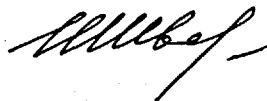


125
На правах рукописи



Шварева Ирина Станиславовна

**ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ
В НАЗЕМНЫХ И ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ
(НА ПРИМЕРЕ БАСЕЙНА РЕКИ КЛЯЗЬМА)**

Специальность 03.00.16 – экология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата химических наук



Иваново 2006

05 1:00 - 1055-105

Работа выполнена на кафедре химии почв факультета почвоведения и кафедре гидрологии географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова.

Научный руководитель: кандидат биологических наук, доцент
Садовникова Л.К.

Научный консультант: доктор геолого-минералогических наук,
профессор,
Савенко В.С.

Официальные оппоненты: доктор химических наук, доцент
Гриневич В.И.
доктор биологических наук, профессор
Трифорова Т.А.

Ведущая организация: ГОУ ВПО «Российский государственный
университет нефти и газа
им. И.М. Губкина», г. Москва

Защита состоится « 27 » июня 2006г. на заседании Диссертационного совета Д 212.063.02 ГОУ ВПО «Ивановский государственный химико-технологический университет» по адресу: пр.Ф. Энгельса, 7, г. Иваново, 153000 в 13 часов, в ауд. Г-205.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Ивановского государственного химико-технологического университета по адресу: пр.Ф. Энгельса, 10, г. Иваново, 153000

Автореферат разослан 27 мая 2006 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета



Е.П. Гришина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В последние десятилетия резко повысился интерес к загрязнению окружающей среды тяжелыми металлами (ТМ). Это связано с фактами проявления острых токсических эффектов, вызванных промышленным загрязнением наземных и водных экосистем. Попадая в окружающую среду в результате антропогенной деятельности, ТМ, включаясь в биологический круговорот, неизбежно приводят к химическому загрязнению всех природных сред и аккумулируются в живых организмах, вызывая специфические и неспецифические заболевания. Для многих ТМ (Hg, Cd, Pb, Cr) помимо прямого токсического воздействия, характерны и косвенные, отдаленные эффекты, затрагивающие основополагающие функции живых организмов – воспроизводство и биопродуктивность.

Процессы химического загрязнения экосистемы по сути являются процессами формирования геохимических ореолов и потоков рассеяния ТМ и их соединений, при этом меняются уровни и формы содержания химических элементов, следовательно, и степень их токсического действия на живые организмы. Поэтому важно комплексное изучение поведения ТМ во взаимосвязанных компонентах биосферы. В исследуемом регионе эта проблема чрезвычайно актуальна, т.к. уже несколько десятилетий отмечается интенсивное загрязнение подземного водоносного горизонта и питьевых вод Cr(VI) (в виде хроматов и бихроматов). Пути проникновения Cr(VI) и ионов других ТМ требуют тщательного изучения для предотвращения дальнейшего распространения загрязнения.

Цель работы: Выявление взаимосвязи между процессами миграции и аккумуляции ТМ в сопряженных компонентах наземных и водных экосистем бассейна р.Клязьма с устойчивостью экосистем в условиях развитой промышленной инфраструктуры.

В задачи исследования входило:

1. Выявление приоритетных источников химического загрязнения, объемов и качественного состава химических загрязняющих веществ от крупнейших в районе промышленных объектов.

2. Изучение характера и степени химического загрязнения основных компонентов природной среды в сопряженном ряду: атмосфера, почвенный и растительный покров, подземные и поверхностные воды, донные отложения, гидробионты. Выявление ассоциации химических элементов – загрязнителей в этих средах и пространственной картины загрязнения, очагов вторичного загрязнения, размеров техногенных аномалий.

3. Исследование особенностей процессов накопления и миграции ТМ в депонирующих средах, химических форм содержания ТМ в донных отложениях для оценки возможности загрязнения подземных водоносных горизонтов.

4. Выявление особенностей миграции ТМ по цепям питания загрязненного водоема и аккумуляции в гидробионтах; определение экологического риска.

6

5. Оценка воздействия загрязнения окружающей среды ТМ на здоровье населения.

Научная новизна. Впервые выявлены ассоциации загрязняющих химических элементов в сопряжённых компонентах окружающей среды и оценено их влияние на устойчивость экосистем. Изучены процессы накопления и миграции ТМ в почвах и донных отложениях и впервые определены формы содержания ТМ в техногенных донных отложениях региона, что позволило оценить опасность проникновения ТМ в водоносные горизонты. Изучены особенности миграции ТМ по цепям питания и аккумуляции в наземных растениях и гидробионтах. Впервые дана оценка экологического риска загрязнения бассейна р. Клязьма.

Практическая значимость работы. Впервые сделан комплексный качественный и количественный анализ химического загрязнения региона ТМ, обобщены и проанализированы результаты многолетних исследований экосистемы бассейна р. Клязьма в условиях развитой машиностроительной инфраструктуры. Полученные материалы являются основой для разработки мероприятий по контролю и охране состояния окружающей среды в районе действия предприятий машиностроительной отрасли, позволяют прогнозировать неблагоприятные последствия химического загрязнения почв и донных отложений бассейна р. Клязьма. Предложены меры по предотвращению распространения загрязнения ТМ в грунтовые воды. Использование предложенных химических методов позволит контролировать состав загрязнения донных отложений и предотвратить дальнейшее загрязнение подземных водоносных горизонтов. Подготовлены учебные пособия по мониторингу окружающей среды.

Личное участие автора в получении научных результатов. Автор принимал непосредственное участие в постановке задач, проведении исследований по теме работы, обсуждении и обобщении результатов. Автор выражает глубокую признательность научному руководителю работы - к.б.н., доценту Садовниковой Л.К., и научному консультанту – д. г-мин. н. Савенко В.С за неоценимую помощь и консультации в процессе работы.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, приведенных в работе, подтверждается использованием в проведенных исследованиях комплекса стандартизированных физико-химических и геохимических методов анализа. Все полученные результаты обработаны методами математической статистики.

Апробация. Основные результаты работы доложены и обсуждены на Всероссийских и международных конференциях с 1990 по 2006 г.: XII международной конференции «Тяжелые металлы в окружающей среде», Москва, 1990 г.; XVII научно-технической и научно-методической конференции КГТА, Ковров, 1995 г.; VI международной научно – практической конференции «Экология и жизнь», Пенза, 2003 г.; IV Всероссийской научно – практической конференции «Окружающая среда и экологическое и образование и воспитание», Пенза, 2004 г.; VI Международной научно-практической конферен-

ции «Промышленные и бытовые отходы: проблемы хранения, захоронения, утилизации, контроля», Пенза, 2004 г.; II Международной научно-практической конференции «Образование и наука без границ», Прага, 2005 г., VI Международной научно-практической конференции «Наука и образование», Белгород, 2006 г., II международной научно-практической конференции «Экологические проблемы современности», Пенза, 2006 г.

Публикации. Материалы диссертации опубликованы в 2 статьях, 9 тезисах докладов, вошли в 2 учебных пособия, изданных с грифом УМО.

Объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 7 глав, выводов, научно-практических рекомендаций и приложения. Диссертация включает 146 страниц текста, содержащего 10 рисунков, 34 таблицы, список литературы из 297 наименований; 44 приложения.

Работа выполнялась в рамках международного проекта «Бассейны рек Ока-Эльба – экологически чистые территории».

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Геохимическая характеристика приоритетных загрязняющих элементов.

Глава посвящена описанию геохимических свойств ТМ, являющихся основными химическими загрязняющими веществами исследуемого района. Обобщены сведения о формах нахождения в природе, важнейших путях их техногенного рассеяния, химических и токсикологических свойствах. Сделан аналитический обзор литературных данных о процессах, происходящих при загрязнении природных вод ТМ, факторах, влияющих на трансформацию форм соединений ТМ в процессе их накопления различными типами почв и донных отложений. Сделан вывод о необходимости *комплексного геохимического исследования*, позволяющего установить пространственную структуру экологически опасных зон химического загрязнения, что является опорным фактическим материалом для всестороннего анализа проблемы охраны окружающей среды и здоровья населения.

Глава 2. Физико-географическая характеристика района исследования.

Описаны рельеф, климат исследуемого района, гидрогеологические и геологические условия, почвенный и растительный покров. Особое внимание уделено гидрогеологии и почвам, т.к. эти системы подвержены максимальной антропогенной нагрузке.

Глава 3. Объекты и методы исследования.

Основным источником загрязнения исследуемой территории является *машиностроительный комплекс*, в том числе производства оборонной отрасли. Изучены состав и объемы выбросов и сбросов промышленного комплекса в целом и отдельных производств. Проанализирована система очистки сточных вод, выявлены её недостатки. Обнаружено, что без очистки в природные водоёмы сбрасывается до 21 % промышленных стоков, что составляет 7,0 млн.м³/год. Представлены данные анализа сточных вод предпри-

ятий в местах сброса, свидетельствующие о высоком уровне химического загрязнения.

Полевые исследования выполнялись поэтапно в период с 1990 по 1997 г.г. в соответствии с требованиями Государственного комитета по стандартам, методическим рекомендациям по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды ТМ (1992).

На условно фоновой территории отбирали пробы типичных почв по генетическим горизонтам из 6 почвенных разрезов. В районе складирования твердых промышленных отходов профильно-ключевым методом заложены разрезы по геоморфологическому профилю. Отбор проб почв, снега и донных осадков выполнен с плотностью от 1 до 4 проб/км² в пределах очагов техногенного загрязнения и на фоновой территории (РД.52.04 186-89, 1991). Отбор проб вод проводили: из речной сети с шагом от 0,5 до 5 км с целью характеристики воздействия промышленных сбросов, из сбросов предприятий, из колонок питьевого водоснабжения в разных частях города.

Анализ содержания ТМ проводили методами атомно-эмиссионной спектроскопии на приборе «АИ-ЗК-резонанс» и атомной абсорбции на приборе НІТАСНІ 208-80 с зеемановским корректором фона. Подвижные, экстрагируемые формы ТМ извлекали дистиллированной водой, 0,1н азотной кислотой, 1н азотной кислотой, 5% лимонной кислотой (Обухов, Плеханова, 1991).

Использовалась градация степени загрязнения почв и донных осадков по суммарному показателю загрязнения СПЗ (СанПин 2.1.7.1287-03), ИМГРЭ (1982), ВСЕГИНГЕО (Галицын, 1990). Результаты измерений обработаны методами математической статистики в соответствии с методическими рекомендациями (1992) и требованиями Государственного комитета по стандартам.

Глава 4. Формирование азрогенной геохимической аномалии.

Для исследования возможной связи между загрязнением воздуха, снега, почв и поверхностных вод использовали метод индикации загрязнения по снежному покрову. Изучена пылевая, поземная и суммарная техногенные нагрузки, выявлены очаги современного техногенного загрязнения и динамика загрязнения территории в результате газопылевых выбросов (табл. 4.1.).

Таблица 4.1. Тяжелые металлы в снеговом покрове (1992)

	СПЗ	Cu	Zn	Pb	Ni	Co	Cr	V	Mo	Mn	W	Sn	Hg
C _{фон}		80	70	50	20	7	50	64	1	570	1	5,2	0,01
C _{max}	973	1000	3000	1500	1000	120	2000	500	120	2500	1000	1500	0,3
C _{ср}	370	575	900	454	510	57	791	316	36,6	1732	537	589	0,2
C/C _{фон}		27	18	28	16	5,7	9,6	4,2	37	1,4	215	15,5	2,1

Примечание: C_{max} – максимальное содержание элемента в твердой фазе снега в очаге загрязнения, мг/кг; C_{ср} – среднее содержание элемента в твердой фазе снега в очаге загрязнения, мг/кг; C_{фон} – содержание элемента в твердой фазе снега на территориях регионального фона, мг/кг; СПЗ – суммарный показатель загрязнения.

Выявлены зоны *высокого (опасного) загрязнения*: для отдельных предприятий – 0,5-2 км²; промышленных объединений – до 10 км² (по СПЗ снега > 128). Практически вся исследуемая территория в 1,5-3 раза превышает фон по пылевой нагрузке (относительно фоновой нагрузки для Нечерноземной зоны-10 мг/м² в сутки (Сагт,1990)). Селитебная часть города характеризуется превышением пылевой нагрузки над фоном в 6-12 раз.

Выделяются две зоны загрязнения: *ближняя* (первые сотни метров от границ предприятия), где происходит резкое убывание концентраций ТМ, и *дальняя* (2 – 5 км) – где концентрации плавно снижаются до фоновых (рис. 4.1). Зоны загрязнения вытянуты с северо-востока на юго-запад, что связано с преобладанием в зимнее время ветров этого направления.

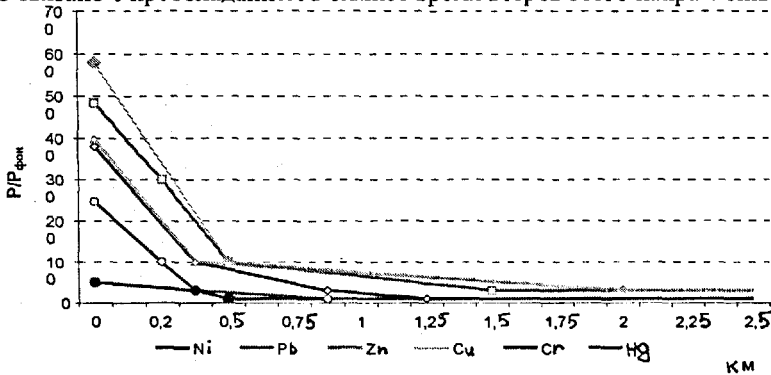


Рис. 4.1. Распределение содержания ТМ в твердой фазе снегового покрова с удалением от источника загрязнения (территории предприятия)

Анализ снеговых вод в очагах загрязнения снежного покрова показал их незначительную загрязненность по сравнению с чистыми поверхностными водами. СПЗ снеговых вод колеблется от 0,3 до 16. В повышенных количествах обнаружены никель ($C/C_{\text{фон}} = 11,2$), марганец (4,4) цинк (3,4) железо (3), кадмий (1,3). Загрязнение снега представлено в основном твёрдофазными компонентами (90-95%), следовательно, в составе промышленных выбросов преобладают малорастворимые соединения ТМ. Общая площадь загрязнения снега 50 км².

Глава 5. ТМ в почвах и растениях фоновых и загрязненных территорий

Для оценки степени техногенного загрязнения почвы определен уровень регионального *фонового* содержания ТМ (табл. 5.1).

Таблица 5.1 Тяжелые металлы в фоновых почвах, мг/кг (2000 – 2004)

ТМ	Региональный фон (Ковровский район)	Зональный фон		
		Дерново-подзолистые почвы	Серые лесные почвы	ПДКп Валовое сод.
Cu	6,4	15,3	23,5	55,0
Zn	25,5	41,3	60,0	100,0
Cd	0,34	0,7	0,7	0,5*
Pb	6,6	11,5	12,5	30,0
Ni	10,2	23,2	30,3	85,0
Co	5,4	8,4	12,4	5,0*
Mn	367	715,0	1025,0	100,0

Примечание:

1. ПДК_п- СанПиН 2.1.4.1074-01 от 01.01.02 г.
2. ПДК*- ОБУВ, РД-2002г.

Содержание ТМ в горизонте А пахотных почв ближайших к промышленному центру сельхозугодий (15-20 км от промышленного центра) не превышает ПДК_п и в среднем в 2-2,5 раза ниже зональных оценок. СПЗ почв не превышает 1,2 (допустимое загрязнение). Исследованы физико-химические свойства почв, определяющие сорбцию ТМ: чередование карбонатных и песчаных слоев почвообразующих пород, легкий механический состав, оглеение нижней части профиля, рН 6,1-7,8, содержание гумуса 3,4 - 7,8 %, сумма поглощенных оснований 9,3 - 9,7 мг-экв./100г, гидролитическая кислотность 1,58 - 1,96 мг-экв./100г.

Изучено распределение ТМ по профилю почв (рис 5.1). Для всех исследованных типов почв наблюдается аккумуляция ТМ в верхних горизонтах и снижение уровня их содержания к почвообразующей породе до кларковых значений. Основные максимумы сопряжены с гумусовым горизонтом и, в меньшей мере, с элювиальными и оглеенными горизонтами, выступающими в качестве геохимических барьеров.

Исследовано содержание ТМ в пробах злаковых культур (овес, рожь), многолетних трав а тех же фоновых участках, что и пробы почв. Накопление ТМ в зерне овса по сравнению с соломой составляет: Cu(2,2), Ni(2,3), Zn(63,6). Содержание ТМ в растительной продукции, за исключением незначительного превышения содержания Ni, Cr и Fe в зерне и соломе овса, находится в гигиенически безопасных концентрациях (табл. 5.2).

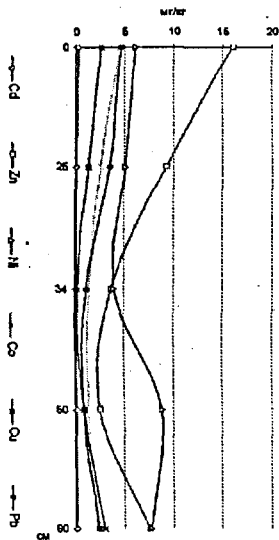


Рис. 5.1. Распределение ТМ по профилю почв

Таблица 5.2. Содержание ТМ в растениях, мг/кг

Элемент	многолетние травы, 1999		Овес, зерно, 2001		Овес, солома, 2001		Озимая рожь, зерно, 2003	
	МДУ	С, мг/кг	МДУ	С, мг/кг	МДУ	С, мг/кг	МДУ	С, мг/кг
Cu	30	0,94	30	3,41	30	1,55	30	3,06
Zn	50	6,0	50	33,08	5,0	0,52	50	36,3
Pb	5,0	0,35	5,0	0,35	5,0	0,32	5,0	0,28
Cr	0,5	0,16	0,5	0,55	0,5	0,59	0,5	0,22
Cd	0,3	0,06	0,3	0,072	0,3	0,06	0,3	0,071
Fe	100	15,7	100	54,5	100	142,8	100	38,9
Ni	3,0	0,69	1,0	1,02	3,0	0,46	1,0	0,62
Co	1,0	0,15	1,0	0,04	1,0	0,05	1,0	0,058

Примечание: МДУ – Временный максимально-допустимый уровень содержания ТМ в кормах, мг/кг, 1987.

Выявлено полиэлементное загрязнение ТМ (W, Mo, Hg, Pb) почв в зоне воздействия машиностроительного комплекса. Площадь наиболее загрязненных почв (СПЗ=500-900) варьируется в пределах от 0,2 до 5 км² в зависимости от мощности предприятия. Общая площадь загрязнения почв (СПЗ в интервале 8-16) составляет 30 км² и включает промышленный центр и селитебные районы. В этой связи проблема использования населением продукции, выращенной на приусадебных участках с сильно загрязненной ТМ почвой особенно актуальна.

Сравнительный анализ кривых распределения загрязнения почв и снегового покрова геоморфологических профилей через основные промышленные районы позволяет дифференцировать сложившиеся геохимические аномалии по динамике их развития. Выявлено регрессивное и прогрессирующее (неотрансгрессивное и трансгрессивное) типы загрязнения (рис. 5.2). Выделение наиболее опасных с экологической точки зрения территории позволяет скорректировать природоохранные мероприятия, направив их на районы с прогрессирующим загрязнением.

Выявлены потенциальные источники загрязнения почв и подземных вод – места несанкционированного складирования промышленных отходов. Обнаружено превышение ПДК в почвах: Cu (491 ПДК), Zn (81 ПДК), Ni (35 ПДК), Pb (4 ПДК). Площадь загрязнения почв ТМ около 300000 м². Песчаный состав почв, промывной тип водного режима, карбонатные подстилающие породы способствуют выносу ТМ за пределы почвенного профиля и аккумуляции их на щелочном геохимическом барьере. В этих условиях особенно подвижен и активно накапливается высокотоксичный Pb (Kn = 20), а такие токсичные элементы, как Hg, Cd, Cr, Zn, Cu, Ni, Co, Mo – умеренно подвижны, т.е. частично накапливаются, а частично выносятся в нижележащие горизонты.

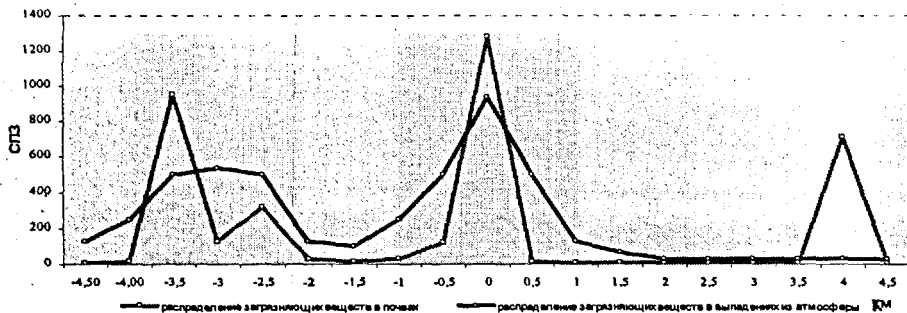


Рис. 5.2. Геохимический профиль через западную и центральную промышленные зоны и место складирования твердых пром. отходов

Таким образом, показана возможность проникновения загрязняющих веществ в подземные водоносные горизонты в процессе вертикальной миграции и в поверхностные воды при миграции по геоморфологическому профилю.

Глава 6. Тяжелые металлы в водных экосистемах

Выявлены наиболее загрязнённые водоёмы, которые являются потенциальными источниками воздействия на экосистему. Загрязнение поверхностных вод характеризуется широким диапазоном значений СПЗ: от 8,3 (р. Нерехта, приток р. Клязьма) до 100 – 1164 (р. Клязьма). Наиболее загрязнены воды старицы р. Клязьма (СПЗ = 400-1184; СПСЗ=5-22,2) и р. Клязьма ниже черты города (СПЗ=100,4), где в речную сеть производится сброс сточных вод (табл. 6.1). Основной вклад в загрязнение поверхностных вод вносят сточные воды промышленной зоны, сброс которых производится в старицу р. Клязьма, а также стоки очистных сооружений города.

Таблица 6.1. Содержание ТМ в воде старицы р. Клязьма (мг/л) (1997)

	Cr(VI)	Cr(III)	Cu	Fe	Zn	Ni	Cd
Max	0,04	0,03	0,8	0,25	0,25	0,05	0,03
Среднее	0,015	0,015	0,24	0,13	0,015	0,01	0,003
ПДКрх	0,02	0,005	0,001	0,1	0,01	0,01	0,005

Примечание: ПДКрх- СанПиН 2.1.4.1074-01 от 01.01.02 г.

Анализ питьевых вод из 7 водозаборов обнаружил загрязнение их техногенными элементами Cr, Pb, Cu, что указывает на проникновение поверхностного загрязнения в подземные воды, используемые для питьевого водоснабжения (табл. 6.2).

Таблица 6.2. Содержание ТМ в питьевой воде, мкг/л (1997)

	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	СПЗ	СПСЗ
С среднее	-	4,8	6,4	5,8	-	35,5	8,1	22,6	0,2
ПДКв	100	50	1000	100	100	30	1000		

Примечание: ПДКв- СанПиН 2.1.4.1074-01 от 01.01.02 г.

Впервые загрязнение подземного водоносного горизонта Cr(VI), составляющее 800ПДКв, было отмечено в 1957 г. К сожалению, откаченная из хромлирующих скважин вода с частью стоков и ныне сбрасывается в старицу р. Клязьма. Установлено, что содержание Cr(VI) в питьевых водозаборах варьирует от 0,00 до 0,91 мг/л и в разводящей сети от 0,00 до 0,17 мг/л, в ряде случаев превышая ПДК в 18 раз. Исследования показали, что Cr(VI) может проникать в подземные горизонты в процессе миграции из сильнозагрязненных донных отложений старицы р. Клязьма (табл. 6.3.).

Таблица 6.3 Содержание ТМ в донных отложениях (мг/кг) (1997)

Место отбора	Cu	Pb	Zn	Cr	Ni	Co	Hg	Cd
р. Клязьма, старица	1056	156.0	4572	11300	1000	26.0	3.8	254.0
р. Рпень, устье (местный региональный фон)	216.0	43.0	336.0	167.0	60.0	18.0	0.60	3.24
Кэф.концентраций (отн. р.Рпень)	4.9	3.6	13.6	67.7	16.7	1.4	6.3	78.4

Изучена геоморфология донных отложений, факторы, влияющие на аккумуляцию ТМ. Выполнен сравнительный анализ накопления ТМ донными отложениями в пробах разного литологического состава в наиболее загрязненных горизонтах (0 – 0,2 м) в 2 км от источника сбросов. Рассчитаны коэффициенты накопления $K_a = K_{н.ил.}/K_{н.пес.}$: $Ni_{4.35} > Sn_{2.16} > Cr_{1.79} > Ag_{1.44} > Hg_{1.43} > Cu_{1.30} > Pb_{1.28} > Zn_{1.10} > Cd_{1.06}$, СПЗ илистых отложений в 2 раза выше, чем песчаных (204,6 и 101,0 соответственно), т.к. сорбционная способность глинистых минералов значительно выше, чем песчаных отложений; кроме того, растет доля ТМ, связанных с органическим веществом, которым обогащены илы глинистого состава (рис. 6.1).

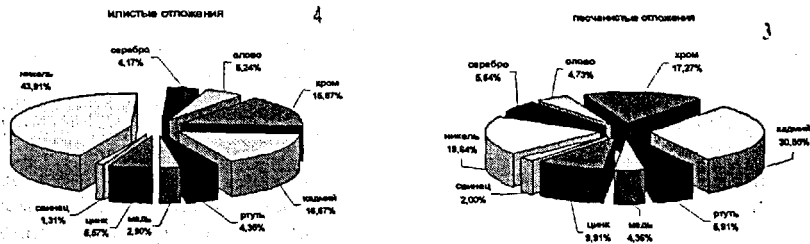


Рис. 6.1. Доли содержания ТМ в илистых и песчаных отложениях

В песчаных отложениях наиболее интенсивно накапливается Cd(31%), Ni(20%) и Cr(17%); в илистых отложениях – Ni(44%), доля Cd уменьшается в два раза, а доля Cr не меняется (17%).

Изменения концентраций ТМ по профилю донных отложений (до 0,8 - 2,4 м) зависят от степени загрязнения и с глубиной в большинстве случаев закономерно убывают. В относительно малозагрязненных донных отложениях концентрации ТМ достигают фоновых на уровне 0,4 м. В сильно загрязненных отложениях загрязнение распространяется на глубину 0,8 – 1,2 м.

Коэффициенты аккумуляции составляют: Cd, Hg, Ni (Ка 9,2; 8,3; 7,1), содержание других ТМ в 3-4 раза превышает фоновое.

Неравномерное уменьшение степени загрязнения илов с глубиной связано с карстовыми воронками, которые являются важнейшими путями проникновения ТМ в подземные горизонты. Незначительная мощность донных осадков (до 0,8-1,5 м), а также преимущественно песчаный состав отложений определяют полную незащищенность подземных вод от техногенного загрязнения.

Для изучения самоочищающей способности водоема и оценки роли старицы в предотвращении загрязнения русла р.Клязьма исследовано распределение содержания ТМ в донных отложениях в потоке миграции. Протяженность загрязнения донных отложений от локального источника не превышает 5-7 км (СПЗ снижается от 695 до 13). Практически все ТМ на этом участке русла осаждаются из воды в донные отложения. Их концентрации достигают фоновых значений уже на месте выхода вод старицы в реку Клязьма, т.е. старица играет роль естественного геохимического барьера на пути потока миграции ТМ в русловые воды р. Клязьма.

Рассчитан ряд ТМ по способности к водной миграции (при протяженности потока 2,7 км): Ni>Zn>Pb>Cu>Sn>Cd>Hg>Cr.

Результаты исследований показали, что для экосистемы р.Клязьма наиболее опасными с точки зрения *распространения потоков* загрязнения являются Ni и Zn, в меньшей степени – Pb, Cu, и Sn. Наиболее интенсивно аккумулируются донными отложениями Cd, Hg, Cr (рис. 6.2).

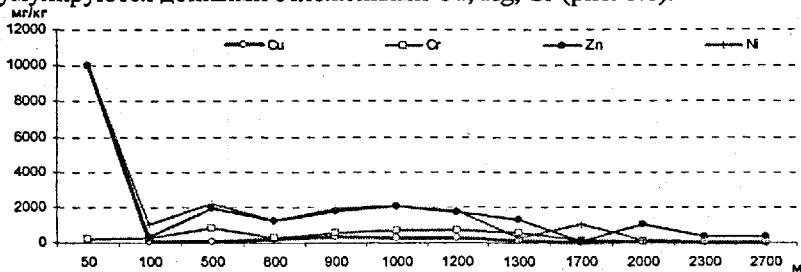


Рис 6.2. Распределение содержания ТМ в донных отложениях с удалением от источника загрязнения

Потенциальная опасность загрязнения донных отложений для подземных вод зависит от подвижности ТМ. Исследовано содержание ТМ в разных по миграционной способности фракциях. Запасы ТМ в подвижной форме весьма велики 10-30 % для Cr, Cu, Cd, 30-60% для Fe, Zn, и свыше 60% (вплоть до 100 %) для Mn и Ni (табл. 6.4). Следовательно, потенциальная опасность илов старицы р. Клязьма, как загрязнителя грунтовых и подземных вод, чрезвычайно высока. Рассчитано количество ТМ в старице в наиболее загрязненном верхнем горизонте илов (0-0,2 м): Cr – 2,6, Ni – 1,2, Cd – 0,13 тыс. т.

Таблица 6.4. Экстрагируемые соединения металлов, мг/кг (1999)

Элемент	H ₂ O	0,1н HNO ₃	1н HNO ₃
Cr	0,05	4,33	13,70
Mn	4,95	116,00	119,00
Fe	0,01	4214,00	5100,00
Co	0,05	0,65	1,03
Ni	0,05	3,50	3,80
Cu	0,05	0,10	2,61
Zn	0,03	16,00	29,20
Cd	0,005	0,01	0,20
Pb	0,05	1,28	6,90

Высокая токсичность и способность к аккумуляции в гидробионтах определяет воздействие ТМ на водные организмы. Расчет потенциального экологического риска от воздействия ТМ для гидробионтов выполнен по методу Хакансона (Hakanson, 1980) на основании того, что исследуемая старица имеет крайне замедленный сток. Результаты расчетов показали высокий индекс экологического риска (*IR*) – 1837,8 для старицы, означающий серьезную опасность для экосистемы р. Клязьма. Загрязнение старицы соединениями ТМ может быть сопряжено со значительной нагрузкой на водные экосистемы. Для фоновых водосмов (выше по течению р. Клязьмы в 2 и 15 км) *IR* значительно ниже (соответственно 142,9 и 136,5), что свидетельствует о большей устойчивости экосистем этих объектов.

Изучена миграция ТМ из воды и донных отложений по цепям питания и содержание в гидробионтах р. Клязьма (табл. 6.5). Анализ показал, что Pb, Cr, Cd в большей степени поглощаются животными, а Cu, Ni и Zn – растениями. Биологическая очистка воды в водоёме происходит преимущественно за счет поглощения растениями. Изучено накопление ТМ простейшими водорослями в наиболее загрязненной части водоёма по отношению к содержанию в воде: Ni > Zn > Cr > Cu > Cd > Pb.

Таблица 6.5. Тяжелые металлы в гидробионтах, мг/кг сухого веса (1998)

Элемент	Загрязненный участок			Фоновый участок	
	мотыль	простейшие водоросли, соскоб немытый	простейшие водоросли, соскоб мытый	пиявка рыба	простейшие водоросли
Pb	159	32	29	54	38
Cu	637	460	447	109	39
Cr	1624	328	307	370	215
Ni	1911	21274	19900	543	115
Cd	25,5	2,2	1,9	8,7	1,5
Zn	1339	4250	4100	457	108

Исследование содержания ТМ в различных органах рыбы показало, что наиболее активное накопление происходит в печени и жабрах, содержа-

ние Cr и Fe в этих органах выше ПДК (табл. 6.6). Аккумуляция ТМ в тканях рыбы по отношению к содержанию в воде загрязненного водоёма увеличивается в ряду: $Zn > Cr > Cu$. Токсичная концентрация ТМ обнаружена в рыбе, выловленной далеко от загрязненного участка водоёма. Таким образом, выявленное химическое загрязнение распространяется на все компоненты водной экосистемы: воду, донные отложения, водные растения и животных.

Таблица 6.6. ТМ в ихтиофауне старицы р. Клязьма, мг/кг (1998)

Вид, место отбора	Орган	Cu	Cr	Zn	Fe	Mn
Среднее по органам	печень	2.07	0.80	25.6	195.8	108.7
	жабры	0.37	0.32	27.9	117.0	39
	чешуя	0.26	0.03	21.0	0.05	0.01
	мышцы	0.45	0.12	3.7	47.5	18.6
ПДК		10.0	0.3	40.0	30.0	-

Примечание: ПДК в продуктах питания, СанПиН 2.3.2.1078-01 п.1.3.1. Рыба свежая.

Глава 7. Техногенное загрязнение окружающей среды и здоровье населения

Важнейшая задача геохимических исследований – выявление и предупреждение негативного воздействия окружающей среды на человека. Выполнен расчет вероятности риска заболеваемости (Метрологические основы..., 1983): $K_{\text{риска}} = \Sigma(K_c \cdot N)$, где K_c – коэффициенты концентрации элементов в почве, N – число заболеваний, связанных с конкретными элементами по Френчу: N по Pb=15, Hg=14, Zn-Cr-Ni=5, Cu=3 (табл. 7.1).

Таблица 7.1. Категории гигиенической опасности

Зона	СПЗ	S, км ²	S/Sобщ., %	K _{риска}
допустимая	8-16	14	46,7	135
умеренно-опасная	16-32	5,4	18	222
опасная	32-128	4,4	14,7	520
чрезвычайно-опасная	более 128	0,2	0,6	11136

Расчёт показал, что более 50 % площади загрязненной территории относится к категории недопустимой гигиенической опасности с высокими коэффициентами риска заболеваемости. Сравнение степени риска заболеваемости населения в зонах опасного загрязнения почв (СПЗ более 16) с другими городами Нечерноземья (по Прилепскому, 1990) указывает на наиболее неблагоприятное состояние исследуемого региона (рис. 7.1). Несомненно, техногенному загрязнению окружающей среды принадлежит не последняя роль в неудовлетворительном состоянии здоровья населения.

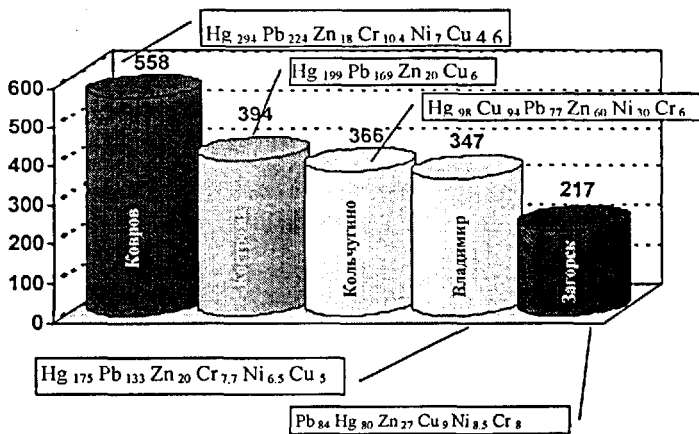


Рис. 7.1. Сравнение степени риска заболеваний населения в зонах опасного загрязнения почв (СПЗ > 16) ряда городов Нечерноземья

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Выявлен широкий спектр загрязняющих химических элементов (в ионной и молекулярной формах) во всех компонентах наземных и водных экосистем: в атмосфере: W₇₆, Zn₄₃, Pb₃₈, Cu₂₈ Mo₂₁ Sn₁₈ Ni₁₆ Cr₁₅, Ag₆; в почвах: Pb₁₂₅₀, W₇₅₀, Mo₄₂₃, Hg₂₆₃, Zn₆₃, Cu₄₃, Cr₂₁, Ni₁₂; в донных отложениях: Cr₆₆₈, Ni₄₃₀, Cu₉, Mn₇, Zn₃. Характер загрязнения определяется спецификой выбросов и сбросов предприятий машиностроительной отрасли.

2. Выявлена наибольшая миграционная способность в поверхностных водах Ni и Zn (до 5-7 км), в меньшей степени – Pb, Cu (2,7 км). Высоко токсичные Cd, Hg и Cr интенсивно аккумулируются донными отложениями, потоки загрязнения вод этими элементами в условиях медленного водотока не превышают 1 км от источника загрязнения. Интенсивность аккумуляции ТМ зависит от литологического состава донных отложений и возрастает с увеличением степени заиленности (от песков к илам в среднем в 2 раза). Относительное накопление ТМ в донных отложениях илистого типа по сравнению песчанистыми убывает в ряду: Ni_{4.35} > Sn_{2.16} > Cr_{1.79} > Ag_{1.44} > Hg_{1.43} > Cu_{1.30} > Pb_{1.28} > Zn_{1.10} > Cd_{1.06}.

3. Глубина миграции ТМ в профиле донных отложений пропорциональна интенсивности загрязнения (более 2 м). Вероятность миграции Cr(VI)

в подземные водоносные горизонты высока благодаря подвижности хроматов в щелочных условиях. Вероятность загрязнения водоносных горизонтов другими ТМ ниже, т.к. для них карбонатные породы являются геохимическим барьером, однако существует возможность их механической миграции по карстовым полостям.

4. Аккумуляция ТМ обнаружена во всех исследованных видах гидробионтов: простейших водорослях, макрозообентосных беспозвоночных, рыбе. Процесс аккумуляции специфичен: Pb, Cr, Cd в большей степени поглощаются животными (макрозообентосными беспозвоночными), а Fe, Cu, Ni и Zn – растениями (простейшими водорослями). Накопление ТМ в гидробионтах по отношению к содержанию в воде селективно: Ni > Zn > Cr > Cu > Cd > Pb. Содержание ТМ в растениях ближайших к промышленной зоне сельхозугодий (15-20 км), за исключением Ni, Cr и Fe, не превышает гигиенические нормативы.

5. Площадь загрязнения ТМ снегового покрова более 50 км², что соответствует запылённости атмосферы в 1,5 - 3 раза выше фона. Площадь загрязнения почв ТМ (СПЗ>8) составляет 30 км². Площадь зоны высокого (опасного) загрязнения ТМ донных отложений составляет 5,4 км² и ограничена размерами старицы р. Клязьма, которая является геохимическим барьером, препятствующим проникновению ТМ в русловые воды р. Клязьма.

6. Установлены источники потенциального химического загрязнения подземных вод – почвы в районе промвалки и донные отложения старицы р. Клязьма. Чрезвычайно высокое содержание ТМ в этих объектах в сочетании с геологическими особенностями района (карбонатными и песчаными отложениями, незначительной (до 0,8 – 1,5 м) мощностью донных осадков) делает эти очаги источниками потенциальной экологической опасности для подземных вод, используемых для питьевого водоснабжения района, следовательно, повышает риск заболеваемости населения.

7. Совокупность экспериментальных и расчетных данных по интегральным критериям устойчивости экосистемы: пылевой нагрузке (в 1,5 – 3 раза выше фона по Нечернозёмной зоне РФ), содержанию ТМ в почвах (в 8 – 16 раз выше регионального фона по СПЗ), содержанию ТМ в донных отложениях (в 100 – 695 раз выше регионального фона по СПЗ), в поверхностных водах (в 100 – 400 раз выше регионального фона по СПЗ), в подземных питьевых водах (в среднем в 22 раза выше регионального фона по СПЗ), а также аккумуляции ТМ в гидробионтах (на 1 – 3 порядка выше содержания в гидробионтах региональных фоновых водоёмов) показывает высокую техногенную нагрузку на наземные и водные экосистемы.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

С целью комплексной оценки и улучшения состояния окружающей среды рекомендуется:

1. Запретить сброс сточных вод в старицы р. Клязьма и принять меры по восстановлению нормального экологического состояния старицы, характеризующейся чрезвычайно опасным загрязнением вод и донных осадков.
2. Разработать программу мониторинга за качеством окружающей среды в рамках региональной системы мониторинга.
3. Принять программу технического перевооружения производств в целях снижения опасных выбросов и сбросов до нормативных величин.
4. Совершенствовать планирование застройки городской территории с учётом выявленных загрязнённых зон: размещать селитебную зону отдельно от источников вредных выбросов; расширять площади защитных газостойчивых насаждений.
5. Запретить употребление в пищу рыбы, выловленной в р. Клязьма и её притоках в зоне расположения промышленного комплекса.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Шварева И.С., Садовникова Л.К. Об эффективности использования показателя «ртуть-гумус» при мониторинге загрязнения почв. // Вестник Московского Университета, сер.17, почвоведение, 1992, №3, С.43-46.
2. Садовникова Л.К., Шварева И.С., Распределение ртути в фоновых и техногенных ландшафтах. // Биологические науки, М., 1(348), 1993, С.100-106.
3. Шварева И.С., Садовникова Л.К., Орлов Д.С. Формы содержания ртути в почвах, подверженных техногенным загрязнениям.// Материалы XII международной конференции «Тяжелые металлы в окружающей среде», Москва, 1990, С. 132-136.
4. Савенко В.С., Шварева И.С., Формирование геохимической аномалии в районе г.Ковров в результате воздействия крупных промышленных предприятий.// Материалы XVII НТ и НМ конференции КГИ, Ковров, 1995, С.117.
5. Шварева И.С., Савенко В.С. Исследование накопления тяжелых металлов в донных отложениях природных водоемов в результате воздействия сточных вод промышленных предприятий.//Сборник статей VI международной научно-практической конференции «Экология и жизнь», Пенза, 2003, С.97-100.

6. Шварева И.С., Савенко В.С. Исследование форм содержания тяжелых металлов в донных отложениях природных водоемов, загрязненных стоками промышленных предприятий. // Сборник материалов IV Всероссийской научно-практической конференции «Окружающая среда и экологическое и образование и воспитание», Пенза, 2004, С.106-110.

7. Шварева И.С. Тяжелые металлы в почвах в районе складирования твердых промышленных отходов. // Сборник материалов VIII международной научно-практической конференции «Промышленные и бытовые отходы: проблемы хранения, захоронения, утилизации, контроля», Пенза, 2004, С.101-105.

8. Шварева И.С., Савенко В.С. Тяжелые металлы в донных отложениях природных водоемов, загрязненных промышленными стоками. // Материалы II международной научно-практической конференции «Образование и наука без границ», Прага, 2005, С. 96-101.

9. Шварева И.С., Ващенко С.М., Кочетова А.О., Кудряков Д.А. Изучение влияния газопылевых выбросов машиностроительного предприятия на загрязнение окружающей среды методом индикации снежного покрова. // Материалы II Международной научно-практической конференции «Наука и образование», Белгород, 2006, С. 81-86.

10. Шварева И.С., Конькова Т.В. Аккумуляция тяжелых металлов гидробионтами загрязненных водоемов. // Сборник статей II международной научно-практической конференции «Экологические проблемы современности», Пенза; 2006, С.173-176.

11. Шварева И.С. Оценка экологического риска от загрязнения водоема тяжёлыми металлами. // Сборник статей II международной научно-практической конференции «Экологические проблемы современности», Пенза; 2006, С.146-149.

Кроме того, материалы диссертационных исследований вошли в следующие учебные пособия:

1 Мониторинг окружающей среды, ч. 1 «Мониторинг атмосферного воздуха. Мониторинг почв» (учебное пособие). *Гриф УМО вузов по университетскому политехническому образованию.* – Ковров: ГОУ ВПО «КГТА», 2004, 112с.

2 Мониторинг окружающей среды, ч. 2 «Мониторинг водных объектов» (учебное пособие). *Гриф УМО вузов по университетскому политехническому образованию.* – Ковров: ГОУ ВПО «КГТА» 2005, 112с.

Изд. лиц. № 020354 от 05.06.97 г. Подписано в печать 22.05.06 г. Формат 60×84/16. Бумага писчая №1. Гарнитура «Таймс». Печать офсетная. Усл. печ. л. 0,93. Уч.-изд. л. 0,98. Тираж 100 экз. Заказ № 541.

*Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Ковровская государственная технологическая академия
им. В.А. Дегтярева»
601910, Ковров, ул. Маяковского, 19.*