

Секция 4

Водное сотрудничество в трансграничных бассейнах подземных и поверхностных вод: гидродипломатия, геополитика, водное право

Н. А. АМИРГАЛИЕВ¹, М. А. АСКАРОВА²

¹ТОО «Институт географии», Алматы, Казахстан,

²Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

СТОЙКИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛИ В ВОДЕ ТРАНСГРАНИЧНЫХ БАССЕЙНОВ КАЗАХСТАНА

Қазақстанның трансшекаралық алаптарының су ресурстарындағы тұрақты органикалық ластағыштар, соның ішінде ең улы полихлорлы бифенилдердің (ПХБ) жинақталу деңгейін зерттеу нәтижелері көрсетілген. Жайық, Сырдария өзендерінің төменгі ағысы, сонымен қатар Іле-Балқаш алабының су ағындары мен су айдындары суларының ПХБ-мен ластанғаны анықталды. Осы алаптардың су ресурстарында қатаң бақылаудағы «маркерлік» және улылығы жоғары ПХБ диоксин тәрізді конгенерлертір келген. Зерттеліп отырған алаптардың су ресурстарын ластаушы негізгі көздер көрсетілген.

Представлены результаты исследования уровня аккумуляции стойких органических загрязнителей, а именно наиболее токсичных полихлорированных бифенилов (ПХБ) в водных ресурсах трансграничных бассейнов Казахстана. Установлена загрязненность ПХБ воды нижнего течения рек Жайык, Сырдария, а также водоемов и водотоков Иле-Балкашского бассейна. В водных ресурсах этих бассейнов регистрируются строго контролируемые «маркерные» и высоко токсичные диоксиноподобные конгенеры ПХБ. Обозначены основные источники загрязнения ПХБ водных ресурсов изученных бассейнов.

Results of studying the level of accumulation of persistent organic pollutants, namely polychlorinated biphenyls (PCBs) in water resources of the transboundary water basins of Kazakhstan are represented. Water pollution by PCBs found downstream of Zhayik and Sirdarya rivers and water bodies of Ili-Balkhash basin also. In water of these water basins strictly controlled “marker” and highly toxic dioxin like PCBs congeners are registered. The main sources of water resources contamination by PCBs are designated.

Введение. В последние 30–40 лет уделяется повышенное внимание контролю распространения и изучению группы стойких органических загрязнителей (СОЗ), которые воздействуют на среду обитания на чрезвычайно низком уровне концентрации.

Стойкие органические загрязнители представляют собой промышленно произведенные химические вещества. Они также образуются в качестве побочных продуктов антропогенной деятельности. СОЗ признаны международным сообществом веществами, представляющими большую опасность для здоровья человека и окружающей среды.

Для принятия мер по охране здоровья человека и окружающей среды в 2001 г. было принято глобальное международное соглашение – Стокгольмская конвенция о СОЗ. Она вступила в силу в 2004 г., к настоящему времени Конвенцию ратифицировали 170 стран, Казахстан ратифицировал в 2007 г.

В настоящее время UNEP (United Nations Environmental Project) особо выделяет группу из 12 соединений и групп соединений, на которые следует обращать первоочередное внимание при экологических исследованиях. Эта так называемая «грязная дюжина» включает в себя следующие вещества: полихлорированные бифенилы (ПХБ), полихлорированные дибензо-п-

диоксины (ПХДД), полихлорированные дифензофураны (ПХДФ), алдрин, диэлдрин, дихлордифенил-трихлорэтан (ДДТ), эндрин, хлордан, гексахлорбензол (ГХБ), мирекс, токсафен и гептахлор.

Одними из наиболее токсичных и распространенных в глобальном масштабе представителями СОЗ являются полихлорированные бифенилы (ПХБ). Источниками поступления в среду ПХБ являются утечки из трансформаторов, конденсаторов, теплообменников, испарение из различных технических установок, где их использовали в качестве диэлектриков, гидравлических жидкостей, жидкие промышленные отходы.

ПХБ в настоящее время имеет глобальное распространение. Этому способствует их высокая стабильность (это самые устойчивые химические соединения), гидрофобность (слабо вымываются осадками), устойчивость к биodeградации, способность к биоаккумуляции и значительный объем применения. Эти химические соединения являются объектом трансграничного переноса по воздуху, воде и мигрирующими видами, а также осаждаются на большом расстоянии от источника их выброса, накапливаясь в экосистемах суши и водоемов в течение длительного времени.

По отношению к ПХБ Стокгольмская конвенция ставит три главные цели:
немедленное прекращение производства ПХБ;
прекращение эксплуатации к 2025 г. оборудования, содержащего ПХБ;
скорейшее, не позднее 2028 г., уничтожение отходов ПХБ.

Опасность ПХБ объясняется их высокой персистентностью, способностью проникать через кожу и слизистые покровы, систему пищеварительных органов с продуктами питания и, накапливаясь, приводить к хроническому отравлению. В отличие от ядов, поражающих определенные органы, ПХБ разрушают систему внутренней регуляции, нарушают нормальные биологические функции. Являются факторами риска развития злокачественных новообразований, нарушений репродуктивной системы, эндокринного и иммунного статуса человека и потому названы эндокринными разрушителями. Было рассчитано, что попавшие в органы человека ПХБ могут быть выведены только через 7–8 лет. Особенно подвержены действию этих токсинов дети, что связано с их слаборазвитой защитной системой.

По данным Всемирной Организации Здравоохранения в чистой воде содержание ПХБ не должно превышать 0,5 нг/л. В США принятый норматив для рыбохозяйственных водоемов – 0,079 нг/л. В России величины ПДК для ПХБ имеют следующие значения: вода (водные объекты хозяйственного и культурно-бытового водопользования) – 1 мкг/л, почва – 0,1 мг/кг, рыба – 5 мг/кг, вода питьевая – 1 мкг/л, а наличие их в воде рыбохозяйственных водоемов не допускается [1, 2].

Согласно результатам предварительной инвентаризации в республике имеются восемь «горячих точек» территорий, загрязненных ПХБ. Основной загрязненной площадью является территория города Усть-Каменогорска, где отходы Конденсаторного завода были захоронены в пруде-накопителе. Другими ПХБ-загрязненными площадями являются территории Жангиз-Тобинского и Державинского полигонов уничтожения военной техники, полигона Сарышаган, районы северного и западного побережья оз. Балкаш, территории Экибастузской и Костанайской подстанций, а также подстанции на шахте имени Костенко в Караганде. Общая площадь загрязнения составляет 2500 га [3, 4].

На территории республики ПХБ содержащий оборудование в количестве 116 трансформаторов и около 50 тысяч конденсаторов. Объем содержащихся у них ПХБ приблизительно оценивается в 800 т. Это оборудование представляет потенциальную опасность в случае его разгерметизации [5].

В 2013 году проведена инвентаризация ПХБ и ПХБ-содержащего оборудования [6]. Всего инвентаризацией было охвачено приблизительно 127 крупных предприятий Казахстана. Она позволила выявить в Казахстане ~ 2725 трансформаторов и ~ 1775 конденсаторов с ПХБ. По далеко не уточненным данным только в трансформаторах содержится ПХБ около 256 т.

В природных объектах и экосистеме водоемов Казахстана ПХБ изучаются крайне недостаточно. Наблюдение за этими ксенобиотиками не ведется и сетью Казгидромет и другими органами охраны природы. И в «Концепции экологической безопасности РК на

Определение ПХБ в воде проводилось по МУ 1792-77 на газовом хроматографе «Хромос ГХ-1000» с программным обеспечением с использованием электронно-захватного детектора.

Обсуждение результатов. По р. Жайык получены следующие результаты. Выше г. Атырау (с. Бугорки) концентрация ПХБ в воде составила $0,93 \text{ мкг/дм}^3$, а на замыкающей станций – в начале Жайык-Каспийского канала (ЖКК) она возросла до $1,29 \text{ мкг/дм}^3$. Аналогичная картина в распределении ПХБ по течению реки зарегистрирована и в 2005 г. (рисунок 2).

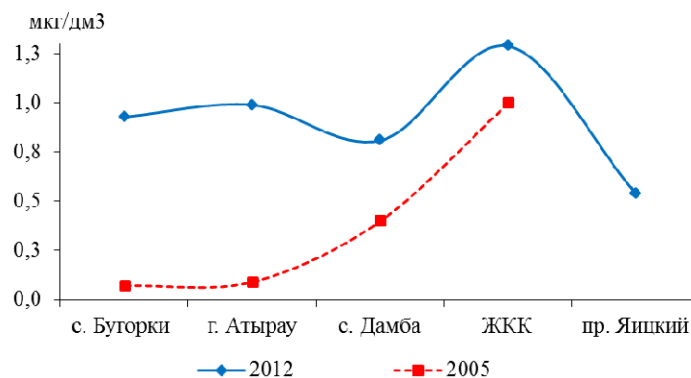


Рисунок 2 – Изменение концентрации ПХБ по течению р. Жайык

Такой рост количества токсиканта вниз по течению реки, очевидно, обусловлен влиянием отходов в виде сточных вод и атмосферных выбросов промышленных предприятий, расположенных в г. Атырау. Сравнительно менее загрязнена вода в Правом Яицком рукаве дельты, по которому проходит незначительная часть стока реки и берега его менее заселены. Ясно прослеживается увеличение в 2012 г. уровня ПХБ в речной воде, чем в 2005 г., а именно он на порядок возрос в пределах г. Атырау, в два раза у с. Дамба и заметно увеличился в ЖКК.

Вынос ПХБ речным стоком определяет характер распределения этих токсикантов в воде предустьевой морской акватории. Наибольшее их содержание ($1,0 \text{ мкг/дм}^3$) зарегистрировано в квадрате №24, куда в первую очередь поступает речная вода по ЖКК. По мере удаления от него концентрация ПХБ постепенно снижается.

Главная причина загрязнения р. Жайык ПХБ, разумеется, поступление в речную систему отходов многочисленных промышленных предприятий, находящихся в основном на территории РФ, где сосредоточены огромные источники загрязнения природной среды этими поллютантами. По данным инвентаризации [12], в Южно-Уральском регионе, тяготеющем к бассейну реки, имеются 74,5 тыс. крупных ПХБ-содержащих оборудования (трансформаторы и конденсаторы). Общее количество ПХБ в Оренбургской, Челябинской, Свердловской областях и в Башкортостане 3354 т. Если к этому добавить огромные загрязненные ПХБ-территории, особенно в пределах главных источников загрязнения, то становится понятным уровень нагрузки ПХБ-содержащих стоков и выбросов в атмосферу в верхней части бассейна р. Жайык. Не исключается возможность загрязнения реки и ее притоков в пределах городов Уральска, Атырау, а также Актобе и Алги (приток р. Елек). Однако трудно что-либо определенно сказать из-за полного отсутствия информации по содержанию ПХБ как в трансграничном стоке реки, так и в водах в пределах РК.

В 2013 г. в воде реки Сырдария концентрация ПХБ составила $0,082 \text{ мкг/дм}^3$, а в более проточных озерах Лайколь и Макпал уровень накопления поллютанта оказался значительно выше ($4,70$ и $12,0 \text{ мкг/дм}^3$ соответственно), чем в речной воде. Это дает основание считать, что основным источником поступления ПХБ в эти водоемы является р. Сырдария (таблица 1).

Ниже Кокаральской плотины в настоящее время образовался водоем, который соединяется с северной оконечностью Большого Аральского моря. Связи с р. Сырдария этот водоем не имеет. В то же время в воде его зарегистрировано достаточно высокое накопление ПХБ – до $23,12 \text{ мкг/дм}^3$. Назвать прямые источники загрязнения этих акватории изучаемыми поллютантами сложно. Можно лишь предполагать о влиянии так называемых «исторических» источников, какими являлись военные объекты, функционировавшие многие годы при СССР на

Таблица 1 – Содержание ПХБ в воде водных объектов низовья р. Сырдария

Место отбора проб	Конгенеры	ПХБ, мкг/дм ³
Река Сырдарья	52	0,082
Озеро Лайколь	41, 64, 71	4,70
Озеро Камыстыбас	Не обнаружено	
Озеро Макпал	44	12,0
Озеро Карашалан	52	0,124
Озеро Туши	52	0,055
	40	2,13 } 2,18
Малое Аральское море	Не обнаружено	
Кокаральская плотина, н/бьеф	41, 64, 71	0,008
	44	23,11 } 23,12

острове Возрождения и других частях этого региона. В изученных образцах воды идентифицировано 6 индивидуальных конгенов (ПХБ 40, 41, 44, 52, 64, 71), которые суммарно относятся к тетрахлорбифенилам. Более высокие концентрации характерны для «легких» конгенов: ПХБ 40 присутствовали в количестве 2,13 мкг/дм³, ПХБ 44–12,0 и 23,1 мкг/дм³. Из «маркерных» конгенов в пробах из двух объектов зарегистрированы ПХБ 52 в концентрациях 0,055 и 0,082 мкг/дм³. Более разнообразный состав конгенов зарегистрирован в воде нижнего бьефа Кокаральской плотины и проточных озер.

В распространении ПХБ в данном регионе важная роль, видимо, принадлежит атмосферному выносу поллютантов из поверхностей суши и осушенного дна моря. При этом уместно сослаться на результаты наших исследований 1992 г., когда количество ПХБ в воде Большого Аральского моря достигало 26,0 мкг/дм³. Кроме того, более высокие уровни накопления ПХБ найдены в особях камбалы, выловленных в районе острова Возрождения, – до 180 мкг/кг в мышцах, до 190 мкг/кг – в печени [11].

Сопоставление полученных в 2013 г. результатов с приведенными данными ранее выполненных исследований свидетельствует о росте уровня концентрации ПХБ в водоемах низовья р. Сырдария в настоящее время. Все это дает основание предположить о негативном воздействии на природные объекты, в том числе водные ресурсы данного края, источников загрязнения ПХБ трансграничного или регионального характера.

Научные результаты о загрязненности ПХБ водных ресурсов водоемов и водотоков Иле-Балкашского бассейна также получены впервые. В воде рек, впадающих в оз. Балкаш, концентрация ПХБ составила в 2013 г. от 0,094 до 0,129 мкг/дм³, в среднем – 0,109 мкг/дм³, в 2014 г. – от 0,011 до 0,096 мкг/дм³, в среднем – 0,069 мкг/дм³, а в 2015 г. среднее их содержание было 0,252 мкг/дм³, что в 2,3 и 3,6 раза выше, чем в 2013 и 2014 гг. соответственно. Более повышенные концентрации регистрируются в воде рек Иле и Каратал, протекающих через промышленные города и крупные населенные пункты.

Как видно из рисунка 3, в воде рек Иле, Каратал и Аягоз зарегистрирован конгенер ПХБ 114, который относится к числу наиболее опасных диоксиноподобных конгенов [12].

Относительная концентрация этого конгенера в водах рек Иле и Каратал достигает 10 %, а в воде р. Аягоз – 47 %. Эти данные свидетельствуют о наличии источников загрязнения перечисленных рек высоко токсичными конгенерами ПХБ.

В 2015 г. в речных водах обнаружено 10 индивидуальных конгенов ПХБ. Больше их число выявлено в воде р. Иле с суммарной концентрацией 0,456 мкг/дм³. Среди них присутствовали два строго контролируемых в природной среде «маркерных» конгенера ПХБ 52 и 101, в суммарном содержании конгенов их доля оказалась 43 и 16 % соответственно. Из рек, впадающих в Восточный Балкаш, в 2015 г. «маркерный» конгенер ПХБ 153 обнаружен в воде р. Аксу в количестве 0,016 мкг/дм³ (7,4 %).

В воде оз. Балкаш, как и впадающих в него рек, установлено накопление ПХБ. Концентрация их в озере подвергается существенным пространственно-временным изменениям. Более

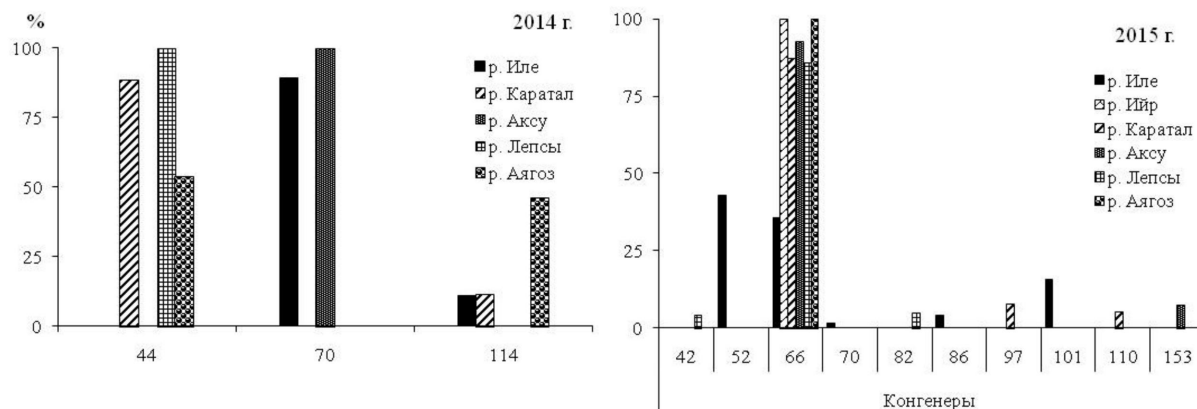


Рисунок 3 – Относительное содержание конгенов ПХБ в воде рек, впадающих в оз. Балкаш

высокий уровень загрязнения ПХБ водных ресурсов зарегистрирован в 2015 г. Они обнаружены в воде всех точек отбора проб, расположенных по всей акватории озера.

Приведенное сравнение средней концентрации ПХБ в воде (мкг/дм^3) за годы исследования показывает, что рост этого показателя в 2015 г. составил для Западного Балкаша в 7,7 раза, Восточного Балкаша – 2,1 раза по отношению к данным за 2013 и 2014 гг.:

	2013 г.	2014 г.	2015 г.
Западный Балкаш	0,084	0,073	0,619
Восточный Балкаш	0,091	0,093	0,194

В 2015 г. в озерной воде был достаточно широк конгеновый состав ПХБ, в общей сложности он был представлен 16 изомерами (рисунок 4). В воде западной акватории озера зарегистрированы диоксиноподобные конгенеры ПХБ 114 и 118, относительная концентрация первого достигала в 2014 г. 47 %. «Маркерные» конгенеры ПХБ 101, 52 и 153 отмечены в воде в районе г. Балкаша. В воде восточной части озера более широко распространен «маркерный» конгенер ПХБ 52, относительная доля которого составила 97 % от суммы выявленных конгенов.

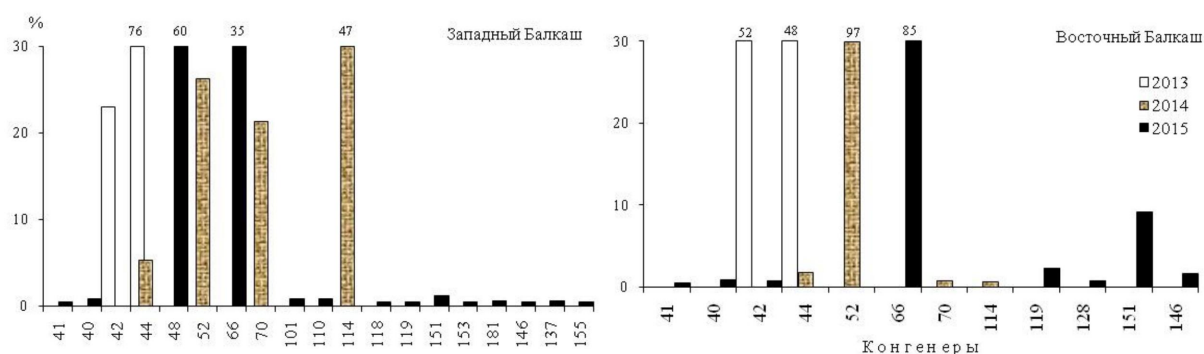


Рисунок 4 – Относительное содержание конгенов ПХБ в воде оз. Балкаш

Все малые реки, впадающие в Капшагайское водохранилище, берут начало в горах Заилийский Алатау и, протекая через города Алматы, Есик и Талгар, загрязняются многими токсичными соединениями, в том числе ПХБ. Полученные данные свидетельствуют о существенном росте уровня загрязненности ПХБ речных вод в 2015 г. по сравнению с предыдущим. Имеет место не только заметное повышение их содержания в воде ряда рек, но и подверженность загрязнению этими поллютантами водных ресурсов всех водотоков. Более повышенные концентрации ПХБ (до $0,143 \text{ мкг/дм}^3$) отмечены в 2014 г. в воде р. Иле, т.е. в трансграничном стоке, а в 2015 г. в водах рек Есик, Талгар и Киши Алматы (до $0,168 \text{ мкг/дм}^3$).

Конгенерный состав ПХБ в речных водах достаточно широк, обнаружено 9 индивидуальных конгенеров, относящихся к гомологическим группам от тетрахлорбифенилов (ПХБ 44, 66) до гептахлорбифенилов (ПХБ 171). В числе зарегистрированных изомеров находятся «маркерные» конгенеры ПХБ 153, 52 и 138, а также высокотоксичный диоксиноподобный ПХБ 118 в воде р. Киши Алматы.

Сравнительно широким разнообразием конгенеров характеризуется вода рек Талгар и Киши Алматы. Это является признаком того, что в загрязнении водотока этими токсичными соединениями участвуют источники различного происхождения. Это могут быть загрязнения промышленными смесями ПХБ, атмосферными переносами или пирогенного происхождения, обусловленного процессами сжигания промышленных и бытовых отходов.

Материалы о загрязненности ПХБ водных ресурсов Капшагайского водохранилища также получены впервые (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание ПХБ и их конгенеры в воде Капшагайского водохранилища в 2013–2015 гг.

Показатели	Станции									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2013 г.										
Конгенеры	40; 52; 87; 118	42	44	Не обн.	118	44	87	40	Не обн.	52
Сумма ПХБ, мкг/дм ³	4,86	4,40	1,02	Не обн.	2,01	0,077	0,903	3,02	Не обн.	0,153
2014 г.										
Конгенеры	66	66	66	66	66	Не обн.	44	Не обн.	Не обн.	52; 129; 138
Сумма ПХБ, мкг/дм ³	7,80	3,76	1,24	0,96	2,10	Не обн.	0,110	Не обн.	Не обн.	0,143
2015 г.										
Конгенеры	41; 52; 66; 74; 85; 101; 110; 119; 155	66; 86; 129	44; 66; 151	66; 151; 171	41; 52; 66; 105; 128; 151; 153; 171	40; 44; 52; 66; 101; 118; 138	66; 82; 151; 171	66; 171	40; 44; 87; 129; 146; 171	44
Сумма ПХБ, мкг/дм ³	0,155	0,130	0,066	0,174	2,22	0,084	0,563	0,353	0,136	0,017

В 2013 и 2014 гг. уровень концентрации в воде и пространственное распределение ПХБ по акватории водохранилища имели в целом аналогичный характер, отмечался заметный рост содержания токсиканта. В 2015 г. наличие ПХБ зарегистрировано в воде всех 10 станций наблюдения. Концентрация их по всей акватории изменялась от 0,017 мкг/дм³ в зоне впадения р. Иле до 2,221 мкг/дм³. Более повышенные концентрации ПХБ отмечались в воде станций № 5, 7, 8, которые расположены в зоне распространения стоков ряда малых рек – Есик, Талгар и др., впадающих в водохранилище.

Представляет интерес анализ конгенерного состава ПХБ. В 2013 г. в воде водохранилища выявлены 6 индивидуальных конгенеров, в 2014 г. – 5, а в 2015 г. – 23. Более разнообразный состав конгенеров ПХБ зарегистрирован в зонах водохранилища, подверженных влиянию стока ряда малых притоков, т.е. на станциях № 1, 5, 6 и 9. Из 7 принятых Международным обществом приоритетных «маркерных» и строго контролируемых конгенеров в воде водохранилища зарегистрированы 6 (ПХБ 52, 101, 105, 118, 138 и 153). Среди них конгенеры ПХБ 105 и 118 относятся к числу наиболее опасных диоксиноподобных конгенеров [13]. Они обнаружены именно в воде локальных участков водохранилища, подверженных влиянию впадающих рек Есик, Каскелен, Талгар и Шенгельды.

Характер распределения относительного содержания конгенеров ПХБ, на примере данных по трем станциям, в воде которых зарегистрирован более разнообразный изомерный состав, показан на рисунке 5. Наибольший удельный вес падает на долю конгенеров ПХБ 66 – до 32 и 38 %.

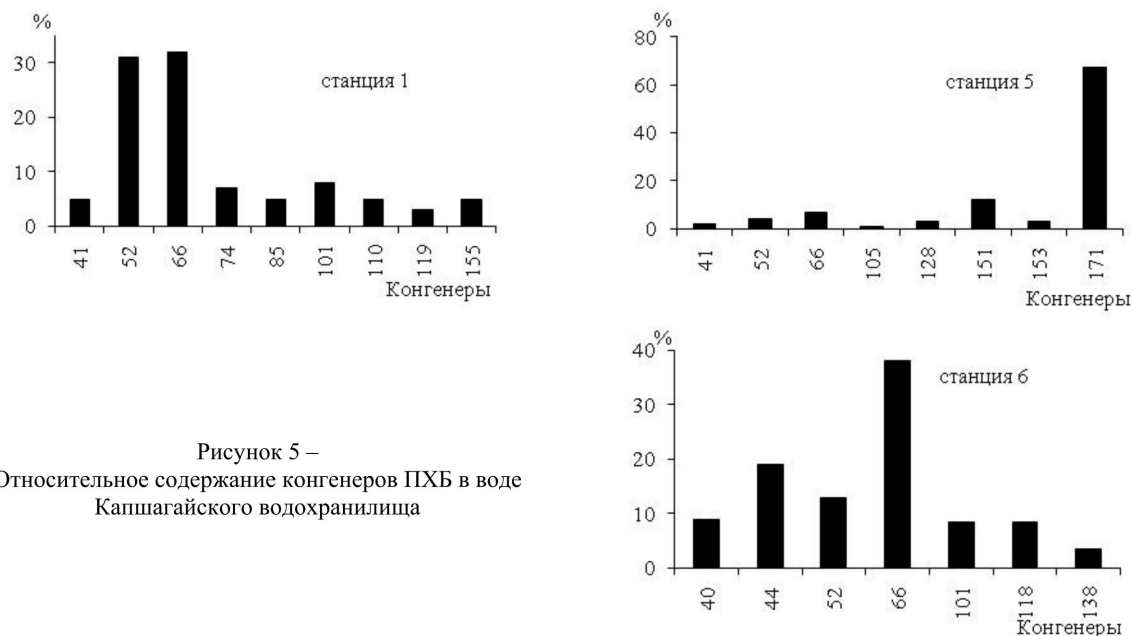


Рисунок 5 –
Относительное содержание конгенов ПХБ в воде
Капшагайского водохранилища

Из «маркерных» конгенов большее относительное содержание свойственно ПХБ 52–31 % (станц. 1) и 13 % (станц. 6), ПХБ 101 – по 8 % на этих же станциях диоксиноподобный конгенер ПХБ 118 составил 8 % в воде станции 6. Следовательно, для воды водохранилища характерен повышенный уровень токсичности при наличии разнообразных источников загрязнения.

На основании собранной информации, в том числе из официальных источников, а также собственных наблюдений установлены основные источники загрязнения ПХБ водоемов и водотоков Иле-Балкашского бассейна. Источниками загрязнения ПХБ Капшагайского водохранилища являются трансграничный сток р. Иле, сток впадающих в него ряда малых рек, которые, в свою очередь, подвергаются загрязнению, протекая через города и крупные населенные пункты.

Наиболее мощными источниками являются «горячие очаги», загрязненные ПХБ, находящиеся в районе западного и северного побережья оз. Балкаш, многочисленные действующие и бывшие военные объекты РФ, такие, как «Дарьял-У», «Приозерск», полигон «Сарышаган» и другие, полигоны по уничтожению военной техники (рисунок 6). Усиление пагубного влияния



Рисунок 6 – Центральная часть территории «Дарьял-У» [14].
Красный – сильно загрязненная территория, желтый – слабо загрязненная территория

подобных источников на природную среду региона можно также ожидать в связи с передачей «Балкашского узла» России и расширения деятельности военных баз РФ на этой обширной территории. Существенным источником загрязнения ПХБ природы региона, в том числе оз. Балкаш, являются выбросы и сточные воды металлургических предприятий г. Балкаша.

Источниками загрязнения ПХБ рек Каратал, Аягоз и других, впадающих в Восточный Балкаш, могут быть воздушные выбросы и сточные воды таких крупных промышленных городов, как Талдыкорган, Текели, и ряда крупных населенных пунктов.

Высокая загрязненность ПХБ природных объектов (почв, донных осадков озера и продуктов домашних животных) района г. Балкаша установлена в 2013 г. исследованиями группы экспертов из Чехии (НПО «Арника», г. Прага). Ими также указано на наличие в регионе нескольких источников загрязнения различной природы, включая металлургическую промышленность, открытое сжигание отходов и иные источники.

Заключение. Проведенные нами в девяностые годы прошлого столетия эпизодические исследования показали загрязненность стойкими органическими соединениями, в том числе ПХБ водных экосистем ряда водоемов Казахстана.

Результаты исследования последних лет показали загрязненность этими токсикантами водных ресурсов р. Жайык, причем уровень ее возрастала по течению реки под влиянием промышленных предприятий г. Атырау. Вынос ПХБ речным стоком определяет наличие этих ксенобиотиков в воде предустьевой зоне Каспийского моря. Главные источники загрязнения ПХБ р. Жайык находятся на территории РФ.

Озерные системы низовья р. Сырдария загрязняются трансграничным стоком реки, содержание ПХБ в воде проточных озер достигало высоких 4,7 и 12,0 мкг/дм³. В значительном по площади водоеме, образовавшегося ниже Кокаральской плотины, концентрация ПХБ достигла 23,1 мкг/дм³, что объясняется воздействием «исторических» источников – военных объектов, функционировавших на острове Возрождения.

В природных объектах и экосистеме водоемов Казахстана ПХБ изучаются крайне недостаточно. Наблюдение за этими ксенобиотиками не ведется сетью Казгидромет и другими органами охраны природы.

Зарегистрирован существенный рост уровня загрязненности ПХБ водных ресурсов рек, впадающих в Капшагайское водохранилище и оз. Балкаш, в 2015 г. по сравнению с предыдущими годами. Причем возросла подверженность загрязнению этими ксенобиотиками воды всех изученных водотоков. В речных водах зарегистрированы «маркерные» конгенеры ПХБ 52, 101, 138, а в водах рек Киши Алматы, Иле, Каратал и Аягоз присутствовали также высоко токсичные диоксиноподобные конгенеры ПХБ 114 и 118.

Вода всей акватории Капшагайского водохранилища загрязнена ПХБ. Более повышенный уровень их накопления в 2013–2015 гг. до 2,22 и 7,85 мкг/дм³, а также наличие в воде «маркерных» (ПХБ 52, 101, 138, 153) и диоксиноподобных конгенов (ПХБ 105 и 118) регистрируются в зоне распространения стока рек Каскелен, Киши Алматы, Есик, Шенгелды и Талгар.

В воде оз. Балкаш, как и впадающих в него рек, происходит накопление ПХБ, уровень которых в 2013–2015 гг. имел явную тенденцию к росту, и они зарегистрированы в воде всей акватории водоема. В 2015 г. рост концентрации ПХБ в воде по отношению к данным 2013 и 2014 гг. составил для Западного Балкаша 7,7 раза, Восточного Балкаша – 2,1 раза. Более повышенный уровень загрязнения ПХБ характерен для воды северо-западной акватории озера ввиду расположения в Прибалкашье ряда мощных источников загрязнения данным ксенобиотиком.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Клюев Н.А. Определение полихлорированных бифенилов в окружающей среде и биоте. Полихлорированные бифенилы. Супертоксиканты XXI века / Н.А. Клюев, Е.С. Бродский. – М.: Инф. выпуск ВИНТИ, 2000. – № 5. – С. 31-63.
- [2] [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.cip-pops.ru/>
- [3] Руководство по управлению ПХД. Проект ПРООН/ГЭФ «Разработка и выполнение комплексного плана по управлению ПХД в Казахстане». – 1913. – 170 с.
- [4] Ishankulov M.Sh. PCB-Contaminated Areas in Kazakhstan and Analysis of PCB Impact Human Health Experience / M.Sh. Ishankulov // In NATO science series volume: The Fate of Persistent Organic Pollutants in the Environment. – Springer: AK/NATO Publishing Unit. Editors: E. Mehmetli and B.Koumanova, 2008. – P. 387-403.

- [5] [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.greenwomen.kz/stokg3.htm>
- [6] Kabdrahmanova S. Inventory of pebequipments in Kazakhstan / S. Kabdrahmanova, K. Kabdysalym, E. Shaymardan, S. Kudaibergenov // The international workshop «Sustainable management of toxic pollutanats in Central Asia: towards a regional ecosystem model for environmental security», Proceedings NatoSfP -983931 Project. – Almaty, 2014. – P. 128-136.
- [7] Tatykhanova G.S. PCB-contaminated area of Ust-Kamenogorsk city (East Kazakhstan): Analysis of water, soil, bottom sediments and biota / G.S. Tatykhanova, S.K. Kabdrakhmanova, S.E. Kudaibergenov // The international workshop «Sustainable management of toxic pollutants in Central Asia: towards a regional ecosystem model for environmental security». Proceedings NATO SfP-983931 Project. – Almaty, 2014. – P. 95-101.
- [8] Амиргалиев Н.А. Гидрохимические показатели и уровень пестицидного загрязнения водной среды Бухтарминского водохранилища / Н.А. Амиргалиев // Экосистема и рыбные ресурсы водоемов Казахстана. – Алматы, 1997. – С. 176-182.
- [9] Амиргалиев Н.А. Гидрохимические показатели и уровень пестицидного загрязнения экосистемы Шардаринского водохранилища / Н.А. Амиргалиев, Ж.Б. Исмаилова, Ф.Е. Тагаева, С.Т. Накупбеков // Рыбн. ресурсы водоемов Казахстана и их использование. – 1995. – С. 60-69.
- [10] Амиргалиев Н.А. Об уровне пестицидного загрязнения экосистемы Капчагайского водохранилища / Н.А. Амиргалиев, Х.Т. Сушиева // Рыбн. ресурсы водоемов Казахстана и их использование. – Алматы, 1993. – С. 83-87.
- [11] Амиргалиев Н.А. Арало-Сырдарьинский бассейн: гидрохимия и проблемы водной токсикологии / Н.А. Амиргалиев. – Алматы: Бастау, 2007. – 224 с.
- [12] Жаковская З.А. Полихлорированные бифенилы и углеводороды в донных отложениях рек бассейна р. Печоры / З.А. Жаковская, В.Н. Петрова, Л.О. Хорошко // Водные ресурсы. – 2010. – Т. 37, № 1. – С. 75-83.