

## СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ (Zn, Mn, Cu, Pb, Cd) В СИСТЕМЕ ВОДА-ПОЧВА-РАСТЕНИЕ ПОЙМЕННОЙ ЧАСТИ РЕКИ ИРТЫШ

© 2009 О.А. Макарова

Омский государственный институт сервиса

Автор в своей работе пришел к выводу, что состояние экосистемы почва – растение в пойменной части реки Иртыш можно считать удовлетворительным. Вода загрязнена Zn, Mn, Cu. Выявлена особенность накопления токсических элементов (кадмия) пыреем ползучим и осоки береговой, как представителей пастбищных трав.

Ключевые слова: экосистема почва-растение, загрязнение химическими элементами, пастбищные травы

Река Иртыш берет свое начало в Китае, протекает через Казахстан, в котором располагаются промышленные предприятия, сбрасывающие химические элементы в воду реки Иртыш. Такими предприятиями являются: Ульбинский металлургический завод, свинцово-цинковый комбинат, титано-магниевого комбината города Усть-Каменогорска. В Омске такими предприятиями являются ФГУП ПО «Полет», ПО «Завод транспортного машиностроения». Эти предприятия поставляют в водоем химические элементы (ХЭ), а именно кадмий, свинец, цинк, кадмий, теллур и др. Загрязнение береговой зоны также возможно отходами человеческой деятельности, а именно несанкционированными свалками. Виды ТБО и ТПО загрязняют экосистему следующими ХЭ: свинец, сурьма, медь, железо, кадмий. При выпадении атмосферных осадков, имеющих значение  $pH < 5$  (кислая реакция), данные элементы становятся более подвижными в почве. Из почвы они поступают в грунтовые воды, формирующие химический состав почвенного раствора. Также на состояние грунтовых вод оказывают влияние поверхностные воды. В то же время растительность пойменной части используется в качестве корма для домашних животных: кролики, мелкий и крупный рогатый скот.

**Цель исследований:** экологическая оценка содержания микроэлементов (кадмия, свинца, цинка, меди и марганца) в системе вода – почва – растение для мониторинга состояния окружающей среды экосистемы в пойменной части реки Иртыш в условиях промышленного города.

Для достижения данной цели решались следующие задачи: 1) установить содержание микроэлементов (Zn, Mn, Pb, Cu, Cd) в пробах воды, почвы и растений пойменной части реки Иртыш; 2) определить характер влияния повышенных концентраций (20ДК, 30ДК, 50ДК) кадмия на содержание меди, свинца, цинка в почве в условиях вегетационного опыта; 3) выявить характер накопления кадмия в пырее гребенчатом, осоке береговой в условиях вегетационного опыта; 4) составить прогноз накопления кадмия в системе почва – растение в случае антропогенного его поступления.

**Объекты и методы исследования.**

Объектами исследования явились: вода реки Иртыш, почва и растения (ива белая *Salix alba*, пырей гребенчатый *Agropyrum cristatum*, осока береговая *Carex riparia*) пойменной части реки. Исследования по экологической оценке содержания химических элементов в системе вода – почва – растение в пойме реки Иртыш проводились с 2005 по 2007 гг. Выбор растений обоснован их широкой распространенностью в пойменной зоне, различной видовой принадлежностью и использованию их в качестве корма для животных.

Нами были определены следующие показатели: в воде – содержание растворенных форм меди, цинка, свинца, марганца, кадмия, рН среды, в почве – валовое содержание ХЭ и их подвижные формы, содержание гумуса, емкость катионного обмена, рН среды, в растениях – содержание кадмия. Основным методом определения ХЭ в исследуемых пробах воды, почвы и растений был выбран атомно-абсорбционный метод.

**Результаты и их обсуждение.** Рассмотрим загрязнение тяжелыми металлами каждого из компонента нашей системы вода – почва – растение пойменной части реки Иртыш. Состояние поверхностных вод р. Иртыш можно охарактеризовать как неудовлетворительным. Концентрации меди, цинка, марганца составляют: Cu (весна) – 24 ПДК, (лето) – 22,5 ПДК, (осень) – 36 ПДК; Mn (весна) – 5,3 ПДК, (лето) – 5,2 ПДК, (осень) – 3,2 ПДК; Zn (весна) – 4,7 ПДК, (лето) – 5,7 ПДК, (осень) – 5 ПДК. Обнаружены следы содержания кадмия и свинца в воде реки.

Содержание меди оказалось повышенным в осенние месяцы по сравнению с летними. Это объясняется тем, что в летний период вследствие активного роста

биомассы концентрации меди снижаются. При осаждении взвешенных частиц, которые обладают способностью адсорбировать ионы меди, последние переходят в донные отложения, что приводит к наблюдаемому эффекту.

В ходе исследований было установлено, что береговые почвы (аллювиальные дерновые) по содержанию гумуса относятся к микрогумусным (содержание гумуса меньше 2%), реакция среды – щелочная, достаточно невысокая емкость катионного обмена (10,1 мг·экв/100 г). По гранулометрическому составу данный тип почвы относится к легким (песчаным).

Содержание микроэлементов в почве, как по валовой форме так и по подвижной форме не превышает нормы. Валовое содержание ХЭ в почве: Mn – 155,6 (ОДК – 1500 мг/кг); Cu – 11,1 (ОДК – 33 мг/кг); Zn – 35 (ОДК – 55 мг/кг); Pb – 10 (ОДК – 32 мг/кг); Cd – 0,19 мг/кг (ОДК – 0,50 мг/кг). Содержание подвижных форм ХЭ в почве: Mn – 18,7 (ПДК – 100 мг/кг); Cu – 0,43 (ПДК – 3,00 мг/кг); Zn – 2,3 (ПДК – 23 мг/кг); Pb – 1,8 (ПДК – 6,0 мг/кг); Cd – 0,16 мг/кг. В табл. 1 представлены результаты исследований по содержанию ХЭ в растениях.

**Таблица 1.** Содержание ХЭ в растениях в условиях пойменной части реки Иртыш, мг/кг сухого вещества ( $\bar{x} \pm Sd$ )

Растения	Pb	Cd	Cu	Zn	Mn
пырей гребенчатый	0,26±0,16	0,04±0,01	4,47±0,39	31,60±1,30	52,50±3,3
осока береговая	0,35±0,01	0,02±0,001	6,64±0,1	19,5±0,7	62,20±4,5
ПДК	0,5	0,10	10,0	50,0	–
ива белая (листья)	1,76±0,02	1,75±0,01	2,70±0,43	109,80±1,7	63,40±0,59
ива белая (ветви)	1,81±0,02	1,81±0,02	2,07±0,09	65,0±2,95	20,32±1,36
ива белая (корни)	1,89±0,05	0,87±0,01	4,60±0,36	115,3±27,0	74,00±7,2

В процессе исследований было установлено, пырей гребенчатый и осока береговая не загрязнены ХЭ. Их содержание в растительных культурах не превышает ПДК. Распределение микроэлементов в органах ивы белой выглядит следующим образом: содержание Zn в листьях в 1,6 раз выше, чем в ветвях и в 1,04 раза ниже чем в корнях. Содержание Cu в листьях в 1,3 раза больше, чем в ветвях, однако ростовые корни в 1,8 раз превышают содержание

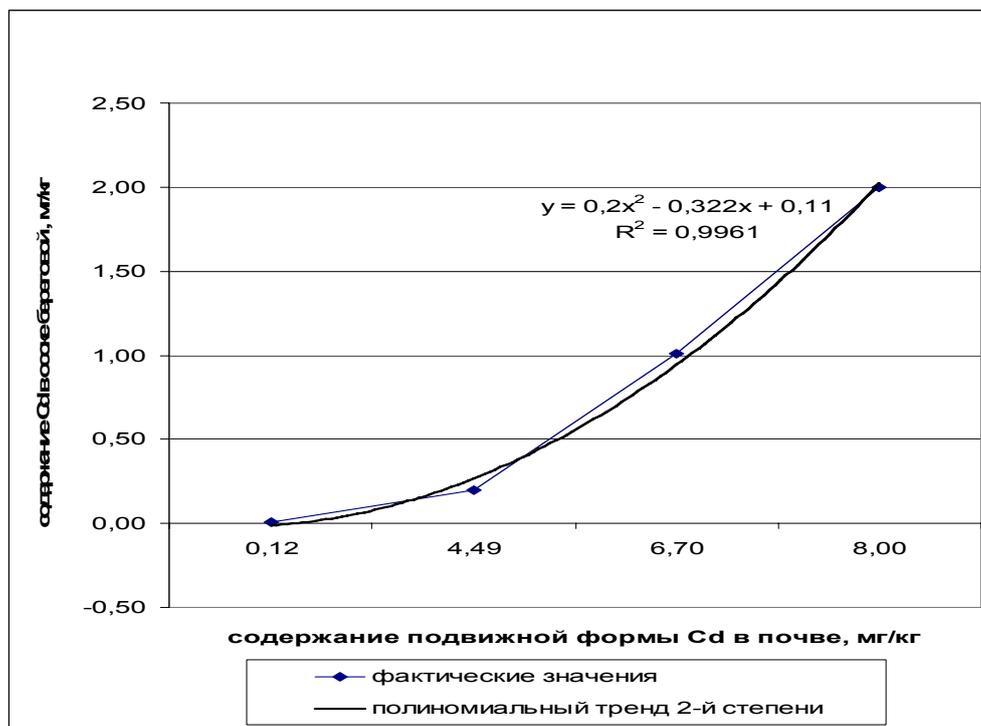
металла по сравнению с листьями. Mn в листьях в 3,1 раза превышает содержание элемента в ветвях и в 1,2 раз ниже чем в корнях. Pb накапливается в листьях в 1,3 раза больше чем в ветвях. По накоплению Cd корни и ветви в 0,8 и 0,5 раз соответственно содержат меньше металла, чем в листьях ивы. Подобное распределение ХЭ в органах ивы белой связано с влиянием окружающей среды, помимо потребления микроэлементов через корневую систему.

Листья подвержены антропогенной нагрузке – пыль, выхлопные газы автотранспорта. На втором месте по потреблению ХЭ относится корневая система, поскольку именно за счет нее осуществляется питание растений. Накопление ХЭ в органах ивы белой можно расположить в следующий ряд по убыванию:  $Zn > Mn > Cu > Pb > Cd$ .

Для определения накопления ХЭ в системе вода – почва – растение в условиях вегетационного опыта был выбран кадмий, поскольку он считается более подвижным [1, 2]. Растения (пырей гребенчатый *Agropyrum cristatum*, осока береговая *Carex riparia*) поливали раствором соли кадмия  $CdCl_2 \cdot 2,5H_2O$ . Соль кадмия вносили вплоть до колошения трав. Эксперимент проводили на почвах аллювиально-дернового типа пойменной части реки в шестикратной повторности по следующей

схеме: контроль, 2 ОДК – доза соли 10,28, 3 ОДК – доза соли 15,42, 5 ОДК – доза соли 32,14 мг/кг.

В условиях вегетационного опыта была выявлена положительная корреляция зависимости накопления кадмия растениями (пырей гребенчатый и осока береговая) от концентрации элемента в почве ( $\rho=0,973$ , коэффициент детерминации  $R^2=0,996$  соответственно). Для пырея гребенчатого характерна линейная зависимость между накоплением кадмия в растении и его содержанием подвижных форм в почве. Уравнение регрессии для пырея гребенчатого имеет следующий вид:  $Y = 0,96x + 0,30$ . Для осоки береговой установлена полиномиальная зависимость между содержанием кадмия в почве аллювиально-дернового типа и накоплением его в растениях (рис. 1).

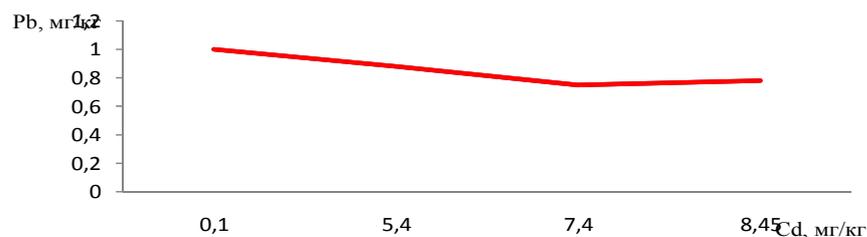


**Рис. 1.** Зависимость между содержанием ионов кадмия  $Cd^{2+}$  в почве и содержанием ионов кадмия  $Cd^{2+}$  в осике береговой (*Carex riparia*)

$$Y = 0,2x^2 - 0,322x + 0,11$$

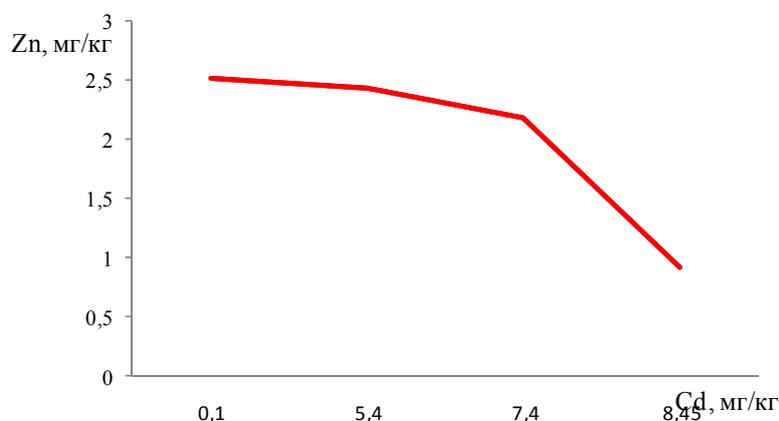
Накопление кадмия почвой и поглощение его растениями зависит от механического состава и свойств почвы. Аллювиально-дерновый тип почвы относится к легкому механическому составу, следовательно, миграция металла протекает более интенсивно. Также было установлено, что

осока береговая проявляет защитные функции при высоких концентрациях кадмия. Кадмий способен влиять на мобильность других элементов (рис. 2-4). Уравнения регрессии (1-3) отражают обратную зависимость между подвижными формами Cd-Pb, Cd-Zn, Cd-Cu.



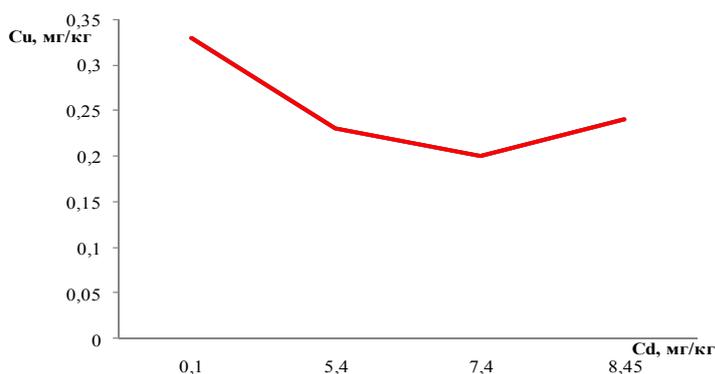
**Рис. 2.** Зависимость содержания подвижных форм Pb в почвах аллювиально-дернового типа от накопления Cd в условиях вегетационного опыта

$$Y = -0,03x + 1,01, r = -0,9 \quad (1)$$



**Рис. 3.** Зависимость содержания подвижных форм Zn в почвах аллювиально-дернового типа от накопления Cd в условиях вегетационного опыта

$$Y = -0,08x + 2,43, r = -0,4 \quad (2)$$



**Рис. 4.** Зависимость содержания подвижных форм Cu в почвах аллювиально-дернового типа от накопления Cd в условиях вегетационного опыта

$$Y = -0,01x + 0,32, r = 0,8 \quad (3)$$

Из выше приведенных рисунков видно, что при увеличении концентрации кадмия в почве наблюдается снижение

концентрации свинца, меди и цинка по содержанию подвижных форм.

**Выводы:**

1. Вода реки Иртыш загрязнена следующими химическими элементами (Zn, Mn, Cu).
2. Пойменная часть реки Иртыш и растения пойменной части не загрязнены химическими элементами (Zn, Mn, Pb, Cu, Cd).
3. При поливе раствором кадмия осоки береговой наблюдается проявление защитных функций к накоплению металла (2 ОДК – 0,20 мг/кг, 3 ОДК – 1,01 мг/кг, 5 ОДК – 2,00 мг/кг).
4. Установлена обратная зависимость между кадмием, цинком, свинцом и медью.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. *Ермохин, Ю.И.* Агроэкологическая оценка действия кадмия, никеля и цинка в системе почва – растение – животное: монография // Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2002. – 205 с.
2. *Синдирева, А.В.* Агроэкологическая оценка действия кадмия, никеля и цинка в системе почва – растение – животное: автореферат на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2001. – 19 с.

**CONTENTS OF CHEMICAL ELEMENTS (Zn, Mn, Cu, Pb, Cd) IN  
SYSTEM WATER-SOIL-PLANT OF THE INUNDATED PART OF  
RIVER IRTYSH**

© 2009 O.A. Makarova  
Omsk State Institute of Service

The author in her work has come to conclusion, that condition of ecosystem soil - plant in an inundated part of river Irtysh it is possible to consider satisfactory. Water is polluted Zn, Mn, Cu. Feature of accumulation of toxic elements (cadmium) by a wheat grass creeping and a sedge coastal, as representatives of pasturable grasses is revealed.

Keywords: ecosystem soil-plant, pollution by chemical elements, pasturable grasses