

На правах рукописи

ЧЕБУНИНА НАДЕЖДА СЕРГЕЕВНА

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА АККУМУЛЯЦИИ СТОЙКИХ
ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ В ЭКОСИСТЕМАХ
ДЕЛЬТЫ РЕКИ СЕЛЕНГИ И ОЗЕРА ГУСИНОГО**

Специальность 25.00.36 – геоэкология (географические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Улан-Удэ
2011

Работа выполнена в Учреждении Российской академии наук «Байкальский институт природопользования Сибирского отделения РАН»

Научный руководитель доктор биологических наук,
профессор Батоев Валерий Бабудоржиевич

Официальные оппоненты доктор географических наук,
профессор Тайсаев Трофим Табанович

кандидат географических наук, с. н. с.
Сороковикова Лариса Михайловна

Ведущая организация Институт природных ресурсов,
экологии и криологии СО РАН

Защита состоится 02.11.2011 г. в 16⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета ДМ 212.022.06 при ФГБОУ ВПО «Бурятский государственный университет» по адресу: 670000, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24 а.

Факс: (3012)21-05-88; e-mail:univer@bsu.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Бурятский государственный университет».

Автореферат разослан 29.09.2011 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат географических наук, доцент

 М.А. Григорьева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. В 1996 г. ЮНЕСКО внесло оз. Байкал в Список участков мирового природного наследия, тем самым мировое сообщество признало его уникальным природным объектом, имеющим важное значение для всего человечества.

Основную массу загрязняющих веществ в оз. Байкал приносит р. Селенга, годовой объем стока которой составляет около 30 км³ воды (что обеспечивает 53 % всего водного притока в озеро) (Молотов, 2002).

Для сохранения Байкала необходимо знать современный уровень загрязнения озера вредными веществами. Особую опасность для его экосистемы представляют стойкие органические загрязнители (СОЗ), которые относятся к опасным экотоксикантам. Особенностью этих соединений является высокая токсичность для биоты, повышенная устойчивость к фотолитическому, химическому и биологическому разложению. Они характеризуются низкой растворимостью в воде и хорошей в жирах, что приводит к биоаккумуляции в жировых тканях живых организмов, в том числе и людей.

Озеро Гусиное – второе после Байкала по объему водной массы среди водоемов Забайкалья и основной источник хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения в Селенгинском районе Республики Бурятия. Озеро является закрытым водоемом с тепловым загрязнением, поскольку Гусиноозерская ГРЭС сбрасывает непосредственно в озеро теплые воды, поступающие после охлаждения агрегатов ГРЭС, проливневую канализацию и воды золотвалов (Борисенко, 1994). На наш взгляд, большое значение приобретает сравнительная оценка аккумуляции СОЗ в экосистемах дельты р. Селенги и оз. Гусино.

Как известно, поверхностные воды – приемники поллютантов и отражают текущее загрязнение водной экосистемы. СОЗ поступают в водоемы с поверхностным и грунтовым стоком с сельскохозяйственных территорий и населенных пунктов, а также с атмосферными осадками. Это приводит к прогрессирующему ухудшению качества воды и, как следствие – снижению качества питьевого и хозяйственного водопользования.

Донные отложения являются депонирующими средами, отражающими в отличие от воды не текущее, а накопленное за длительный период загрязнение водного объекта.

Наличие зависимостей между содержанием СОЗ в поверхностных водах, донных отложениях и биоте (на примере двусторчатого моллюска *Collepteron ponderosum sedakovi*) (Siemaschko, 1848) позволяет использовать эти объекты окружающей среды для сравнительной оценки аккумуляции СОЗ в водных экосистемах.

Ранее была проведена оценка содержания некоторых СОЗ в экосистемах Байкальского региона. Проведенные ранее исследования были сосредоточены на изучении уровня содержания СОЗ в экосистеме оз. Байкал и его бассейна (Iwata et al., 1995; Nakata et al., 1997; Горшков, 1998, 2000; Маринайте, 2002; Батоев, 2003; Цыденова, 2003 и др.).

Цель диссертационной работы – сравнительная оценка состояния экосистем дельты р. Селенги и оз. Гусиного, полученная на основе исследований закономерностей антропогенного загрязнения поверхностных вод, донных отложений и двустворчатого моллюска (*Colletopterum ponderosum sedakovi*).

В соответствии с целью исследования были поставлены следующие **задачи**:

- установление уровня загрязнения стойкими органическими загрязнителями экосистем дельты р. Селенги и оз. Гусиного;
- идентификация источников поступления стойких органических загрязнителей в исследуемые водные экосистемы;
- оценка качества донных отложений и поверхностных вод в этих экосистемах;
- исследование возможности использования двустворчатого моллюска в качестве биоиндикатора загрязнения стойкими органическими загрязнителями водных экосистем;
- разработка геоинформационной системы оценки распределения стойких органических загрязнителей в донных отложениях районов исследования.

Объект исследования – поверхностные воды, донные отложения и мягкие ткани двустворчатого моллюска (*Colletopterum ponderosum sedakovi*) дельты р. Селенги и оз. Гусиного.

Предмет исследования – исследование современного распределения СОЗ в поверхностных водах, донных отложениях и биоте (на примере двустворчатого моллюска *Colletopterum ponderosum sedakovi*) водных экосистем дельты р. Селенги и оз. Гусиного.

Теоретической и методической основой исследования послужили работы таких известных ученых, как В. В. Дмитриева (2004), Б. И. Кочурова (1994, 1999), А. Г. Исаченко (1992), В. Г. Заиканова, Т. Б. Минакова (2005), S. Tanabe (2000) и др.

Научная новизна. В работе впервые получены данные о загрязнении стойкими органическими загрязнителями (полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), хлорорганические пестициды (ХОП), полихлорированные бифенилы (ПХБ)) поверхностных вод, донных отложений и двустворчатых моллюсков дельты р. Селенги и оз. Гусиного с применением газовой хроматографии. Впервые продемонстрирована

возможность использования двустворчатого моллюска (*Colletopterum ponderosum sedakovi*) в качестве универсального биоиндикатора загрязнения стойкими органическими загрязнителями водных экосистем.

Впервые для оценки распределения стойких органических загрязнителей на данной территории использованы элементы геоинформационной технологии и создана проблемно-ориентированная геоинформационная система.

Практическая значимость. Полученная информация о содержании СОЗ в поверхностных водах, донных отложениях и биоте необходима для информации ведомств, ведущих государственный мониторинг на Байкальской природной территории, разработки рекомендаций по организации экологического мониторинга и улучшению экологического состояния экосистем дельты р. Селенги и оз. Гусиного.

Результаты исследований включены в отчеты Байкальского института природопользования СО РАН по грантам РФФИ № 08-05-98032-р_сибирь_а (2008–2009 гг.), № 10-05-90769-моб_ст (2009 г.).

Апробация работы. Результаты работы представлялись на международных, всероссийских и региональных конференциях: 17th International Environmental Bioindicators Conference «Global Indicators» (Moscow, 2009), «Экология и безопасность жизнедеятельности» (Пенза, 2009), «Молодежь и наука Забайкалья» (Чита, 2008), «Эколого-безопасные и ресурсосберегающие технологии и материалы» (Улан-Удэ, 2010), «Биоразнообразие: глобальные и региональные процессы» (Улан-Удэ, 2010), «Дельты Евразии: происхождение, эволюция, экология и хозяйственное освоение» (Улан-Удэ, 2010).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 8 работ, в том числе 1 статья в рецензируемом журнале (2 находятся в печати), рекомендованном ВАК Минобрнауки РФ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из Введения, пяти глав, выводов и Списка использованной литературы (201 наименование). Работа изложена на 165 страницах машинописного текста, иллюстрирована 17 рисунками и 19 таблицами.

Во **Введении** обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и поставлены задачи, определены предмет и объект исследования, изложены защищаемые положения, научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе «Теоретические основы геоэкологической оценки состояния окружающей среды» представлен понятийно-терминологический аппарат, принципы, подходы и методы геоэкологической оценки состояния окружающей среды.

Во второй «Физико-географическая характеристика районов исследования» представлена физико-географическая характеристика районов исследования (климат, рельеф, геологическое строение, гидрогеология, почвенный покров).

В третьей «Стойкие органические загрязнители в окружающей среде» рассмотрены физико-химические свойства стойких органических загрязнителей, источники их поступления и закономерности распределения в окружающей среде, нормирование содержания СОЗ в объектах окружающей среды.

В четвертой «Экспериментальные исследования содержания стойких органических загрязнителей в объектах водных экосистем» описаны использованные методы исследования.

В пятой «Геоэкологическая оценка загрязнения стойкими органическими загрязнителями водных экосистем» представлены результаты определения СОЗ в поверхностных водах, донных отложениях и мягких тканях двустворчатого моллюска (*Colletopterum ponderosum sedakovi*), приведена геоинформационная система оценки распределения СОЗ в донных отложениях районов исследования, проведена оценка качества донных отложений и поверхностных вод.

В Заключение изложены основные выводы по результатам диссертационного исследования.

ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Интегральный анализ содержания и пространственного распределения стойких органических загрязнителей в поверхностных водах, донных отложениях и мягких тканях двустворчатого моллюска (*Colletopterum ponderosum sedakovi*) позволяет выполнить геоэкологическую оценку экосистем дельты р. Селенги и оз. Гусино.

Для определения уровней загрязнения стойкими органическими загрязнителями водных экосистем объектами исследования являлись пробы поверхностных вод, донных отложений, а также образцы мягких тканей двустворчатого моллюска (*Colletopterum ponderosum sedakovi*), отобранные в дельте р. Селенги, заливе Сор-Черкалово и оз. Гусином.

Пробы отбирали с приповерхностного слоя донных отложений до 10 см с помощью дночерпателя (Wildlife Suply Company, USA). Образцы просушивались при комнатной температуре, просеивались через сито с размером ячейки 0,4 мм. Всего было отобрано и исследовано 59 проб – донных отложений и поверхностных вод, в том числе 25 – по оз. Гусиному, 34 – по дельте р. Селенги (протоки Левобережная, Заверняиха, Глубокая, Харауз, Галутай, Колпинная, Северная, Средняя, Лобановская) и заливу Сор-Черкалово, р. Селенге (15 км ниже г. Улан-Удэ,

пос. Никольск, села Кабанск, Творогово) в 2009–2010 гг. Образцы проб поверхностных вод консервировали с добавлением концентрированной соляной кислоты классификации «о. с. ч.» из расчета 1 мл кислоты на 1 л раствора.

Образцы мягких тканей двустворчатого моллюска (*Colletopterum ponderosum sedakovi*) были отобраны в 2008–2010 гг. в заливе Сор-Черкалово (56 особей) и оз. Гусином (110 особей) в возрасте от 2 до 12 лет. После отбора моллюсков замораживали при температуре -24 °С.

Карта расположения станций отбора проб донных отложений, поверхностных вод и двустворчатого моллюска представлена на рис. 1 (а, б).

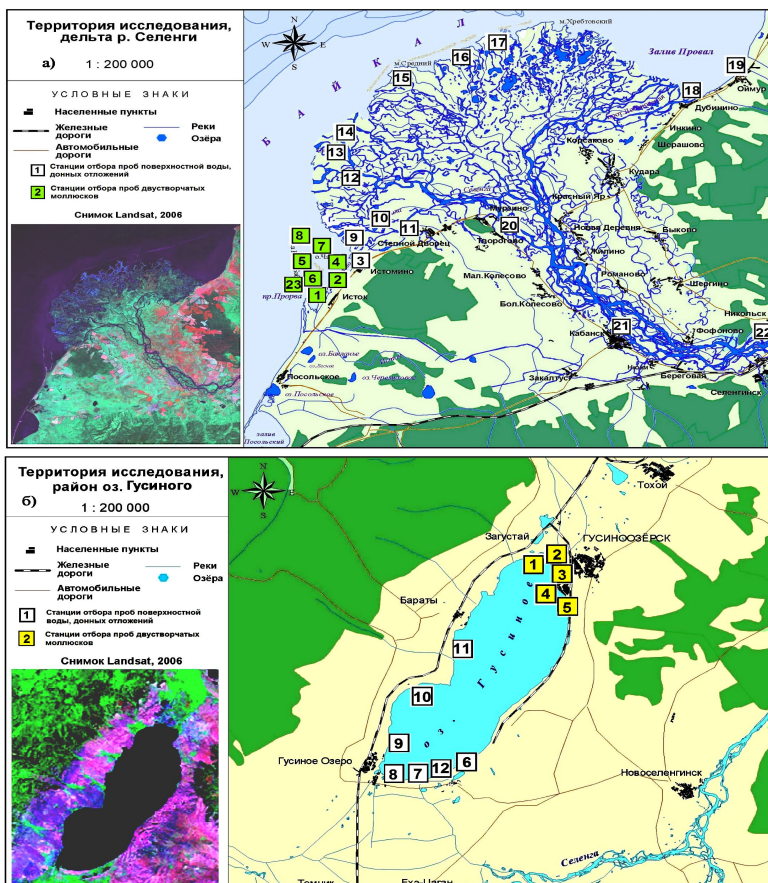


Рис. 1. Территория исследования: дельта р. Селенги (а), район оз. Гусиного (б)

Анализ СОЗ в пробах донных отложений и поверхностных вод

Пробоподготовка донных отложений и поверхностных вод состояла в экстракции стойких органических загрязнителей хлористым метиленом и очистке полученных экстрактов пропусканием через колонку с активированным оксидом алюминия. Для анализа полученных экстрактов был использован метод хромато-масс-спектрометрии (газовый хроматограф Agilent Technologies (АТ) 6890N с масс-селективным детектором АТ 5975N и автосамплером АТ 7683В) в режиме детектирования по индивидуальным характеристичным ионам определяемых соединений. Анализируемые компоненты разделяли на капиллярной кварцевой колонке HP-5MS длиной 30 м, диаметром 0,25 мм и толщиной покрытия 0,25 мкм. Условия газохроматографического определения: температура детектора – 280 °С, температура источника ионов – 230 °С, температура квадруполя – 150 °С. В качестве газоносителя был использован гелий. Температура термостата колонки увеличивалась от 50 (время выдержки 2 мин) до 280 °С (время выдержки 20 мин) со скоростью 10 °С/мин. Задержка включения катода источника ионов для прохождения пика растворителя составляла 5 мин.

Использовались стандартные смеси ПАУ (Hewlett-Packard № 8500–6035), ХОП (Hewlett-Packard № 8500–6011) и ПХБ (Aroclor 1254 (ГОСТ 7821–2000)).

В полученных экстрактах определяли следующие соединения: изомеры дихлордифенилтрихлорэтана ДДТ (п,п'-ДДТ, о,п'-ДДТ), изомеры его метаболитов (о,п'-дихлордифенилдихлорэтан (о,п'-ДДД), п,п'-дихлордифенилдихлорэтан (п,п'-ДДД), о,п'-дихлордифенил-этилен (о,п'-ДДЭ), п,п'-дихлордифенилэтилен (п,п'-ДДЭ), изомеры гексахлорциклогексана (α-ГХЦГ, β-ГХЦГ, γ-ГХЦГ, δ-ГХЦГ), гексахлорбензол (ГХБ), дильдрин, альдрин, эндрин, ПХБ (ПХБ 66, ПХБ 70, ПХБ 74, ПХБ 99, ПХБ 101, ПХБ 105, ПХБ 110, ПХБ 118, ПХБ 128, ПХБ 138, ПХБ 153), а также 19 индивидуальных ПАУ (аценафтилен, аценафтен, нафталин, флуорен, фенантрен, антрацен, флуорантен, пирен, бенз(а)антрацен, хризен, бенз(к)флуорантен, бенз(б)флуорантен, бенз(а)пирен, индено(1,2,3-сd)пирен, дибенз(а,h)антрацен, бенз(г,h,i)-перилен, бенз(j)флуорантен, бенз(е)пирен, перилен).

Анализ СОЗ в пробах мягких тканей двустворчатого моллюска (*Colletopterum ponderosum sedakovi*)

Пробоподготовка мягких тканей двустворчатого моллюска состояла в двукратной экстракции СОЗ растворителями (гексан, ацетон), очистке полученных экстрактов концентрированной серной кислотой и пропусканием через колонку с активированным оксидом алюминия.

В полученных экстрактах исследовали содержание следующих соединений: п,п'-ДДТ, о,п'-ДДТ, о,п'-ДДД, п,п'-ДДД, о,п'-ДДЭ, п,п'-ДДЭ, α-ГХЦГ, β-ГХЦГ, γ-ГХЦГ, δ-ГХЦГ, ГХБ, дильдрин, альдрин, эндрин, ПХБ, а также 19 индивидуальных ПАУ.

СОЗ в донных отложениях и поверхностных водах

ПАУ. В донных отложениях дельты р. Селенги уровень загрязнения ПАУ составил 5,9–501,1 нг/г сухого веса (протоки Средняя – Лобановская), сопоставим с уровнем загрязнения донных отложений залива Дип, Южный Китай (184,1–581,5 нг/г сухого веса) (Qiu et al., 2009). Для донных отложений р. Селенги содержание ПАУ было значительно ниже и составило 35,2–53,5 нг/г сухого веса (станции с. Кабанск – пос. Никольск).

Уровни загрязнения донных отложений залива Сор-Черкалово и оз. Гусиного ПАУ сопоставимы с уровнем загрязнения донных отложений оз. Юань Дэн, Южный Китай (97,6–1376,5 нг/г сухого веса) (Ou et al., 2004). Наиболее высокое содержание в донных отложениях залива Сор-Черкалово отмечено для флуорантена (19,3%), пирена (13,4%) и фенантрена (10,6%), являющимися индикаторами антропогенных источников поступления ПАУ (промышленные выбросы, хозяйственно-бытовые отходы). Высокие концентрации в донных отложениях оз. Гусиного отмечены для фенантрена (15,0%), нафталина (13,1%), флуорантена (7,8%) и пирена (7,4%).

В поверхностных водах дельты р. Селенги содержание ПАУ изменялось от 5,7 (протока Галутай) до 74,5 нг/л (протока Средняя), в поверхностных водах р. Селенги общая концентрация ПАУ составила 10,6–23,4 нг/л (станции с. Творогово – 15 км ниже г. Улан-Удэ).

Содержание 19 индивидуальных ПАУ в поверхностных водах залива Сор-Черкалово изменялось от 12,4 до 94,3 нг/л. Наибольшие концентрации были обнаружены для нафталина (17,0 %), аценафтилена (16,2 %), фенантрена (14,0 %) и флуорена (11,6 %).

Общая концентрация 19 индивидуальных ПАУ в поверхностных водах оз. Гусиного по сравнению с донными отложениями значительно ниже и изменялась от 3,7 до 33,7 нг/л вследствие низкой растворимости ПАУ в воде и отсутствия заметного количества взвешенных частиц. Наибольшие концентрации были обнаружены для нафталина (31,2 %), фенантрена (18,5 %), флуорена (11,2 %), флуорантена (6,8 %) и аценафтилена (6,0 %).

ГХЦГ. Содержание изомеров ГХЦГ в донных отложениях залива Сор-Черкалово составило 0,1–2,7 нг/г сухого веса (табл. 1). Полученные значения сопоставимы со значениями, обнаруженными ранее для дон-

ных отложений Каспийского моря (0,2–3,5 нг/г сухого веса) (De Mora et al., 2004). Концентрации изомеров ГХЦГ в донных отложениях р. Селенги и ее дельты составили 2,1–3,4 (станции пос. Никольск – с. Кабанск) и 0,2–17,8 нг/г сухого веса (протоки Харауз – Заверняиха) соответственно. Обнаруженные значения сопоставимы с содержанием изомеров ГХЦГ в донных отложениях оз. Басумтви, Гана (2,0–13,9 нг/г сухого веса) (Darko et al., 2008).

Общая концентрация изомеров ГХЦГ в донных отложениях оз. Гусино составила от 0,8 до 37,2 нг/г сухого веса (табл. 1). Полученные значения находятся на уровне концентраций, обнаруженных для донных отложений побережья Сингапура (3,3–46,2 нг/г сухого веса) (Wurl et al., 2006).

Таблица 1

Концентрации СОЗ в донных отложениях дельты р. Селенги, залива Сор-Черкалово и оз. Гусино и их сравнение с критериями экологической оценки качества донных отложений

Соединение	УНВ	УЗВ	ПЭК	Содержание СОЗ в донных отложениях		
				Залив Сор-Черкалово	Дельта р. Селенги	Оз. Гусино
α-ГХЦГ	6,00	100	6,00	(0,2-1,2)*; 0,5**	(0,01-0,4); 0,3	(0,05-3,4); 0,8
β-ГХЦГ	5,00	210	5,00	(0,1-0,7); 0,4	(0,2- 16,9); 3,3	(0,1-2,9); 1,1
γ-ГХЦГ	3,00	10	2,37	(0,1-1,8); 0,7	(0,2- 3,9); 1,2	(0,4- 31,7); 4,6
δ-ГХЦГ	н.д.	н.д.	н.д.	(0,02-0,5); 0,5	(0,02-0,2); 0,2	н.о.
∑ ГХЦГ	н.д.	н.д.	н.д.	(0,1-2,7); 1,3	(0,2-17,8); 3,3	(0,8-37,2); 6,2
∑ДДТ	7,00	120	5,28	(0,1-0,5); 0,3	(0,3- 34,4); 6,6	(0,03- 29,0); 4,0
ДДТ	8,00	710	4,16	(0,03-0,2); 0,1	(0,1- 28,0); 5,7	(0,05- 23,5); 3,2
ДДД	8,00	60	4,88	(0,02-0,2); 0,1	(0,01- 4,9); 0,6	(0,03-3,7); 0,7
ДДЭ	5,00	190	3,16	(0,06-0,4); 0,2	(0,04-1,4); 0,3	(0,03-2,6); 0,7
ГХБ	20,00	240	н.д.	(0,4-15,5); 7,0	(0,3-13,6); 3,4	(2,5- 79,6); 17,4
∑ ХОП	-	-	-	(0,7-17,1); 8,5	(1,9-42,4); 13,2	(3,3-145,8); 27,0
∑ПХБ	70,00	5300	59,80	(0,1-4,9); 1,9	(0,4-11,9); 2,8	(0,6- 104,9); 15,1
∑ПАУ	4000	100000	1610	(10,8- 1775,1); 390,2	(5,9-501,2); 71,8	(10,5- 1726,9); 306,3

Примечание: концентрации выражены в нг/г сухого веса; н. о. – соединение не обнаружено; н. д. – нет данных; * – интервал значений; ** – среднее значение; УНВ – уровни наименьшего влияния (Persaud et al., 1993); УЗВ – уровни значительного влияния (Persaud et al., 1993); ПЭК – пороговые эффективные концентрации (MacDonald et al., 2000).

В табл. 2 представлено содержание ХОП и ПХБ в поверхностных водах дельты р. Селенги, залива Сор-Черкалово и оз. Гусино. Общая концентрация ГХЦГ в поверхностных водах исследуемых экосистем не превышает концентрации ∑ГХЦГ, обнаруженные для арктических районов (Обзор загрязнения..., 2007).

Таблица 2

Концентрации ХОП и ПХБ в поверхностных водах

Соединение	Залив Сор-Черкалово	Дельта р. Селенги	Оз. Гусиное
α -ГХЦГ	(0,1-0,3); 0,2	(0,1-0,2); 0,1	(0,1-0,4); 0,3
β -ГХЦГ	(0,1-2,5); 1,3	н.о.	(0,1-0,6); 0,3
γ -ГХЦГ	(0,05-1,9); 0,6	(0,2-1,0); 0,5	(0,2-3,7); 1,1
δ -ГХЦГ	(0,02-2,1); 2,1	н.о.	н.о.
Σ ГХЦГ	(0,05-6,9); 1,4	(0,3-1,0); 0,6	(0,4-3,7); 1,2
п,п'-ДДТ	(0,1-4,5); 0,9	(0,05-1,1); 0,4	(0,1-1,1); 0,4
п,п'-ДДЭ	(0,1-0,8); 0,4	(0,03-0,5); 0,2	(0,02-1,9); 0,7
п,п'-ДДД	(0,02-3,2); 0,7	(0,02-0,2); 0,1	(0,03-1,4); 0,4
Σ ДДТ	(0,03-8,2); 1,5	(0,03-1,8); 0,3	(0,3-4,4); 1,5
ГХБ	(0,1-1,6); 0,6	(0,1-0,7); 0,4	(0,3-2,3); 0,8
Σ ХОП	(0,5-9,1); 3,4	(0,03-2,8); 0,7	(0,9-10,4); 3,4
Σ ПХБ	(0,9-11,4); 3,6	(0,9-4,8); 2,1	(0,9-14,2); 3,8

Примечание: концентрации выражены в нг/л; н. о. – соединение не обнаружено; * – интервал значений; ** – среднее значение.

ДДТ. Суммарная концентрация соединений группы ДДТ в донных отложениях дельты р. Селенги и оз. Гусиного составила 0,3–34,4 (протоки Глубокая – Лобановская) и 0,03–29,0 нг/г сухого веса соответственно (см. табл. 1). Эти значения сопоставимы с уровнями Σ ДДТ в донных отложениях Баренцева моря (0,3–36,7 нг/г сухого веса) (Savinov et al., 2003).

Уровни загрязнения донных отложений залива Сор-Черкалово (0,1–0,5 нг/г сухого веса) и р. Селенги (0,3–0,5 нг/г сухого веса) (станции с. Кабанск – с. Творогово) соединениями группы ДДТ невысоки (см. табл. 1), не превышают уровни загрязнения арктических районов (Обзор загрязнения..., 2007).

Общие концентрации ДДТ в поверхностных водах исследуемых экосистем невысоки (табл. 2) и сравнимы с концентрациями ДДТ, полученными для озер Вьетнама (0,2–15,3 нг/л) (Hung et al., 2002), и не превышают концентрации Σ ДДТ в поверхностных водах большинства фоновых территорий России (≤ 30 нг/л) (Обзор загрязнения..., 2007).

В образцах поверхностных вод и донных отложений исследуемых экосистем о,п'-ДДЭ, о,п'-ДДД, о,п'-ДДТ не обнаружены.

ГХБ. Концентрации гексахлорбензола в донных отложениях залива Сор-Черкалово, р. Селенги и ее дельты составили: 0,4–15,5; 8,8–16,2 (с. Кабанск – 15 км ниже г. Улан-Удэ) и 0,3–13,6 нг/г сухого веса (протоки Средняя – Глубокая) соответственно, сопоставимы с соответствующими значениями, обнаруженными для оз. Тайху, Восточный Китай (0,1–9,7 нг/г сухого веса) (Yuan et al., 2003). Уровень загрязнения ГХБ донных отложений оз. Гусиного (см. табл. 1) достаточно высок и сопос-

тавим с уровнем загрязнения донных отложений Южно-Китайского моря, Китай (1,1–55,5 нг/г сухого веса) (Fung et al., 2005).

Содержание ГХБ в поверхностных водах дельты р. Селенги, залива Сор-Черкалово и оз. Гусиного невысоко (см. табл. 2) и сопоставимо с данными, полученными для оз. Гаобэйдянь, Северный Китай (1,7–4,5 нг/л) (Li et al., 2008).

Дильдрин, альдрин, эндрин. В поверхностных водах и донных отложениях исследуемых экосистем эти пестициды не обнаружены. Альдрин запрещен к применению в России с 1972 г. В Байкальском регионе дильдрин и эндрин не использовались.

ПХБ. Концентрации ΣПХБ в донных отложениях дельты р. Селенги изменялись от 0,4 (протока Харауз) до 11,9 нг/г сухого веса (протока Лобановская) и сопоставимы с уровнем загрязнения отложений залива Халонг, Вьетнам (0,04–18,7 нг/г сухого веса) (Hong et al., 2008). Содержание ΣПХБ в донных отложениях залива Сор-Черкалово изменялось от 0,1 до 4,9 нг/г сухого веса (см. табл. 1). Полученные значения сопоставимы со значениями, обнаруженными ранее для донных отложений Балтийского моря (0,04–6,2 нг/г сухого веса) (Pikkarainen, 2007).

Суммарная концентрация ПХБ в донных отложениях оз. Гусиного изменялась от 0,6 до 104,9 нг/г сухого веса (см. табл. 1). Значения были сопоставимы с соответствующими значениями, обнаруженными для донных отложений залива Гуанабара, Бразилия (34,4–184,1 нг/г сухого веса) (De Souza et al., 2008).

Концентрации ΣПХБ в поверхностных водах р. Селенги и ее дельты составили 0,8–4,8 (с. Творогово – 15 км ниже г. Улан-Удэ) и 0,9–4,8 нг/л (протоки Заверняиха – Северная) соответственно. Полученные значения сопоставимы с таковыми в поверхностных водах северо-западного Средиземного моря, Франция (0,5–11,3 нг/л) (Garcia-Flog et al., 2009). Содержание ΣПХБ в поверхностных водах залива Сор-Черкалово составило 0,9–11,4 нг/л. Общая концентрация ПХБ в поверхностных водах оз. Гусиного составила от 0,9 до 14,2 нг/л (см. табл. 2).

Оценка качества донных отложений и поверхностных вод

Донные отложения традиционно используются в качестве индикатора для выявления состава, интенсивности и масштаба антропогенного загрязнения водных экосистем (Янин, 2004). Для оценки экологического состояния донных отложений учитываются значения пороговых эффективных концентраций (MacDonald et al., 2000), уровни наименьшего негативного влияния и уровни значительного негативного влияния на водные организмы (см. табл. 1) (Persaud et al., 1993).

Как видно из табл. 1, концентрации ΣПАУ в донных отложениях залива Сор-Черкалово (станция пробоотбора с. Истомино) превышают

пороговые эффективные концентрации, установленные для донных отложений.

В донных отложениях дельты р. Селенги наблюдается превышение пороговых эффективных концентраций и уровней наименьшего влияния, установленных для β-ГХЦГ (протока Заверняиха), γ-ГХЦГ (протока Лобановская), ΣДДТ, ДДТ и ДДД (протоки Левобережная, Лобановская).

Концентрации γ-ГХЦГ в пробах донных отложений, отобранных в оз. Гусином (станции пос. Набережный, ж/д станция «Гусиное озеро», канал сброса очищенных сточных вод Гусиноозерской ГРЭС), превышают пороговые эффективные концентрации, уровни наименьшего и значительного влияния, установленные для донных отложений. На станции пробоотбора «канал сброса очищенных сточных вод Гусиноозерской ГРЭС» обнаружено превышение установленных нормативов по содержанию γ-ГХЦГ, ΣДДТ, ДДТ, ГХБ, ΣПХБ, ΣПАУ.

Полученные результаты свидетельствуют о возможности накопления стойких органических загрязнителей, обнаруженные уровни которых превышают установленные критерии в высших звеньях трофических цепей исследуемых экосистем.

Для оценки экологического состояния поверхностных вод рассматриваемых экосистем было проведено сравнение полученных результатов с нормативами стойких органических загрязнителей для воды (табл. 3).

Таблица 3

Концентрации СОЗ в поверхностных водах дельты р. Селенги, залива Сор-Черкалово и оз. Гусино и их сравнение с нормативами СОЗ для воды

Соединение	Залив Сор-Черкалово	Дельта р. Селенги	Оз. Гусиное	ПДК (для питьевой воды) ¹	ПДК (для рыбохоз. водоемов) ²	ПДК (водные объекты хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования) ³
Бенз(а)пирен	(0,1-1,1)* 0,6**	(0,07-0,1) 0,1	(0,01-0,8) 0,3	5	н.д.	10
ΣГХЦГ	(0,05-6,9) 1,9	(0,3-1,0) 0,6	(0,4-3,7) 1,2	2000	10	20000
ΣДДТ	(0,03-8,2) 1,5	(0,03-1,8) 0,3	(0,3-4,4) 1,5	2000	10	100000
ГХБ	(0,1-1,6) 0,6	(0,1-0,7) 0,4	(0,3-2,3) 0,8	10	н.д.	1000
ΣПХБ	(0,9-11,4) 3,6	(0,9-4,8) 2,1	(0,9-14,2) 3,8	1000	10	1000

Примечание: 1 – СанПин 2.1.4.1074-01; 2 – Перечень..., 1999; 3 – ГН 2.1.5.1315-03; * – интервал значений; ** – среднее значение; н. д. – нет данных. Концентрации выражены в нг/л.

Как видно из табл. 3, содержание бенз(а)пирена, ГХЦГ, соединений группы ДДТ и ГХБ в поверхностных водах исследуемых экосистем не превышают санитарно-эпидемиологические нормы, установленные для питьевой воды и воды водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, а также водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение.

Содержание ПХБ в 12 % отобранных проб поверхностных вод залива Сор-Черкалово превышало предельно допустимые концентрации ПХБ для рыбохозяйственных водоемов. В поверхностных водах оз. Гусиного в 8 % отобранных проб также обнаружено превышение ПДК по содержанию ПХБ для водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. Данный факт свидетельствует о возможности накопления полихлорированных бифенилов водными организмами.

СОЗ в мягких тканях двустворчатого моллюска (*Colletopterum ponderosum sedakovi*)

Стойкие органические загрязнители (соединения группы ДДТ, изомеры ГХЦГ, ГХБ, ПХБ, ПАУ (аценафтилен, аценафтен, нафталин, флуорен, антрацен, фенантрен, флуорантен, пирен) были обнаружены во всех образцах мягких тканей моллюсков, исследованных в данной работе.

В табл. 4 представлены результаты определения СОЗ для мягких тканей двустворчатого моллюска (*Colletopterum ponderosum sedakovi*). В исследуемых образцах β -ГХЦГ, δ -ГХЦГ, альдрин, дильдрин и эндрин не обнаружены.

Таблица 4

Концентрации СОЗ в образцах мягких тканей двустворчатого моллюска (*Colletopterum ponderosum sedakovi*)

Место пробоотбора	Содержание липидов, %	Σ ГХЦГ	Σ ДДТ	Σ ГХБ	Σ ПХБ	Σ ПАУ
Залив Сор-Черкалово	(0,7-1,0)*	(0,4-0,9)	(0,4-6,1)	(0,2-0,3)	(1,5-7,5)	(3,3-36,7)
		0,7	2,5	0,21	4,0	16,3
Оз. Гусиное	0,9**	(0,3-3,8)	(0,6-2,9)	(0,1-0,8)	(1,8-12,7)	(5,5-36,6)
		1,6	1,6	0,4	6,1	18,6

Примечание: концентрации выражены в нг/г сырого веса; * – интервал значений; ** – среднее значение.

Полученные результаты для двустворчатого моллюска, отобранного в заливе Сор-Черкалово и оз. Гусином, были сопоставлены с данными, полученными для водных экосистем планеты. Содержание Σ ГХЦГ, Σ ДДТ и ГХБ в тканях двустворчатого моллюска сопоставимо с соответствующими значениями, обнаруженными ранее для моллюсков арктических морей (Deudero et al., 2007). Общие концентрации ПХБ были

ниже, чем соответствующие значения, полученные для моллюсков с побережья Кореи (Ramu et al., 2007). Концентрации ΣПАУ сопоставимы со значениями, полученными для двустворчатых моллюсков Мраморного моря, Турция (Telli-Karakoc et al., 2002).

Для оценки биоаккумулятивной способности двустворчатого моллюска (*Colletopterum ponderosum sedakovi*) к накоплению СОЗ были рассчитаны коэффициенты биоконцентрации BCF (моллюск – вода), сорбции Koc (донные отложения – вода) и коэффициент биоаккумуляции BSAF (моллюск – донные отложения) (табл. 5).

Таблица 5

Коэффициенты накопления СОЗ для двустворчатого моллюска (*Colletopterum ponderosum sedakovi*) по отношению к содержанию СОЗ в поверхностных водах и донных отложениях

Показатель	Соединение	BCFw ^a	Koc	BSAF
Залив Сор-Черкалово	ΣГХЦГ	1480-9400* 5950**	1750-2100 2000	18-22 19
	ΣДДТ	45-3140 1100	10-280 100	20-60 40
	ГХБ	140-620 370	4200-5630 5160	0,2-0,5 0,3
	ΣПХБ	370-740 590	300-430 340	6-12 9
	ΣПАУ	150-400 290	1120-15880 6040	0,1-1,6 0,8
Оз. Гусиное	ΣГХЦГ	460-3840 1680	170-11850 7950	0,3-98 33
	ΣДДТ	580-1320 990	190-3920 2670	1-20 10
	ГХБ	307-1500 790	4750-18090 13640	0,1-1,3 0,6
	ΣПХБ	1730-3640 2980	570-20570 13900	0,4-26 9
	ΣПАУ	440-1660 1060	2640-5160 4320	1-3 1

Примечание: а – на основе сырого веса; * – интервал значений; ** – среднее значение.

Американским агентством по защите окружающей среды (U.S. EPA, 1999) установлены критерии идентификации биоаккумулирующихся веществ. Вещество отвечает критерию биоаккумуляции, если коэффициент биоконцентрации (BCFw) выше 1000. Вещество отвечает критерию повышенной биоаккумуляции, если его коэффициент биоконцентрации выше 5000.

Как видно из табл. 5, коэффициенты биоконцентрации Σ ГХЦГ и Σ ДДТ для байкальского двустворчатого моллюска составили 5950 и 1100 соответственно. Коэффициенты биоконцентрации Σ ГХЦГ, Σ ДДТ, Σ ПХБ и Σ ПАУ для двустворчатого моллюска, отобранного в оз. Гусином, составили 1680; 990; 2980 и 1060 соответственно. Полученные результаты указывают на большой потенциал бионакопления этих соединений в тканях исследуемого вида двустворчатого моллюска.

Коэффициенты биоаккумуляции Σ ГХЦГ, Σ ДДТ, ГХБ, Σ ПХБ и Σ ПАУ для двустворчатого моллюска (*Colletopterum ponderosum sedakovi*) достаточно высоки и свидетельствуют о высокой биоаккумулятивной способности данного вида двустворчатого моллюска к накоплению СОЗ. Данные результаты сопоставимы с литературными данными, полученными для двустворчатых моллюсков других водных экосистем планеты (Yang et al., 2006; Lake et al., 1990; Hickey et al., 1995; Helou et al., 2002).

2. Территориальная дифференциация источников загрязнения стойкими органическими загрязнителями обусловлена особенностями размещения хозяйственной инфраструктуры.

ПАУ. Соотношения концентраций антрацен/(антрацен+фенантрен) и флуорантен/(флуорантен+пирен), а также фенантрен/антрацен и флуорантен/пирен в донных отложениях используют для анализа происхождения ПАУ (Sicre, 1987; Budzinski et al., 1997; Yunker et al., 2002; Sun et al., 2009) (табл. 6).

Таблица 6

Соотношения концентраций ПАУ в донных отложениях, используемые для определения природы источников загрязнения

Происхождение	Фенантрен/ антрацен	Флуорантен/ пирен	Флуорантен/ (флуорантен+ пирен)	Антрацен/ (антрацен+ фенантрен)
Пиролитическое	<10	>1	>0,5	>0,1
Петрогенное	>10	<1	<0,4	<0,1

Значения соотношений фенантрен/антрацен и флуорантен/пирен для образцов донных отложений дельты р. Селенги и залива Сор-Черкалово изменяются в интервале от 3,9 до 40,9 и от 1,0 до 2,8 соответственно. Значения соотношений антрацен/(антрацен+фенантрен) и флуорантен/(флуорантен+пирен) для исследуемых образцов составили 0,02–0,2 и 0,5–0,7 соответственно, что свидетельствует о наличие локальных источников ПАУ пиролитической и петрогенной природы.

Значения соотношений фенантрен/антрацен и флуорантен/пирен для исследуемых образцов донных отложений оз. Гусиного изменяются

в интервале от 2,2 до 43,9 и от 0,9 до 2,1 соответственно. Значения соотношений антрацен/(антрацен+фенантрен) и флуорантен/(флуорантен+пирен) для исследуемых образцов составили 0,02–0,2 и 0,5–0,7 соответственно. Соотношения индивидуальных ПАУ для донных отложений оз. Гусиного представлены графически попарно на рис. 2.

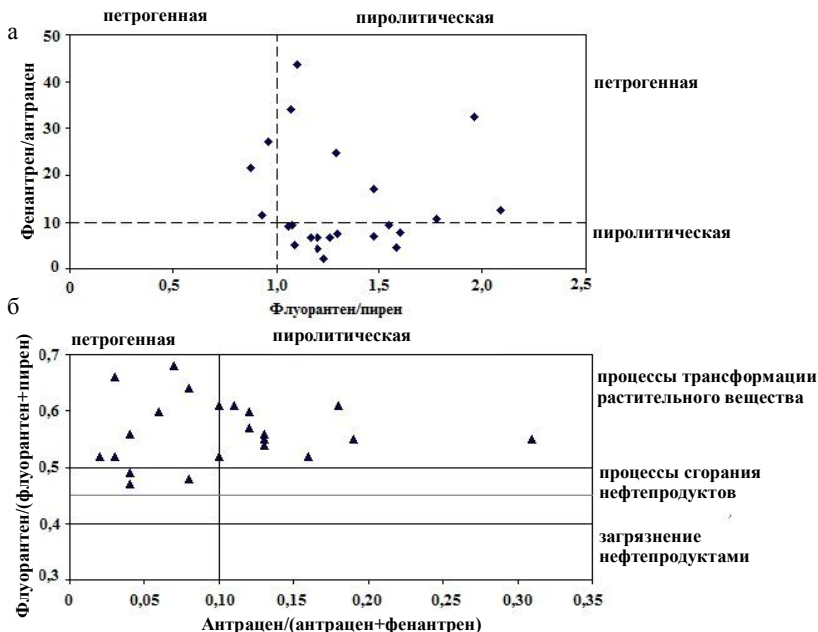


Рис. 2. Соотношения концентраций антрацен/(антрацен+фенантрен) и флуорантен/(флуорантен+пирен)(а), фенантрен/антрацен и флуорантен/пирен (б) в донных отложениях оз. Гусиного

Средние значения этих соотношений свидетельствуют о поступлении ПАУ из локальных источников петрогенной и пиролитической природы (сжигание каменного угля промышленными предприятиями (Гусиноозерская ГРЭС, ТЭЦ) и дров для отопления жилых домов). Для залива Сор-Черкалово и дельты р. Селенги вероятным источником поступления ПАУ может быть атмосферный перенос из Иркутско-Черемховского промышленного комплекса.

ГХЦГ. Благодаря выраженным инсектицидным свойствам с 1940 по 1970 г. широко использовался в России. Поэтому присутствие изомеров ГХЦГ в исследуемых экосистемах может быть обусловлено поступлением с сельскохозяйственных угодий бассейна в результате вымывания из почв остаточных количеств пестицидов.

ДДТ. Период полураспада ДДТ в окружающей среде составляет 18–20 лет. В наши дни большая часть ДДТ должна была перейти в метаболиты (ДДД и ДДЭ), преимущественно в основной метаболит ДДЭ. Для оценки характера деструкции и оценки времени поступления ДДТ в дельту р. Селенги, залив Сор-Черкалово и оз. Гусиное использовали соотношения $ДДД/ДДЭ$, $(ДДД+ДДЭ)/\Sigma ДДТ$. Соотношение $(ДДД+ДДЭ)/\Sigma ДДТ > 0,5$ указывает на поступление ДДТ в результате вымывания и выветривания ранее внесенного ДДТ из сельскохозяйственных почв. Соотношение $ДДД/ДДЭ < 1,0$ характерно для биодеструкции ДДТ, преимущественно при аэробных условиях (Doong et al., 2002; Tan et al., 2009). Значения соотношений $ДДД/ДДЭ$ и $(ДДД+ДДЭ)/\Sigma ДДТ$ в исследуемых образцах дельты р. Селенги и залива Сор-Черкалово изменялись в интервале от 0,1 до 3,4 и от 0,03 до 1,7 соответственно (рис. 3а). Значения соотношений $ДДД/ДДЭ$ и $(ДДД+ДДЭ)/\Sigma ДДТ$ в донных отложениях и поверхностных водах оз. Гусинога изменялись в интервале от 0,1 до 2,5 и от 0,1 до 1,0 соответственно (рис. 3б).

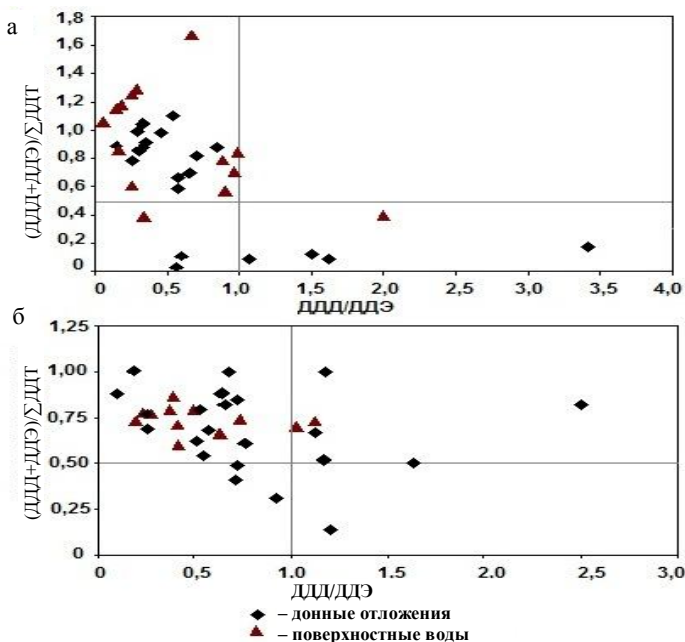


Рис. 3. Соотношения концентраций $(ДДД+ДДЭ)/\Sigma ДДТ$ и $ДДД/ДДЭ$ в донных отложениях и поверхностных водах дельты р. Селенги, залива Сор-Черкалово (а) и оз. Гусинога (б). Значения указаны для п,п'-ДДД, п,п'-ДДЭ и п,п'-ДДТ

ДДТ в России начали производить и использовать с 1946 г. Его применяли для борьбы с различными насекомыми – переносчиками инфекционных заболеваний. В 1970 г. ДДТ был исключен из списка пестицидов, разрешенных к применению на территории России. До конца 1980-х гг. его еще применяли во многих областях России для предотвращения распространения малярии и клещевого энцефалита (Zhulidov et al., 2000). Концентрации ДДТ, обнаруженные в исследованных образцах, возможно, обусловлены интенсивным использованием ДДТ в сельском хозяйстве Байкальского региона, а также атмосферным переносом из стран, производящих и использующих ДДТ в наши дни (Китай, Индия).

ГХБ. Пестицид был разрешен к использованию до 1990 г. В России применялся как товарный продукт гексатиурам и гаммагексан в сельском хозяйстве для протравливания семян, в лесном деле и в коммунальном хозяйстве. В настоящее время его используют в оборонной промышленности для производства пиротехнических средств, в черной и цветной металлургии, целлюлозно-бумажной промышленности, а также в качестве полуфабриката при получении химических веществ.

Присутствие ГХБ в исследуемых экосистемах может быть обусловлено атмосферным переносом и локальными источниками (для экосистемы оз. Гусиного – поступление ГХБ в результате взрывов на военных складах боеприпасов вблизи ж/ст. «Гусиное озеро» в 2001 г., которые вызвали сильное загрязнение экосистемы озера).

Присутствие ГХБ в экосистеме дельты р. Селенги обусловлено поступлением ГХБ с водами р. Селенги, где содержание ГХБ составляет 0,2–1,2 нг/л (в донных отложениях р. Селенги содержание ГХБ составляет 8,8–16,2 нг/г сухого веса) (станции с. Творогово – 15 км ниже г. Улан-Удэ).

ПХБ. Сравнение спектра соединений с разным числом атомов хлора показало, что в донных отложениях дельты р. Селенги, залива Сор-Черкалово и оз. Гусиного преобладают высокохлорированные ПХБ-тетра-, пента- и гексахлорбифенилы, процентное соотношение которых соответствует технической смеси «Совол» в большей степени, чем техническому продукту – «Трихлордифенилу» (ТХД), в составе которого преобладают ди-, три- и тетрахлорированные ПХБ (Ivanov, 1992) (рис. 4). Подобное соотношение полихлорированных бифенилов обнаружено ранее в донных отложениях южной части оз. Байкал (Iwata, 1995).

Таким образом, ПХБ, обнаруженные в донных отложениях дельты р. Селенги, залива Сор-Черкалово и оз. Гусиного, имеют локальное происхождение, поскольку в спектре соединений присутствуют ПХБ с

большим числом атомов хлора, а для глобального переноса характерны более летучие ПХБ с малым числом атомов хлора (Wania, 1996). Предполагаемым источником поступления ПХБ в исследуемые экосистемы является широкое использование в Байкальском регионе электротехнического оборудования, содержащего ПХБ.

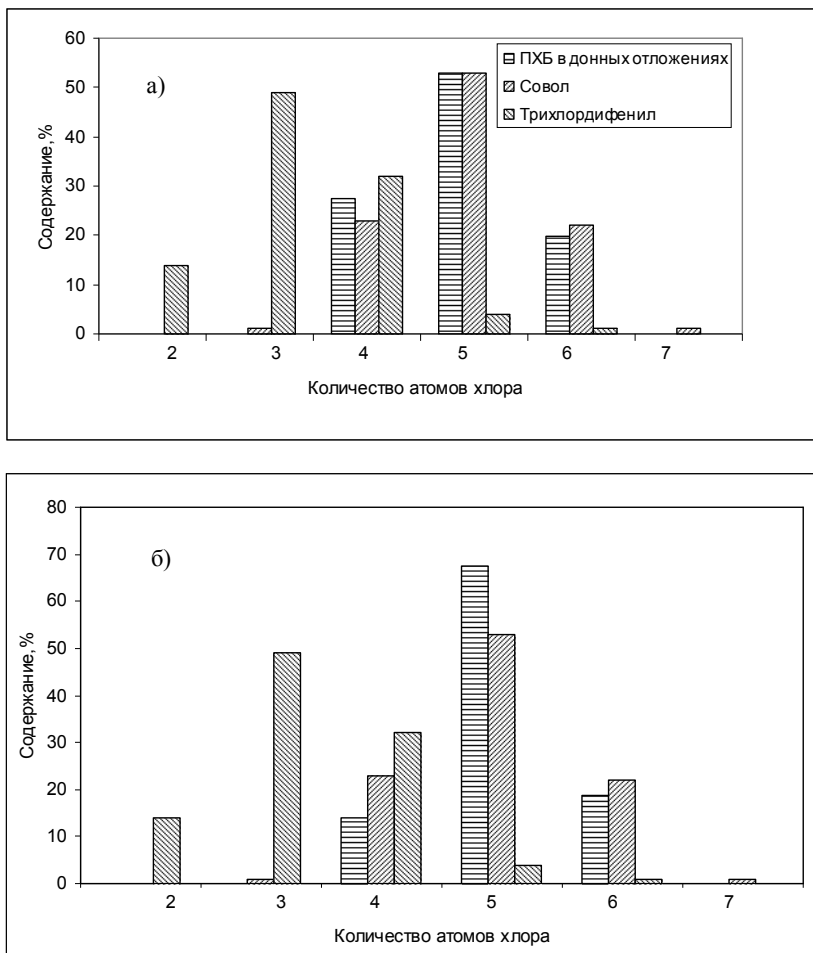


Рис. 4. Соотношения соединений с разным числом атомов хлора в составе ПХБ донных отложениях дельты р. Селенги, залива Сор-Черкалово (а) и оз. Гусино (б), а также ПХБ в российских технических продуктах «Совол» и «Трихлордифенил»

3. Геоинформационная система оценки распределения стойких органических загрязнителей в донных отложениях дельты р. Селенги и оз. Гусиного позволяет прогнозировать распространение загрязняющих веществ как в проточных, так и в озерных экосистемах.

Как известно, результаты геоинформационного картографирования позволяют идентифицировать источники поступления СОЗ, определить их пространственное распределение и выявить зоны повышенного риска.

По результатам проведенного исследования была создана геоинформационная система оценки распределения СОЗ в донных отложениях дельты р. Селенги, залива Сор-Черкалово и оз. Гусиного. При построении картосхем был использован способ картодиаграмм, который позволяет отображать содержание различных СОЗ одновременно, а также четко установить, какие районы загрязнены в большей степени. Все карты-схемы были созданы на базе пакета ARC GIS. За картографическую основу были взяты карты дельты р. Селенги и оз. Гусиного м-ба 1:200000 и 1:100000.

Как видно из рис. 5а, наиболее загрязнены СОЗ донные отложения побережья залива Сор-Черкалово (станция пробоотбора – с. Истомино) и дельты р. Селенги (протока Лобановская), что объясняется сильным антропогенным воздействием. В меньшей степени загрязнены донные отложения самого залива Сор-Черкалово и дельты р. Селенги (протоки: Заверняиха, Галутай, Харауз, Средняя, Колпинная, Северная), что обусловлено относительной удаленностью данной территории от источников антропогенного загрязнения и микробными процессами деструкции загрязняющих веществ в дельте р. Селенги.

На рис. 5б приведена карта-схема распределения СОЗ в донных отложениях оз. Гусиного. Донные отложения северного побережья оз. Гусиного наиболее загрязнены СОЗ, что обусловлено присутствием на данной территории промышленных предприятий (Гусиноозерская ГРЭС и ТЭЦ) и населенных пунктов (г. Гусиноозерск с населением около 25 тыс. чел., пос. Набережный). Карты-схемы пространственного распределения СОЗ в донных отложениях позволяют оценить современное геоэкологическое состояние исследуемых экосистем и выявить районы наибольшего и наименьшего загрязнения донных отложений, определенными СОЗ.

Таким образом, созданная геоинформационная система оценки распределения стойких органических загрязнителей в донных отложениях дельты р. Селенги, залива Сор-Черкалово и оз. Гусиного предназначена для целостной инвентаризации и исследования СОЗ.

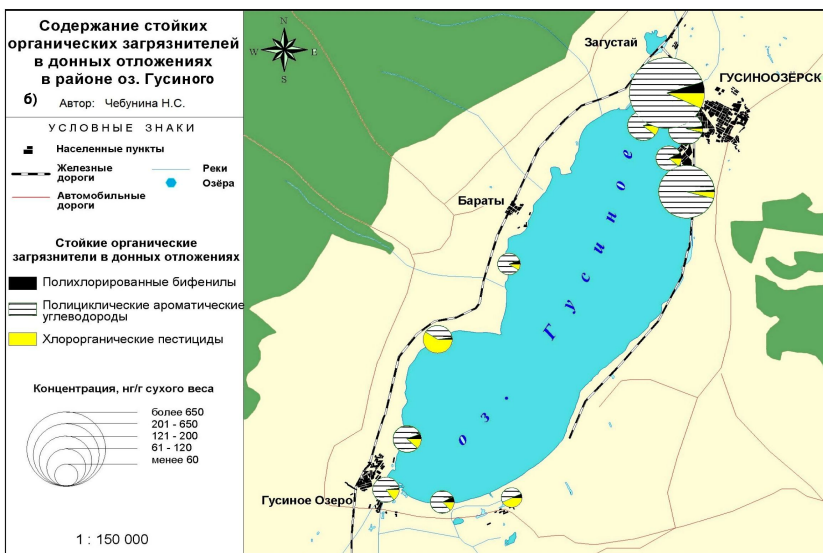
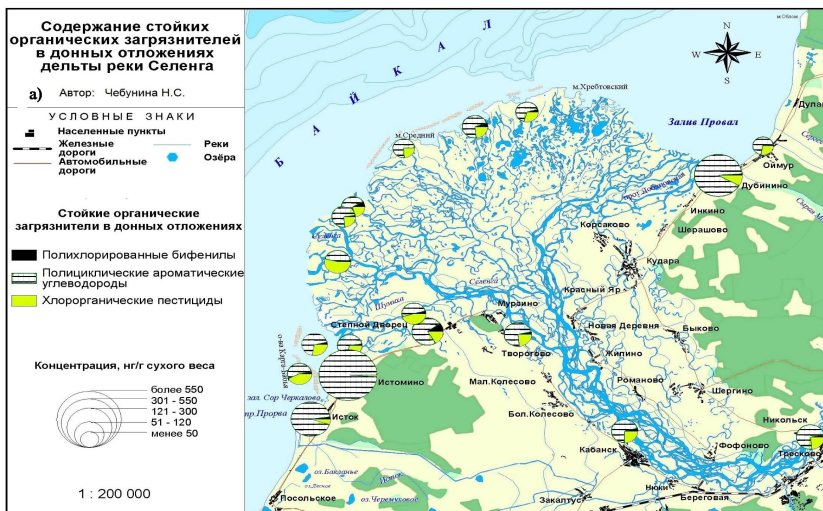


Рис. 5. Содержание СОЗ в донных отложениях дельты р. Селенги (а) и оз. Гусино (б)

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что уровни загрязнения донных отложений оз. Гусиного изомерами ГХЦГ, ГХБ, ПХБ превышают уровни загрязнения донных отложений дельты р. Селенги и залива Сор-Черкалово.

Уровни загрязнения донных отложений залива Сор-Черкалово ПАУ превышают загрязнение дельты р. Селенги и оз. Гусиного. Наибольшее содержание соединений группы ДДТ обнаружено в донных отложениях дельты р. Селенги.

Уровни загрязнения СОЗ поверхностных вод исследуемых экосистем относительно невысоки.

2. Установлено, что поступление стойких органических загрязнителей в исследуемые водные экосистемы обусловлено локальными источниками (ПАУ, ПХБ), а также атмосферным переносом (ХОП, ПАУ).

3. Выявлено, что наибольшее токсическое воздействие на биоту исследуемых водоемов связано с ПАУ (залив Сор-Черкалово) и ХОП (дельта р. Селенги), а также ХОП, ПХБ и ПАУ для экосистемы оз. Гусиного.

4. Установлено, что двустворчатый моллюск (*Colletopterum ponderosum sedakovi*) может быть использован как универсальный биоиндикатор загрязнения водных экосистем стойкими органическими загрязнителями, поскольку обладает высокой биоаккумулятивной способностью к накоплению этих соединений.

5. Создана ГИС, позволяющая обеспечивать пространственную регистрацию источников СОЗ и анализ их территориального воздействия на указанные пресноводные водоемы.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации по теме диссертации в журналах, рекомендованных ВАК

1. * **Утюжникова Н.С.**, Ширапова Г.С., Черняк Е.И., Вялков А.И., Морозов С.В., Батоев В.Б. Двустворчатый моллюск (*Colletopterum ponderosum sedakovi*) – универсальный биоиндикатор загрязнения бассейна озера Байкал стойкими органическими загрязнителями // Инженерная экология. – № 1. – 2011. – С. 55–63.

2. Ширапова Г.С., **Утюжникова Н.С.**, Рабина О.А., Вялков А.И., Морозов С.В., Батоев В.Б. Загрязнение полиароматическими углеводородами бассейна озера Байкал: озеро Гусиное // Химия в интересах устойчивого развития. – 2011. – Т. 19. – № 6 (в печати).

3. Ширапова Г.С., **Утюжникова Н.С.**, Рабина О.А., Вялков А.И., Морозов С.В., Батоев В.Б. Загрязнение хлорорганическими пестицидами и полихлорированными бифенилами бассейна озера Байкал: озеро Гусиное // Химия в интересах устойчивого развития. – 2011. – Т. 19. – № 6 (в печати).

Публикации в других изданиях

4. Ширапова Г.С., **Утюжникова Н.С.**, Матафонова Г.Г., Матафонов Д.В. *Colletopterum ponderosum sedakovi* – перспективный биоиндикатор загрязненности хлорорганическими пестицидами озера Байкал // Молодежь и наука Забайкалья: мат-лы молодежной науч. конф. – Чита: Изд-во ЗабГГПУ, 2008. – С. 104–105.
5. Shirapova G.S., **Utyuzhnikova N.S.** Bioindicators of organochlorines pesticides in Lake Baikal basin // Global Indicators: materials of 17th International Environmental Bioindicators Conference. – М., 2009. – P. 87.
6. Ширапова Г.С., **Утюжникова Н.С.**, Рабина О.А., Вялков А.И., Морозов С.В., Батоев В.Б. Содержание полиароматических углеводородов в воде и донных отложениях озера Гусиное (Республика Бурятия) // Экология и безопасность жизнедеятельности: мат-лы IX междунар. науч.-практ. конференции. – Пенза, 2009. – С. 272–276.
7. Ширапова Г.С., **Утюжникова Н.С.**, Батоев В.Б., Рабина О.А., Вялков А.И., Морозов С.В. Стойкие органические загрязнители в поверхностной воде и донных отложениях озера Гусиное (Республика Бурятия) // Современные проблемы гуманитарных и естественных наук: мат-лы 2-й междунар. науч.-практ. конференции. – Т II. – М., 2010. – С. 344–348.
8. Ширапова Г.С., **Утюжникова Н.С.**, Батоев В.Б. Хлорорганические соединения в мягких тканях байкальского двустворчатого моллюска (*Colletopterum ponderosum sedakovi*) // Экологобезопасные и ресурсосберегающие технологии и материалы: мат-лы регион. студ. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Улан-Удэ, 2010. – С. 114–116.
9. Ширапова Г.С., **Утюжникова Н.С.**, Черняк Е.И., Вялков А.И., Морозов С.В., Батоев В.Б. Двустворчатый моллюск (*Colletopterum ponderosum sedakovi*) – биоиндикатор загрязненности озера Гусиного полиароматическими углеводородами // Биоразнообразие: глобальные и региональные процессы: мат-лы всерос. конф. молодых ученых. – Улан-Удэ, 2010. – С. 195–197.
10. Ширапова Г.С., **Утюжникова Н.С.**, Батоев В.Б., Морозов С.В. Хлорорганические соединения в поверхностной воде и донных отложениях дельты р. Селенги // Дельты Евразии: происхождение, эволюция, экология и хозяйственное освоение: мат-лы междунар. науч. конф. – Улан-Удэ, 2010. – С. 184–186.

* Фамилия Утюжникова изменена на Чебунину в связи с регистрацией брака (свидетельство И-АЖ № 611624 от 24.12.2010 г.).

Подписано в печать 29.09.2011. Формат 60×84 1/16.
Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 2,2. Уч.-изд. л. 2,0. Тираж 120. Заказ № 44.

Редакционно-издательский отдел Изд-ва БНЦ СО РАН
670047 г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 8.

Отпечатано в типографии Изд-ва БНЦ СО РАН
670047 г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6.