

На правах рукописи

Бактыбаева Зульфия Булатовна

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНОЙ И ПРИБРЕЖНО-ВОДНОЙ  
РАСТИТЕЛЬНОСТИ РЕКИ ТАНАЛЫК ДЛЯ СОЗДАНИЯ  
БИОЛОГИЧЕСКИХ ОЧИСТНЫХ ПРУДОВ  
НА ГОРНОРУДНЫХ ОБЪЕКТАХ ЗАУРАЛЬЯ**

Специальности 03.00.16 – Экология

03.00.05 – Ботаника

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Уфа – 2009

Работа выполнена в лаборатории экологии и рационального использования природных ресурсов Сибайского филиала Академии наук Республики Башкортостан

Научные руководители: доктор биологических наук, профессор  
Суюндуков Яلیل Тухватович,

кандидат биологических наук, доцент  
Ямалов Сергей Маратович

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор  
Миркин Борис Михайлович

доктор биологических наук, профессор  
Абрамова Лариса Михайловна

Ведущая организация: Институт экологии Волжского  
бассейна РАН

Защита состоится 30 октября 2009 г. в 16-00 часов на заседании Объединенного диссертационного совета ДМ 002.136.01 при Институте биологии Уфимского научного центра РАН по адресу: 450054, г.Уфа, Проспект Октября, 69. Тел./факс (3472) 35-62-47. E-mail: [ib@anrb.ru](mailto:ib@anrb.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института биологии Уфимского научного центра РАН

Текст автореферата размещен на сайте ИБ УНЦ РАН

<http://www.anrb.ru/inbio/dissovet/index.htm> «\_\_» \_\_\_\_\_ 2009 г.

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2009 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,

кандидат биологических наук, доцент

Р.В. Уразгильдин

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Одной из актуальных экологических проблем Башкирского Зауралья (БЗ) является загрязнение окружающей среды отходами горнодобывающей и рудоперерабатывающей промышленности. Отрицательное влияние отходов горнорудного производства региона на компоненты окружающей среды рассматриваются в ряде работ (Шагиева, Суюндуков, 2001; Белан, 2003; Опекунова и др., 2004; Клысов, 2005; Янтурин и др., 2007; Мустафин и др., 2008 и др.). Наиболее высокому антропогенному воздействию подвергаются поверхностные воды (Абдрахманов, 2005). Основными источниками загрязнения рек БЗ тяжелыми металлами (ТМ), обладающими высокой токсичностью (Ильин, 1991; Муравьев, 2004), являются действующие и отработанные горнорудные объекты (Селезнева, 2004; Мустафин и др., 2005; Кулагин и др., 2008). Одной из рек, в бассейне которой расположено значительное количество объектов горнорудной промышленности и испытывающей их негативное влияние, является р.Таналык, которая впадает в Ириклинское водохранилище на р.Урал. Далее часть загрязняющих веществ попадает в Каспийское море.

Водная и прибрежно-водная растительность рек БЗ и возможность ее использования для аккумуляции ТМ с целью доочистки стоков горнорудных объектов в биологических очистных прудах практически не изучены.

**Цель исследования** – изучить разнообразие, состав и структуру водной и прибрежно-водной растительности р.Таналык в зоне влияния горнорудных объектов и на этой основе отобрать виды для создания биологических очистных прудов.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Разработать синтаксономию водной и прибрежно-водной растительности р.Таналык в зоне влияния горнорудных объектов.
2. Изучить изменение водной и прибрежно-водной растительности р.Таналык вдоль градиента загрязнения горнорудными объектами.
3. Изучить накопление тяжелых металлов в надземных и подземных частях доминирующих видов макрофитов.

4. Создать искусственные растительные сообщества для биологических очистных прудов.

5. Изучить процесс накопления тяжелых металлов макрофитами в условиях биологических очистных прудов.

6. Оценить экологическую эффективность биологических очистных прудов и разработать рекомендации по использованию видов местной водной и прибрежно-водной флоры для доочистки высокоминерализованных стоков горнорудных объектов Зауралья.

**Научная новизна.** Впервые разработана синтаксономия водной и прибрежно-водной растительности поймы р.Таналык, в состав которой входят 3 класса (*Lemnetea*, *Potametea* и *Phragmito-Magnocaricetea*), 5 порядков, 7 союзов, 20 ассоциаций и 3 безранговые единицы. Из них 5 ассоциаций и 1 союз впервые указываются для Республики Башкортостан (РБ). Показаны изменения видового состава сообществ в условиях техногенного загрязнения. Изучен процесс накопления ТМ видами *Phragmites australis*, *Typha angustifolia*, *Scirpus lacustris*, *Eleocharis palustris* и *Carex acuta* в условиях биоочистных прудов горнорудного объекта БЗ.

**Практическая значимость.** Исследование вносит вклад в разработку синтаксономии водной и прибрежно-водной растительности РБ. Изучение процесса накопления ТМ аборигенными прибрежно-водными видами растений позволяет разработать рекомендации для создания искусственных растительных сообществ биологических очистных прудов для тонкой доочистки стоков горнорудных объектов Зауралья.

**Организация исследований.** Работа выполнена в рамках Государственной научно-технической программы Республики Башкортостан (госконтракты №№ 15/11-3 (2006 г.), 16/22-НГ (2007 г.), 15/4-3С1 (2008 г.).

**Декларация личного участия автора.** Автор принимал участие в разработке темы и планировании исследований. Экспедиции организованы и проведены совместно с к.б.н. У.Б. Юнусбаевым. Доля участия автора в выполнении полевых и лабораторных исследований – 80%.

**Апробация работы.** Результаты исследований докладывались на 6-и Международных (Пенза, 2006а, б; Уфа, 2007, 2008; Тольятти, 2008; Ереван, 2008), на 3-х Всероссийских (Сибай, 2006; Оренбург, 2007, 2009), 2-х Региональных (Сибай, 2008а, б) научно-практических конференциях и Школе-семинаре молодых ученых России (Улан-Удэ, 2009).

**Публикации.** По результатам исследований опубликовано 17 работ, в том числе 3 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК МОН РФ.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения и выводов, списка литературы (286 наименований, из них 41 на иностранных языках) и 33 приложений. Основной текст изложен на 229 страницах. Работа содержит 25 таблиц и 20 рисунков.

**Благодарности.** Автор выражает глубокую благодарность научным руководителям д.б.н., профессору Я.Т. Суюндукову и к.б.н, доценту С.М.Ямалову. Особая благодарность автора за помощь в работе к.б.н. У.Б.Юнусбаеву, старшему научному сотруднику ИБ УНЦ РАН, к.б.н. А.А.Мулдашеву, сотрудникам Сибайского филиала Академии наук РБ, кафедр ботаники и экологии БашГУ и Сибайского института (филиала) БашГУ.

## **ГЛАВА 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ УСЛОВИЙ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ**

В главе дана характеристика климата, геолого-геоморфологических условий, поверхностных и подземных вод, почв (Физико-географическое ..., 1964; Хазиев и др., 1995), растительности (Жудова, 1966). Большое внимание уделено описанию антропогенных условий района исследования (Балков, 1978; Глазовская, 1989; Суюндуков, 2001; Белан, 2003; Опекунова, Муратова, 2004; Кулагин, Шагиева, 2007; Синантропная растительность ..., 2008).

Наибольшую экологическую опасность в бассейне реки Таналык представляют отработанное серно-колчеданное месторождение Куль-Юрт-Тау и объекты ЗАО «Бурибаевский горно-обогатительный комбинат» (БГОК) (Абдрахманов, 2005; Мустафин и др., 2005, 2007; Кармацкая и др., 2007).

Однако их влияние на водные и прибрежно-водные растительные сообщества остается малоизученным.

## **ГЛАВА 2. РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ВОДНЫХ И ОКОЛОВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ КАК ЕСТЕСТВЕННЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ БАРЬЕР (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)**

В водных экосистемах растения выполняют ряд жизненно важных, тесно связанных между собой экологических средообразующих и средозащитных функций: фильтрационную, окислительную, аккумуляционную, детоксикационную, биоцидную, которые не только формируют и определяют качество вод в водоемах, но и оказывают влияние на накопление и круговорот химических элементов в биоте и донных отложениях (Якубовский и др., 1978; Кокин, 1982; Тимофеева, 1995; Бурдин, Золотухина, 1998; Лычагина и др., 1998; Экология водоемов ..., 1998; Власов, Гигевич, 2002; Садчиков, Кудряшов, 2004; Дьяченко и др., 2006; Куриленко, Осмоловская, 2006).

Высшие водные растения являются одним из основных компонентов пресноводных экосистем и способны накапливать поллютанты, в том числе и ТМ, до уровней, намного превышающих их физиологические потребности (Микрякова, 2001; Панин, Свидерский, 2002; Ипатова, Дмитриева, 2006; Долотов, Гапеева, 2008; Samkaram, Philip, 1990). Эту особенность макрофитов в России и других странах успешно применяют для очистки и доочистки стоков в условиях биоочистных сооружений (Карасева, Папченков, 1974; Овчинников и др., 1987; Овцов и др., 1999; Савельева, Эпов, 2000; Бурейко и др., 2006; Диренко и др., 2006; Фомина, Трошина, 2006; Hadlington, 1991; Dunbabin, Bowner, 1992; Lloyd et al., 2001; Healy, Cawleyb, 2002).

Приведен обзор литературы о принципах и методах создания биоочистных сооружений с использованием высших водных растений (Золотухина, 1989; Коврижных, 1989; Эйнон, 1990; Кравец и др., 1999; Шелудько, 2000; Алешечкин, Кумани, 2003; Журба и др., 2003).

Для деминерализации стоков горнорудной промышленности подобные сооружения рекомендуются как завершающая ступень очистки (тонкой

доочистки) после механической, физико-химической и других ее этапов (Мустафин и др., 2005, 2007; Пестриков и др., 2006, 2007).

### **ГЛАВА 3. ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ**

Объектом исследований являлись водные и прибрежно-водные растительные сообщества р.Таналык в зоне влияния горнорудных объектов: отработанного серно-колчеданного месторождения Куль-Юрт-Тау и БГОК. В качестве перспективных для использования в биоочистных прудах изучались основные доминанты преобладающих типов сообществ.

Материал был собран в течение полевых сезонов 2006–2008 гг. На первом этапе исследований проведено геоботаническое обследование водной и прибрежно-водной растительности, выявлены преобладающие типы сообществ и их основные доминанты. Фитоценотический материал собран и обработан в соответствии с требованиями эколого-флористической классификации Браун-Бланке (Александрова, 1969; Миркин, Наумова, 1998; Braun-Blanquet, 1964).

Для изучения динамики растительных сообществ и подбора видов растений для биологических очистных прудов были заложены экологические профили – трансекты. Трансекта 1 располагалась в зоне влияния месторождения Куль-Юрт-Тау на территории Баймакского района, трансекта 2 – в зоне влияния БГОК на территории Хайбуллинского района РБ.

Каждая трансекта состояла из 4 участков, расположенных вдоль градиента загрязнения стоками горнорудных объектов: участок I – наименее загрязненный, II – загрязненный в средней степени, III – наиболее загрязненный, и К – вне зоны их влияния (контроль).

На каждом участке трансект были выполнены полные геоботанические описания, учет надземной фитомассы доминирующих макрофитов методом укосов, отбор проб воды, донных отложений и растительных образцов.

В пробах воды определялись рН с помощью иономера И-160МИ, удельная электрическая проводимость и общее солесодержание с помощью кондуктометра МАРК-603. В донных отложениях определялись рН (КСl) и подвижные формы ТМ, извлекаемые ацетатно-аммонийным буфером с рН 4,8.

Содержание Fe и Mn в пробах воды, донных отложений и растительных образцах определялись атомно-абсорбционным методом (Методические указания ..., 1992, 2006; Методика выполнения ..., 2004), Zn, Cu, Pb и Cd – методом инверсионной вольтамперометрии с использованием анализатора СТА (МУ 08-47/136; МУ 08-47/152; МУ 08-47/163).

Статистическая обработка данных проведена с использованием корреляционного метода и дисперсионного анализа с использованием программ Microsoft Excel 2003 и Statistica 6.0. По результатам дисперсионного анализа была определена сила влияния фактора по Снедекору (Лакин, 1990).

#### **ГЛАВА 4. ВОДНАЯ И ПРИБРЕЖНО-ВОДНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ РЕКИ ТАНАЛЫК В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ГОРНОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ (СИНТАКСОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ)**

Дан краткий обзор литературы по изученности водной и прибрежно-водной растительности РБ. Отмечается, что наиболее изучены Башкирское Предуралье и горно-лесная зона РБ (Григорьев, Соломещ, 1987; Зейферт и др., 1991; Петров, Григорьев, 1991; Петров и др., 1995; Экология водоемов..., 1998; Петров, Михайлова, 2001; Klotz, Köck, 1984), для БЗ имеются лишь результаты эпизодических исследований (Хусаинов, 2002; Суюндукова, 2008).

Растительность изученного отрезка р.Таналык отличается высоким синтаксономическим разнообразием и включает 3 класса, 5 порядков, 7 союзов, 20 ассоциаций и 3 безранговые единицы. Из них 5 ассоциаций и 1 союз впервые указываются для РБ. Продромус выделенных синтаксономических единиц имеет следующий вид:

КЛАСС *LEMNETEA* R. Tx. ex de Bolòs et Masclans 1955

Порядок *HYDROCHARITETALIA* Rübel 1933

Союз *Hydrocharition morsus-ranae* Rübel 1933

Асс. *Hydrocharitetum morsus-ranae* Van Langendonck 1935

КЛАСС *POTAMETEA* Klika 1941

Порядок *POTAMETALIA* W. Koch 1926

Союз *Potamion lucentis* Vollmar 1947

Асс. *Potametum lucentis* Hueck 1931

Асс. *Potametum perfoliati* W. Koch 1926

Асс. *Elodeetum canadensis* (Eggler 1933) Eggler ex Passarge 1964

Союз *Nymphaeion albae* Oberdorfer 1957



Асс. *Potameto-Polygonetum natantis* Knapp et Stoffers 1962

Асс. *Potameto-Nupharetum luteae* Th. Müller et Görs 1960

Асс. *Nupharo lutei-Nymphaeetum candidae* Grigorjev et Solomeshch 1987

Асс. *Nymphaeetum candidae* Milijan 1958

КЛАСС *PHRAGMITO-MAGNOCARICETEA* Klika 1941

Порядок *PHRAGMITETALIA* W. Koch 1926

Союз *Phragmition communis* W. Koch 1926

Асс. *Phragmitetum communis* Savich 1926

Асс. *Typho angustifoliae-Phragmitetum australis* R. Tx. et Preising 1942

Асс. *Typhetum angustifoliae* Pignatti 1953

Асс. *Scirpetum lacustris* Chouard 1924

Асс. *Equisetetum fluviatilis* Steffen 1931

Асс. *Typhetum latifoliae* Soó ex G. Lang 1973

Асс. *Eleocharitetum palustris* Ubriszy 1948

Асс. *Sagittario-Sparganietum emersi* R. Tx. 1953

Сообщество *Veronica anagallis-aquatica*

Порядок *MAGNOCARICETALIA* Pignatti 1953

Союз *Magnocaricion elatae* W. Koch 1926

Асс. *Caricetum gracilis* Savich 1926

Асс. *Caricetum rostratae* Rübel 1912

Сообщество *Carex cespitosa*

Порядок *BOLBOSCHOENETALIA MARITIMI* Hejný in Holub et al. 1967

Союз *Scirpion maritimi* Dahl et Hadač 1941

Асс. *Scirpetum tabernaemontani* Passarge 1964

Сообщество *Bolboschoenus planiculmis*

Союз *Typhion laxmannii* Losev et Golub 1988

Асс. *Typhetum laxmannii* Nedelcu 1968

В диссертации приведены синоптические и характеризующие таблицы синтаксонов и их характеристика. Выделенные ассоциации и сообщества исследованной территории носят ярко выраженный интразональный характер, отличаются простым строением и доминированием одного или небольшого числа видов, которые входят в диагностические группы ассоциаций.

## ГЛАВА 5. ИЗМЕНЕНИЕ ВОДНЫХ И ПРИБРЕЖНО-ВОДНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ВДОЛЬ ГРАДИЕНТА ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Вдоль градиента загрязнения наблюдается снижение бета-разнообразия растительности (табл. 1).

Таблица 1. Изменение бета-разнообразия вдоль градиента загрязнения

Ассоциация / сообщество	Участки трансекты 1				Участки трансекты 2			
	К	I	II	III	К	I	II	III
<i>Lemnetea</i>								
<i>Hydrocharitetum morsus-ranae</i>	+	–	+	–	+	+	+	–
<i>Potametea</i>								
<i>Potametum lucentis</i>	+	+	+	–	+	+	+	–
<i>Potameto-Polygonetum natantis</i>	+	+	+	–	+	+	–	–
<i>Potametum perfoliati</i>	–	–	–	–	+	+	–	–
<i>Nupharo lutei-Nymphaeetum candidae</i>	–	–	–	–	+	–	–	–
<i>Nymphaeetum candidae</i>	–	–	–	–	+	–	–	–
<i>Potameto-Nupharetum luteae</i>	+	–	–	–	+	–	–	–
<i>Elodeetum canadensis</i>	–	–	+	–	–	–	–	–
<i>Phragmito-Magnocaricetea</i>								
<i>Phragmitetum communis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Typhetum angustifoliae</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Scirpetum lacustris</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Eleocharitetum palustris</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Caricetum gracilis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Scirpetum tabernaemontani</i>	+	+	+	–	+	+	–	–
<i>Bolboschoenus planiculmis</i>	+	+	+	–	+	+	–	+
<i>Typho angustifoliae-Phragmitetum australis</i>	+	+	+	–	+	+	–	+
<i>Equisetetum fluviatilis</i>	+	+	+	–	–	–	–	–
<i>Caricetum rostratae</i>	+	+	+	–	–	–	–	–
<i>Carex cespitosa</i>	+	+	+	+	–	–	–	–
<i>Typhetum laxmannii</i>	–	+	+	–	–	–	–	–
<i>Typhetum latifoliae</i>	–	+	–	–	+	+	+	–
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	–	–	–	–	+	+	+	–
<i>Sagittario-Sparganietum emersi</i>	–	–	–	–	+	–	+	–
Всего	15	15	16	6	18	14	10	7

Примечание: (+) – присутствие синтаксона; (–) – отсутствие синтаксона.

Из таблицы видно, что особенно резкое снижение бета-разнообразия происходит на наиболее загрязненных участках (III) трансект, где представлены только ассоциации и сообщества класса *Phragmito-Magnocaricetea*. Сквозными для всех участков являются ассоциации с доминированием *Phragmites australis*, *Typha angustifolia*, *Scirpus lacustris*, *Eleocharis palustris* и *Carex acuta*. К часто встречаемой также можно отнести ассоциацию *Potametum lucentis*, которая отсутствует только на наиболее загрязненных участках трансект.

На градиенте загрязнения наблюдается снижение альфа-разнообразия, проективного покрытия сообществ и средней высоты травостоя (табл. 2), а также надземной фитомассы основных доминантов (табл. 3). Эта тенденция наиболее выражена на трансекте 1.

Таблица 2. Динамика синтетических характеристик растительных сообществ

Ассоциация	Участки			
	К	I	II	III
Число видов				
<i>Phragmitetum communis</i>	14/11	10/7	7/4	1/2
<i>Typhetum angustifoliae</i>	10/8	8/6	5/5	3/4
<i>Scirpetum lacustris</i>	9/18	5/7	4/5	3/5
<i>Eleocharitetum palustris</i>	15/14	9/8	4/5	2/4
<i>Caricetum gracilis</i>	13/14	9/10	7/8	5/6
<i>Potametum lucentis</i>	8/8	6/6	3/4	–
Проективное покрытие, %				
<i>Phragmitetum communis</i>	90/90	80/80	70/40	10/50
<i>Typhetum angustifoliae</i>	95/80	90/60	30/60	20/50
<i>Scirpetum lacustris</i>	90/90	80/60	80/50	25/40
<i>Eleocharitetum palustris</i>	80/90	80/80	75/60	50/60
<i>Caricetum gracilis</i>	90/90	85/90	75/60	50/70
<i>Potametum lucentis</i>	70/100	50/80	50/30	–
Средняя высота, см				
<i>Phragmitetum communis</i>	160/170	150/170	140/130	30/100
<i>Typhetum angustifoliae</i>	180/180	140/160	140/150	100/150
<i>Scirpetum lacustris</i>	160/170	160/160	130/140	100/140
<i>Eleocharitetum palustris</i>	40/40	40/30	30/30	15/25
<i>Caricetum gracilis</i>	70/60	60/60	60/50	60/40
<i>Potametum lucentis</i>	н.д.	н.д.	н.д.	–

Примечание: трансекта 1 / трансекта 2; н.д. – нет данных; (–) – сообщества отсутствуют.

Таблица 3. Динамика надземной фитомассы доминирующих макрофитов

Вид	Средние значения воздушно-сухой надземной фитомассы по участкам трансект, ц/га			
	К	I	II	III
<i>Phragmites australis</i>	<u>331,26</u> 295,78	<u>269,34</u> 268,09	<u>70,27</u> 200,17	<u>57,56</u> 188,84
<i>Typha angustifolia</i>	<u>166,61</u> 139,14	<u>131,30</u> 96,00	<u>82,09</u> 85,42	<u>45,09</u> 77,38
<i>Scirpus lacustris</i>	<u>81,28</u> 91,80	<u>62,32</u> 60,09	<u>35,05</u> 52,75	<u>34,99</u> 47,11
<i>Eleocharis palustris</i>	<u>37,99</u> 44,95	<u>34,03</u> 35,28	<u>31,23</u> 27,20	<u>16,65</u> 26,53
<i>Carex acuta</i>	<u>110,57</u> 131,86	<u>100,49</u> 133,29	<u>97,74</u> 84,78	<u>33,90</u> 59,15
<i>Potamogeton lucens</i>	<u>27,40</u> 35,29	<u>22,04</u> 26,33	<u>13,90</u> 11,57	—

Примечание: то же, что и в табл. 2.

## ГЛАВА 6. ИЗУЧЕНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ДОМИНИРУЮЩИМИ ВИДАМИ МАКРОФИТОВ РЕКИ ТАНАЛЫК

Показано, что с усилением техногенной нагрузки происходит статистически достоверное увеличение содержания ТМ в воде (табл. 4). Содержание элементов на контроле трансекты 1 убывает в ряду Fe > Zn > Cu > Mn > Pb > Cd. Повышенное содержание некоторых металлов на контроле связано с особенностями естественного геохимического фона региона, характеризующегося рудопроявлениями медно-колчеданного и смешанного полиметаллического составов (Опекунова и др., 2004; Шагеева и др., 2004).

В пробах воды с участка ниже впадения стоков месторождения Куль-Юрт-Тау происходит статистически достоверное повышение концентрации рассматриваемых элементов по сравнению с контролем, что подтверждает влияние стоков на экологическое состояние р.Таналык. Так, на данном участке реки наблюдалось стабильное превышение ПДК по Fe (общ.), Mn, Cu и Zn. Содержание Pb и Cd не превышало ПДК.

На контрольном участке трансекты 2 наблюдается превышение ПДК по всем рассматриваемым металлам, что связано с фоновым загрязнением. Содержание элементов убывает в ряду Mn > Fe > Pb > Zn > Cd > Cu. В пробах

воды с участка ниже впадения стоков БГОК также происходит достоверное повышение концентрации ТМ по сравнению с контролем. Максимальное превышение ПДК характерно для меди (в 1100 раз). В отличие от трансекты 1, на данном участке реки отмечено превышение ПДК по кадмию (до 5,4 раза).

Таблица 4. Содержание ТМ в воде р.Таналык вдоль градиента загрязнения

ТМ	Участки			
	К	I	II	III
Трансекта 1				
Fe (общ.), мг/дм <sup>3</sup>	$\frac{0,30 \pm 0,05}{3}$	$\frac{0,90 \pm 0,08}{9}$	$\frac{1,20 \pm 0,19}{12}$	$\frac{11,07 \pm 1,16}{110,7}$
Mn, мг/дм <sup>3</sup>	$\frac{0,01 \pm 0,003}{1}$	$\frac{0,03 \pm 0,004}{3}$	$\frac{0,05 \pm 0,007}{5}$	$\frac{0,48 \pm 0,079}{48}$
Zn, мг/дм <sup>3</sup>	$\frac{0,03 \pm 0,01}{3}$	$\frac{0,10 \pm 0,02}{10}$	$\frac{0,14 \pm 0,02}{14}$	$\frac{0,40 \pm 0,05}{40}$
Cu, мг/дм <sup>3</sup>	$\frac{0,014 \pm 0,002}{14}$	$\frac{0,020 \pm 0,004}{20}$	$\frac{0,030 \pm 0,006}{30}$	$\frac{0,035 \pm 0,008}{35}$
Pb, мг/дм <sup>3</sup>	$\frac{0,0009 \pm 0,0001}{-}$	$\frac{0,001 \pm 0,0001}{-}$	$\frac{0,005 \pm 0,0004}{-}$	$\frac{0,002 \pm 0,0003}{-}$
Cd, мг/дм <sup>3</sup>	$\frac{\text{н.о.}}{-}$	$\frac{0,0001}{-}$	$\frac{0,0001}{-}$	$\frac{0,0008 \pm 0,0001}{-}$
Трансекта 2				
Fe (общ.), мг/дм <sup>3</sup>	$\frac{0,15 \pm 0,03}{1,5}$	$\frac{0,26 \pm 0,03}{2,6}$	$\frac{0,30 \pm 0,04}{3}$	$\frac{2,30 \pm 0,04}{23}$
Mn, мг/дм <sup>3</sup>	$\frac{0,50 \pm 0,04}{50}$	$\frac{0,43 \pm 0,03}{43}$	$\frac{1,60 \pm 0,05}{160}$	$\frac{1,50 \pm 0,03}{150}$
Zn, мг/дм <sup>3</sup>	$\frac{0,02 \pm 0,004}{2}$	$\frac{0,24 \pm 0,022}{24}$	$\frac{0,60 \pm 0,036}{60}$	$\frac{1,20 \pm 0,045}{120}$
Cu, мг/дм <sup>3</sup>	$\frac{0,002 \pm 0,0002}{2}$	$\frac{0,080 \pm 0,0032}{80}$	$\frac{0,090 \pm 0,0038}{90}$	$\frac{1,102 \pm 0,066}{1100}$
Pb, мг/дм <sup>3</sup>	$\frac{0,03 \pm 0,003}{5}$	$\frac{0,06 \pm 0,003}{10}$	$\frac{0,071 \pm 0,004}{11,7}$	$\frac{0,09 \pm 0,008}{15}$
Cd, мг/дм <sup>3</sup>	$\frac{0,005 \pm 0,0002}{1}$	$\frac{0,021 \pm 0,0028}{4,2}$	$\frac{0,022 \pm 0,0034}{4,4}$	$\frac{0,027 \pm 0,0023}{5,4}$

Примечание: в числителе – содержание ТМ, в знаменателе – кратность превышения ПДК для водоемов рыбохозяйственного значения (Перечень рыбохозяйственных ..., 1999); н.о. – не обнаружено.

Вдоль градиента загрязнения на обеих трансектах наблюдается достоверное увеличение содержания подвижных форм ТМ также и в донных отложениях р.Таналык. Повышение содержания ТМ в воде и грунте сопровождается увеличением их аккумуляции в надземных и подземных частях *Phragmites australis*, *Typha angustifolia*, *Scirpus lacustris*, *Eleocharis palustris*, *Carex acuta* и *Potamogeton lucens*, достоверность которого подтверждается результатами дисперсионного анализа. При этом выявлена четкая зависимость накопления металлов от состава загрязнителей воды.

Изменение содержания железа и меди в надземных и подземных частях макрофитов вдоль градиента загрязнения показано на рисунках 1 и 2.

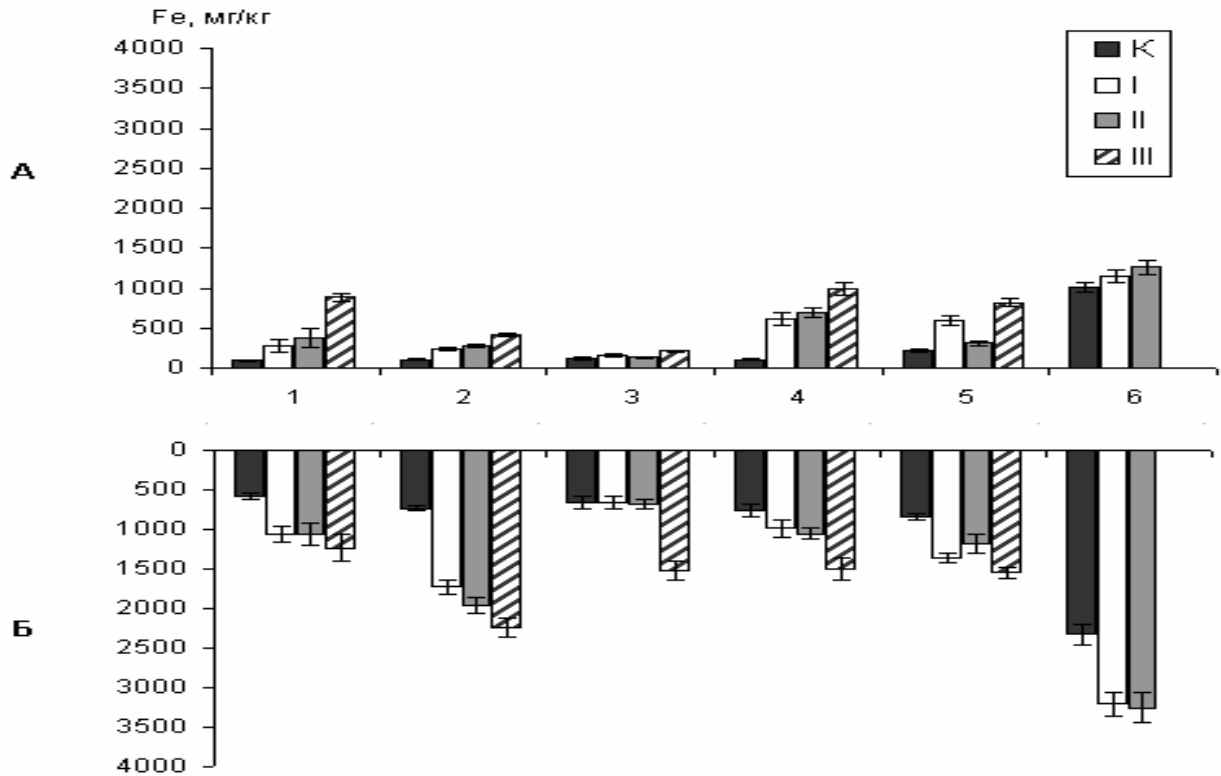
Из рисунков очевидно, что концентрация железа наиболее высока в зоне влияния отработанного серно-колчеданного месторождения Куль-Юрт-Тау (трансекта 1), меди – на трансекте 2 в зоне влияния БГОК (медно-колчеданного месторождения).

Корреляционный анализ зависимости содержания железа в фитомассе и в воде показал тесную положительную связь. Коэффициент корреляции для надземной части растений трансекты 1 составляет 0,75–0,99, для подземной – 0,64–0,99. Для трансекты 2 значение  $r$  составляет соответственно 0,91–0,96 и 0,79–0,94. Исключением на трансекте 2 являются очень низкие показатели коэффициента корреляции для *Potamogeton lucens*, составляющие для надземной и подземной частей соответственно 0,23 и 0,09.

Корреляционный анализ данных содержания меди в фитомассе и в воде также показал тесную положительную зависимость: для надземной части растений трансекты 1  $r$  составляет 0,83–0,99, для подземной – 0,74–0,93. Для трансекты 2 значение  $r$  составляет соответственно 0,60–0,99 и 0,61–0,99.

Аналогичные данные были получены и по другим тяжелым металлам.

## Трансекта 1



## Трансекта 2

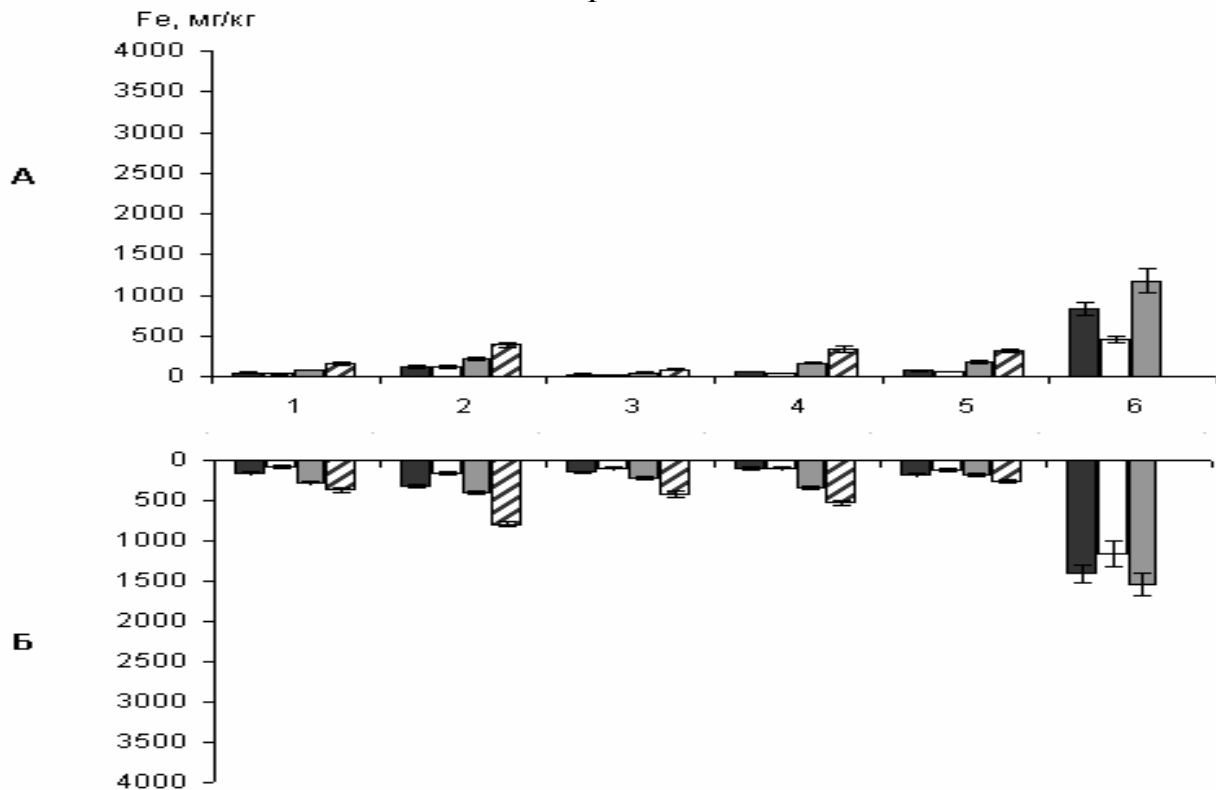
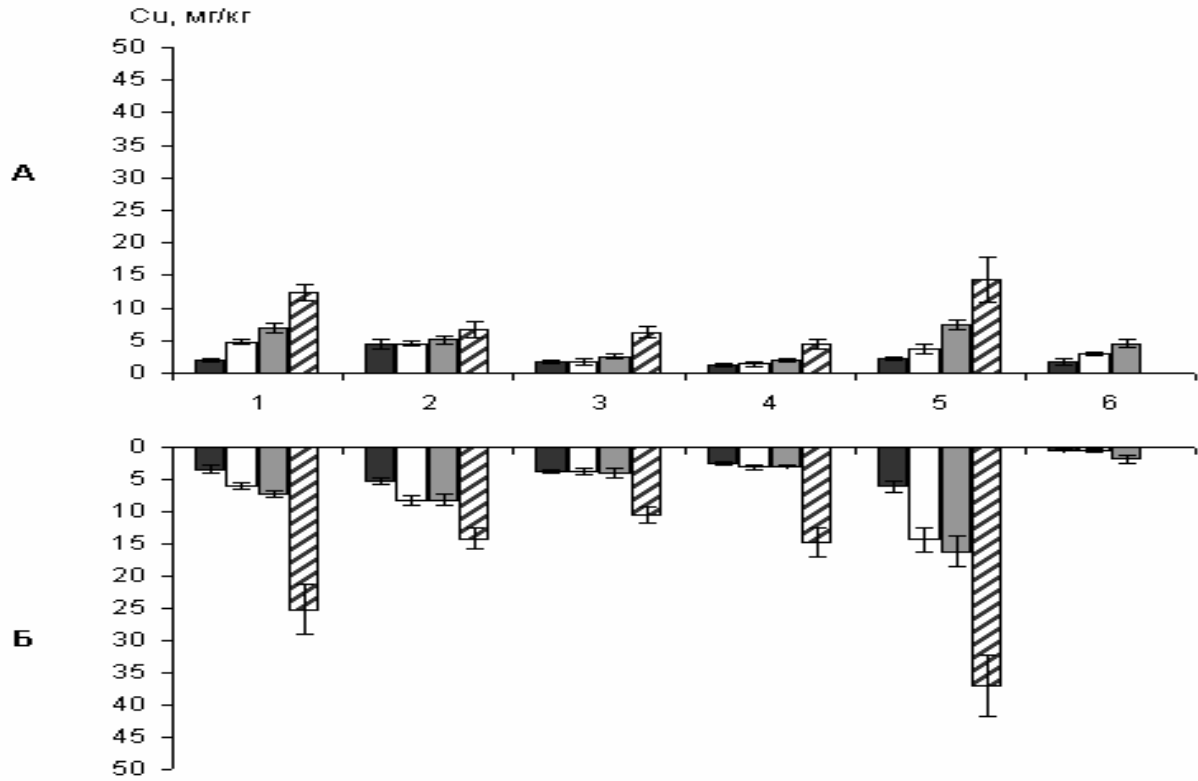


Рис. 1. Содержание Fe (мг/кг) в макрофитах вдоль градиента загрязнения. Условные обозначения: 1 – *Phragmites australis*; 2 – *Typha angustifolia*; 3 – *Scirpus lacustris*; 4 – *Eleocharis palustris*; 5 – *Carex acuta*; 6 – *Potamogeton lucens*. А – надземная фитомасса; Б – подземная фитомасса. К – контроль; I–III – участки трансекты.

## Трансекта 1



## Трансекта 2

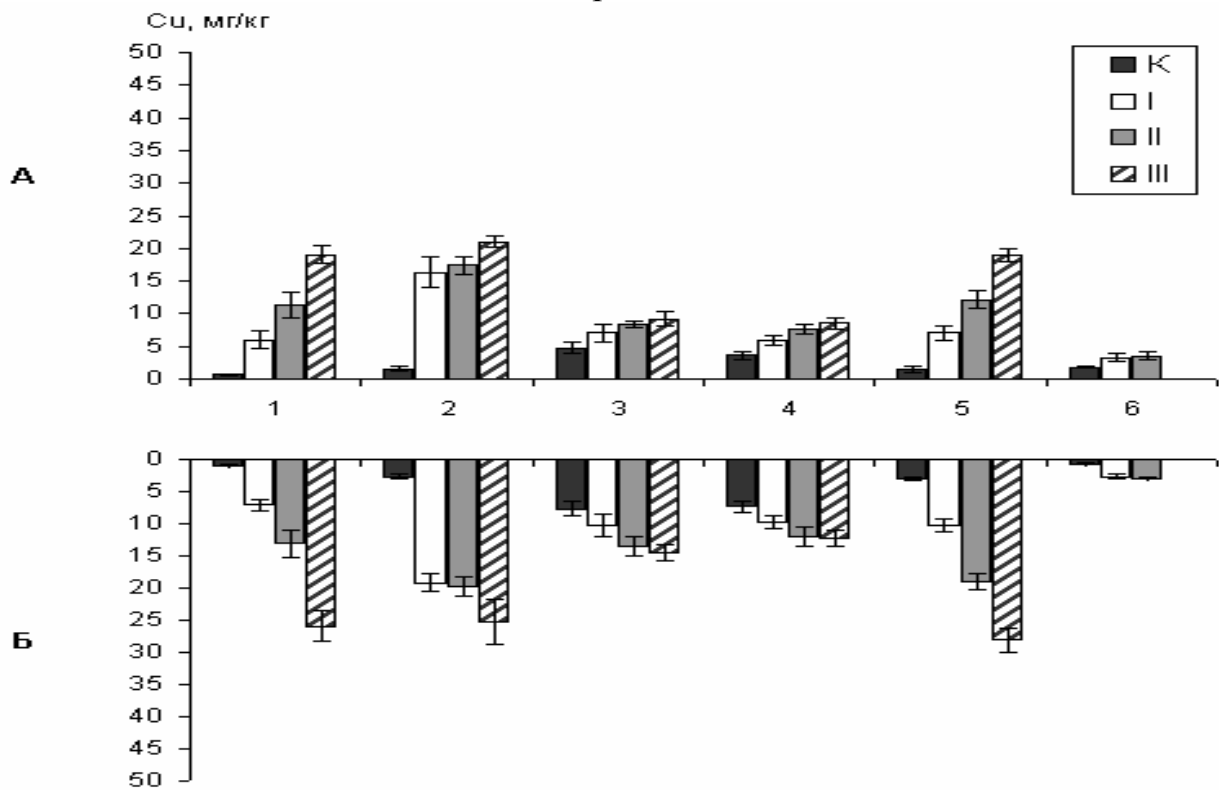


Рис. 2. Содержание Cu (мг/кг) в макрофитах вдоль градиента загрязнения. Условные обозначения те же, что и на рис. 1.



## ГЛАВА 7. ОПЫТ СОЗДАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОЧИСТНЫХ ПРУДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИДОВ АБОРИГЕННЫХ ВОДНЫХ И ПРИБРЕЖНО-ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ

Разработана и испытана технологическая схема установки по очистке подотвальных вод месторождения Куль-Юрт-Тау. Завершающим этапом технологии являлась тонкая доочистка стоков в системе биологических очистных прудов с видами аборигенных прибрежно-водных растений, отобранными на основе данных полевых исследований и анализа накопления ТМ. Для создания искусственного растительного сообщества биопрудов были выбраны виды, обладающие высоким обилием, постоянством и устойчивостью к загрязнению ТМ: *Phragmites australis*, *Typha angustifolia*, *Scirpus lacustris*, *Eleocharis palustris*, *Carex acuta* и *Potamogeton lucens*.

В биоочистные пруды вода подавалась после первичной очистки и нейтрализации. Время нахождения очищаемых стоков в биопрудах составляло 7–8 суток в каждом из трех прудов. После этого стоки через специальные каналы сбрасывались в естественный водоем.

Изучение закономерности сезонного развития искусственного растительного сообщества показало, что высоким потенциалом самовозобновления после пересадки в биоочистные пруды отличаются *Phragmites australis*, *Typha angustifolia* и *Eleocharis palustris*, которые формируют достаточно высокую фитомассу и могут быть основой растительного «фильтрующего элемента». Согласно технологии *Potamogeton lucens* был посеян семенами. Однако, семена не дали всходов. Вероятно, это связано с их очень низкой всхожестью.

Изучение накопления ТМ макрофитами в условиях биоочистных прудов показало, что все представленные виды активно концентрируют Fe и Mn. Наименьшие уровни накопления установлены для Pb и Cd. Кроме того, отмечено повышение аккумулятивной способности в отношении к Zn по сравнению с Cu. Содержание ТМ в подземной фитомассе превышает их содержание в надземной части. Ряды накопления тяжелых металлов в надземной фитомассе изученных макрофитов имеют следующий вид:

*Phragmites australis* (мг/кг) – Fe (910,74) > Mn (160,86) > Zn (28,76) > Cu (9,33) > Pb (2,12) > Cd (0,34);

*Typha angustifolia* (мг/кг) – Fe (366,64) > Mn (220,68) > Zn (25,61) > Cu (7,28) > Pb (2,27) > Cd (0,65);

*Scirpus lacustris* (мг/кг) – Fe (206,66) > Mn (59,00) > Zn (30,05) > Cu (5,52) > Pb (2,10) > Cd (0,51);

*Eleocharis palustris* (мг/кг) – Fe (869,60) > Mn (90,81) > Zn (27,22) > Cu (5,07) > Pb (1,74) > Cd (0,34);

*Carex acuta* (мг/кг) – Fe (765,38) > Mn (76,89) > Cu (18,15) > Zn (15,83) > Pb (0,34) > Cd (0,24).

Ряды накопления тяжелых металлов в подземной фитомассе изученных макрофитов имеют следующий вид:

*Phragmites australis* (мг/кг) – Fe (1358,26) > Mn (350,21) > Zn (32,50) > Cu (15,31) > Pb (1,25) > Cd (0,86);

*Typha angustifolia* (мг/кг) – Fe (1805,62) > Mn (432,64) > Zn (28,30) > Cu (12,15) > Pb (3,76) > Cd (1,10);

*Scirpus lacustris* (мг/кг) – Fe (1291,86) > Mn (309,38) > Zn (24,48) > Cu (8,12) > Pb (3,47) > Cd (0,80);

*Eleocharis palustris* (мг/кг) – Fe (1262,52) > Mn (285,78) > Zn (45,66) > Cu (8,18) > Pb (2,27) > Cd (0,97);

*Carex acuta* (мг/кг) – Fe (1185,30) > Mn (223,38) > Cu (25,56) > Zn (25,48) > Pb (2,97) > Cd (1,40).

Результаты удаления ТМ из сточных вод при прохождении через биоочистные пруды представлены в таблице 5.

Из таблицы видно, что при прохождении сточных вод через биоочистные пруды содержание ТМ в воде снижается и приближается к уровню ПДК для водоемов рыбохозяйственного значения.

Таким образом, рассмотренные виды растений обладают высокой степенью накопления ТМ в условиях биоочистных прудов. При этом уже на второй год функционирования системы прудов достигается очистка сточных

вод от ионов тяжелых металлов почти до уровня ПДК, что позволяет рекомендовать использование подобных биологических установок на горнорудных объектах в системе мероприятий по предотвращению загрязнения окружающей среды высокоминерализованными стоками и улучшению общей экологической обстановки в регионе.

Таблица 5. Степень доочистки стоков в биологических очистных прудах

ТМ	Рекомендуемые значения содержания ТМ в воде, поступающей в биопруды, С / ПДК, не более	Содержание ТМ в воде у входа в биопруды		Содержание ТМ в воде на выходе из биопрудов	
		мг/дм <sup>3</sup>	С / ПДК	мг/дм <sup>3</sup>	С / ПДК
Fe (общ.)	100	9,50	95	$\frac{0,05-0,11}{0,09}$	$\frac{0,5-1,1}{0,9}$
Mn	25	0,50	50	$\frac{0,006-0,01}{0,008}$	$\frac{0,6-1,0}{0,8}$
Zn	25	0,30	30	$\frac{0,005-0,009}{0,008}$	$\frac{0,5-0,9}{0,8}$
Cu	100	0,04	40	$\frac{0,0008-0,0017}{0,0013}$	$\frac{0,8-1,7}{1,3}$
Pb	25	0,002	0,3	$\frac{0,0004-0,001}{0,0006}$	$\frac{0,07-0,17}{0,10}$
Cd	25	0,0006	0,12	$\frac{0-0,0002}{0,0001}$	$\frac{\text{до } 0,04}{0,02}$

Примечание: в числителе – пределы колебания, в знаменателе – среднее значение.

## ВЫВОДЫ

1. Синтаксономия водной и прибрежно-водной растительности р.Таналык в зоне влияния горнорудных объектов включает 3 класса (*Lemnetea*, *Potametea* и *Phragmito-Magnocaricetea*), 5 порядков, 7 союзов, 20 ассоциаций и 3 безранговые единицы. Из них 5 ассоциаций и 1 союз впервые указываются для Республики Башкортостан.

2. Под воздействием стоков отработанного месторождения Куль-Юрт-Тау и объектов БГОК наблюдается уменьшение альфа- и бета-разнообразия сообществ, снижение проективного покрытия, средней высоты травостоя, надземной фитомассы доминантов. Ведущую роль в сложении растительности

на всем градиенте загрязнения играют сообщества с доминированием *Phragmites australis*, *Typha angustifolia*, *Scirpus lacustris*, *Eleocharis palustris*, *Carex acuta* и *Potamogeton lucens*.

3. Вдоль градиента загрязнения наблюдается повышение аккумуляции растениями ТМ. Накопление металлов в фитомассе имеет следующий убывающий ряд:  $Fe > Mn > Zn > Cu > Pb > Cd$ . При этом подземная фитомасса способна накапливать ТМ больше, чем надземная. Содержание металлов в макрофитах коррелирует с их концентрацией в воде р.Таналык. В связи с этим в растениях, произрастающих в зоне влияния серно-колчеданного месторождения Куль-Юрт-Тау, отмечается высокое содержание железа, а на отрезке реки, загрязняемом стоками БГОК – повышенная концентрация меди.

4. Определены перспективные виды, обладающие высоким постоянством, обилием и устойчивостью к минеральному загрязнению – *Phragmites australis*, *Typha angustifolia*, *Scirpus lacustris*, *Eleocharis palustris*, *Carex acuta* и *Potamogeton lucens*, которые были использованы для создания искусственных растительных сообществ в биоочистных прудах.

5. В условиях биоочистных прудов экологического полигона месторождения Куль-Юрт-Тау пересаженные виды растений активно концентрируют Fe и Mn. Наименьший уровень накопления установлен для Pb и Cd. Кроме того, отмечено повышение аккумулятивной способности в отношении к Zn по сравнению с Cu. Содержание ТМ в подземной фитомассе превышает их содержание в надземной части.

6. При использовании высших водных растений в биоочистных прудах достигается высокая степень доочистки загрязненных тяжелыми металлами стоков (до уровня ПДК для водоемов рыбохозяйственного значения). Это позволяет рекомендовать использование подобных биоочистных сооружений на горнорудных объектах в качестве составного элемента в системе мероприятий по предотвращению загрязнения окружающей среды высокоминерализованными стоками и улучшению общей экологической обстановки в регионе.

**Список работ, опубликованных по теме диссертации**

1. Бактыбаева З.Б., Сабитова З.Ш. К проблеме экологии реки Таналык // Сборник статей VI Международной научной конференции «Состояние биосферы и здоровье людей». Пенза: РИО ПГСХА, 2006. С. 199–201.
2. Бактыбаева З.Б. Влияние Бурибаевского горно-обогатительного комбината на содержание некоторых тяжелых металлов в воде реки Таналык // Сборник статей VI Международной научно-практической конференции «Экология и безопасность жизнедеятельности». Пенза: РИО ПГСХА, 2006. С. 28–30.
3. Суюндуков Я.Т., Ковтуненко С.В., Ишмаков Р.В., Юнусбаев У.Б., Бактыбаева З.Б. Экологическая технология очистки подотвальных вод месторождения Куль-Юрт-Тау // Экономические и экологические проблемы горнодобывающих предприятий Башкирского Зауралья: Доклады и выступления участников круглого стола (9 декабря 2006 г.). М.: «Оргсервис-2000», 2007. С. 35–39.
4. Бактыбаева З.Б., Суюндуков Я.Т., Юнусбаев У.Б., Сабитова З.Ш. Влияние месторождения Куль-Юрт-Тау на прибрежно-водные растительные сообщества реки Таналык // Экономические и экологические проблемы горнодобывающих предприятий Башкирского Зауралья: Доклады и выступления участников круглого стола (9 декабря 2006 г.). М.: «Оргсервис-2000», 2007. С. 107–115.
5. Бактыбаева З.Б., Суюндуков Я.Т., Сабитова З.Ш. Влияние предприятий горнопромышленного комплекса на содержание некоторых тяжелых металлов в воде реки Таналык // Башкирский экологический вестник. 2007. № 1 (17). С. 35–37.
6. Бактыбаева З.Б., Юнусбаев У.Б., Суюндуков Я.Т. Динамика водных растительных сообществ реки Таналык в зоне влияния месторождения Куль-Юрт-Тау // Вестник Оренбургского государственного университета. 2007. Специальный выпуск (№75) «Проблемы экологии Южного Урала». Часть 1. С. 38–39.
7. Бактыбаева З.Б., Юнусбаев У.Б., Суюндуков Я.Т. Опыт создания искусственных растительных сообществ для биологических очистных прудов на примере месторождения Куль-Юрт-Тау // Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2007): Сборник научных статей IV-й Международной научно-технической конференции. Уфа: УГАТУ, 2007. С. 318–321.
8. Бактыбаева З.Б., Юнусбаев У.Б., Суюндуков Я.Т. Опыт создания искусственных растительных сообществ из аборигенных прибрежно-водных видов растений для целей биологической очистки // Башкирский экологический вестник. 2008. № 1 (19). С. 28–30.
9. Бактыбаева З.Б., Юнусбаев У.Б., Суюндуков Я.Т. Опыт использования тростника обыкновенного для биологической доочистки подотвальных вод, загрязняющих реку Таналык // Экологические проблемы бассейнов крупных

- рек – 4: Тезисы докладов Международной конференции [электронный ресурс]. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2008. С. 10.
10. Бактыбаева З.Б., Суюндуков Я.Т., Юнусбаев У.Б. Изменение состояния водных растительных сообществ реки Таналык под влиянием минерального загрязнения // Материалы II Международной научно-практической конференции «Природное наследие России в 21 веке». Уфа, БашГАУ, 2008. С. 71–73.
  11. Курманова Л.Г., Утягулова Г.М., Бактыбаева З.Б., Юнусбаев У.Б. Использование *Eleocharis palustris* и *Scirpus lacustris* для биологической доочистки подотвальных вод месторождения Куль-Юрт-Тау // Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр: Материалы VII международной конференции. Москва–Ереван, 15–19 сентября 2008 г. М.: РУДН, 2008. С. 260–262.
  12. Губайдуллин И.Т., Мокин А.А., Бактыбаева З.Б., Хасанова Р.Ф. Изучение наземной фитомассы доминирующих макрофитов реки Таналык на примере *Phragmites australis* и *Typha angustifolia* в зоне влияния месторождения Куль-Юрт-Тау // Проблемы и перспективы конкурентоспособного воспроизводства в Башкирском Зауралье: Материалы Республиканской научно-практической конференции (25 сентября 2008 г.). В 3-х частях. Ч. III. Уфа: РИЦ БашГУ, 2008. С. 65–67.
  13. Бактыбаева З.Б. Некоторые особенности фоновых концентраций тяжелых металлов в реке Таналык // Проблемы и перспективы конкурентоспособного воспроизводства в Башкирском Зауралье: Материалы Республиканской научно-практической конференции (25 сентября 2008 г.). В 3-х частях. Ч. III. Уфа: РИЦ БашГУ, 2008. С. 48–50.
  14. Бактыбаева З.Б., Саптарова Л.М. Загрязнение реки Таналык тяжелыми металлами под влиянием предприятий горнопромышленного комплекса // Социально-экономические проблемы Уральского региона Республики Башкортостан: Республиканская науч.-практ. конференции (26 сентября 2008 г.). В 2-х частях. Ч. I. Уфа: РИЦ БашГУ, 2008. С. 183–185.
  15. Бактыбаева З.Б., Юнусбаев У.Б. Накопление тяжелых металлов в растениях, используемых для биологической доочистки подотвальных вод в Зауралье Республики Башкортостан // Проблемы устойчивого развития региона: материалы V школы-семинара молодых ученых России (Улан-Удэ, 2009 г.). Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2009. С. 160–162.
  16. Бактыбаева З.Б., Юнусбаев У.Б., Ямалов С.М., Бобров А.А. Водная и прибрежно-водная растительность реки Таналык (Зауралье Республики Башкортостан // Вестник Оренбургского государственного университета. 2009. № 6 (100). С. 60–63.
  17. Таипова О.А., Бактыбаева З.Б., Семенова И.Н., Суюндуков Я.Т. Оценка загрязнения тяжелыми металлами почв, прилегающих к месторождению Куль-Юрт-Тау // Вестник Оренбургского государственного университета. 2009. № 6 (100). С. 622–625.

**БАКТЫБАЕВА ЗУЛЬФИЯ БУЛАТОВНА**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНОЙ И ПРИБРЕЖНО-ВОДНОЙ  
РАСТИТЕЛЬНОСТИ РЕКИ ТАНАЛЫК ДЛЯ СОЗДАНИЯ  
БИОЛОГИЧЕСКИХ ОЧИСТНЫХ ПРУДОВ  
НА ГОРНОРУДНЫХ ОБЪЕКТАХ ЗАУРАЛЬЯ**

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

*Лицензия на издательскую деятельность  
ЛР № 021319 от 05.01.99 г.*

Подписано в печать 28.09.2009.  
Формат 60x84/16. Уч.-изд.л. 1,6. Усл.п.л. 1,4  
Тираж 100 экз. Заказ №1786

*Редакционно-издательский центр  
Башкирского государственного университета  
450074, РБ, г. Уфа, ул. З. Валиди, 32.  
Отпечатано на множительном участке РИЦ  
Сибайского института (филиала) БашГУ  
453833, РБ, г. Сибай, ул. Белова, 21. Тел. 5-15-37.*