

**Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-производственное учреждение «Тайфун» (ФГБУ «НПО «Тайфун»)
Институт проблем мониторинга окружающей среды**

«Утверждаю»
Генеральный директор

_____ В.М. Шершаков

ОТЧЕТ

СТОЙКИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛИ (СОЗ) НА БАЙКАЛЬСКОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ

**ФЦП "Охрана озера Байкал и социально-экономическое развитие Байкальской
природной территории на 2012-2020 годы"**

Часть II

Результаты экспедиционных работ 2015 - 2016 года.

Директор ИПМ

В.Г. Булгаков

Заведующий лабораторией №5 ИПМ

Д.П. Самсонов

Обнинск, 2017 г.



СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

ФГБУ «НПО «ТАЙФУН», Институт проблем мониторинга:

1. Самсонов Д.П., к.х.н. зав. лабораторией №5
2. Пасынкова Е.М., с.н.с.
3. Кочетков А.И., с.н.с.
4. Пантюхина А.Г., н.с.
5. Георгиевский В.Ф., н.с.
6. Журавлева А.В., м.н.с.
7. Степанова Н.В., ведущий инженер,
8. Рычков А.М., ведущий инженер
9. Прилагова В.В., ведущий инженер
10. Данилова А.А., инженер
11. Шадаева О.Н., инженер
12. Заульская И.Н., инженер,
13. Денисова С.М., ст. лаборант
14. Гусаров А.С., м.н.с.
15. Лукьянова Н.Н., зав. лаб. №2
16. Левшин Д.Г. н.с.
17. Дородонова Ю.А., инженер
18. Артемьев Г.Б., инженер лаб. №4
19. Крутских О.И., инженер
20. Макаренко А.А., вед. инженер лаб. №3

Лимнологический институт СО РАН

1. Тимошкин О.А. д.б.н., зав. лабораторией
2. Гула М. И., вед специалист
3. Побережная Александра Евгеньевна, к.б.н.
4. Букшук Н.А. , к.б.н.

№	Оглавление	Стр.
	Введение	4
1	Мониторинг атмосферного воздуха	7
1.1.	Полихлорированные бифенилы (ПХБ)	8
1.2.	Хлорорганические пестициды	9
1.2.1	ДДТ и его метаболиты	10
1.2.2	Гексахлорбензол	10
1.2.3	Гексахлорциклогексан	11
1.2.4	<i>Цис</i> и <i>транс</i> -Хлорданы; <i>Цис</i> и <i>транс</i> -Нонахлор	13
1.2.5	Токсафены	13
1.2.6	Бромированные дифениловые эфиры (ПБДЭ)	14
1.2.7	Полиароматические углеводороды	14
2	Поверхностные воды	17
2.1	Полихлорированные бифенилы	17
2.2	Хлорорганические пестициды	18
2.3	Токсафены	19
2.4	Полибромированные дифениловые эфиры	19
2.5	Полихлорированные дибензо-п-диоксины и дибензофураны	19
3	Стойкие органические соединения в почве	20
3.1.1	Хлорорганические пестициды	20
3.1.2	Полихлорированные бифенилы	20
3.1.3	Полибромированные дифениловые эфиры (ПБДЭ)	21
4	Стойкие органические соединения в объектах флоры и фауны озера	22
4.1	Рыба	22
4.1.1	Черный байкальский хариус (<i>Thymallusbaicalensis</i> , Dybowski, 1874.)	22
4.1.2	Байкальский омуль (<i>Coregonusmigratorius</i> (Georgi, 1775))	24
4.2	Губки	28
4.3	Ракообразные	32
5	Полихлорированные дибензо-п-диоксины и дибензофураны	
	Приложение 1. Содержание СОЗ в пробах атмосферного воздуха	
	Приложение 2. Содержание СОЗ в пробах поверхностных вод	
	Приложение 3. Содержание СОЗ в пробах почвы	
	Приложение 4. Содержание СОЗ в образцах губки байкальской	
	Приложение 5. Содержание СОЗ в образцах биоты	

Введение

В рамках выполнения работ по теме ФЦП "Охрана озера Байкал и социально-экономическое развитие Байкальской природной территории на 2012-2020 годы" в период 2015 – 2016 год проводились работы по отбору и анализу проб различных объектов окружающей среды.

Целью проводимого обследования является получение базовых данных по содержанию СОЗ в различных объектах окружающей среды озера Байкал на текущий момент для долговременного мониторинга и исследования динамики накопления и выведения токсикантов из экосистемы.

Перечень СОЗ, контролируемых в объектах окружающей среды, приведен в таблице 1.1

Таблица 1.1. Стойкие органические загрязнители (СОЗ)

№	Соединение	№	Соединение	№	Соединение
А) Пестициды					
1	Гексахлорбензол	9	Альдрин	17	Октахлорстирол
2	α- ГХЦГ	10	Мирекс	18	Пентахлоранизол
3	β- ГХЦГ	11	2,4'-ДДТ	19	Тетрахлорвератрол
4	γ- ГХЦГ	12	4,4'-ДДТ	20	Трихлорвератрол
5	Гептахлор	13	2,4'-ДДД	21	Оксихлордан
6	Гептахлорэпоскид	14	4,4'-ДДД	22	<i>транс</i> -Хлордан
7	Эндрин	15	2,4'-ДДЕ	23	<i>цис</i> -Хлордан
8	Диэльдрин	16	4,4'-ДДЕ	24	<i>Цис</i> и <i>транс</i> -Нонахлор
Б) Токсичные полихлорированные дибензо-п-диоксины и дибензофураны					
1	2,3,7,8-ТХДД	8	2,3,7,8-ТХДФ	15	1,2,3,4,6,7,8-ГпХДФ
2	1,2,3,7,8-ПеХДД	9	1,2,3,7,8-ПеХДФ	16	1,2,3,4,7,8,9- ГпХДФ
3	1,2,3,4,7,8-ГкХДД	10	2,3,4,7,8-ПеХДФ	17	ОХДФ
	1,2,3,6,7,8-ГкХДД	11	1,2,3,4,7,8-ГкХДФ		
5	1,2,3,7,8,9-ГкХДД	12	1,2,3,6,7,8- ГкХДФ		
6	1,2,3,4,6,7,8-	13	2,3,4,6,7,8- ГкХДФ		
7	ОХДД	14	1,2,3,7,8,9- ГкХДФ		
В) Токсичные диоксиноподобные (планарные) полихлорированные бифенилы					
1	#77 [CL4]	6	#123 [CL5]	11	#169 [CL6]
2	#81 [CL4]	7	#126 [CL5]	12	#170 [CL7]
3	#105 [CL5]	8	#156 [CL6]	13	#180 [CL7]
4	#114 [CL5]	9	#157 [CL6]	14	#189 [CL7]
5	#118 [CL5]	10	#167 [CL6]		

Таблица 1.1 Продолжение. Стойкие органические загрязнители (СОЗ)

Г) Полихлорированные бифенилы (по номенклатуре IUPAC)					
1	# 1 [CL1]	15	28 # [CL3]	29	# 74 [CL4]
2	# 3 [CL1]	16	# 33 [CL3]	30	# 70 [CL4]
3	# 10 [CL2]	17	# 22 [CL3]	31	# 95 [CL5]
4	# 8 [CL2]	18	# 37 [CL3]	32	# 101 [CL5]
5	# 15 [CL2]	19	# 52 [CL4]	33	# 99 [CL5]
6	# 19 [CL3]	20	# 49 [CL4]	34	# 87 [CL5]
7	# 18 [CL3]	21	# 44 [CL4]	35	# 110 [CL5]
8	# 155 [CL6]	22	# 183 [CL7]	36	# 205 [CL8]
9	# 149 [CL6]	23	# 177 [CL7]	37	# 208 [CL9]
10	# 153 [CL6]	24	# 171 [CL7]	38	# 206 [CL9]
11	# 128 [CL6]	25	# 191 [CL7]	39	# 209 [CL10]
12	# 188 [CL7]	26	# 202 [CL8]		
13	# 178 [CL7]	27	# 201 [CL8]		
14	# 187 [CL7]	28	# 199 [CL8]		
Д) Токсафены					
1	2-эндо,3-экзо,5-эндо,6-экзо,8,9,10,10-октахлорборнан (ТОХ 26)				
2	2-эндо,3-экзо,5-эндо,6-экзо,8,8,9,10,10-нонахлорборнан (ТОХ 50)				
3	2,2,5,5,8,9,9,10,10-нонахлорборнан (ТОХ 62)				
Е) Бромированные дифениловые эфиры (антипирены)					
1	2,4,4'-трибромдифениловый эфир (#28 IUPAC)				
2	2,2',4,4'-тетрабромдифениловый эфир (#47 IUPAC)				
3	2,2',4,4',5-пентабром-дифениловый эфир (#99 IUPAC)				
4	2,2',4,4',6-гексабром-дифениловый эфир (#100 IUPAC)				
5	2,2',4,4',5,5'-гексабром-дифениловый эфир (#153 IUPAC)				
6	2,2',4,4',5,6'-гексабром-дифениловый эфир (#154 IUPAC)				
7	2,2',4,4',5',6-гептабром-дифениловый эфир (#183 IUPAC)				
8	Декабромдифениловый эфир (#209 IUPAC)				

Данные исследований загрязнения БПТ стойкими органическими загрязнителями проводимые в рамках данной программы в 2013 - 2014г показали, что все обследованные объекты содержат различные виды веществ, относимых к СОЗ. При этом ряд соединений, таких как бромированные антипирены, пентахлоранзол, тетрахлорвератрол и т.п. были зафиксированы впервые. Значительно дополнены и расширены сведения о содержании в объектах окружающей среды таких токсикантов как токсафены, хлорданы, β-ГХЦГ.

Сравнения полученных нами данных с результатами обследований БПТ конца прошлого века, показали, что содержание ряда видов СОЗ не только не упало, но и показывает определенные тенденции к повышению. В то же время, данные определений содержания в донных отложениях и биобъектах таких супертоксикантов, как полихлорированные дибензо-п-диоксины и дибензофураны показывают, что количество их существенно

снизилось. Этот факт может быть объяснен закрытием Байкальского целлюлозно-бумажного комбината в начале 2000 годов. Работы по мониторингу глобального атмосферного переноса СОЗ выявили сезонное поступление через атмосферу ряда пестицидов на акваторию озера Байкал, особенно в период проведения сельскохозяйственных работ на территории сопредельных государств.

Как и в предыдущий период, в настоящей работе для идентификации и количественного определения содержания СОЗ в различных объектах применялись хромато-масс-спектрометрические методы анализа на приборах высокого разрешения последнего поколения (DFSHR и Agilent7200 Q-TOF) с изотопным разбавлением, что позволяло проводить максимально достоверную идентификацию аналитов и определять их количественное содержание.

Организация работ по отбору проб поверхностных вод и идентификации образцов гидробионтов оз. Байкал проводилась сотрудниками Лимнологического института СО РАН.

1. Мониторинг атмосферного воздуха



Мониторинг атмосферного воздуха на содержание CO₃

Мониторинг атмосферного переноса CO₃ является важной составляющей контроля попадания и накопления антропогенных токсикантов в экосистему оз. Байкал. В 2015 г наблюдения за воздушным переносом CO₃ не велись, однако с весны 2106 г мониторинг был восстановлен на двух станциях – п.Листвянка и п.Култук. Как и в 2014 году, отбор каждой пробы проводился непрерывно в течение недели с концентрированием аналитов на аэрозольные фильтры и сорбенты. При этом объем еженедельной пробы составлял от 3 до 7 тысяч кубических метров.

Данные анализа проб зафиксировали атмосферный перенос ПХБ, токсафенов, как традиционных, так и неиспользовавшихся в РФ пестицидов, а так же нового класса CO₃ – бромированных антипиренов. Использование эффективных стекловолнистых аэрозольных фильтров типа TFAGF 41 позволяющих улавливать аэрозольные частицы

размером более 0.3 мкм с эффективностью 99, 97% дало возможность установить, что доля CO₂, переносимая в виде аэрозолей составляет 8-12% от общего количества веществ, концентрируемых из атмосферы. Месторасположение установок мониторинга загрязнения атмосферного воздуха указано на рисунке 1.1.



Рис.1.1. Месторасположение установок мониторинга воздуха

1.1. Полихлорированные бифенилы (ПХБ)

В период наблюдения 2016 г уровни суммарного содержания ПХБ находились в пределах 11 - 250 пг/м³, что заметно ниже показателей 2014 г (диапазон 7-900 пг/м³).

При этом максимальные уровни наблюдались на п. Листвянка в период май-июль. С июля по ноябрь, как и в прошлый период наблюдений, отмечалось снижение общего уровня концентраций ПХБ в атмосфере. ПХБ, зафиксированные на двух станциях мониторинга, представлены, в основном, легколетучими три-пентахлорированными конгенерами.

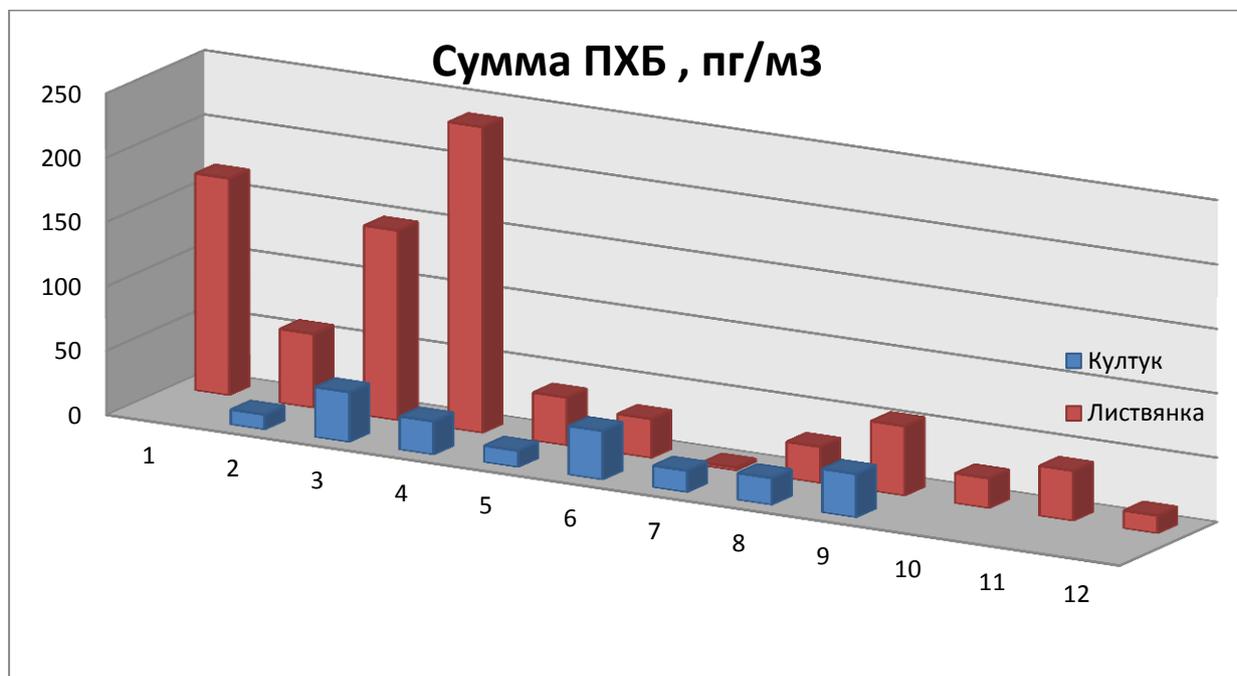


Рис. 1.2. Суммарное содержание конгенов ПХБ в атмосферном воздухе, пг/м³

1.2. Хлорорганические пестициды (ХОП)

1.2.1. ДДТ и его метаболиты

Общий фон ДДТ определяется, в основном, вторичным переносом из сельскохозяйственных угодий, в почве которых пестицид может сохраняться длительное время. В отличие от 2014 г, в текущем году на пункте мониторинга Листвянка уровень содержания ДДТ превышал показатели для п. Култук, максимальные зафиксированные уровни почти вдвое превышали таковые для периода 2014 г. Экстремально высоких значений содержания ДДТ зафиксированных на станции мониторинга Култук в летний период 2014 г не наблюдалось.

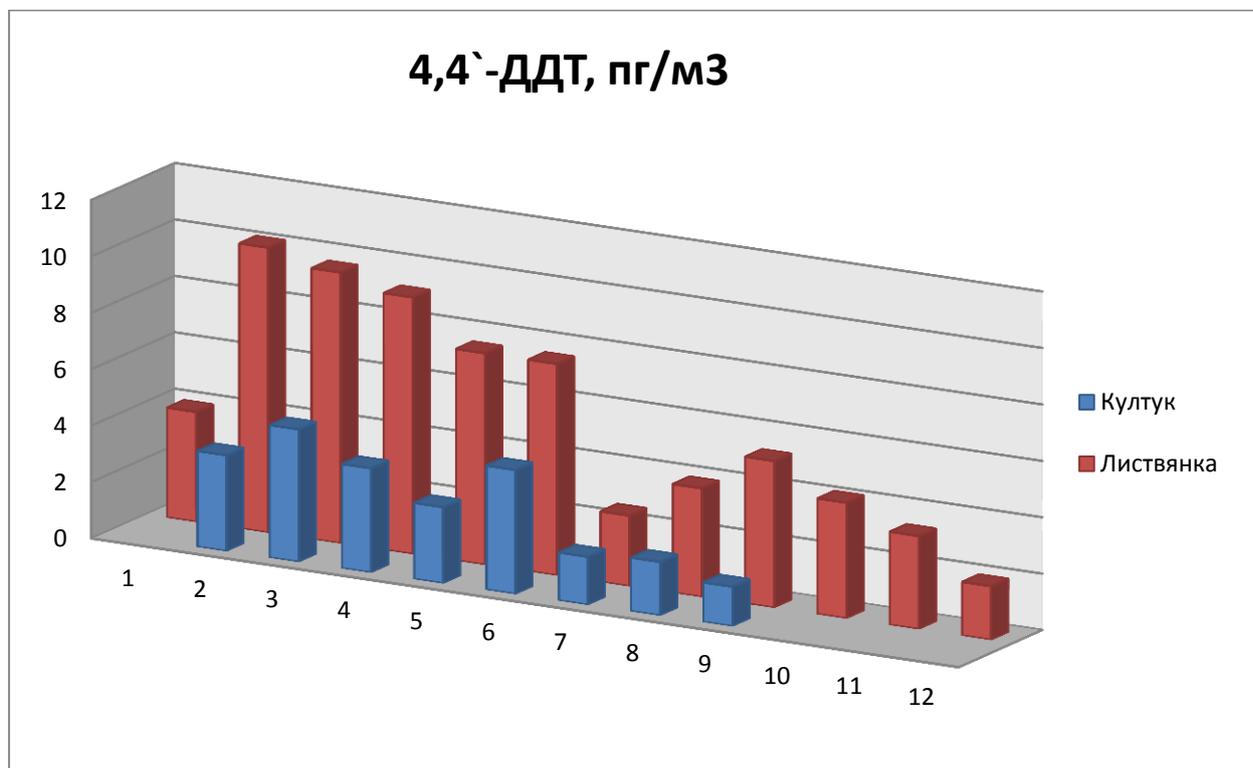


Рис. 1.3. Суммарное содержание в 4,4'- ДДТ в атмосферном воздухе, пг/м³

4,4'-ДДЕ, являющийся продуктом трансформации 4,4'-ДДТ, более устойчив в окружающей среде, чем исходный продукт и может сохраняться в почве 50 и более лет. Поступление этого метаболита в атмосферу целиком обусловлено вторичным переносом из почвы районов, в которых проводилось массированное применение 4,4'- ДДТ. Уровень содержания этого метаболита, наблюдаемый на п. Листвянка составлял 2-5 пг/м³, что несколько выше уровней 2014 г. При этом концентрации ДДЕ на п. Листвянка в 1,5-2 раза превышают концентрации этого метаболита на п. Култук.

Средний уровень содержания метаболита 4,4'-ДДД в 2016 г в атмосфере составлял всего 0,1-1,0 пг/м³, что несколько ниже данных для 2014г.

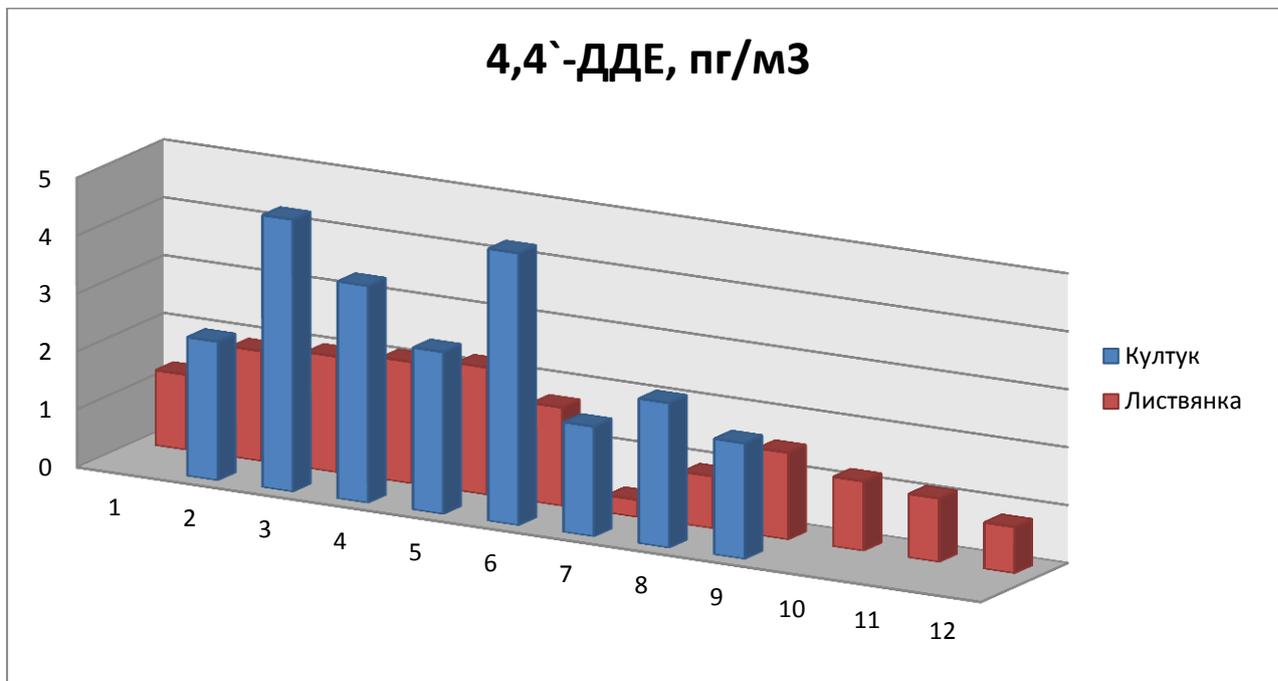


Рис. 1.4. Суммарное содержание 4,4'- ДДЕ в атмосферном воздухе, $\text{пг}/\text{м}^3$

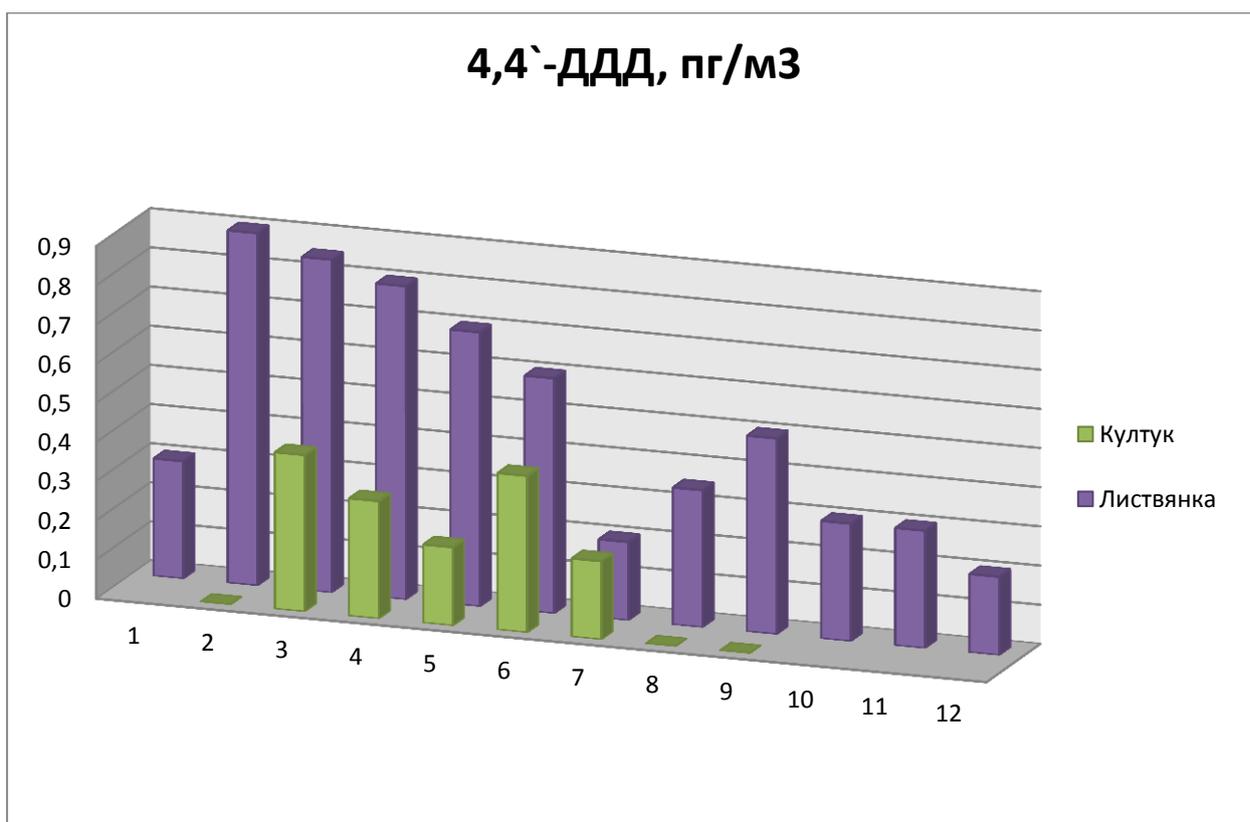


Рис. 1.5. Суммарное содержание 4,4'- ДДД в атмосферном воздухе, $\text{пг}/\text{м}^3$

1.2.2. Гексахлорбензол

Гексахлорбензол – пестицид и технический полупродукт, применение которого ограничено Стокгольмской конвенцией. В начале лета, на п. Култук, как и в 2014 г, отмечен

экстремальный уровень гексахлорбензола в атмосфере (до 35 пг/м³) с резким снижением уровня содержания к осени. Напротив, для п. Листвянка отмечено заметное повышение содержания гексахлорбензола в осенний период от 5 до 26 пг/м³.

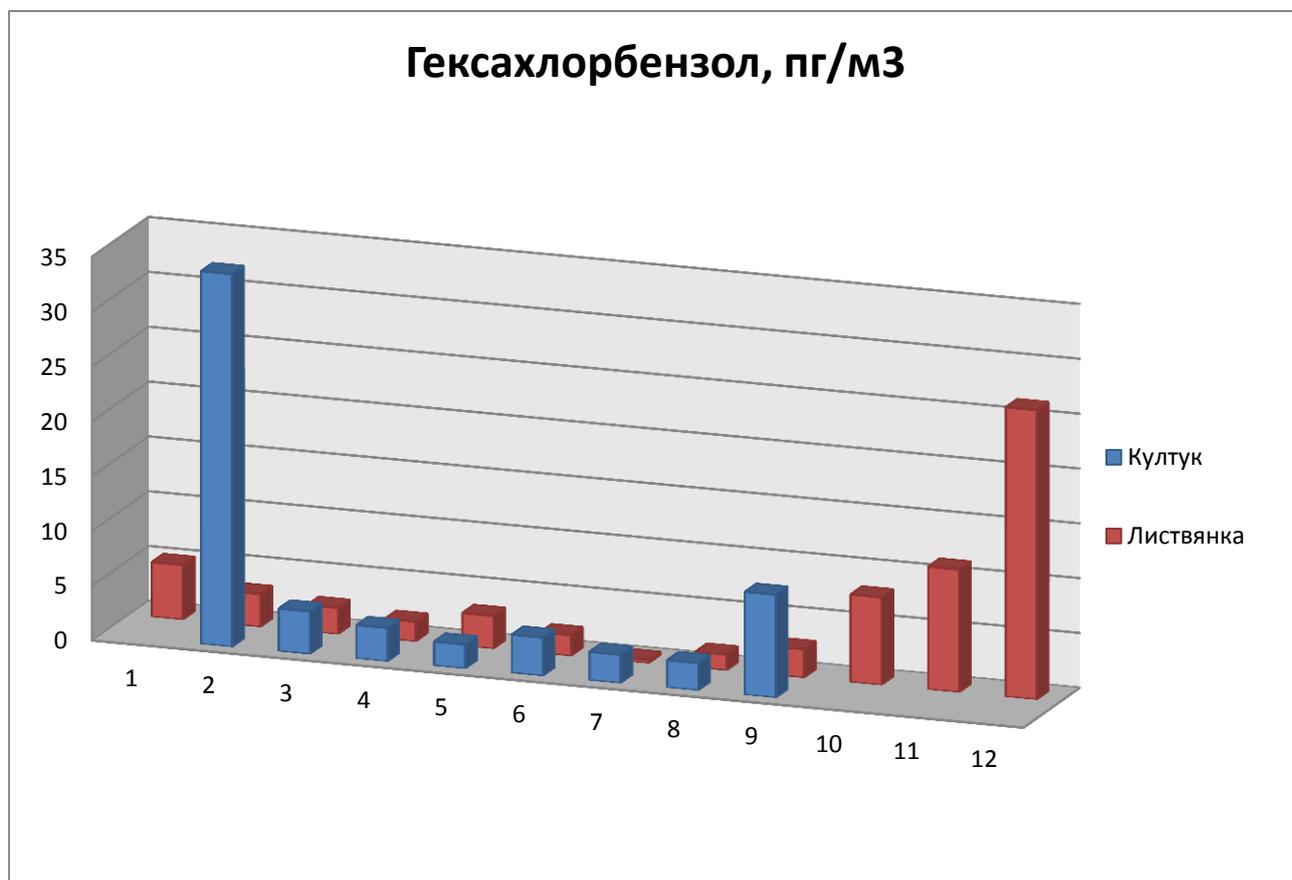


Рис. 1.6 Содержание гексахлорбензола в атмосферном воздухе, пг/м³

1.2.3. Гексахлорциклогексан (ГХЦГ)

Уровни содержания и характер изменения концентраций α -ГХЦГ в атмосфере за время наблюдений в 2016 г на п. Листвянка и Култук повторяют данные 2104 г.

Минимальное содержание всех изомеров ГХЦГ наблюдалось на станции Листвянка. На станциях мониторинга Култук в начале июня и сентябре наблюдалось повышение концентраций α -ГХЦГ в атмосферном воздухе до 16 пг/м³ (в 2014 г – до 40 пг/м³), возможно, связано с применением этого изомера в Китае в этот период. На период июль-август на всех станциях мониторинга отмечено повышение концентраций в воздухе изомера γ -ГХЦГ, что может быть связано как с несанкционированным локальным применением этого препарата на территории РФ, так и влиянием повышения средних температур на поступление его в атмосферу из почв в районах, где γ -ГХЦГ использовался в прошедшие годы.

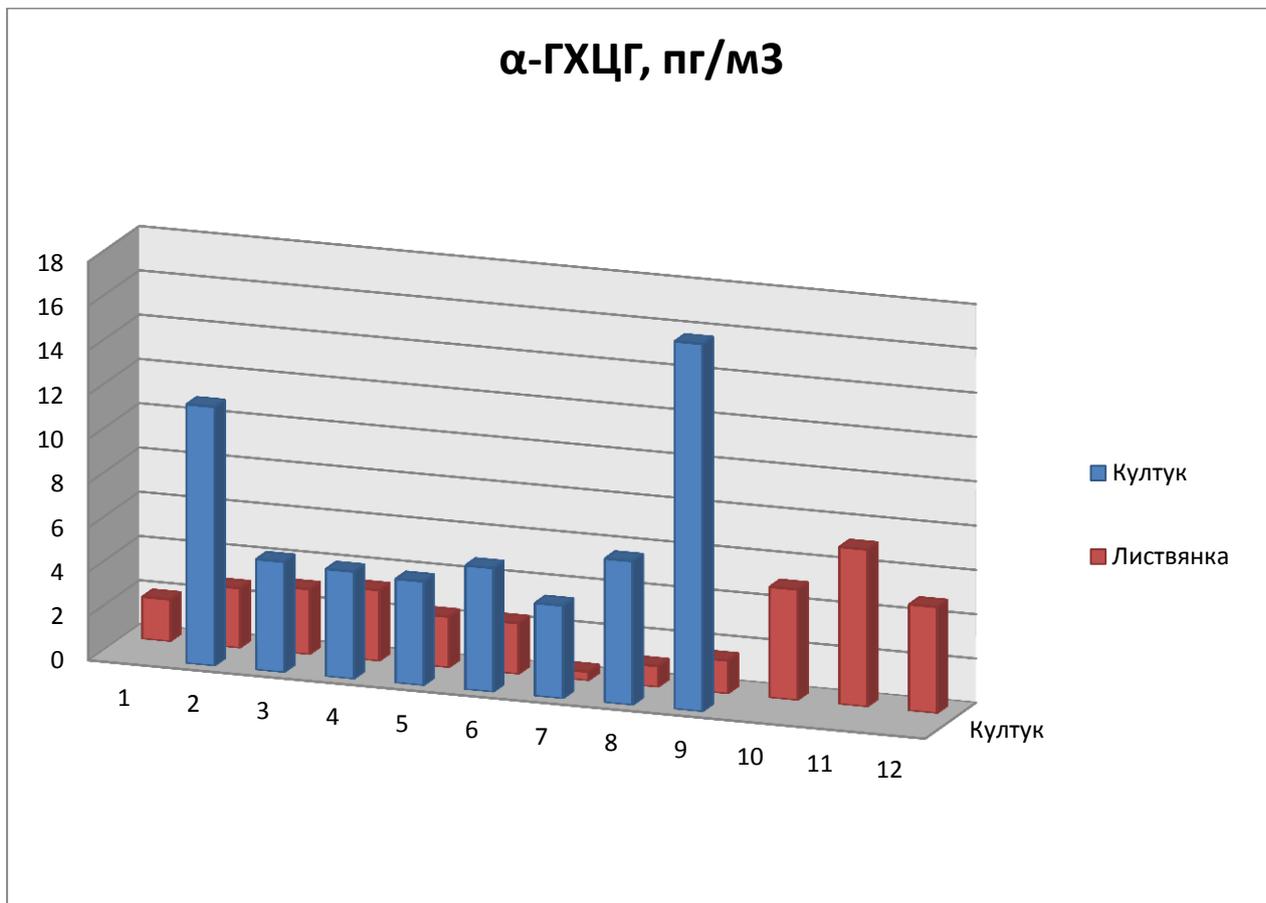


Рис. 1.7. Содержание α-ГХЦГ а в атмосферном воздухе, пг/м³

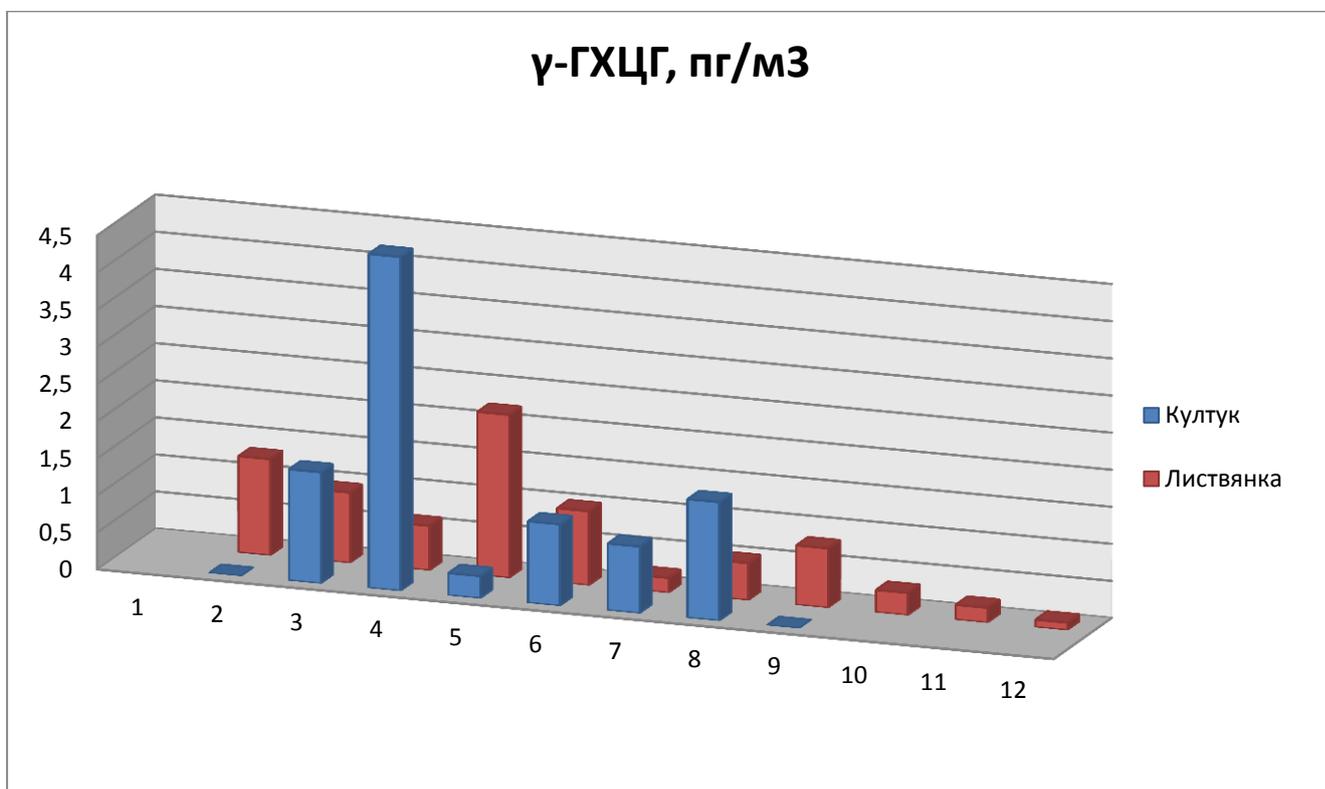


Рис. 1.8. Содержание γ-ГХЦГ а в атмосферном воздухе, пг/м³

β-ГХЦГ – устойчивая форма пестицида, получаемая как побочный продукт при синтезе α и γ изомеров ГХЦГ, обладающих большей биологической активностью. Уровни содержания в атмосферном воздухе этого изомера зафиксированные на двух станциях находились в диапазоне 0,2-2,5 пг/м³, что в целом выше данных 2104 г (0,1-0,3 пг/м³).

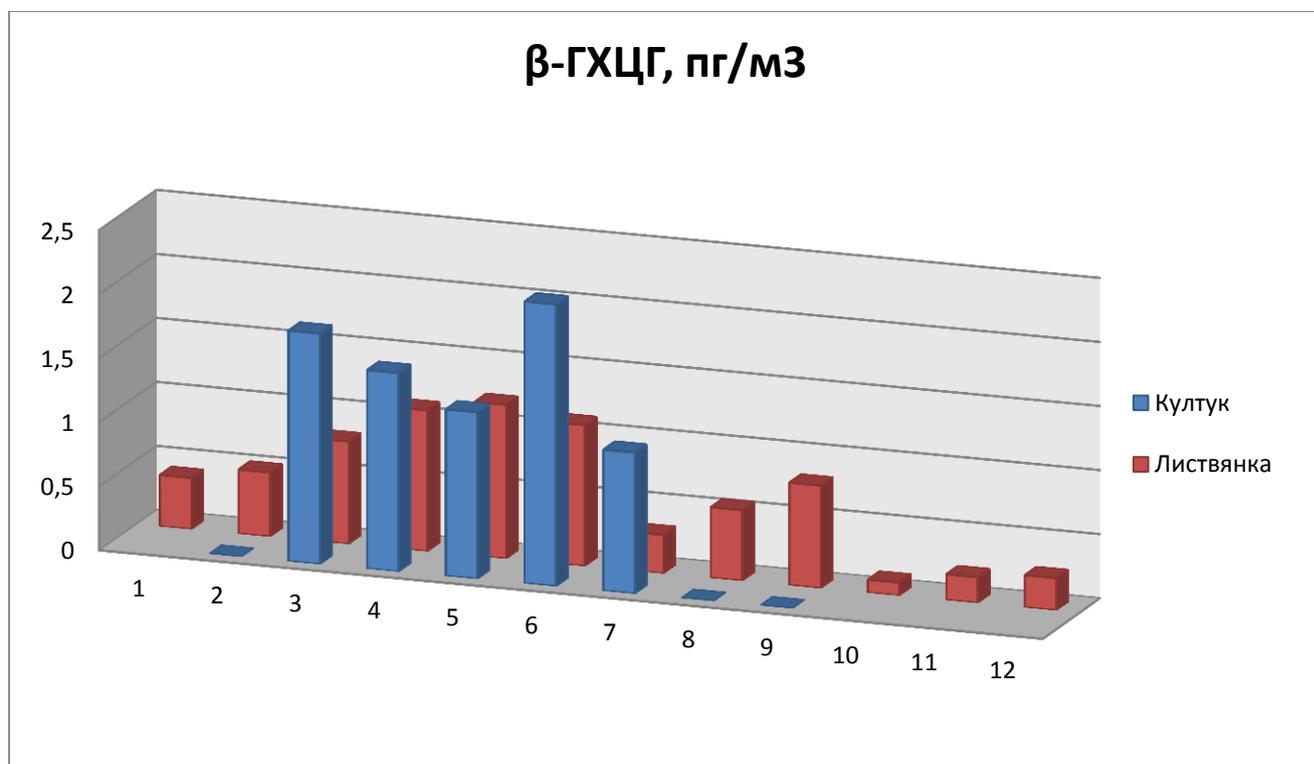


Рис. 1.9. Содержание **β-ГХЦГ** а в атмосферном воздухе, пг/м³

1.2.3. Цис и транс-Хлорданы; Цис и транс-Нонахлор

Цис и *транс*-Хлордан так же *Цис* и *транс*-Нонахлор – пестициды, запрещенные к использованию в начале 2000 годов, практически не применялись на территории СССР и РФ. Наличие этих пестицидов в атмосфере целиком связано с глобальным атмосферным переносом. Уровни содержания хлорданов и наонахлоров зафиксированные на станциях мониторинга находятся в пределах 0,1-0,25 пг/м³, что ниже показателей 2014 г (0,3-3,5 пг/м³).

1.2.5. Токсафены

Уровни содержания и характер изменения концентраций токсафенов в атмосфере за время наблюдений в 2016 г на п. Листвянка и Култук в значительной степени повторяют данные 2104 г. Официальных данных о применении этого препарата на Байкальской природной территории не обнаружено, хотя, вероятно, что он использовался для подавления клещевой активности и борьбы с непарным шелкопрядом. Наличие биологически активных конгенов токсафена фиксируется в почвах в зоне озера Байкал. Попадание в атмосферу токсафена связано с процессами глобального переноса и испарением остатков пестицида из почв. Зафиксированная суммарная концентрация конгенов токсафена в воздухе близка для всех станций мониторинга и

находится в пределах 0,1-0,6 п/м³. Изменения концентраций связаны, очевидно, с изменением среднесуточных температур в период отбора проб.

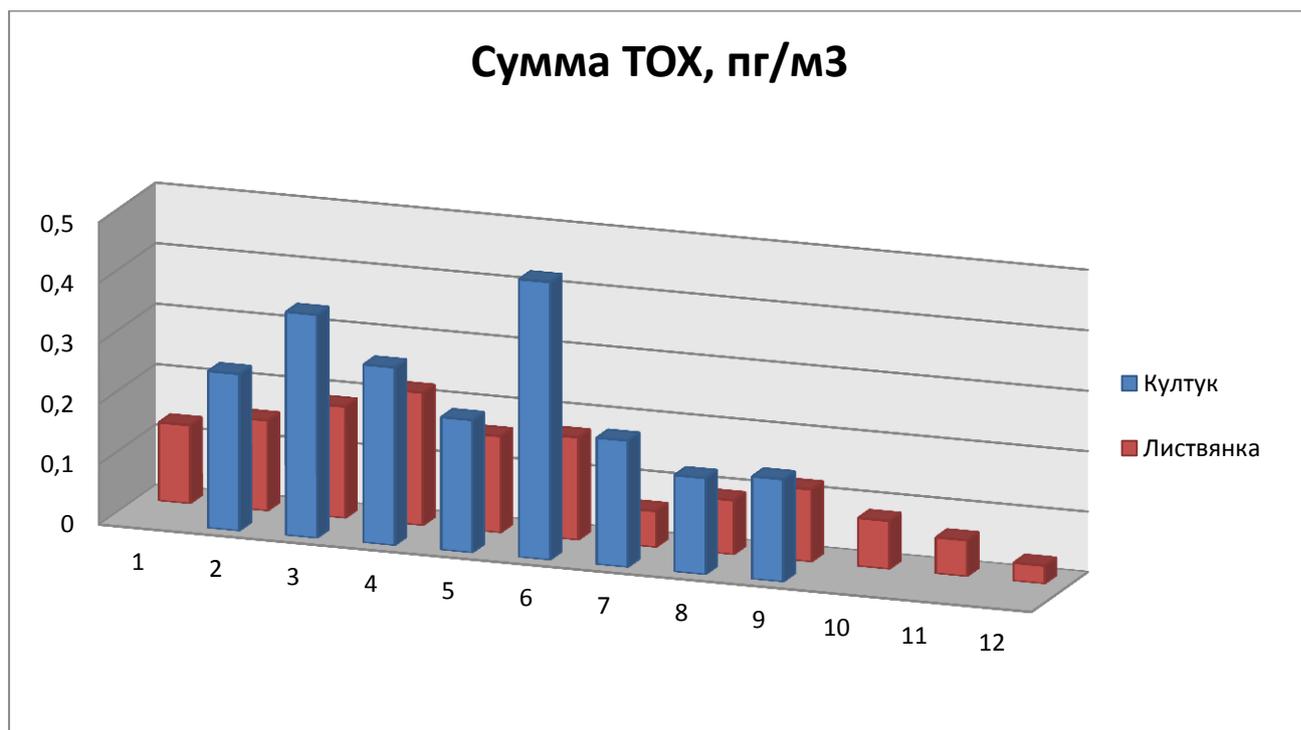


Рис. 1.9. Суммарное содержание токсичных конгенов токсафена в атмосферном воздухе, пг/м³

1.2.6. Бромированные дифениловые эфиры (ПБДЭ)

Как отмечалось ранее, ПБДЭ не производятся на территории РФ и попадают в зону рз. Байкал в результате глобального атмосферного переноса.

Как и в 2014 г, бромированные дифениловые эфиры фиксируются в атмосфере на п. Листвянка и Танхой. Следует отметить, что по сравнению с прошлым периодом наблюдений, в 2016 г отмечается заметное повышение содержания декабромированного конгенера ПБДЭ в атмосфере, диапазон изменения от 0.8 до 4.2 пг/м³ (0,1-0,3 пг/м³ в 2014 г.). Данный факт может быть связан с широкомасштабным производством в последние годы в Китае антипирена *декабромдифенилэтан*, в котором может в качестве примеси присутствовать декабромдифениловый эфир БДЭ-209.

1.2.7. Полиароматические углеводороды (ПАУ)

Мониторинг токсичных соединений в атмосферном воздухе проводимый в 2016 году включал наблюдения за содержанием полиароматических углеводородов как в парогазовой так и аэрозольной форме. Контроль проводился для 20 соединений, включенных в приоритетный список EPA US.

По результатам наблюдений на обеих станциях зафиксированы высокие уровни содержания ПАУ, как относительно летучих, находящихся, в основном, в паро-газовой фазе, так и тяжелых многоядерных ПАУ, присутствующих в воздухе в виде аэрозолей. Максимальные уровни содержания полиароматических соединений в паро-газовой фазе зафиксированные для соединений фенантрен, флюорантен, пирен находятся в диапазоне 0.3- 22 нг/м³. Наличие этих соединений в атмосфере связано как с лесными пожарами в регионе, так и антропогенной деятельностью в зоне наблюдений. Тяжелые многоядерные ПАУ с повышенной канцерогенной активностью, в том числе бензо(а)пирен присутствуют в атмосфере в виде аэрозолей (до 90% общего количества). Следует отметить, что в отдельные даты наблюдений суммарное содержание бензо(а)пирена в атмосфере приближается предельно-допустимому уровню для населенных мест (1 нг/м³). Для других многоядерных ПАУ, обладающих канцерогенной активностью, но содержание которых в атмосфере не нормируется в РФ (индено(1,2,3-сд)пирен, дибензо(а,һ)антрацен, бензо(ɡ,һ)перилен), на пункте Култук наблюдались концентрации превышающие 1 нг/м³.

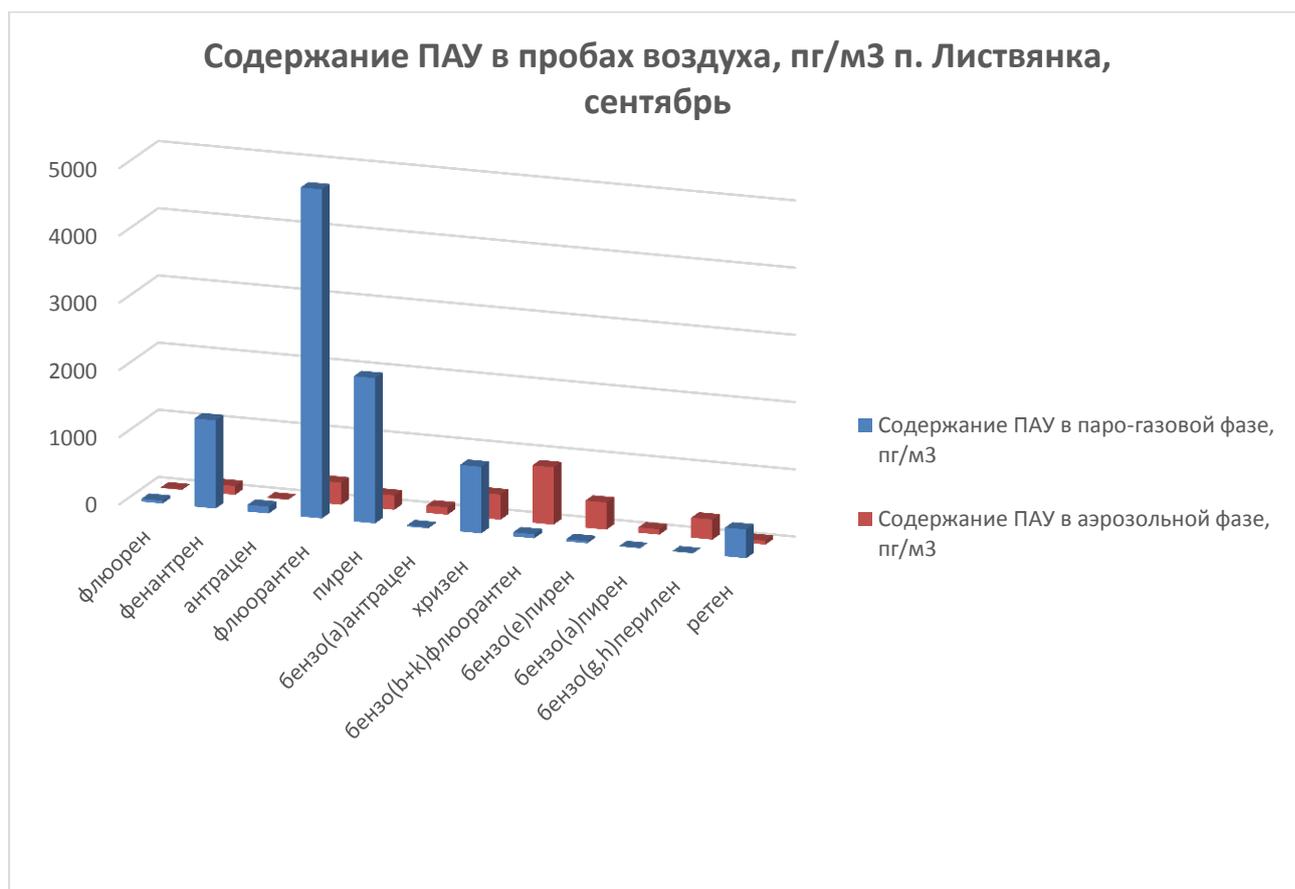


Рис.1.10 Содержание ПАУ в аэрозольной и паро-газовой фазе на п. Листвянка

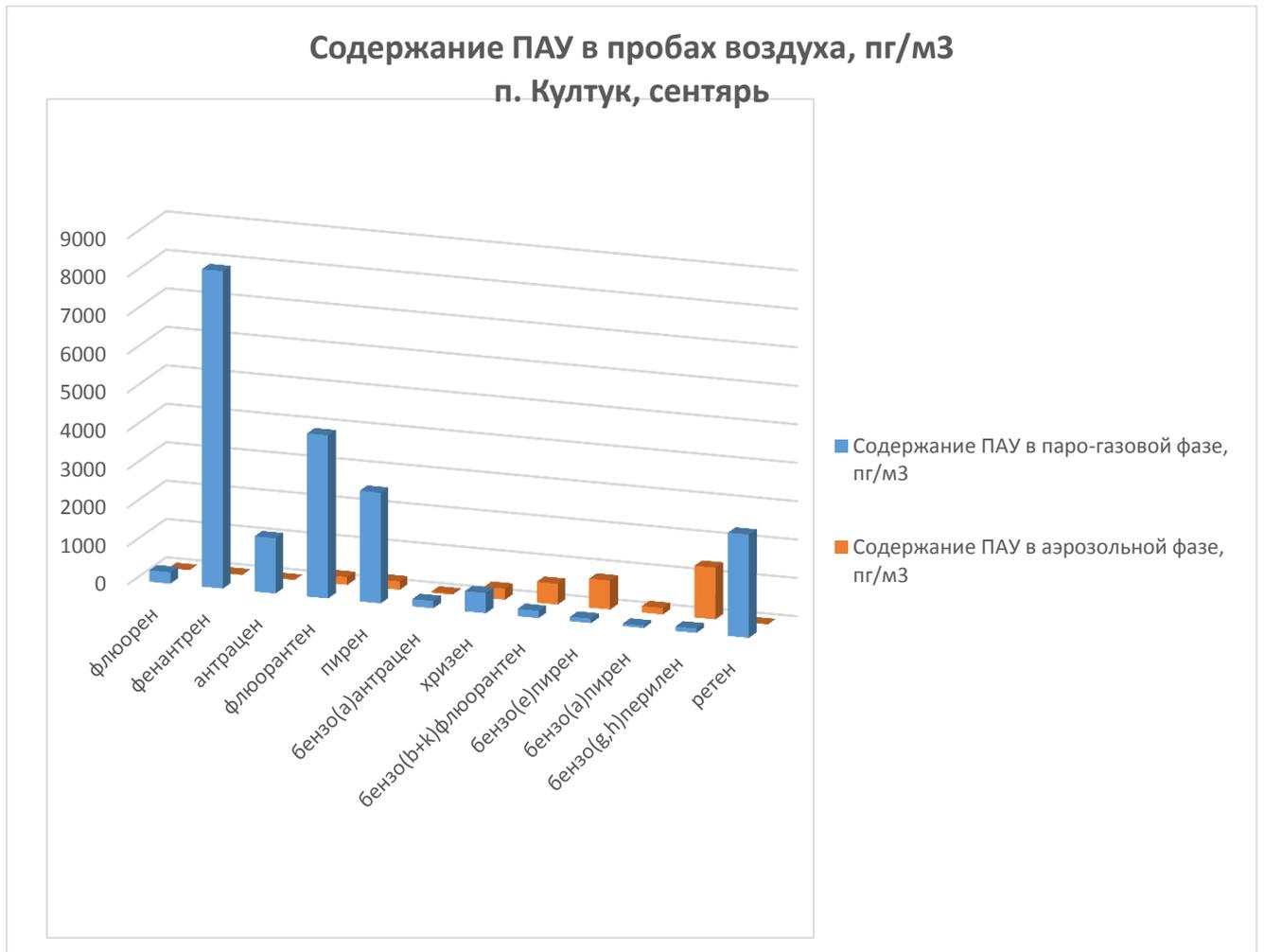


Рис.1.11 Содержание ПАУ в аэрозольной и паро-газовой фазе на п. Култук

Данные мониторинга атмосферы приведены в **Приложении 1**.

2. Поверхностные воды

В 2015-2016 г исследовалось содержание СОЗ в водах прибрежных районов акватории оз. Байкал и ряде рек, впадающих в северную и центральную часть озера (Кичера, Холодная, Верхняя Ангара, Тья, Слюдянка, Сарма) Отбор проб в реках проводился на глубинах 0.3-0.5 м, пробы в озере были отобраны на глубинах 7-10 м на расстояниях 20 – 200 от береговой линии.

2.1. Полихлорированные бифенилы

Полихлорированные бифенилы (ПХБ) - основной загрязнитель байкальских вод из числа СОЗ. По результатам анализов, суммарное содержание конгенов ПХБ в водах рек, впадающих в оз. Байкал, заметно ниже чем в прибрежных водах озера и находится в диапазоне от 100 до 1340 пг/л. Максимальные уровни были зафиксированы в р. Тья и Слюдянка (901 и 1340 пг/л), соответственно.

Содержание ПХБ в пробах воды из озера колеблется в зависимости от района отбора от 1660 до 4100 пг/л, что соответствует данным, полученным для проб отбора 2014 г. Как и в прошлый период, повышенные концентрации ПХБ наблюдаются в прибрежных районах рядом с промышленными зонами г. Байкальск и Северобайкальск.

В ходе обследования проводился отбор проб вод сточных сооружений г. Северобайкальск, попадающих непосредственно в р. Тья и далее в оз. Байкал. Отбор сточных вод проводился дважды (июль и сентябрь 2016г). Следует отметить, что в 2016 г. суммарное содержание ПХБ в сточных водах зафиксировано на уровне не выше 7000 пг/л, что существенно ниже данных, полученных в 2014г (28100 пг/л).

Конгенерный состав ПХБ в пробах воды оз. Байкал и северных притоков представлен, в основном, соединениями, содержащими от трех до шести атомов хлора. Для озерных вод, по сравнению с речными стоками несколько больший вклад в суммарное содержание ПХБ вносят тетрахлорированные конгены – РСВ 52, РСВ 74, РСВ 70, РСВ66.

Основной вклад в суммарное содержание ПХБ в речных и озерных водах вносят, пентахлорированные и гексахлорированные соединения - РСВ 99, РСВ101, РСВ118, РСВ105, РСВ153, РСВ138.

Локальный источник в виде сточных вод г. Северобайкальск имеет существенно иной состав – повышенное содержание низкохлорированных три и тетрахлорированных ПХБ, а так же заметное содержание гептахлорированных ПХБ.

Данные по содержанию конгенов ПХБ в пробах воды приведены в **Приложении 2**.

2.2. Хлорорганические пестициды

В виду отсутствия развитого сельского хозяйства в прибрежной зоне оз. Байкал хлорорганические пестициды могут попадать в зону БПТ за счет глобального атмосферного переноса. При этом токсичные соединения выпадают непосредственно на зеркало воды или попадают со стоками рек впадающих в оз. Байкал. Данных исследований прошлых лет по уровням содержания пестицидов в притоках оз. Байкал за исключением р. Селенга, не обнаружено.

Как установлено ранее (отчет 2014г) для вод оз. Байкал, вода притоков содержит три основных группы пестицидов - гексахлорбензол, изомеры ГХЦГ, а так же ДДТ и его метаболиты.

Суммарное содержание изомеров α , β и γ -ГХЦГ и гексахлорбензола в разных притоках, не загрязненных сточными водами, в 5-10 раз ниже, чем в водах оз. Байкал. При этом характерно, что для воды притоков нет заметного превышения содержания β -ГХЦГ, как для проб озерной воды. Напротив, содержание ДДТ и его метаболитов в воде почти всех обследованных притоков не уступает уровням содержания этой группы пестицидов в воде, отобранной в разных точках озера. Возможно, этот факт связан с тем, что в 70 годы прошлого века ряд прибрежных районов оз. Байкал обрабатывался препаратами ДДТ для подавления клещевого энцефалита и до настоящего времени этот пестицид поступает в воду притоков из прибрежных почв.

Содержание прочих пестицидов, контролируемых в воде притоков в ходе настоящей работы, ниже предела обнаружения используемых методов анализа.

Для проб воды, отобранных на акватории озера характер и уровни загрязнения пестицидами соответствуют данным, полученным для поверхностных вод в 2014г. Преобладающим загрязнителем является изомер β -ГХЦГ, содержание которого достигает 150 пг/л. Заметной динамики изменения содержания этого пестицида по сравнению с данными 2014 г не выявлено. Наличие в пробах пестицидов группы хлордана и ноахлора фиксируется почти во всех пробах на уровне определенном в 2014г (5-14 нг/л).

Как и прошедшие годы, отмечен высокий уровень содержания хлорорганических пестицидов в сточных водах г. Северобайкальск. При этом содержание изомеров ГХЦГ практически на уровне, зафиксированном в 2014, содержание ДДТ и его метаболитов в 3-5 раз ниже.

Распространенный и часто используемый пестицид **Гексахлорбензол (ГХБ)** наблюдается во всех пробах воды оз. Байкал при уровне содержания 4-14 пг/л, что соответствует данным 2014г.

2.3. Токсафены

В пробах воды, отобранных в притоках, впадающих в северную часть озера, наличие токсафенов на уровне чувствительности анализа не зафиксировано.

В пробах воды оз. Байкал содержание токсафенов зафиксировано на уровне 1-4 пг/л, в основном Тох26, Тох50, что несколько ниже данных, полученных в 2014 г. Однако, величина выборки не позволяет сделать вывод о тенденции снижения концентрации этой группы пестицидов.

2.4. Полибромированные дифениловые эфиры (ПБДЭ)

По данным исследований 2015-2016 г полибромированных дифениловых эфиров (ПБДЭ) в пробах воды отобранных в притоках не обнаружено на уровне чувствительности анализа – 2 пг/л.

В пробах воды отобранных в прибрежных районах озера, фиксируется незначительное количество ПБДЭ на уровне 2-9пг/л, в основном конгенеры BDE 47 и BDE 209.

2.5. Полихлорированные дибензо-*n*-диоксины и дибензофураны (ПХДД/ПХДФ)

Для анализа ПХДД/ПХДФ пробы воды в объеме 150-200л отбирались в Районе п. Листвянка с помощью установки Infiltrax-300 с концентрированием аналитов на колонку с Амберлитом XAD-2. По результатам анализов ни в одной пробе не было зафиксировано наличия конгенов ПХДД/ПХДФ на уровне предела обнаружения метода - 0,01 пг/л

Данные анализа СОЗ в пробах воды приведены в **Приложении 2**.

3. Стойкие органические соединения в почве

В виду отсутствия в прибрежной зоне озера Байкал развитого сельского хозяйства и промышленности, накопление значительного количества СОЗ возможно только вблизи населенных пунктов. В тоже время, за счет выпадения СОЗ с осадками в результате глобального переноса, возможно попадание определенного количества СОЗ в почвы фоновых районов.

В ходе выполнения экспедиционных работ 2015-2016 г проводился отбор проб поверхностного слоя почвы (0-10см) в фоновых районах - северной части оз. Байкал и на побережье в районе Малого моря. Для оценки динамики изменения концентраций СОЗ в почвенном покрове проводилось повторное обследование склонов прибрежных гор в районе п. Листвянка. В каждом пункте отбора пробы отбирались методом «конверта» с площадки размером 100м². Далее пробы перемешивались и усредненная смешанная проба передавалась на анализ.

3.1.1. Хлорорганические пестициды

В почве фоновых районов на северной оконечности оз. Байкал, в зоне полного отсутствия сельскохозяйственной деятельности, зафиксированы следовые уровни хлорорганических пестицидов группы ГХЦГ и гексахлорбензол. Уровни содержания этих видов СОЗ находятся в диапазоне 0.05 – 0.5 мкг/кг. В части проб отмечено наличие метаболитов ДДТ на уровнях 0.05-0.07 мкг/кг.

Повторный отбор и анализ проб из района прилегающего к п.Листвянка показал результаты, сравнимые с данными, полученными в ходе экспедиции 2014г. Для данного района характерно, что уровни содержания изомеров ГХЦГ ниже, чем для метаболитов ДДТ. Метаболиты ДДТ фиксируются в почве, отобранной как на вершинах сопков, так и в нижних частях склонов на уровне 0.3-1,5 мкг/кг. Как отмечалось ранее, наличие повышенных концентраций метаболитов ДДТ в почве может быть связан с обработкой территорий этим препаратом для подавления клещей - переносчиков энцефалита.

3.1.2. Полихлорированные бифенилы

Полихлорированные бифенилы в почвах фоновых районов на северной оконечности оз. Байкал практически отсутствуют. В ряде проб были зафиксированы только следовые количества некоторых конгенов гексахлорбифенила на пределе чувствительности аналитического метода (0.03 мкг/кг)

Повторный отбор и анализ проб отобранных на вершинах сопков в 3-5 км от п. Листвянка, в районах не затронутых хозяйственной деятельностью, но расположенных

пути возможного ветрового переноса ПХБ из промышленных районов г. Иркутск, Ангарск показывает наличие этого вида СОЗ во всех пробах. Уровни суммарного содержания конгенов ПХБ находятся в диапазоне 2,5 -0.5 мкг/кг и соответствуют данным, полученным в результате работ 2014г. Таким образом, динамики изменений содержания ПХБ не наблюдается.

2.3. Токсафены

Для фоновых районов северной оконечности оз. Байкал биологически активные конгенеры препарата Токсафен обнаружены во всех отобранных пробах почвы. При этом суммарное содержание конгенов составляло от 30 до 70 нг/кг, что сравнимо с содержанием метаболитов ДДТ.

В пробах, отобранных в районах близких к п. Листвянка конгенерный состав и суммарное содержание препарата Токсафен сравнимо с данными, полученными для почв фоновых районов (30-90 нг/кг)

3.1.3. Полибромированные дифениловые эфиры (ПБДЭ)

Полибромированные дифениловые эфиры - относительно новый класс СОЗ, поступление которых в почвы байкальского региона возможно за счет глобального воздушного переноса.

Для фоновых районов северной оконечности оз. Байкал ПБДЭ (конгенер BDE209) обнаружен только в одной пробе почвы, отобранной на окраине г. Нижнеангарск в количестве 35 нг/кг.

В почвах, отобранных в районе п. Листвянка полибромированные дифениловые эфиры были зафиксированы во всех пробах, в основном декабромдифениловый эфир BDE 209.

Данные анализа СОЗ в пробах почвы приведены в **Приложении 3**.

4. Стойкие органические соединения в объектах флоры и фауны оз. Байкал

Образцы различных объектов флоры и фауны оз. Байкал отбирались и идентифицировались специалистами ЛИН СО РАН в ходе совместных кругобайкальских экспедиций НПО «Тайфун» и ЛИН в 2015-2016 году. После отбора и видовой идентификации образцы консервировались методом глубокой заморозки и поступали на анализ в лабораторию НПО «Тайфун». Целенаправленного вылова рыбы для анализа на содержание СОЗ на этом этапе работ не проводилось.

Пробы водорослей, губки, моллюски, амфимподы отбирались в прибрежной зоне на глубинах 1,5-10м с помощью группы водолазов ЛИН, принимавших участие в совместной экспедиции. Пробы гаммаруса отбирались с помощью рыболовных сетей. Образцы рыбы, случайно попавшие в сети, были также проанализированы.

Для анализа проб рыбы из каждой особи удалялись внутренности, средняя часть тушки гомогенизировалась (мышцы, кожа, чешуя). В виду того, что все анализируемые виды СОЗ липофильны, для образцов фауны проводилось определение содержания липидов. С целью получения характеристик для сравнительного анализа, полученные данные для образцов рыбы и зоопланктона нормировались на содержание липидов. Образцы губки разных видов высушивались при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния и анализировались в таком виде.

4.1. Рыба

4.1.1 Черный байкальский хариус (*Thymallus baicalensis*, Dybowski, 1874.)

4.1.1.1. Пестициды

Образец хариуса отобран в районе м. Солонцовый. Размер особи - 31см, возраст 4+ лет.

В таблице 4.1.1.1. данные анализа приведены в сравнении с результатами, полученными в 2014г. Как следует из таблицы, обнаруженные уровни СОЗ, в том числе и токсафенов коррелируют с результатами анализов 2014г

Таблица 4.1.1.1. Содержание хлорорганических пестицидов в тканях хариуса, нг/г липидов

Аналит:	n=18, 2014г			2016г
	Среднее	Минимум	Максимум	
Гексахлорбензол	24,43	5,50	44,20	19.6
α-ГХЦГ	1,77	<0.05	3,50	5.05
β-ГХЦГ	2,59	0,20	6,00	6.03

Аналит:	n=18, 2014г			2016г
	Среднее	Минимум	Максимум	
γ-ГХЦГ	0,55	0,10	2,50	0.10
Оксихлордан	3,06	<0.1	7,20	2.49
<i>trans</i> -Хлордан	1,98	0,50	5,70	1.29
<i>cis</i> -Хлордан	19,89	11,60	33,40	11.0
<i>trans</i> -Нонахлор	10,11	0,60	26,30	16.5
<i>cis</i> -Нонахлор	4,41	0,50	8,60	5.81
2,4`-ДДЕ	0,86	<0.03	3,90	1.39
4,4`-ДДЕ	72,07	14,10	390,00	56.0
2,4`-ДДД	2,27	<0,03	8,60	0.34
4,4`-ДДД	11,86	1,70	83,10	14.9
2,4`-ДДТ	2,80	0,30	7,70	7.11
4,4`-ДДТ	15,00	5,70	31,90	9.28
Мирекс	0,57	<0,03	2,10	<0,03
Октахлорстирол	0,68	<0,03	3,60	<0,03
Пентахлоранизол	0,08	<0,05	0,50	1.01
Тох 26	22,34	12,60	42,00	16.4
Тох 50	25,13	15,70	43,10	19.9
Тох 62	12,26	8,10	17,40	1.72
Сумма Тох	56,10	28,40	100,60	38.02
Содержание липидов, %	1,67	0,61	3,08	1.01

4.1.1.2. Полихлорированные бифенилы

Полихлорированные бифенилы (ПХБ) являются основным загрязнителем вод оз. Байкал из класса СОЗ. В мышечной ткани хариуса идентифицируется порядка 25 индивидуальных конгенов ПХБ. В таблице 4.1.1.2. приведены усредненные данные по содержанию ПХБ в мышечной ткани хариуса различных районов оз. Байкал отобранных в 2014 году и данные, полученные при анализе образца 2016 года.

Таблица 4.1.1.2. Содержание полихлорированных бифенилов в тканях хариуса, нг/г липидов

Конгенер ПХБ	n=18, 2014г			2016
	Среднее	Минимум	Максимум	
#28/#31 [CL3]	8,84	<0.10	37,60	7,59
#33 [CL3]	6,31	<0.10	16,40	0,57
#22 [CL3]	3,58	<0.10	10,50	1,68
#37 [CL3]	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
#52 [CL4]	12,58	<0.10	21,20	16,3
#49 [CL4]	6,69	<0.10	12,80	6,35
#44 [CL4]	7,85	<0.10	24,50	0,16
#74 [CL4]	4,78	<0.10	10,50	13,2
#70 [CL4]	17,87	7,50	28,70	28,5

Конгенер ПХБ	n=18, 2014г			2016
	Среднее	Минимум	Максимум	
#95 [CL5]	16,98	9,20	60,50	7,09
#101 [CL5]	35,47	20,60	100,60	26,3
#99 [CL5]	24,30	13,70	57,90	7,17
#87 [CL5]	14,31	<0.10	55,30	7,26
#110 [CL5]	29,88	18,80	76,70	15,0
#123 [CL5]	2,51	<0.10	5,10	<0.10
#118 [CL5]	39,66	15,40	162,10	38,1
#114 [CL5]	0,26	<0.10	3,40	<0.10
#105 [CL5]	19,32	9,90	73,40	10,1
#149 [CL6]	16,60	8,30	26,90	7,01
#153 [CL6] + #168	52,95	20,00	232,50	26,22
#138 [CL6] + #158	42,26	10,30	155,40	22,9
#128 [CL6]	0,95	<0.10	12,30	2,22
#180 [CL7]	0,79	<0.10	10,3	5,52
Сумма ПХБ	362,46	203.0	862,2	289,2
Содержание липидов, %	1.67	0,61	3,08	1.01

Как следует из таблицы, обнаруженные уровни ПХБ несколько ниже, средних уровней по результатам анализов 2014г. Данный факт может быть объяснен тем, что образец рыбы поступивший на анализ выловлен в фоновом районе озера, поблизости от Малого моря.

4.1.1.3. Полибромированные дифениловые эфиры (ПБДЭ)

В мышечных тканях хариуса выловленного в разных районах оз. Байкал конгенеры ПБДЭ обнаружены повсеместно, в основном, тетра и пентабромированные соединения. Максимальное суммарное содержание ПБДЭ в анализируемых образцах 2014 г не превышает 3,0 нг/г липидов. В таблице приведены обобщенные данные по содержанию ПБДЭ в мышцах хариуса по результатам анализов 2014 г и результаты анализа пробы 2016

Таблица 4.1.1.3. Содержание полибромированных дифениловых эфиров в тканях хариуса, нг/г липидов

Конгенер ПБДЭ	2014г, n=14			2016 г
	Среднее	Минимум	Максимум	
BDE-47	0,47	<0.001	1,02	0.99
BDE-49	0,23	<0.001	0,41	0.37
BDE-66	0,11	<0.001	0,21	<0.001
BDE-99	0,25	<0.001	0,70	<0.001
BDE-100	0,13	<0.001	0,27	<0.001
BDE-154	0,15	<0.001	0,26	<0.001
BDE-153	0,06	<0.001	0,09	<0.001

Конгенер ПБДЭ	2014г, n=14			2016 г
	Среднее	Минимум	Максимум	
BDE-183	0,06	<0.001	0,08	<0.001
Сумма ПБДЭ	0,96	<0.001	2,66	1.37
Содержание липидов, %	1.67	0,61	3,08	1.01

Суммарное содержание ПБДЭ близко к среднему, по результатам 2104 г. Однако, конегерный состав показывает наличие всего двух соединений этого класса.

4.1.2. Байкальский омуль - *Coregonus migratorius* (Georgi, 1775)

4.1.2.1. Пестициды

Образец омуля был отобран в Малом море оз. Байкал, размер образца 34 см, пол – мужской, возраст 4+ лет.

По данным анализов образцов омуля, выловленных в 2014 г содержание ХОП в мышцах заметно отличается от показателей загрязнения для хариуса. В таблице 4.1.1.2. приведены усредненные данные по содержанию пестицидов в мышечной ткани омуля различных районов оз. Байкал отобранных в 2014 году и данные, полученные при анализе образца 2016 года

Таблица 4.1.2.1. Содержание хлорорганических пестицидов в тканях омуля нг/г липидов

Аналит:	2014 г, n=12			2016 г
	Среднее	Минимум	Максимум	
Гексахлорбензол	55,82	14,20	211,20	15,0
α -ГХЦГ	0,17	0,50	1,10	4,63
β -ГХЦГ	1,44	0,80	3,50	4,12
γ -ГХЦГ	<0.05	<0.05	0,07	<0.05
Оксихлордан	2,00	3,30	9,80	2,08
<i>trans</i> -Хлордан	6,59	3,00	12,00	1,73
<i>cis</i> -Хлордан	27,76	12,80	58,30	7,95
<i>trans</i> -Нонахлор	38,07	20,90	79,70	5,35
<i>cis</i> -Нонахлор	9,00	5,80	14,60	1,75
2,4'-ДДЕ	2,43	0,70	5,10	0,38
4,4'-ДДЕ	76,58	32,60	239,80	13,6
2,4'-ДДД	3,45	1,60	4,70	2,66
4,4'-ДДД	10,58	5,90	15,80	6,32
2,4'-ДДТ	12,86	6,30	26,60	2,45
4,4'-ДДТ	41,42	19,00	56,20	3,92
Мирекс	1,34	0,30	2,40	<0,3
Октахлорстирол	8,67	2,30	29,50	<0,3
Пентахлоранизол	0,62	0,20	2,70	0,21

Аналит:	2014 г, n=12			2016 г
	Среднее	Минимум	Максимум	
Пентахлоранизол	0,62	0,20	2,70	0,21
Тох 26	49,14	22,10	83,20	11,8
Тох 50	55,04	22,60	87,50	12,5
Тох 62	54,63	11,20	342,00	5,0
Сумма Тох	144,0	55,9	512,70	29,4
Содержание липидов, %	2.35	1,34	3.79	2.04

Согласно полученным результатам, образец омуля, выловленный в Малом море, имеет значительно более низкие уровни содержания всех зафиксированных в тканях пестицидов, кроме изомеров ГХЦГ, чем в образцах, отобранных в 2014г. Следует отметить, что в выборку 2014 г образцы омуля из Малого моря не попадали.

4.1.2.2. Полихлорированные бифенилы

В таблице 4.1.1.2. приведены усредненные данные по содержанию ПХБ в мышечной ткани омуля различных районов оз. Байкал отобранных в 2014 году и данные, полученные при анализе образца 2016 года

Таблица 4.1.2.2. Содержание полихлорированных бифенилов в тканях омуля, нг/г липидов

Конгенер ПХБ	2014 г, n=12			2016 г
	Среднее	Минимум	Максимум	
#19 [CL3]	1,46	<0.10	7,80	<0.10
#17/#18 [CL3]	0,98	< 0.10	11,70	<0.10
#28/#31 [CL3]	9,96	4,60	17,10	2,3
#33 [CL3]	4,42	<0.10	15,90	<0.10
#22 [CL3]	5,11	<0.10	22,50	<0.10
#37 [CL3]	<0.10	<0.10	< 0.10	<0.10
#52 [CL4]	18,53	12,10	31,50	3,2
#49 [CL4]	9,14	<0.10	22,70	1,41
#44 [CL4]	5,20	<0.10	12,20	<0.10
#74 [CL4]	9,56	4,80	17,30	1,92
#70 [CL4]	25,47	13,00	45,20	5,27
#95 [CL5]	21,71	11,10	43,30	1,84
#101 [CL5]	42,32	21,00	71,40	4,93
#99 [CL5]	30,09	16,30	48,80	3,76
#119 [CL5]	0,29	<0.10	3,50	<0.10
#87 [CL5]	15,20	6,90	23,80	1,61
#110 [CL5]	34,33	14,40	54,00	3,59
#123 [CL5]	4,42	<0.10	15,00	<0.10
#118 [CL5]	36,62	17,50	52,50	5,76
#114 [CL5]	0,08	< 0.10	0,90	<0.10
#105 [CL5]	18,41	5,70	34,40	1,80
#151 [CL6]	1,89	<0.10	7,10	1,14
#149 [CL6]	20,53	11,70	41,70	4,48

Конгенер ПХБ	2014 г, n=12			2016 г
	Среднее	Минимум	Максимум	
#153 [CL6] + #168	77,43	24,60	187,50	5,49
#138 [CL6] + #158	60,01	4,00	184,40	5,74
#128 [CL6]	3,68	<0.10	18,00	<0.10
#156 [CL6]	1,75	<0.10	7,5	0,18
#187 [CL7]	0,91	<0.10	7,6	0,45
#180 [CL7]	1,55	<0.10	10,8	0,73
#194 [CL8]	5,36	<0.10	64,4	<0.10
Сумма ПХБ	462,9	276,6	687,1	59,4
Содержание липидов, %	2.35	1,34	3.79	2.04

Согласно полученным результатам, образец омуля, выловленный в Малом море в 2016 г, имеет значительно более низкие уровни содержания всех конгенов ПХБ, чем в образцах, отобранных в 2014г. Следует отметить, что в выборку 2014 г образцы омуля из Малого моря не попадали.

4.1.2.3. Полибромированные дифениловые эфиры (ПБДЭ)

Со данным анализом 2014 г полибромированные дифениловые эфиры в мышечных тканях омуля обнаруживаются повсеместно. Число конгенов ПБДЭ, идентифицируемых в тканях омуля и средний уровень суммарного содержания этих веществ почти вдвое выше, чем в тканях хариуса. Характерно наличие достаточно высоких уровней содержания декабромированного конгенера **BDE-209**, который в последнее время является основным компонентом антипиренов.

Таблица 4.1.2.3. Содержание ПБДЭ в тканях омуля, нг/г липидов

Аналит:	2014 г., n=12			2016 г.
	Среднее	Минимум	Максимум	
BDE-28	0,06	<0.001	0,50	0,07
BDE-47	0,77	<0.001	2,27	0,14
BDE-49	0,05	<0.001	0,60	0,09
BDE-66	0,05	<0.001	0,30	0,10
BDE-71	<0.001	<0.001	0,20	<0.001
BDE-99	0,04	<0.001	0,20	0,04
BDE-100	0,12	<0.001	0,70	<0.001
BDE-119	<0.001	<0.001	0,20	<0.001
BDE-154	0,11	<0.001	0,53	0,06
BDE-153	0,10	<0.001	0,80	<0.001
BDE-183	<0.001	<0.001	0,04	<0.001
BDE-206	0,02	<0.001	0,10	<0.001
BDE-207	<0.001	<0.001	0,10	<0.001
BDE-208	0,29	<0.001	1,55	<0.001
BDE-209	0,85	<0.001	2,35	<0.001
Сумма ПБДЭ	2,41	0,10	4,8	0,49
Содержание липидов, %	2.35	1,34	3.79	2.04

По результатам анализов, содержание всех видов СОЗ в тканях омуля, выловленного в Малом море оз. Байкал заметно ниже средних значений зафиксированных в 2014 г. Однако, данные полученные на одном образце не являются статистически достоверными и могут говорить лишь о необходимости дополнительных исследований.

4.2. ГУБКИ

4.2.1. Хлорорганические пестициды

По результатам работы 2014 г было установлено, что корковые и ветвистые губки, обитающие в оз. Байкал являются активными накопителями различных видов СОЗ и могут служить объектом, позволяющим комплексно оценивать динамику изменения содержания СОЗ в экосистеме.

Образцы губок двух видов в ходе работ 2015 и 2016 г отбирались в прибрежной зоне различных районов на глубинах 1,5 -30м. Для проведения анализа образцы губки высушивались и анализировались и в таком виде поступали на анализ

Таблица 4.2.1. Содержание хлорорганических пестицидов в тканях губки нг/г сух.вес.

Аналит:	Губка ветвистая <i>L. Baicalensis</i> n=4, 2014 г.			Губка лопатообразная <i>L. Baicalensis</i> , Губка ветвистая, n=10, 2015г		
	Среднее	Минимум	Максимум	Среднее	Минимум	Максимум
Гексахлорбензол	0,23	0.14	0,36	1.00	0.54	1.40
α -ГХЦГ	<0.05	<0.05	0,06	0.30	0.06	1.67
β -ГХЦГ	<0.05	<0.05	0,10	0.31	0.12	0.86
γ -ГХЦГ	<0.05	<0.05	0,11	0.18	<0.05	0.45
Оксихлордан	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
<i>trans</i> -Хлордан	0.04	<0.03	0,06	0.06	<0.03	0.12
<i>cis</i> -Хлордан	0,16	0,11	0.25	0.27	0.11	0.42
<i>trans</i> -Нонахлор	0,08	0,07	0,09	0.18	0.02	0.42
<i>cis</i> -Нонахлор	0.02	<0.01	0.03	0.05	0.02	0.08
2,4`-ДДЕ	<0.03	<0.03	<0.05	0.04	<0.03	0.06
4,4`-ДДЕ	0,43	0,29	0,64	0.54	0.02	0.84
2,4`-ДДД	0,03	<0.03	0,05	0.06	<0.03	0.09
4,4`-ДДД	0,37	0.03	0,64	0.08	0.03	0.13
2,4`-ДДТ	<0.08	<0.08	0,09	0.12	<0.08	0.16
4,4`-ДДТ	0,14	0.08	0,24	0.30	0.11	0.52
Октахлорстирол	<0.1	<0.1	0,1	0.04	<0.03	0.08
Пентахлоранизол	<0.05	<0.05	0,05	<0.05	<0.05	0.05
Тох 26	0,23	0.2	0.3	na	na	na
Тох 50	0,17	0,1	0,3	na	na	na
Тох 62	0,1	0,1	0,1	na	na	na
Сумма Тох	0,5	0,4	0,7	na	na	na

Таблица 4.2.1. Содержание хлорорганических пестицидов в тканях губки нг/г сух.вес.

Аналит:	Губка глобульная, Губка корковая, n=6 2014г			Губка глобульная, Губка корковая, n=8 2105г		
	Среднее	Минимум	Максимум	Среднее	Минимум	Максимум
Гексахлорбензол	0,60	0.29	1.5	0.76	0.43	1.63
α-ГХЦГ	<0.05	<0.05	0,05	0.23	0.08	0.54
β-ГХЦГ	<0.05	<0.05	0,13	0.22	0.19	0.35
γ-ГХЦГ	<0.05	<0.05	<0.05	0.08	0.06	0.18
Оксихлордан	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
<i>trans</i> -Хлордан	0.05	<0.03	0.07	0.11	<0.03	0.13
<i>cis</i> -Хлордан	0,15	0.07	0,24	0.40	0.13	1.02
<i>trans</i> -Ноахлор	0.09	0.04	0,14	0.10	0.06	0.28
<i>cis</i> -Ноахлор	0.03	0.01	0,05	0.03	0.02	0.08
2,4`-ДДЕ	0.04	<0.03	0,07	0.15	<0.03	0.07
4,4`-ДДЕ	0,70	0,35	1.57	0.29	0.21	1.22
2,4`-ДДД	0,06	0.05	0.07	0.05	<0.03	0.09
4,4`-ДДД	0,58	0.04	2,08	0.07	<0.03	0.24
2,4`-ДДТ	<0.08	<0.08	0,08	0.15	<0.08	0.20
4,4`-ДДТ	0,31	0,12	0,81	0.23	<0.08	1.00
Октахлорстирол	<0.1	<0.1	0.11	0.03	<0.03	0.03
Пентахлоранизол	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Тох 26	0,2	0,1	7,0	па	па	па
Тох 50	0.2	0,2	7,0	па	па	па
Тох 62	0,1	<0.004	0.1	па	па	па
Сумма Тох	0.42	0,2	25.2	па	па	па

Таблица 4.2.1.А. Содержание хлорорганических пестицидов в тканях губки нг/г сух.вес.

Аналит:	Губка ветвистая L. Baicalensis n=9, 2016г		
	Среднее	Минимум	Максимум
Гексахлорбензол	0.35	<0.02	0.65
α-ГХЦГ	0.15	<0.05	0.40
β-ГХЦГ	0.13	0.08	0.16
γ-ГХЦГ	0.13	0.08	0.17
Оксихлордан	<0.08	<0.08	<0.08
<i>trans</i> -Хлордан	0.03	<0.03	0.04
<i>cis</i> -Хлордан	0.09	0.06	0.17
<i>trans</i> -Ноахлор	0.14	0.05	0.50
<i>cis</i> -Ноахлор	0.03	<0.02	0.04
2,4`-ДДЕ	<0.03	<0.03	<0.03
4,4`-ДДЕ	0.74	0.12	1.32
2,4`-ДДД	0.12	<0.03	0.21

Аналит:	Губка ветвистая L. Baicalensis n=9, 2016г		
	Среднее	Минимум	Максимум
4,4`-ДДД	0.34	<0.03	0.70
2,4`-ДДТ	0.17	<0.08	0.29
4,4`-ДДТ	0.26	<0.08	0.44
Октахлорстирол	<0.03	<0.03	<0.03
Пентахлоранизол	<0.05	<0.05	<0.05
Тох 26	0.18	0.11	0.30
Тох 50	0.18	0.11	0.31
Тох 62	0.02	<0.04	0.09
Сумма Тох	0.18	0.11	0.30

4.2.2. Полихлорированные бифенилы

ПХБ, один из основных загрязнителей экосистемы оз. Байкал, фиксируется во всех образцах губок. В таблице 4.2.2. данные анализа приведены в сравнении с результатами, полученными в 2014г.

Таблица 4.2.2. Содержание полихлорированных бифенилов в образцах губки, нг/г сух.вес

Конгенер ПХБ	Губка ветвистая L. Baicalensis n=4, 2014 г.			Губка лопатообразная L. Baicalensis, Губка ветвистая, n=10, 2015г		
	Среднее	Минимум	Максимум	Среднее	Минимум	Максимум
#17/#18 [CL3]	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
#28/#31 [CL3]	0,12	<0.10	0,26	0.21	0.11	0.27
#52 [CL4]	0,24	0,2	0,52	0.21	0.12	0.31
#49 [CL4]	0,13	<0.10	0,19	0.13	<0.10	0.16
#44 [CL4]	0,13	<0.10	0,21	0.10	<0.10	<0.10
#74 [CL4]	0,14	0,1	0,22	0.16	<0.10	0.24
#70 [CL4]	0,37	0,20	0,60	0.40	0.23	0.69
#95 [CL5]	0,42	0,20	0,87	0.26	0.13	0.38
#101 [CL5]	0,75	0,20	1,46	0.61	0.44	0.89
#99 [CL5]	0,59	0,20	1,08	0.40	0.25	0.66
#87 [CL5]	0,35	0,20	0,65	0.34	0.17	0.55
#110 [CL5]	0,85	0,10	1,67	0.75	0.37	1.24
#118 [CL5]	1,12	0,20	2,07	1.07	0.53	1.96
#105 [CL5]	0,30	0,20	0,82	0.55	0.29	0.95
#151 [CL6]	<0.10	<0.10	0,16	0.12	<0.10	0.21
#149 [CL6]	0,4	0,20	0,78	0.53	<0.10	0.94
#153 [CL6] + #168	1,25	0,50	2,75	0.52	0.33	0.91
#138 [CL6] + #158	1,72	0,40	3,66	0.71	0.45	1.24
#128 [CL6]	0,28	0,10	0,56	0.17	<0.10	0.26
#156 [CL6]	<0.10	<0.10	0,22	0.10	<0.10	0.13
#187 [CL7]	<0.10	<0.10	<0.10	0.11	<0.10	0.11
#180 [CL7]	<0.10	<0.10	0,19	0.11	<0.10	0.17
Сумма ПХБ	9.16	3,0	19,12	7.77	4.10	11.7

Таблица 4.2.2. Содержание полихлорированных бифенилов в образцах губки, нг/г сух.вес.

Конгенер ПХБ	Губка глобульная, Губка корковая, n=6 2014г			Губка глобульная, Губка корковая, n=8, 2105г		
	Среднее	Минимум	Максимум	Среднее	Минимум	Максимум
#17/#18 [CL3]	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
#28/#31 [CL3]	0,12	<0.10	0,26	0,20	<0.10	0,45
#52 [CL4]	0,24	0,2	0,52	0,16	<0.10	0,24
#49 [CL4]	0,13	<0.10	0,19	0,11	<0.10	0,17
#44 [CL4]	0,13	<0.10	0,21	<0.10	<0.10	<0.10
#74 [CL4]	0,14	0,1	0,22	0,13	<0.10	0,17
#70 [CL4]	0,32	<0.10	0,60	0,29	0,12	0,49
#95 [CL5]	0,33	<0.10	0,6	0,18	0,10	0,31
#101 [CL5]	0,61	0,13	1,20	0,36	0,16	0,64
#99 [CL5]	0,59	0,11	1,20	0,26	<0.10	0,51
#87 [CL5]	0,30	0,13	0,60	0,27	0,12	0,97
#110 [CL5]	0,64	0,31	1,50	0,46	0,22	0,74
#118 [CL5]	0,98	0,41	2,20	0,66	0,31	1,29
#105 [CL5]	0,47	0,16	1,10	0,33	0,15	0,57
#151 [CL6]	0,02	<0.10	0,16	0,11	<0.10	0,15
#149 [CL6]	0,37	0,17	0,80	0,30	0,13	0,58
#153 [CL6] + #168	1,17	0,62	2,80	0,29	0,12	0,70
#138 [CL6] + #158	1,48	0,65	3,60	0,39	0,15	0,94
#128 [CL6]	0,25	<0.10	0,60	0,12	<0.10	0,25
#156 [CL6]	<0.10	<0.10	0,20	<0.10	<0.10	0,13
#187 [CL7]	0,5	<0.10	1,50	<0.10	<0.10	0,10
#180 [CL7]	0,16	<0.10	0,60	<0.10	<0.10	<0.10
Сумма ПХБ	8,88	2,69	20,25	5,27	1,57	10,0

Таблица 4.2.2А. Содержание полихлорированных бифенилов в образцах губки, нг/г сухого веса

Конгенер ПХБ	Губка лопатообразная L. Baicalensis, Губка ветвистая, n=9, 2016г		
	Среднее	Минимум	Максимум
#17/#18 [CL3]	<0.10	<0.10	<0.10
#28/#31 [CL3]	0,17	<0.10	0,43
#52 [CL4]	0,25	0,11	0,49
#49 [CL4]	0,12	<0.10	0,17
#44 [CL4]	<0.10	<0.10	<0.10
#74 [CL4]	0,18	<0.10	0,27
#70 [CL4]	0,43	0,15	0,67
#95 [CL5]	0,15	<0.10	0,36
#101 [CL5]	0,33	0,19	0,70
#99 [CL5]	0,27	0,10	0,66
#87 [CL5]	0,17	<0.10	0,31

Конгенер ПХБ	Губка лопатообразная L. Baicalensis, Губка ветвистая, n=9, 2016г		
	Среднее	Минимум	Максимум
#110 [CL5]	0.34	<0.10	0.73
#118 [CL5]	0.57	0.16	1.06
#105 [CL5]	0.18	<0.10	0.32
#151 [CL6]	<0.10	<0.10	<0.10
#149 [CL6]	0.18	<0.10	0.32
#153 [CL6] + #168	0.35	<0.10	0.73
#138 [CL6] + #158	0.43	0.12	0.92
#128 [CL6]	0.10	<0.10	0.11
#156 [CL6]	0.10	<0.10	0.12
#187 [CL7]	<0.10	<0.10	<0.10
#180 [CL7]	0.11	<0.10	0.14
Сумма ПХБ	4.48	0.85	8.55

4.2.3. Полибромированные дифениловые эфиры (ПБДЭ)

Полибромированные дифениловые эфиры определялись только в пробах губок, отобранных в 2016г. В таблице 4.2.3. данные анализа приведены в сравнении с результатами, полученными в 2014 г. В таблицу не включались анализируемые конгенеры ПБДЭ, которые не были зафиксированы хотя бы в одном образце.

Как следует из таблицы, обнаруженные уровни содержания ПБДЭ, в основном, коррелируют с результатами анализов 2014г

Таблица 4.2.3. Содержание ПБДЭ в образцах губки, мг/г сухого веса

Аналит	Губка ветвистая L. Baicalensis n=4, 2014г			Губка ветвистая L. Baicalensis n=10, 2016г		
	Среднее	Минимум	Максимум	Среднее	Минимум	Максимум
ПБДЭ -28	<0.5	<0.5	<0.5	4.12	<0.5	9.2
ПБДЭ -47	14.8	7.0	33.0	12.3	4.90	20.1
ПБДЭ -49	<0.5	<0.5	<0.5	8.83	<0.5	13.5
ПБДЭ -99	18.2	3.0	58.0	4.48	0.90	11.0
ПБДЭ -100	3.62	<0.5	4.90	3.62	<0.5	4.90
ПБДЭ -154	7.6	2.0	18.0	7.76	<0.5	11.0
Сумма ПБДЭ	26.5	12.0	40.0	28,0	7,0	43,2

4.3. Ракообразные

Образцы гаммаруса отбирались в разных районах озера на глубинах 2-20м. Для анализа гаммаруса из конкретного района составляли пробу, включающую 3-8 особей. Размер животных в пробе 3-5 см. Пробу гомогенизировали целиком и передавали на анализ.

4.3.1. Хлорорганические пестициды

По результатам исследований видно, что в образцах гаммаруса идентифицированы все виды ХОП, определяемые в данной работе. Следует отметить большой разброс концентраций отдельных ХОП как для образцов, отобранных в разных районах, так и для проб, отобранных в пределах одного района. Так, минимальные и максимальные уровни содержания ряда ХОП (**4,4'-ДДЕ, Мирекс, гексахлорбензол, цис-нонахлор**) могут отличаться в 10-50 раз. Уровни содержания токсичных конгенов **токсафена** превышают содержание всех метаболитов ДДТ за исключением **4,4'-ДДЕ**. Из всех видов водной фауны анализируемых в ходе данной работы, в отдельных образцах гаммаруса были обнаружены самые высокие уровни содержания пестицидов (более 1200 нг/г липидов метаболитов ДДТ) и полихлорированных бифенилов - свыше 4000 нг/г липидов.

В таблице 4.3.1. приведены усредненные данные для гаммаруса из разных районов озера Байкал и разброс концентраций ХОП в пробах.

Таблица 4.3.1. Содержание хлорорганических пестицидов в тканях гаммаруса, нг/г липидов

Аналит:	Гаммарус, , n=5, 2014г			Гаммарус, , n=4, 2016г		
	Среднее	Минимум	Максимум	Среднее	Минимум	Максимум
Гексахлорбензол	71,34	15,10	247,60	22.1	12.7	33.8
α -ГХЦГ	0,78	0.05	2,60	4.85	4.66	5.02
β -ГХЦГ	4,70	1,70	6,80	10.20	6.03	17.83
γ -ГХЦГ	1,20	<0.05	5,20	1.79	0.1	2.69
Оксихлордан	0.74	<0.08	3,20	4.47	2.23	8.68
<i>trans</i> -Хлордан	5,88	2,50	8,90	4.28	1.29	10.05
<i>cis</i> -Хлордан	23,42	10,40	33,50	17.83	6.29	36.2
<i>trans</i> --Нонахлор	18,74	1,80	37,60	21.86	4.49	44.6
<i>cis</i> -Нонахлор	8,32	0,50	15,50	6.93	1.38	13.6
2,4'-ДДЕ	3,04	0,60	4,20	1.07	0.44	1.39
4,4'-ДДЕ	306,42	41,00	1184,90	88.93	13.6	197.2
2,4'-ДДД	4,20	1,70	6,00	4.64	0.34	10.0
4,4'-ДДД	9,08	1,10	22,70	12.28	7.85	14.9
2,4'-ДДТ	3,14	0,10	10,20	6.34	5.13	7.11
4,4'-ДДТ	16,94	2,00	34,00	6.33	0.15	9.57
Мирекс	1,12	<0.05	2,50	0.14	<0.05	0.24
Октахлорстирол	12,74	1,50	51,50	5.65	1.02	12.82
Пентахлоранизол	0.5	<0.05	1,50	0.80	0.62	1.01
Тох 26	34,72	12,20	68,70	27.2	8.2	55.3
Тох 50	39,18	14,00	68,80	30.96	9.0	58.9
Тох 62	15,6	0,8	28,30	8.46	<0.04	17.7
Сумма Тох	89,36	31,40	165,8	68.06	21.5	131.9
Содержание липидов, %	1,81	0,74	3,86	1.16	0.9	1.52

4.3.2. Полихлорированные бифенилы

Характер состава конгенов ПХБ в тканях гаммаруса заметно отличается от данных, полученных для тканей рыб, зоопланктона и водорослей. Количество идентифицируемых конгенов ПХБ более 40, что существенно выше, чем у остальных представителей флоры и фауны. Как и у образцов биоты прочих видов, максимальные концентрации ПХБ зафиксированы для пента и гексахлорированных конгенов. В то же время в тканях гаммаруса накапливается заметно больше низко и высокохлорированных конгенов, которые не идентифицируются у прочих объектов. Разброс между максимальным и минимальным содержанием ПХБ для отдельных пулов образцов гаммаруса отобранных в одном районе довольно значительно и может достигать 10 раз.

Таблица 4.3.2. Содержание полихлорированных бифенилов в тканях гаммаруса, нг/г липидов

Конгенер ПХБ	Гаммарус, 2014 г, n=5			Гаммарус, 2016 г, n=5		
	Среднее	Минимум	Максимум	Среднее	Минимум	Максимум
#8 [CL2]	0,30	<0.10	1,50	<0.10	<0.10	<0.10
#15 [CL2]	0,22	<0.10	0,80	<0.10	<0.10	<0.10
#17/#18 [CL3]	0,36	<0.10	1,80	<0.10	<0.10	<0.10
#28/#31 [CL3]	55,50	<0.10	243,50	5,32	3,9	7,29
#33 [CL3]	3,20	<0.10	8,90	0,21	<0.10	0,53
#22 [CL3]	0,82	<0.10	3,30	0,26	<0.10	0,61
#37 [CL3]	2,96	<0.10	11,00	<0.10	<0.10	<0.10
#52 [CL4]	59,24	3,3	117,70	14,52	5,56	25,3
#49 [CL4]	27,00	3,00	62,60	4,21	2,48	6,21
#44 [CL4]	24,54	3,70	61,20	0,18	<0.10	0,38
#74 [CL4]	44,70	5,90	107,00	9,43	3,57	15,2
#70 [CL4]	75,30	13,60	154,10	18,8	6,54	32,4
#95 [CL5]	57,74	10,20	108,60	10,97	2,44	22,4
#101 [CL5]	117,58	13,60	190,30	37,1	7,88	71,0
#99 [CL5]	98,64	15,60	188,90	25,0	5,65	41,8
#119 [CL5]	5,68	<0.10	13,60	<0.10	<0.10	<0.10
#87 [CL5]	27,64	4,3	80,80	8,38	2,1	17,9
#110 [CL5]	127,56	11,60	249,20	29,1	4,57	64,3
#118 [CL5]	134,38	16,80	228,10	64,3	11,6	129,2
#114 [CL5]	2,76	<0.10	7,20	<0.10	<0.10	<0.10
#105 [CL5]	75,16	1,30	161,10	18,86	3,28	38,6
#151 [CL6]	14,40	<0.10	29,10	3,74	1,98	6,91
#149 [CL6]	97,40	3,60	259,10	16,7	6,20	33,4
#153 [CL6] + #168	381,50	19,40	1121,00	53,96	12,4	90,6
#138 [CL6] + #158	365,52	4,50	1166,50	43,2	12,7	86,3
#128 [CL6]	50,62	<0.10	137,70	5,01	1,14	10,5
#167 [CL6]	1,00	<0.10	<0.10	0,64	<0.10	1,42
#156 [CL6]	24,76	4,10	60,30	6,35	1,76	12,8
#157 [CL6]	4,16	<0.10	12,10	1,58	0,42	3,11
#178 [CL7]	0,42	<0.10	2,10	1,65	1,05	2,56
#187 [CL7]	10,32	<0.10	26,10	5,56	3,09	8,89
#183 [CL7]	1,42	<0.10	6,20	3,04	1,97	4,65

Конгенер ПХБ	Гаммарус, 2014 г, n=5			Гаммарус, 2016 г, n=5		
	Среднее	Минимум	Максимум	Среднее	Минимум	Максимум
#177 [CL7]	1,58	<0.10	7,90	2.29	1.26	3.21
#171 [CL7]	0,18	<0.10	0,90	1.78	0.66	3.86
#180 [CL7]	14,72	<0.10	40,60	10.18	8.77	12.8
#170 [CL7]	5,66	<0.10	20,50	3.94	3.01	5.25
#189 [CL7]	0,06	<0.10	0,30	<0.10	<0.10	<0.10
#202 [CL8]	0,14	<0.10	0,70	<0.10	<0.10	0.27
#199 [CL8]	0,68	<0.10	3,40	1.57	1.21	1.88
#194 [CL8]	0,20	<0.10	1,00	2.08	0.87	3.69
#206 [CL9]	<0.10	<0.10	0,10	<0.10	<0.10	<0.10
#209 [CL10]	<0.10	<0.10	0,10	0.13	<0.10	0.25
Сумма ПХБ	1931,96	226,50	4477,70	424.8	128.6	788.5
Содержание липидов,	1,81	0,74	3,86	1.16	0.9	1.52

Образцов гаммаруса с аномально высоким содержанием СОЗ в 2016г не было, что сказалось на величине средних уровней содержания токсикантов

4.3.3. Полибромированные дифениловые эфиры (ПБДЭ)

Полибромированныедифениловые эфиры накапливаются в жировой ткани гаммаруса.

Таблица 4.3.3. Содержание полибромированныхдифениловых эфиров в тканях гаммаруса, нг/г липидов

Аналит:	Гаммарус, 2014г, n=5			Гаммарус, 2016г, n=4		
	Среднее	Минимум	Максимум	Среднее	Минимум	Максимум
BDE-28	<0.001	<0.001	0,04	0.03	<0.001	0.12
BDE-47	0,62	<0.001	1,35	0.56	0.21	0.93
BDE-49	0,136	<0.001	0,38	0.37	<0.001	0.62
BDE-66	0.10	<0.001	0,20	<0.001	<0.001	<0.001
BDE-71	<0.001	<0.001	0,20	<0.001	<0.001	<0.001
BDE-99	0,45	0,07	1,4	0.21	0.1	0.29
BDE-100	0,09	<0.001	0,30	0.02	<0.001	0.18
BDE-154	0,21	<0.001	0,40	0.04	<0.001	0.36
BDE-153	0,6	0,02	0,08	<0.001	<0.001	<0.001
BDE-183	<0.001	<0.001	0,04	<0.001	<0.001	<0.001
BDE-206	0.04	<0.001	0,20	<0.001	<0.001	<0.001
BDE-207	0,04	<0.001	0,20	<0.001	<0.001	<0.001
BDE-208	0,68	0.2	1,73	<0.001	<0.001	<0.001
BDE-209	1,33	0,26	2,65	<0.001	<0.001	<0.001
Сумма ПБДЭ	2,41	1,66	5,79	1.39	0.31	2.51
Содержание липидов, %	1,81	0,74	3,86	1.16	0.9	1.52

5. Полихлорированные дибензо-п-диоксины и дибензофураны

Полихлорированные дибензо-п-диоксины и дибензофураны (ПХДД/ПХДФ) выделены в Стокгольмской конвенции как отдельный класс веществ подлежащих контролю. Вопрос о накоплении указанных веществ в экосистеме озера Байкал неоднократно поднимался в связи с выбросами байкальского целлюлозно-бумажного комбината. Анализы сточных вод и атмосферы, проводимые в 1995-2000 г показывали наличие ПХХД/ПХДФ. В ряде работ этого периода указывалось на наличие ПХДД\ПХДФ в жировой ткани омуля на уровне 10-50 пг/г липидов в величинах токсических эквивалентов 2,3,7,8-ТХДД.

В ходе выполнения данной работы проводилось определение содержания ПХДД/ПХДФ в мышечной ткани омуля и хариуса, выловленных в районе Малого моря, (о. Ольхон)

По результатам исследований в тканях ПХДД/ПХДФ не обнаружено.

Приложение

1. Содержание СОЗ и полиароматических углеводородов в пробах атмосферного воздуха
2. Содержание СОЗ в пробах поверхностных вод
3. Содержание СОЗ в пробах почвы
4. Содержание СОЗ в образцах водной фауны и флоры озера Байкал

