

## МАКРОФИТЫ ГИДРОБИОЦЕНОЗОВ И ИХ РОЛЬ В ПРОЦЕССАХ ВЫВЕДЕНИЯ ПОЛИХЛОРИРОВАННЫХ БИФЕНИЛОВ ИЗ ПРИРОДНЫХ ВОДОЕМОВ

**Показана роль макрофитов при самоочищении воды от полихлорированных бифенилов. Определена концентрация ПХБ в макрофитах, произрастающих в районе исследования, и рассчитаны коэффициенты биологического поглощения ПХБ водными растениями разных экологических групп во временном аспекте.**

**Ключевые слова:** полихлорированные бифенилы, макрофиты, коэффициенты биологического поглощения.

Наибольшую опасность загрязнению биосферы представляют высокотоксичные полихлорированные бифенилы – ПХБ (Майстренко В.Н., Клюев Н.А. 2004), широкому распространению которых в окружающей среде способствует их транспорт с речным стоком, процессы эрозии почв, ветровая эрозия. В поверхностных водах ПХБ сорбируются на взвешенных в воде частицах, оседают на дно, где происходит их накопление и поглощение гидробионтами, а по трофическим цепям они могут попадать и к человеку. Полихлорированные бифенилы устойчивы к гидролизу и биотрансформации в воде, но при фотолизе на солнечном свете в процессе ряда последовательных реакций они могут образовывать гораздо более токсичные загрязнители – диоксины, (Титаева Н. А., Сафронова Н. С., Шепелева Е. С2001).

Опасное влияние ПХБ для человека в том, что они практически не разрушаются и способны накапливаться в биологических объектах и продуктах питания, а поэтому эти соединения с 1973 г. запрещены к производству и применению в странах ЕЭС, США и Канаде и где осуществляется обязательный мониторинг ПХБ в объектах окружающей среды и продуктах питания (Попова А.Ю., Трухина Г.М., 2000; Приказ Минэкологии и природных ресурсов РТ от 16.12.2003 №1322). Однако ограничения или запрещения по использованию ПХБ пока не привели к существенному снижению их содержания в природных средах (Майстренко В.Н., Клюев Н.А. 2004).

Конечным звеном миграции большинства поступающих непосредственно в атмосферу или литосферу загрязняющих веществ являются донные отложения и обитающие в водной среде гидробионты (Куриленко В.В., Зайцева О.В., Новикова Е.А. 2004) водных экосистем, поэтому именно они могут служить индикаторами экологической ситуации среды обитания человека на примыкающих к водоемам территориях. Оренбургская об-

ласть по обеспеченности водными ресурсами относится к маловодным районам страны и вопрос о рациональном использовании и охране водоемов от полихлорированных бифенилов является одним из актуальных для региона.

Макрофиты важная компонента любой водной экосистемы, обладая высокой продуктивностью они способны к аккумуляции из воды и донных отложений различных веществ, в том числе и загрязняющих, что и определило их широкое использование в качестве биоиндикаторов при оценке состояния водной среды, так как они представляют собой средообразующий и первично продуцирующий компонент экосистемы (Куриленко В.В., Осмоловская Н.Г., Новиков А.Н., 2004).

Для оценки накопления поллютантов растениями используется коэффициент биологического поглощения ( $K_b$ ), который отражает уровень биогенной миграции загрязнителя и показывает во сколько раз содержание того или иного элемента больше в золе растения по сравнению со средой обитания (Перельман А.И. 2000).

Все сказанное определило задачи нашего исследования: установить суммарное содержание ПХБ в воде, донных отложениях и растениях различных эколого-морфологических групп и оценить степень биологического поглощения отдельными видами макрофитов ПХБ. Решение поставленных задач позволило бы нам оценить роль макрофитов в процессах выведения данного токсиканта из водной среды водоемов, а значит и процессах их самоочищения.

### Материалы и методы исследования

Объектами исследования явились 8 доминирующих видов макрофитов, произрастающих в реке Урал в районе Оренбурга. Все растения были отнесены к разным экологическим группам: прибрежно-водные укореняющиеся гигрофиты (*Carex riparia* Curt. – осока береговая); погруженные

укореняющиеся гидрофиты (*Potamogetonperfoliatus L.* – рдест пронзеннолистный, *Potamogetoncrispus L.* – рдест курчавый, *Zannichelliapalustris L.* – занникеллия болотная); гидрофиты погруженные в воду и не укореняющиеся (*CeratophyllumdemersumL.* – роголистник погруженный); гелофиты (*Sagittariasagittifolia L.* – стрелолист стрелолистный, *Butomusumbellatus L.* – сусак зонтичный, *Typhaangustifolia L.* – рогоз узколистный). Жизненные формы водных растений выделялись на основе классификации, предложенной А.П. Шенниковым (1961), В.М. Катанской (1981), которая учитывает эколого-биологические особенности видов, степень их связи с водной средой, грунтом, воздухом. Выбор растений определялся частотой их распространенности и высокой численностью в пределах исследуемых станций водного объекта. Кб растениями ПХБ рассчитывали, учитывая, что данные поллютанты попадают в водные растения как из воды, так и из донных отложений. Макрофиты отбирали сопряжено с пробами воды и донных отложений в июне 2009, июне и сентябре 2011г на 3 станциях реки

Урал: «Очистные сооружения», «Автомобильный мост», «Водозабор». Суммарное содержание ПХБ в исследуемых образцах определяли хроматографическим методом на хроматографе «Хромос GX-1000» на базе испытательной лаборатории Федерального государственного учреждения Государственный центр агрохимической службы «Оренбургский». Оценка накопления ПХБ проведена с использованием ПДК для воды водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (Майстренко В.Н., Клюев Н.А, 2004), и ОДК в почве ПХБ (суммарно) (ГН 2.1.5.689-98 1).

**Результаты исследования и их обсуждение**

Результаты анализа содержания ПХБ в воде и ДО на разных станциях р.Урал представлены в таблице 1.

Прослежены различия в содержании ПХБ не только во времени но и пространстве. Установлено, что только в 2009 г. на станции «Очистные сооружения» было зафиксировано небольшое превышение ПДК поллютантов (0,0012мг/л) как в

Таблица 1. Содержания ПХБ в воде и ДО на разных станциях реки Урал (2009, 2011гг)

№ п/п	Название станции	Концентрация ПХБ в воде, мг/л			Концентрация ПХБ в донных отложениях, мг/кг		
		Июнь 2009 г	Июнь 2011 г	Сентябрь 2011 г	Июнь 2009г	Июнь 2011г	Сентябрь 2011 г
1	Очистные сооружения	0,0012	0,001	0,0008	0,07	0,065	0,05
2	Автомобильный мост	0,0008	0,00074	0,00061	0,017	0,015	0,021
3	Водозабор	0,0008	0,0007	0,0005	0,04	0,037	0,028

ПДК для воды – 0,001 мг/л; ПДК для почвы 0,06 мг/кг.

Таблица 2. Коэффициента биологического поглощения ПХБ в макрофитах

№ п/а	Станция	Растение	Коэффициент биологического поглощения (Кб)		
			Июнь 2009 г	Июнь 2011 г	Сентябрь 2011 г
1	Очистные сооружения	<i>Sagittariasagittifolia L.</i>	11,38	–	–
2		<i>Butomusumbellatus L.</i>	12,08	–	–
3		<i>CarexripariaCurt.</i>	40,45	9,70	13,98
4	Автомобильный мост	<i>Potamogetonperfoliatus L.</i>	78,65	6,1	24,99
5		<i>Typhaangustifolia L.</i>	89,89	–	–
6		<i>Butomusumbellatus L.</i>	54,49	–	–
7		<i>CarexripariaCurt.</i>	–	3,72	28,69
8		<i>Zannichelliapalustris L.</i>	–	4,48	–
9	Водозабор	<i>Potamogetoncrispus L.</i>	25,25	–	–
10		<i>CeratophyllumdemersumL.</i>	1225	–	–
11		<i>Zannichelliapalustris L.</i>	25,25	–	–
12		<i>Potamogetonperfoliatus L.</i>	31,86	27,58	31,58
13		<i>CarexripariaCurt.</i>	–	22,02	26,67

воде, так и в ДО (0,07мг/кг), в то время как в 2011 г. выявлено снижение процессов накопления ПХБ как в воде, так и ДО на всех станциях, за исключением станции «Автомобильный мост», где в сентябре 2011 г. зарегистрировано небольшое увеличение содержания ПХБ в ДО с 0,015 мг/кг до 0,021 мг/кг.

Проведенные расчеты коэффициента биологического поглощения ПХБ макрофитами приведены в таблице 2.

Полученные результаты не выявили прямой корреляционной связи между содержанием ПХБ в воде и ДО и их содержанием в макрофитах, однако установлены межвидовые различия в накоплении ПХБ в макрофитах: более высокий Кб был отмечен в июне 2009 г (от 11,38 до 1225), а в июне 2011 г этот показатель составил от 6,1 до 27,58.

В 2011 г. анализ накопления ПХБ в макрофитах был проведен в два сезона исследования и показано увеличение содержания ПХБ от лета к осени. В сентябре 2011 г произошло значительное возрастание коэффициента накопления поллютантов во всех макрофитах, так если в июне его значения колебались от 3,72 до 27,58, то в сентябре он

составил 13,98-31,58, и превышение на отдельных станциях составило 1,4; 4,26; 7,7 раза

Анализ коэффициента накопления ПХБ у макрофитов выявил четкие различия в процессах накопления данных поллютантов у разных видов. Наиболее высокий Кб был отмечен для роголистника погруженного (*Ceratophyllum demersum* L.) - 1225, а также для рдеста курчавого (*Potamogeton crispus* L.) - 78,65 и рогоза узколистного (*Typha angustifolia* L.) - 89,89, а наиболее низкий Кб был у стрелолиста стреловидного (*Sagittaria sagittifolia* L.) - 11,38 и сусака зонтичного (*Butomus umbellatus* L.) - 12,08. Полученные данные свидетельствуют об избирательной способности макрофитов к аккумуляции ПХБ.

Таким образом, за вегетационный период отмечено перераспределение ПХБ между компонентами водной экосистемы: их содержание снизилось в среде (в воде и донных осадках), но увеличилось в макрофитах, в которых произошло накопление данных поллютантов, и это способствовало их выведению из водной среды за счет усиления процессов самоочищения воды природных водных экосистем, являющихся источником водоснабжения населения. 16.11.11

#### Список литературы:

1. ГН 2.1.5.689-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования
2. Катанская В. М. Высшая водная растительность континентальных водоёмов СССР / В. М. Катанская. - Л.: Наука, 1981. - 188 с.
3. Куриленко В.В., Зайцева О.В., Новикова Е.А. и др. Основы экологии, биоиндикации и биотестирования водных экосистем / Под ред. Криленко В.В. СПб.: Ид-во СПбГУ, 2004. 448 с.
4. Куриленко В.В., Осмоловская Н.Г., Новиков А.Н. Биогеохимическая индикация загрязнений // Водные объекты Санкт-Петербурга / Под ред. Кондратьева С.А., Фрумина Г.Т. СПб.: Символ, 2002. С. 141-147
5. Курляндский Б.А., Новиков С.М. О классифицировании опасности химических канцерогенов // Токсикологический вестник. 1998. №1. с.2-6.
6. Майстренко В.Н., Клюев Н.А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей.-М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004.-323 с
7. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. - М., Высшая школа, 1975. - 234 с
8. Попова А.Ю., Трухина Г.М., Хлорированные бифенилы -гигиеническая проблема современности, Москва 2000, С.244
9. Приказ Минэкологии и природных ресурсов РТ от 16.12.2003 №1322 «Об утверждении «Положения о порядке учета действующего, выводимого из эксплуатации оборудования, изделий, материалов, содержащих или использующих полихлорированные (би)фенилы (ПХД(Д)), их хранение и утилизацию»»
10. Титаева Н. А., Сафронова Н. С., Шепелева Е. С. Тяжелые металлы в водной и наземной экосистемах Ивандовского водохранилища реки Волга // Современные проблемы биоиндикации и биомониторинга: XI международный симпозиум по биоиндикаторам (Сыктывкар, 17 –21 сент. 2001 г.). - Сыктывкар, 2001. - С.187.
11. Шенников А.П. К созданию единой естественной классификации растительности. / А.П. Шенников // Проблемы ботаники. - М.-Л., 1962. - Т. 6. - С. 124-132.

Сведения об авторах:

**Соловых Галина Николаевна**, зав. кафедрой биологии ОрГМА, доктор биологических наук, профессор, e-mail: bio\_ogma@mail.ru

**Винокурова Наталья Викторовна**, заочный аспирант кафедры биологии, ассистент кафедры биохимии ОрГМА

UDC 577.47.170.49

Solovich G.N., Vinokurova N.V.,  
Orenburg state medical academy

#### HYDROBIOCENOSIS MACROPHYTES AND THEIR ROLE IN THE REMOVAL PROCESSES OF POLYCHLORINATED BIPHENYLS FROM NATURAL RESERVOIRS

Was shown the role of macrophytes in water self-purification of polychlorinated biphenyls. Was determined by the concentration of PCBs in macrophytes growing in the study area, and we calculated the coefficients of biological absorption of PCBs by aquatic plants of different ecological groups in the temporal aspect.

Key words: polychlorinated biphenyls, macrophytes, the coefficients of biological uptake.