки сосредоточен на количественной характеристике. Между тем известно, что качество воды р. Сырдарьи не пригодно не только для питьевых целей, но и для орошения. Поэтому данная статья посвящается анализу гидрохимического режима и токсикологических показателей рассматриваемого водотока.*

**Оценка режима гидрохимических и токсикологических показателей трансграничного притока р. Сырдарья – поселок Кокбулак**

Согласно данным РГП «Казгидромет» МООС РК за 2010 и 2011 гг., в трансграничном стоке реки концентрация органических веществ (по БПК<sub>5</sub>) невысокая, в пределах нормативного уровня (табл. 1). Значения бихроматной окисляемости в отдельные сезоны колебались в пределах от 3,0 до 21,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Максимум отмечался в январе – марте.

\* Казахстанское агентство прикладной экологии, г. Алматы

\*\* Институт Географии, г. Алматы;

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

Внутригодовой режим этого показателя зависит от стока воды и взвешенных наносов, наибольшие значения которых в последние годы регистрируются в зимний период. Из соединений группы азота превышают уровень ПДК только нитриты в пробах, отобранных в январе – марте, как это характерно для бихроматной окисляемости. Следовательно, зависимость гидрохимического режима и отдельных показателей от стока воды и наносов очевидна.

Концентрация тяжелых металлов в трансграничном стоке в целом невысокая, превышение ПДК по цинку (до  $12,0 \text{ мкг/дм}^3$ ) отмечено лишь в апреле. Среднее содержание меди составило 2 ПДК. Более повышена концентрация  $\text{Fe}^{2+}$ , среднее содержание которого составило 4 ПДК, а максимальное достигало 8 ПДК в мае. Наиболее высокие концентрации летучих фенолов (до 7 ПДК) зарегистрированы в мае, а в зимнее время они снижались до  $0,003 \text{ мг/дм}^3$ , т.е. на уровне 3 ПДК.

В трансграничных стоках Сырдарьи постоянно присутствуют нефтяные углеводороды, максимальная концентрация которых  $0,25 \text{ мг/дм}^3$  (5 ПДК) отмечалась в январе и марте 2010 г., в остальные сезоны – в пределах ПДК. Присутствие фторидов в речной воде регистрируется во все сезоны года, а их концентрация, превышающая ПДК ( $0,75 \text{ мг/дм}^3$ ), отмечалась в апреле и ноябре, т.е. прослеживается определенная зависимость их режима от стока воды.

Среднегодовая минерализация трансграничного притока 2010 г. составила  $956 \text{ мг/дм}^3$  (табл. 1). Минимальное ее значение  $639 \text{ мг/дм}^3$  наблюдалось в марте, а значения, превышающие  $1000 \text{ мг/дм}^3$  – в апреле, мае, октябре и ноябре. Такое внутригодовое распределение минерализации воды, видимо, обусловлено не только природными факторами. Рост ее в осенние периоды можно объяснить влиянием коллекторно-дренажных вод, поступающих в речную систему из орошаемых массивов, расположенных в верхней части течения реки.

Внутригодовое распределение минерализации воды на приграничном створе по данным 2005 г. имеет тесную зависимость от изменения водности реки. Это иллюстрируется на рис. 1 (по данным РГП «Казгидромет» МООС РК). В зимний период (январь – март) при достижении месячных значений расходов воды  $3 \dots 3,5 \text{ км}^3$  минерализация трансграничного стока реки снижалась до  $700 \dots 800 \text{ мг/дм}^3$ .

Сокращение расходов воды в летний период сопровождается ростом ее минерализации до  $1600 \text{ мг/дм}^3$ . Постепенный подъем объема речного стока вызывает снижение минерализации воды осенью и зимой [2].

Таблица 1  
Гидрохимические и токсикологические показатели трансграничного стока р. Сырдарья и их трансформация по течению реки в 2010 и 2011 гг.

Показатель	Единица измерения	с. Кокбулак (ств. 1)				Шардаринское вдхр. (г. Шардара) (ств. 2)				max	min	max	min	среднее	g. Шардара (2 км ниже плотины вдхр.) (ств. 3)	г. Кызылорда (3 км ниже города) (ств. 4)	г. Казалинск (в створе водпоста) (ств. 5)	с. Каратерень (в створе водпоста) (ств. 6)
		среднее	min	max	среднее	min	max	среднее	min									
БПК <sub>5</sub>	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	1,130	0,740	1,420	1,916	1,200	3,350	1,710	2,325	2,606	1,808							
Азот аммонийный	мг/дм <sup>3</sup>	0,045	0,020	0,130	0,054	0,020	0,200	0,053	0,105	0,138	0,088							
Азот нитритный	мг/дм <sup>3</sup>	0,078	0,007	0,168	0,035	0,024	0,069	0,032	0,010	0,012	0,008							
Фосфаты	мг/дм <sup>3</sup>	0,023	0,008	0,045	0,009	0,0	0,017	0,011	0,108	0,112	0,261							
Кремний	мг/дм <sup>3</sup>	5,917	4,100	8,000	5,029	3,300	7,100	5,200	-	-	-							
Железо общее	мг/дм <sup>3</sup>	0,042	0,030	0,080	0,032	0,020	0,040	0,027	0,192	0,213	0,199							
Железо (2+)	мг/дм <sup>3</sup>	0,023	0,020	0,040	0,018	0,010	0,020	0,015	-	-	-							
Медь	мкг/дм <sup>3</sup>	2,250	2,000	2,600	2,400	2,000	3,200	2,500	2,500	2,833	2,750							
Цинк	мкг/дм <sup>3</sup>	5,683	2,600	12,00	6,783	2,000	14,00	6,967	-	-	-							
Летучие фенолы	мг/дм <sup>3</sup>	0,004	0,003	0,007	0,004	0,003	0,007	0,005	-	-	-							
Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>	0,097	0,020	0,250	0,048	0,010	0,140	0,052	-	-	-							
Фториды	мг/дм <sup>3</sup>	0,635	0,170	0,840	0,818	0,400	1,420	0,795	-	-	-							
Сумма ионов	мг/дм <sup>3</sup>	956,3	639	1180	941,6	699,0	1223	901,7	1380	1082	1054							
Окисляемость бихроматная	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>		3,000	21,00		6,000	20,00	14,08										

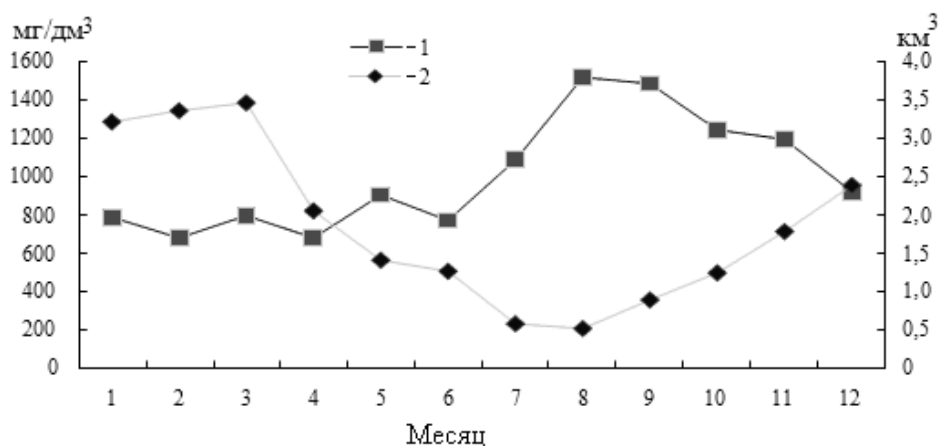


Рис. 1. Внутригодовое распределение минерализации в зависимости от стока воды на ГП Кокбулак в 2005 г. 1 – минерализация, 2 – сток воды.

Из сказанного выше следует, что трансграничный приток по р. Сырдарье загрязнен преимущественно соединениями органического происхождения. Среди тяжелых металлов повышена концентрация двухвалентного железа. В режиме ряда гидрохимических параметров (минерализация и др.) прослеживается влияние антропогенных факторов. Согласно данным Информационных бюллетеней [8, 9], в 2011 г. в воде р. Сырдарьи у с. Кокбулак наблюдались повышенные концентрации фенолов (4 ПДК), меди (3 ПДК), нитритов (2,1 ПДК). Далее приводятся сведения по объему трансграничного стока некоторых приоритетных тяжелых металлов по нашим расчетам [3, 4] на основании данных РГП «Казгидромет» МООС РК.

Для расчета трансграничного притока тяжелых металлов (меди и цинка) авторы так же использовали данные РГП «Казгидромет» МООС РК по створу Кокбулак за 2001...2004 гг. Расчеты производились по методике О.А. Алекина и Л.В. Бражниковой [1]. Концентрация цинка в 2001...2003 гг. находилась в пределах ПДК и ниже, лишь в единичных случаях отмечалась на уровне 1,2...1,5 ПДК. В 2004 г. она была значительно выше, часто доходила до 1,7 ПДК. Содержание меди практически за все месяцы наблюдений превышало ПДК от 2 до 10 раз.

Суммарные годовые объемы притока тяжелых металлов через приграничный створ изменялись от 62,7 до 115 т для меди и от 69,3 до 213,2 т для цинка (табл. 2). Сток меди в целом соответствует водному стоку за отдельный год, а увеличение стока цинка, особенно в 2004 г., обусловлено повышением его концентрации в речной воде, о чем сказано выше. Из

приведенных данных также следует, что из-за превышения нормативного уровня ПДК меди в трансграничном стоке, приток этого элемента через приграничный створ превысил допустимые нормативы в 3,2 раза в 2004 г. и в 4,9 раза – в 2002 г., в среднем за 2001...2004 гг. – в 4,3 раза. Приток по цинку за эти годы, рассчитанный по материалам РГП «Казгидромет» МО-ОС РК, находился в пределах нормативных уровней.

Таблица 2

Годовые объемы притока воды и тяжелых металлов на приграничном створе р. Сырдарья в 2001...2004 гг.

Показатель	Всего	в т.ч.			
		2001	2002	2003	2004
Водный сток, км <sup>3</sup>	85,10	13,43	21,18	27,21	23,28
Сток меди, т	357,8	62,7	104,6	115,4	75,05
Сток цинка, т	549,6	69,3	135,9	131,2	213,2

По мнению авторов, представляет интерес анализ внутригодовой динамики трансграничного притока загрязняющих веществ. Данные рис. 2 показывают, что изменение стока рассматриваемых элементов в течение года зависит в основном от внутригодового колебания водного стока. Однако даже незначительные изменения концентрации металлов в речной воде вызывают заметные колебания объема их стока. Это достаточно четко проявляется, например, по внутригодовой динамике цинка за 2002, 2003 и 2004 гг. Сток меди распределяется в течение года более равномерно, за исключением единичных пиков, зависящих в основном от колебания водного стока.

Как известно, на р. Сырдарье и ее главных притоках функционирует ряд крупных водохранилищ, основные из них: Токтогульское (объем 19,5 км<sup>3</sup>), Чарвакское (2 км<sup>3</sup>), Андижанское (1,9 км<sup>3</sup>), Кайраккумское (4,03 км<sup>3</sup>) и Шардаринское (5,7 км<sup>3</sup>). Водный режим реки в среднем и нижнем течениях главным образом зависит от объема и сезона попусков из Токтогульского водохранилища, сооруженного на территории Кыргызской Республики. Согласно имеющимся сведениям [14], функционируя в ирригационном режиме, три четверти годового объема попусков из этого водохранилища (9,4 км<sup>3</sup>) осуществлялись в вегетационный период (рис. 2), а в зимний период водохранилище пропускало вниз не более 180 м<sup>3</sup>/с (2,85 км<sup>3</sup>), что в целом сохраняло благоприятную экологическую обстановку.

Однако в последний десятилетний период в связи с переводом Токтогульского гидроузла на энергетический режим резко возросли зимние попуски из него в целях увеличения вырабатываемой электроэнергии.

Этот новый режим приводит на участках ниже Шардаринского водохранилища к ежегодному зимнему затоплению обширных территорий и другим нарушениям экологической устойчивости водных систем бассейна.

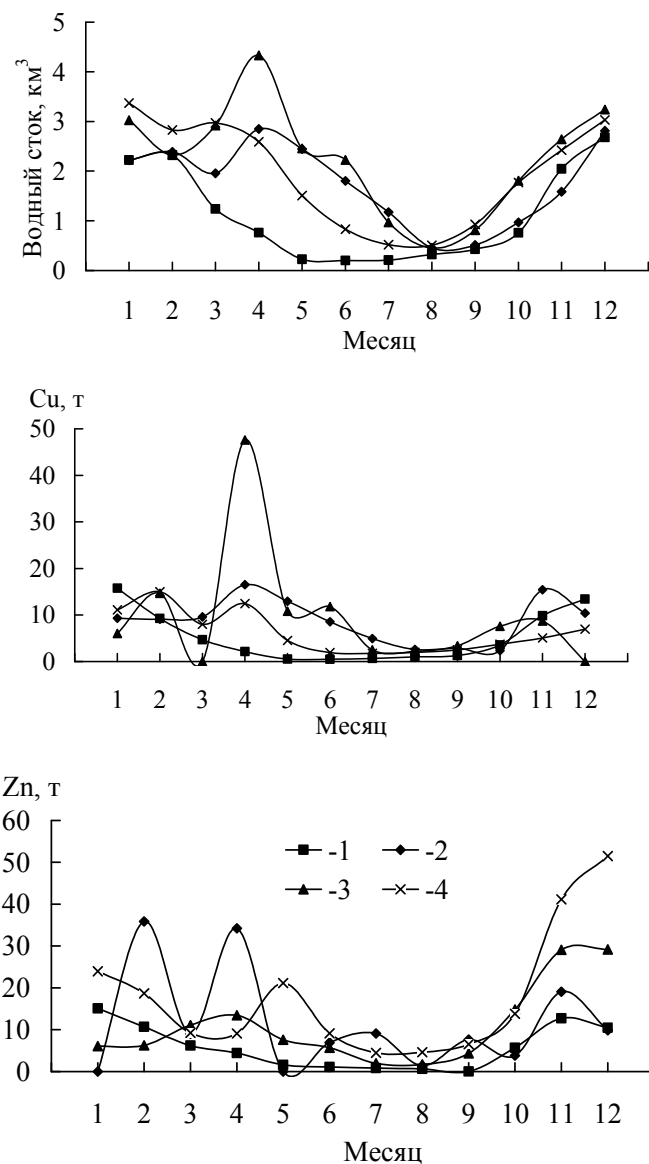


Рис. 2. Внутригодовое распределение водного стока и стока цинка, меди на р. Сырдарье в приграничном створе Кокбулак. 1 – 2001 г.; 2 – 2002 г., 3 – 2003 г., 4 – 2004 г.

Эти обстоятельства в существенной мере повлияли на внутригодовую динамику стока загрязняющих веществ по приграничному створу. Из

данных табл. 3 видно, что в среднем около 40 % объема годового стока металлов проходит в зимний период, такой же удельный вес характерен и для водного стока. В 2001 г. сравнительно маловодном году доля зимнего водного стока достигала 54 % от годового. Как видно на рис. 2, высокие расходы воды на данном створе регистрируются не только в декабре, январе и феврале, но и в ноябре, марте. Следовательно, объем стока воды в холодные периоды года значительно выше, чем в вегетационный период, соответственно и приток загрязняющих и других химических веществ через приграничный створ.

Таблица 3

Сезонные изменения водного стока и стока тяжелых металлов (%) на приграничном створе р. Сырдарьи в 2001...2004 гг.

Показатели	Год	Сезоны			
		зима	весна	лето	осень
Водный сток	2001	54	17	5	24
	2002	35	34	16	15
	2003	32	36	13	19
	2004	40	30	8	22
Среднее:		40	29	10	20
Сток меди	2001	61	12	4	23
	2002	28	37	15	20
	2003	18	51	14	17
	2004	44	33	8	15
Среднее:		38	33	10	19
Сток цинка	2001	52	18	4	26
	2002	34	32	12	22
	2003	32	24	7	37
	2004	44	18	9	29
Среднее:		40	23	9	28

Следует отметить, что нежелательные последствия существенного роста речного стока в зимний период ограничивается не только затоплением территории и другими обстоятельствами. Это явление может привести к нарушению качества водной среды водоемов.

Приоритетные для р. Сырдарьи токсиканты цинк и медь относятся, с одной стороны, к необходимым элементам, участвующим в работе жизненно важных ферментов, однако в больших количествах они токсичны. Избыток меди разрушает витамин С и А, способствует образованию токсичных продуктов окисления липидов. ПДК цинка в воде водоемов санитарно-бытового водопользования составляет 100 мкг/дм<sup>3</sup>, а в воде рыбохо-

зайственных водоемов – 10 мкг/дм<sup>3</sup>. Повышение температуры водной среды с одновременным снижением содержания кислорода в воде увеличивает отрицательное воздействие цинка на состояние многих видов рыб. Такое состояние водной среды наблюдалось нами в осенний период в верховье р. Сырдарьи, т.е. выше Шардаринского водохранилища (снижение насыщения кислородом с одновременным повышением содержания диоксида углерода до 11,4 мкг/дм<sup>3</sup> и температуры воды). Органами-мишенями при больших концентрациях Zn в воде становятся: жабры, испытывающие интоксикацию цинком, почечная ткань. В результате такого воздействия снижаются темпы роста, максимальные размеры и плодовитость рыб. Медь участвует в процессе фотосинтеза и влияет на усвоение азота растениями. Избыточные концентрации меди до 100 мкг/дм<sup>3</sup> приводят к процессам замедления роста большинства водных растений.

Уменьшение потребления углекислоты и кремния наблюдается уже при содержании Cu 3,0...30,0 мкг/дм<sup>3</sup>. Токсичность меди снижается в водах с более высокой минерализацией по сравнению с пресными водами, и в организмы рыб она поступает главным образом с пищей. Без специальных исследований в настоящее время по уровню ее содержания в воде р. Сырдарьи и Шардаринского водохранилища, где минерализация достигает 800...1400 мкг/дм<sup>3</sup>, затруднительно говорить о степени влияния этого компонента на биоценозы. Постоянное воздействие доз меди в размере 20...200 мкг/дм<sup>3</sup> снижает выживаемость рыб и темпы воспроизводства различных видов рыб. Повышенная концентрация этих элементов в воде и органах, тканях рыб вредно и для здоровья людей.

В итоге приведенной выше информации можно заключить, что транзитный сток р. Сырдарьи загрязнен различными токсичными соединениями. В связи с нарушением естественного внутригодового режима притока воды по реке, содержащиеся в ней загрязнители поступают в водоемы Казахстана в зимний период, что удлиняет сроки самоочищения воды в водных объектах.

#### **Характер трансформации химического состава и токсичных показателей воды р. Сырдарьи в пределах равнинной части ее течения**

Изменение химического состава и концентрации токсичных параметров воды р. Сырдарьи в пределах расположенных ниже территорий показано в табл. 1. В воде приплотинной части Шардаринского водохранилища сохраняется повышенная концентрация органических веществ. Здесь в 2 раза увеличиваются минимальные значения бихроматной окисляемости (до 6 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) по сравнению с транзитным стоком, а макси-



мальные показатели ее практически не меняются. На данном створе также в 2 раза повышена величина БПК<sub>5</sub> – до 3,35 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, т.е. она превысила уровень ПДК (3 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>).

Рост концентрации органических веществ в воде водохранилища может быть обусловлен интенсификацией продукционных процессов в условиях замедленного течения и достаточно высокой температуры воды, достигающий летом 30 °С. Этому также способствует поступление в водохранилище достаточного количества биогенных веществ как по р. Сырдарье, так и с прибрежных территорий.

Повышение средних значений БПК<sub>5</sub> регистрируется и в воде последующих участков реки, т.е. в районе городов Кызылорда (створ 4) и Казалы (створ 5) до 2,33 и 2,61 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> соответственно. Максимальные величины этого показателя превышали ПДК в единичных случаях. В воде Шардаринского водохранилища и расположенных ниже створов превышение концентрации биогенных соединений практически не регистрировались.

Из тяжелых металлов, по материалам 2010 г., общее железо незначительно превысило уровень ПДК в воде трех последних створов (см. табл. 1). Средняя концентрация двухвалентного железа составила в воде Шардаринского водохранилища 3,6 ПДК, а в речной воде ниже водохранилища – 3,0 ПДК. В последующих участках реки данные по этому показателю отсутствуют.

Средняя концентрация меди в воде по длине казахстанской части реки постепенно возрастает от 2,95 мкг/дм<sup>3</sup> в трансграничном створе реки до 2,83 мкг/дм<sup>3</sup> у г. Казалы (рис. 3). Концентрация цинка на уровне 1,4 ПДК отмечалась в воде Шардаринского водохранилища.

В воде Шардаринского водохранилища и нижнего бьефа плотины регистрируются летучие фенолы в тех же концентрациях, что отмечены в транзитном стоке у с. Кокбулак. Средние их концентрации 4 и 5 ПДК, максимальная – 7 ПДК. Наиболее высокая концентрация нефтепродуктов – 2,8 ПДК отмечена в воде Шардаринского водохранилища, а средние их значения были на уровне ПДК. Содержание фторидов до 2 ПДК наблюдалось в воде Шардаринского водохранилища, что примерно на 40 % выше наибольшей их концентрации в трансграничном стоке реки.

Минерализация речной воды по течению реки постепенно возрастает от средних ее значений 956 и 942 мг/дм<sup>3</sup> в воде створов 1 и 2 до 1380 мг/дм<sup>3</sup> у г. Кызылорды, что наглядно видно на рис. 4. Рост этого показателя по течению реки может быть обусловлен влиянием коллекторно-

дренажного стока, поступающего в речную систему с орошаемых территорий, а также переходом реки на подземное питание в период межени.

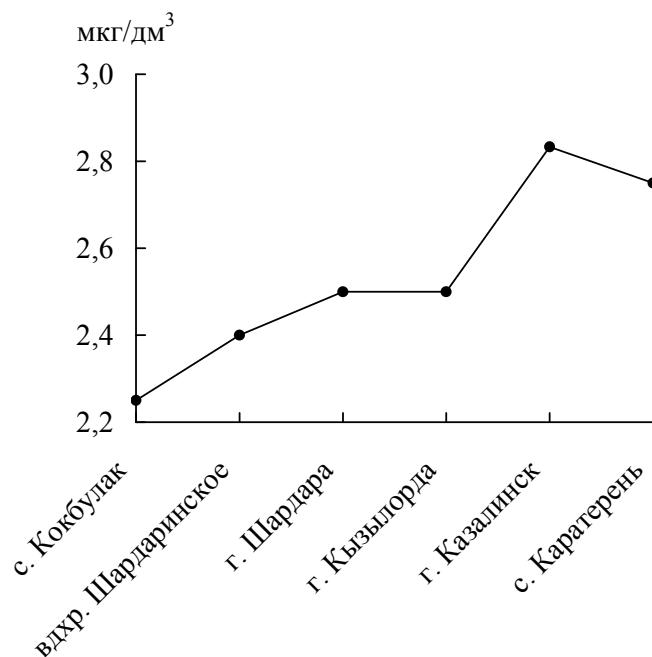


Рис. 3. Изменение средней концентрации меди в воде казахстанской части течения р. Сырдарьи.

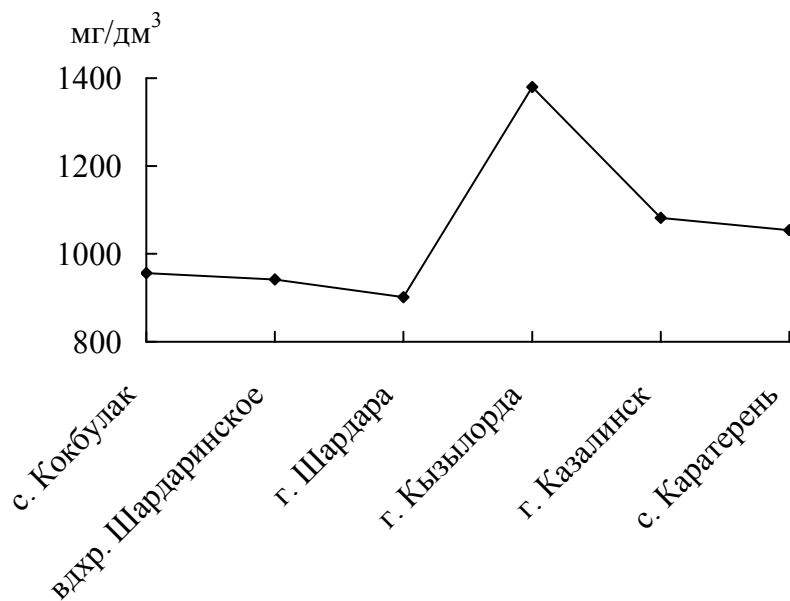


Рис. 4. Изменение средней минерализации воды р. Сырдарьи в пределах казахстанской части ее течения.

В обобщениях РГП «Казгидромет» [8] указано, что в 2011 г. в Шардаринском водохранилище наблюдались превышения ПДК по сульфатам 5,51 ПДК, фенолам 4 ПДК, меди 3 ПДК. Сопоставление этих данных с приведенными выше материалами за 2010 г. показывает их аналогичность, за исключением фенолов, содержание которых в 2011 г. снизилось до 3 ПДК.

В качестве дополнения к приведенным выше материалам ниже приводятся сведения о динамике ряда важных гидрохимических параметров в казахстанской части течения р. Сырдарьи [2].

Минерализация воды является одним из важнейших гидрохимических параметров, отражающим как генетические особенности формирования состава природных вод, так и хозяйственно-питьевых, технических и ирригационных их качеств. Изучение ее режима особенно важно для р. Сырдарьи, поскольку ее водные ресурсы используются комплексно всеми отраслями экономики и река подвержена загрязнению коллекторно-дренажными и другими сточными водами, как на территории сопредельных государств, так и Казахстана. Формирование режима минерализации и ионного состава воды р. Сырдарьи происходит под влиянием ряда факторов. Главные из них это перераспределение речного стока вследствие его зарегулирования, смена питания реки, особенность местных географических условий (засоление почв и подземных вод), поступление в речную сеть коллекторно-дренажных вод.

Результаты наблюдения за изменением минерализации воды по течению реки за ряд лет представлены в табл. 4. Из этих данных также видна неоднородность минерализации воды по годам, а также достаточно высокое количество солей, регистрируемое в отдельные годы в трансграничном стоке, которое ниже по течению подвергается разбавлению под влиянием некоторых притоков реки. Весной 2005...2007 гг. минерализация речной воды в трансграничной зоне заметно снизилась.

Однако, в нижнем течении реки особенно в последние два года она существенно увеличилась, достигая в вегетационный период значений 2840...3025 мг/дм<sup>3</sup> в 2006 г. и 2018 мг/дм<sup>3</sup> – 2007 г. В 2007 г. в отличие от предыдущих лет в нижнем течении реки минерализация воды к началу осени (в августе) значительно снизилась по сравнению с весенним периодом. Это может быть результатом изменения попусков воды из расположенных выше водохранилищ.

Более интенсивное возрастание минерализации речной воды происходило, как известно, в периоды усиления влияния коллекторно-дренажных вод на водную экосистему реки в условиях сокращения речного стока.

Таблица 4

Изменение минерализации воды ( $\text{мг/дм}^3$ ) р. Сырдарьи в пределах территории Казахстана

Участок реки	2004 г.		2005 г.		2006 г.		2007 г.	
	V	IX	V-VI	VIII-IX	V-VI	VIII-IX	V-VI	VIII
Г/п Кокбулак	1097	1329	1012	1357	998		675	
Пос. Целинный			828	1281	918	1360		
Байркумский мост	1058	1381	811	1160	898	1360		
Коксарайский мост			943		924	1396		
Пос. Балтаколь			823					
Пос. Басыкара			1063	1356	1410	1352	1372	1049
Пос. Кызылжар			1135	1309	2824	2805	1368	1158
Пос. Аманоткел		1838	1599	1807	3025	2642	1974	1131
Пос. Аклак		2119	1510	1657	2732	2686	2005	1270
Устье		2580	1608	1764	2658	2840	2018	1230

По имеющимся сведениям [11], в 1970...1980 гг. доля возвратных вод в сырдарьинской воде увеличилась до 50...70 %, а в маловодные годы – до 100 %. На выходе из долины среднегодовые значения минерализации воды составляют  $1,0...1,2 \text{ г/дм}^3$  (при максимальных  $1,6...1,8 \text{ г/дм}^3$ ). В среднем течении речная вода обогащалась солями за счет возвратных вод Голодной и Дальверзинской степей, что обусловило трансформацию ионного состава воды на сульфатно-натриевый вместо гидрокарбонатно-кальциевой. В районе г. Казалы и ниже по течению минерализация речной воды составляла  $2,0 \text{ г/дм}^3$ , достигая часто  $3,0 \text{ г/дм}^3$ .

По данным гидрохимических наблюдений [10], в верховьях минерализация воды р. Сырдарьи равнялась  $0,3...0,5 \text{ г/дм}^3$ , при выходе из Ферганской долины достигала  $1,2...1,4 \text{ г/дм}^3$ , в створе Шардара –  $1,4...1,6 \text{ г/дм}^3$ , в пределах Кызылорды и Казалы – до  $2,3 \text{ г/дм}^3$ . Все эти данные свидетельствуют о росте минерализации воды по течению реки, причиной является развитие в бассейне орошаемого земледелия.

Однако вполне очевидно, что коллекторно-дренажные стоки не являются единственным фактором, повышающим минерализацию речной воды. Засушливый климат и засоленные почвы, сложные геологические и геоморфологические условия территории обуславливают высокую степень засоленности вод подземных горизонтов. Согласно литературным сведениям [7, 13], в низовьях Сырдарьи повсеместно распространены грунтовые воды аллювиальных отложений, залегающие на глубине до 7 м. Минерализация их изменяется в широких пределах от  $0,6...1,3$  до  $75...90 \text{ г/дм}^3$ . Установлено также, что эти водоносные горизонты дополни-

тельное питание получают и за счет фильтрационных оросительных вод. По данным К.А. Омарова [12], в настоящее время в пределах Тогускенского массива орошения (Кызылординская область) грунтовые воды залегают на глубине 2,5...3,0 м и минерализация их повысилась до 3...5 г/дм<sup>3</sup>.

Многообразие природных и антропогенных факторов обуславливает глубокие изменения в ионном составе речной воды и придает определенную направленность его метаморфизации. По данным РГП «Казгидромет» МООС РК за 1911...1978 гг., с ростом минерализации воды содержания кальция, магния и щелочных металлов возрастают (абсолютно) в 2,5, 7,5 и 10 раз соответственно; сульфатов в 9, хлора – в 11 раз, а гидрокарбонатов существенно не изменилось.

Эти данные свидетельствуют о том, что в период наибольшей нагрузки антропогенных воздействий на экосистему реки хлориды по темпу своего роста значительно опережали рост сульфатов и щелочных металлов, хотя концентрация последних также интенсивно возрастает. В 2005...2007 гг. концентрация биогенных веществ в воде р. Сырдарьи характеризовалась большой динамичностью, как во времени, так и в пространстве. Значительные сезонные колебания отмечались для аммонийного азота. Наиболее высокое его содержание, превышающее в ряде случаев уровень ПДК, регистрируется в мае-июне. Однако в рассматриваемые сезоны довольно часто отмечалось снижение концентрации этих соединений до 0,02...0,04 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 5).

По течению реки концентрация нитратов заметно не меняются, хотя максимальные ее значения (9,5...12,5 мг/дм<sup>3</sup>) зарегистрированы в воде приграничного створа и в пределах территории Южно-Казахстанской области.

Из приведенных данных в табл. 5 четко прослеживается увеличение в речной воде концентрации минерального растворенного фосфора в последние годы. На участке от гидропоста Кокбулак до границы Кызылординской области максимальная концентрация этих соединений достигала в периоды весеннего повышения расходов воды до 0,075...0,080 мг/дм<sup>3</sup>. В некоторых случаях, в основном в летний период, они отсутствовали. В воде самого нижнего течения реки содержание фосфора увеличивалось в ряде случаев до 0,200...0,250 мг/дм<sup>3</sup>.

Однозначно назвать причины, обуславливающие рост фосфорных соединений, затруднительно. Заметное увеличение содержания фосфора в последние годы было зарегистрировано и в воде расположенных выше участков р. Сырдарьи.

Динамика биогенных и органических веществ в воде р. Сырдарьи в 2005...2007 гг.

Участок реки	Время отбора проб	Окисляемость, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	Биогенные соединения, мг/дм <sup>3</sup>			
			NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P <sub>PO4</sub>
Г/п Кокбулак	1	1,6...3,6	0,08...0,18	0,067...0,139	8,40...12,50	0,042...0,075
	2	2,0...4,0	0,08...0,40	0,110...0,111	5,00...8,00	0,010...0,030
Ниже Шардаринской ГЭС	1	3,5...4,4	0,04...1,40	0,030...0,040	1,10...5,60	0,020...0,050
	2	5,0	0,18	0,070	4,60	0,040
Пос. Целинный	1	5,8	0,50	0,040	0,07	0,050
	2	5,0...7,6	0,18...0,90	0,089...0,111	3,60...4,60	0,020...0,080
Байркумский мост	1	2,6...5,8	0,50...0,70	0,000...0,040	0,02...0,09	0,006...0,063
	2	3,3...4,5	0,01...0,36	0,030...0,073	6,40...9,50	0,030...0,050
Коксарайский мост	1	3,3...3,6	0,02...0,90	0,020...0,030	0,08...6,30	0,000...0,040
	2	6,5	0,08	0,000	0,35	0,010
Пос. Балтаколь	1	3,0...7,4	0,70...1,65	0,006...0,062	1,38...5,30	0,015...0,028
	2	4,3...4,8	0,09...0,53	0,021...0,025	0,48...3,40	0,016...0,200
Пос. Кызылжар	1	4,5...11,9	1,06...1,63	0,008...0,060	0,06...0,68	0,065...0,220
	2	4,5...5,4	0,10...0,48	0,015...0,020	0,24...2,50	0,013...0,250
Аманоткел	1	2,1...5,6	0,58...1,13	0,001...0,052	0,32...4,80	0,023...0,040
	2	4,8...6,0	0,05...0,45	0,003...0,021	0,52...2,50	0,028...0,190
Аклак	1	1,6...7,4	0,43...1,75	0,007...0,160	1,40...2,30	0,019...0,025
	2	3,9...8,2	0,07...0,82	0,003...0,010	0,48...2,90	0,023...0,200
Устье	1	1,5...6,4	0,42...1,37	0,006...0,070	0,20...3,60	0,005...0,088
	2	4,2...6,2	0,04...0,64	0,002...0,035	0,52...4,80	0,015...0,065

Примечание: 1 – май-июнь 2005...2007 гг.; 2 – август-сентябрь 2005...2007 гг.

Согласно полученных нами данных [5, 6], в створе Кокбулак концентрация минерального растворенного фосфора отмечена на уровне 0,130 мг/дм<sup>3</sup> в мае 2004 г. и 0,073 мг/дм<sup>3</sup> в мае 2005 г. Повышенное содержание этого элемента до 0,080...1,300 мг/дм<sup>3</sup> зарегистрировано в летний период 2005 г. в воде Шардаринского водохранилища и р. Сырдарья в районе Байркумского моста Южно-Казахстанской области.

Указанные обстоятельства свидетельствуют о том, что возрастание концентрации фосфорных соединений становится в целом характерным для сырдарьинской воды. Этому, очевидно, способствуют определенные антропогенные факторы, такие как, например, увеличение в последние годы количества используемых в бассейне фосфорных удобрений.

Одной из причин может служить увеличение водного стока реки, которое усилило эрозионные процессы в бассейне, вызвало наводнение и затопление обширных новых территорий, где могли быть хранилища удобрений, животноводческие объекты и другие источники фосфорных соединений.

Согласно исследованиям 2005...2007 гг. (табл. 5), на участке от приграничного створа Кокбулак до пос. Басыкара (район г. Казалы) окисляемость воды изменялась в интервале от 1,6 до 7,6 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Далее вниз по течению в основном в весенний период значение этого показателя возросло до 8,2...11,9 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. В летне-осенний период режим органических веществ в целом стабилизируется с заметным сокращением пределов их колебания. Таким образом, данные многолетних наблюдений свидетельствуют о продолжающемся процессе постепенного увеличения содержания органических веществ в сырдарьинской воде.

Этот процесс, очевидно, обусловлен в основном следующими факторами антропогенного характера. Наиболее мощным фактором следует считать поступление в речную сеть коллекторно-дренажных стоков, обогащенных органическими соединениями. Влияние этого фактора усиливается, очевидно, в последние годы в результате увеличения речного стока в зимний период, вызывающего затопление обширных территории суши, населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий и т.д. Река Сырдарья принимает также большой объем хозяйственно-бытовых, производственных и ливневых стоков.

Таким образом, краткий анализ режима основных гидрохимических показателей р. Сырдарья показывает обусловленность его множественным антропогенным и природным факторов. Вычленив роль последних не всегда представляется возможным в связи с тем, что как сами антропо-

генные составляющие, так и их последствия весьма разнообразны и преобладают над природными факторами в динамике подавляющего большинства гидрохимических параметров.

### Оценка качества воды р. Сырдарья

Для оценки качества воды р. Сырдарья использовались данные сети РГП «Казгидромет» МООС РК за 2010 год. Согласно принятым методам, для расчета КИЗВ взяты загрязняющие вещества, средняя концентрация которых превышает собственные ПДК (табл. 6). Оценка качества речной воды дается по четырем створам, данные по которым являются более представительными.

Таблица 6

Концентрация токсичных веществ (мг/дм<sup>3</sup>), взятых для расчета КИЗВ

Створ	Cu	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sub>общ.</sub>	F	Летучие фенолы	Нефтепродукты
1. (с. Кокбулак)	0,002	0,023	0,042	0,635	0,004	0,097
2. (Шардаринское вдхр.)	0,002	0,018	0,032	0,818	0,004	0,048
4. (г. Кызылорда)	0,003	-	0,192	-	-	-
6. (с. Каратерень)	0,003	-	0,199	-	-	-
ПДК, мг/дм <sup>3</sup>	0,001	0,005	0,1	0,05	0,001	0,05

В соответствии с методикой расчеты произведены по шести загрязняющим компонентам. Главные ионы как сульфаты, магний и некоторые другие для расчета не взяты с учетом того, что формирование их режима происходит в основном под влиянием природных факторов, присущих для данной аридной территории. К числу этих факторов можно отнести засоленных почвогрунтов и вод подземных горизонтов, хотя не исключается влияния коллекторно-дренажных вод.

Наиболее высокие значения КИЗВ зарегистрированы для фторидов и железа по первым двум створам, где имеются данные по этим компонентам (табл. 7). Основной рост значений КИЗВ приходится на элементы третьего класса опасности, что видно из результатов расчета КИЗВ для речной воды с учетом класса опасности загрязнителей (табл. 8). Наибольшие значения средневзвешенного КИЗВ характерны для трансграничного стока р. Сырдарья и воды приплотинной части Шардаринского водохранилища. В последующих створах они снижаются вдвое.

По результатам расчета КИЗВ (табл. 9), сырдарьинская вода и вода Шардаринского водохранилища относятся к «Высокому уровню загрязне-



ния». Вода в районе г. Кызылорды и в замыкающем створе классифицируется «умеренным уровнем загрязнения».

Таблица 7

Комплексный индекс загрязненности вод с учетом класса опасности

Створ	Cu (3)	Fe <sup>2+</sup> (3)	Fe <sub>общ.</sub> (3)	F (2)	Летучие фенолы (4)	Нефтепродукты (4)
1	0,67	1,53	-	6,35	1,00	0,49
2	0,67	1,20	-	8,18	1,00	-
4	1,00	-	0,64	-	-	-
6	1,00	-	0,66	-	-	-

Таблица 8

Комплексные индексы загрязнения воды (КИЗВ) с учетом класса опасности

Створ	Показатель	С учетом K <sub>0</sub>	КИЗВ <sub>ср. вз.</sub>
1	КИЗВ K2 = $\sum \text{ИЗВ (F)/n}$	6,35	3,35
	КИЗВ K3 = $\sum \text{ИЗВ (Cu+Fe}^{2+})/n$	2,20	
	КИЗВ K4 = $\sum \text{ИЗВ (Летучие фенолы + Нефтепродукты)/n}$	1,49	
2	КИЗВ K2 = $\sum \text{ИЗВ (F)/n}$	8,18	3,68
	КИЗВ K3 = $\sum \text{ИЗВ (Cu+Fe}^{2+})/n$	1,87	
	КИЗВ K4 = $\sum \text{ИЗВ (Летучие фенолы)/n}$	1,00	
4	КИЗВ K3 = $\sum \text{ИЗВ (Cu+Fe}_{\text{общ.}})/n$	1,64	1,64
6	КИЗВ K3 = $\sum \text{ИЗВ (Cu+Fe}_{\text{общ.}})/n$	1,66	1,66

Таблица 9

Классификация водных объектов по степени загрязнения по результатам 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 ( $\geq 10,0$ )
1			3,35	
2			3,68	
4		1,64		
6		1,66		

На основе приведенного выше материала следует заключить, что качество воды р. Сырдарьи находится на удовлетворительном уровне особенно на замыкающих створах. Однако следует иметь в виду, что использованные нами материалы РГП «Казгидромет» недостаточно полно отражают круг загрязняющих параметров речных вод, особенно по тяжелым металлам, а

наблюдения за уровнем пестицидного загрязнения реки вообще не ведется. Если оценить качество речной воды с учетом возможных дополнительных загрязнителей, то общее представление по данному вопросу может быть иным.

### **Качество воды реки Арыс**

Река Арыс – правый приток р. Сырдарья, расположен в районе орошаемого земледелия и интенсивного животноводства. В этой связи загрязненность воды биогенными и органическими веществами является характерной чертой водотока. Согласно данным РГП «Казгидромет», в 1988...1991 гг. в речной воде максимальное значение бихроматной окисляемости составляло 30,6...33,9 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, а концентрация нитритного азота достигала 6,0...8,6 ПДК. Наибольшие значения этих показателей отмечались преимущественно в период весеннего паводка, иногда осенью, что может быть результатом поступления в речную сеть коллекторно-дренажных вод из орошаемых массивов.

Для реки характерно загрязнение фенолами и нефтепродуктами, концентрации их в указанные годы достигали 4 ПДК и 14 ПДК соответственно. Высокая загрязненность регистрировалась по пестицидам. Содержание метаболитов ДДТ в речной воде у с. Корниловка достигало 0,191 мкг/дм<sup>3</sup>, гексахлорана 0,228 мкг/дм<sup>3</sup>, линдана – 0,140 мкг/дм<sup>3</sup>. Аналогичный порядок концентрации ядохимикатов отмечался и в районе с. Шаулдер.

Река Арыс вносит в р. Сырдарью воду средней (503 мг/дм<sup>3</sup>) и повышенной (614 мг/дм<sup>3</sup>) минерализации, умеренно жесткую (5,2...5,4 мг-экв/дм<sup>3</sup>), символ воды в большинстве случаев ССаII. Однако в отдельные годы минерализация речной воды повышалась в районе с. Шаулдер до 820 мг/дм<sup>3</sup>, а среднее ее значение составляло 636 мг/дм<sup>3</sup>.

В более ранних материалах сети РГП «Казгидромет» в воде р. Арыс концентрация тяжелых металлов не достигала высоких значений. По цинку она находилась в интервале 0,003...0,010 мг/дм<sup>3</sup>, т.е. ниже уровня ПДК, по меди – в пределах 0,001...0,008 мг/дм<sup>3</sup>, т.е. до 8 ПДК, свинец чаще всего отсутствовал, общее железо обнаруживалось в пределах ПДК.

Однако по материалам РГП «Казгидромет» за 1998...2001 гг. целый ряд элементов обнаружен в речной воде в концентрациях, превышающих уровень рыбохозяйственных ПДК (табл. 10). Стабильное превышение нормативов ПДК в эти годы было характерно для свинца от 25,9 до 26,6 ПДК. Наиболее высокая концентрация молибдена, отмеченная в 2000 г. и достигала 44,2 ПДК. Содержание хрома за эти годы постепенно

возрастало от 162 мкг/дм<sup>3</sup> до 210 мкг/дм<sup>3</sup>, т.е. до 10,5 ПДК. До 8,8 и 14 ПДК зарегистрированы в воде никель и медь соответственно.

Из приведенного выше материала следует, что для воды р. Арыс в целом характерно загрязнение органическими и азотсодержащими соединениями. Возможность пестицидного загрязнения реки, видимо, нельзя исключать и в настоящее время, так как использование ядохимикатов на орошаемых полях постепенно возрастает по всей территории Республики.

Таблица 10

Содержание некоторых тяжелых металлов в воде р. Арыс, мкг/дм<sup>3</sup>

Элемент	ПДК <sub>рыбохоз.</sub>	1998 г.	1999 г.	2000 г.	2001 г.
Свинец	100	2595	2620	2658	2600
Хром	20	162	168	177	210
Никель	10			88	72
Молибден	1,2			53	
Медь	1			14	
Олово	20			9	

Водные ресурсы данной реки подвергаются достаточно высокому загрязнению тяжелыми металлами, что видно из данных табл. 10. Однако в использованных материалах РГП «Казгидромет» не указаны причины такого роста концентрации элементов. Очевидно, в бассейне реки появились какие-то источники загрязнения речных вод металлами. Природные факторы, приводящие к повышению концентрации металлов в поверхностных водах, как известно, проявляются в пределах рудоносных территорий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алекин О.А., Бражникова Л.В. Методы расчета ионного стока // Гидрохимические материалы. – 1963. – Т. 35. – С. 135-148.
2. Амиргалиев Н.А., Гоголь Л.А., Жексенбай Е., Саянов С.Е. Режим гидрохимических показателей р. Сырдарья в условиях антропогенных воздействий // Экология и гидрофауна трансграничных бассейнов Казахстана. – Алматы: Бастау, 2008. – С. 82-92.
3. Амиргалиев Н.А., Гоголь Л.А., Канагатова Ш.Ч. Оценка трансграничного притока загрязняющих веществ по р. Сырдарья // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – № 12. – 2003. – С. 29-31.
4. Амиргалиев Н.А., Тимирханов С.Р., Исбеков К.Б. Рыбное хозяйство Казахстана: состояние и перспективы. – Алматы: 2012. – том XIV. – 670 с.
5. Анализ гидрологического режима трансграничных водотоков и определение его влияния на формирование биоресурсов: Отчет о НИР/НПЦ РК. – Алматы, 2004. – 71 с.

6. Анализ гидрологического режима трансграничных водотоков и определение его влияния на формирование биоресурсов: Отчет о НИР/НПЦ РК. – Алматы, 2005. – 61 с.
7. Боровский В.М., Погребинский М.А. Древняя дельта Сырдарьи и Северные Кзылкумы. – Алматы: Изд-во АН КазССР. – 1959. – Т.11. – 379 с.
8. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды РК за 2011 г. – Астана, 2012. – 210 с.
9. Информационный бюллетень об экологической и радиоэкологической ситуации в приграничных районах трансграничных рек Республики Казахстан за 2011 год. – Астана, 2012. – 76 с.
10. Кипшакбаев Н.К. Региональные проблемы водного хозяйства. – Алматы: ТОО РПИК «Дәуір», 2004. – 466 с.
11. Корниенко В.А., Стародубцев В.М. Изменение ирригационных качеств речных вод и почвенно-мелиоративных условий в низовьях Сырдарьи и пути рационального использования земельно-водных ресурсов // Вестн. АН КазССР. – 1989. – Т.1. – С. 45-50.
12. Омаров К.А. Экологическая оценка работы орошаемых массивов низовьев реки Сырдарьи // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 2001. – № 2. – С. 34-37.
13. Посохов Е.В. Соляные озера Казахстана. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 185 с.
14. Хамидов М.Х. 10 лет межгосударственного вододелия в бассейне Сырдарьи // Мелиорация и водное хозяйство. – 2002. – № 1. – С. 42-47.

Поступила 11.03.2013

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

**ҚАЗІРГІ КЕЗДЕГІ СЫРДАРИЯ ӨЗЕНІНІҢ ТРАНСШЕКАРАЛЫҚ АҒЫНЫНЫҢ ГИДРОХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ТОКСИКОЛОГИЯЛЫҚ РЕЖИМДЕРІ, ОЛАРДЫҢ ҚАЗАҚСТАН АУМАҒЫНДАҒЫ ӨЗГЕРУЛЕРІ**

*Бүгінгі күнде Мемлекетаралық үйлестіруші сушарауашылық комиссиясы (МУСК) Сырдария өзенінің проблемаларын қарағанда су сапасы туралы ешқандай келіссөз, шешім қабылдамай отыр. Бар проблемалар тек Сырдария өзенінің ағын суын қараумен шектелуде. Біз білетіндей, Сырдария өзенінің су сапасының көрсеткіштеріне бағынатын болсақ бұл суды ауыз су ретінде емес суармалы жерлерде қолдануына шектеу жасау керек. Сол себептен қарастырылып отырылған ғылыми жұмыс Сырдарияның гидрохимиялық режиміне және токсикологиялық көрсеткіштеріне арналады.*