

*М. Ф. Андрейчик*

### ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАЙОНА ДЕПОНИРОВАННЫХ ОТХОДОВ КОМБИНАТА «ТУВАКОБАЛЬТ» РЕСПУБЛИКИ ТЫВА

21

*Опасность депонированных отходов комбината в биосфере сохраняется. Решение проблемы: комплексные исследования и возобновление деятельности комбината с полной переработкой отходов и извлечением всех полезных компонентов.*

*The dumped waste from the industrial complex still threatens the biosphere. The solution to the problem lies in integrated research and the resumption of plant operation accompanied by complete waste utilization and extraction of all commercial components.*

**Ключевые слова:** отходы комбината, несовершенные объекты депонирования, промышленные концентрации химических веществ в отходах, разрушение объектов, загрязнение почв и вод.

**Key words:** industrial complex waste, deficient waste disposal technologies, high non-ferrous metal content, facility destruction, soil and water pollution.

#### Введение

В основу работы положены требования «Временных методических рекомендаций по проведению инвентаризации мест захоронения и хранения отходов в Российской Федерации», изданных Министерством охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ в 1995 г. По существующей классификации объекты депонированных отходов комбината «Тувакобальт» относятся к категории искусственных сборников, бункеров, контейнеров и других мест хранения и захоронения отходов (код 11). Таких объектов в республике три, их общая площадь составляет 104 га, объем отходов – 2540 тыс. м<sup>3</sup>, масса – 5080 т. Эти объекты представлены очистными сооружениями Кызылской городской коллекторной сети, накопителями жидких отходов Кызылской птицефабрики и хранилищами твердых отходов комбината «Тувакобальт».

Первые два объекта экологической опасности не представляют, так как находятся под постоянным контролем государственной санитарной эпидемиологической службы. На третьем объекте хранятся твердые отходы технологии гидрометаллургического производства в объеме 1,7 тыс. м<sup>3</sup>, накопленные за 20-летний период работы комбината «Тувакобальт». По принятой в то время технологии здесь извлекался только кобальт, остальные компоненты цветных металлов уходили в мокрый шлам. Комбинат был остановлен в 1993 г. после обострения



межнациональных отношений, когда русскоязычные специалисты выехали за пределы республики. В настоящее время производственные здания варварски разрушены, объекты захоронения отходов бесхозные.

### Результаты и их обсуждение

Отходы комбината размещены в пяти прудовых захоронениях и содержат в промышленных концентрациях никель, медь, висмут, серебро, а также 75 тыс. т мышьяка, т.е. они имеют ценность при более глубокой переработке сырья. Эти хранилища представляют собой искусственные грунтовые емкости с противофильтровым покрытием Д-10 (глиняные грунтовые с пленчатым однослойным битумным покрытием). Наблюдения показывают, что заметно активизируется процесс размывания обваловки тальными и дождевыми водами; три хранилища открыты и подвержены действию сильных ветров и пыльных бурь. Токсичная пыль распространяется по розе ветров в сторону пос. Сайлыг и пгт Хову-Аксы. Исследования Тувинского и Иркутского государственных университетов выявили здесь очаг заражения почвы с концентрацией мышьяка 11 ПДК на площади около 80 км<sup>2</sup>. Абсолютные значения концентраций рассматриваемого элемента в почве варьируют в широких пределах: 22–350 мг/кг при ПДК — 2 мг/кг. В мясе домашних животных данной территории концентрация мышьяка составляет 14–16 ПДК [1].

### Содержание загрязняющих веществ в почве

Исследования проводились на пастбищном реперном (опорном) участке агрохимической службы «Тувинская», расположенном в 1 км от хранилища отходов «Тувакобальт» и в 2,5 км от пос. Сайлыг. Его площадь около 10 га, контроль экологического состояния почвы и растений ведется ежегодно. Полученные результаты показали, что содержание подвижных и валовых форм тяжелых металлов (ТМ) в почве не превышает предельно допустимых концентраций. По отдельным годам анализируемого периода в динамике ТМ строгой закономерности не выявлено. Это относится и к экстремальным величинам сезонных изменений. Не зафиксировано определенной синхронности в динамике изучаемых веществ в течение вегетационного периода. В одни годы происходило снижение содержания в почве свинца, кадмия и ртути летом, в другие — увеличение отдельных элементов от весны к осени.

Важной задачей в рамках агроэкологического мониторинга является определение степени накопления ТМ в растениеводческой продукции. Содержание ТМ и мышьяка в клубнях картофеля, в надземной части злаковых и полынных трав пастбища представлены в таблице 1. Из таблицы 1 следует, что содержание ТМ и мышьяка в клубнях картофеля не превышает ПДК. В злаковых травах концентрация кадмия выше ПДК в 2 раза. Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы: 1) все растения накапливают микроэлементы в соответствии с их концентрацией в почве; 2) надземная фитомасса злаковых трав обладает избирательной способностью в биогенной аккумуляции токсичных элементов.



Таблица 1

**Содержание тяжелых металлов и мышьяка (мг/кг) в клубнях картофеля, и в наземной фитомассе злаковых трав в районе комбината «Тувакобальт»**

| Вещество | Картофель (1999–2004) |            | Трава (2005–2007) |            |
|----------|-----------------------|------------|-------------------|------------|
|          | ПДК                   | Показатель | ПДК               | Показатель |
| Медь     | 5                     | 0,90       | 10                | 2,59       |
| Цинк     | 10                    | 3,69       | 50                | 13,1       |
| Кобальт  | –                     | –          | 1                 | 0,049      |
| Свинец   | 0,5                   | 0,12       | 1,0               | 0,66       |
| Кадмий   | 0,03                  | 0,008      | 0,003             | 0,06       |
| Ртуть    | 0,02                  | 0,003      | 0,01              | 0,011      |
| Мышьяк   | 0,2                   | 0,005      | 0,2               | 0,027      |

23

Содержание валовых форм ТМ, марганца и мышьяка в слоях почвы 0–20 и 20–40 см на расстоянии 0,3–0,8 км от комбината «Тувакобальт» неодинаково. Для большинства точек наблюдения содержание ТМ в почве с глубиной существенно увеличивается, что указывает на их миграцию под действием атмосферных осадков.

Результаты лабораторных анализов образцов, взятых с карт-хранилищ комбината в районе пгт Хову-Аксы, представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Содержание валовых форм тяжелых металлов в отходах карт-хранилищ комбината «Тувакобальт»**

| Глубина отбора, см | Валовые формы, мг/кг |      |         |        |        |       |        |
|--------------------|----------------------|------|---------|--------|--------|-------|--------|
|                    | Медь                 | Цинк | Кобальт | Свинец | Кадмий | Ртуть | Мышьяк |
| 0–20               | 355                  | 840  | 153     | 123    | 1,60   | 1,03  | 97,4   |

Из таблицы видно, что в картах-хранилищах концентрации многих ТМ в десятки раз превышают ПДК, установленные для почв, что создает угрозу загрязнения сельскохозяйственных угодий в районе пос. Сайлыг. Процесс выветривания токсичных соединений сильными ветрами наиболее активно происходит в теплый период года, особенно весной (в апреле) с появлением пыльных бурь, когда скорость ветра достигает 20–30 м/с. Результаты обследования реперного участка показывают, что загрязнение почвы пастбища по валовым формам токсичных элементов составило 30–70 %, а подвижным – 14–27 % исследуемой площади.

**Химический состав подземных вод**

Наблюдения в гидросфере проводились с 1991 по 2003 г. Отбор проб производился в скважинах, расположенных на расстоянии 1 и 2 км, и в колодце пгт Хову-Аксы (в 3 км от комбината). Экологическое состояние поверхностных вод изучалось в ручье, верховье которого находится в непосредственной близости от ТЭЦ, и на двух постах р. Элегест – в водозаборе и на расстоянии 1 км ниже пос. Сайлыг. Для оценки качества во-



ды в анализ включены следующие показатели: общая и карбонатная жесткость, pH, сухой остаток, минерализация,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}_3$ , нитрит- и нитрат-ионы  $\text{NO}_2$  и  $\text{NO}_3$ , аммоний солевой  $\text{NH}_4$  и микроэлементы (Cs, Cu, Zn, Cd, Pb, Co, Ni, Mn, Cr). Следует отметить, что концентрации большинства изучаемых показателей на различном удалении от комбината не превышают ПДК. Они характеризуются широким диапазоном варьирования и спонтанностью появления противоречивых ситуаций, а порой отсутствием в вариационном ряду связей, что затрудняет проведение системного анализа. Импульсивность динамики некоторых элементов общих показателей подземных вод представлена на рисунке 1.

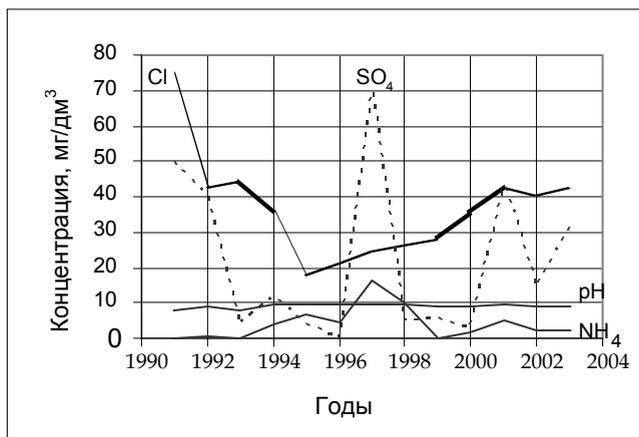


Рис. 1. Динамика ионов хлора, сульфатов, кислотности и аммония в подземных водах на расстоянии 2 км от комбината

На рисунке четко прослеживается, что два показателя — pH и аммоний — на протяжении всего периода наблюдений выше ПДК. Причем концентрация аммония на большом отрезке времени колеблется в интервале 2–5 ПДК. Графически его динамика описывается полиномом 6-й степени в виде затухающего синусоидального тренда с периодом амплитуды между минимумами 8 лет и максимумами 4 года.

Коэффициент детерминации ( $R^2$ ) показывает, что почти 76 % тесноты связи в анализируемых признаках определяется фактором времени.

Эпизодичность появления аммония характерна и для поверхностных вод. Так, в ручье его концентрация составляла в мае 1998 г. 2 ПДК, в мае и августе 1999 г. — соответственно 1,7 и 113, в июне 2002 г. — 3,1 ПДК.

Опасность аммония, как и аммиака (по азоту), состоит в том, что он вызывает метаглобиномию, злокачественные новообразования [3], мутагенное и тератогенное действие (уродства), нарушение обмена веществ, сердечно-сосудистые заболевания [2].

Размах варьирования микроэлементов тяжелых металлов в десятки и сотни раз меньше по сравнению с общими показателями, характеризующими качество подземных и поверхностных вод. Исключение составляют мышьяк, цинк и марганец, коэффициенты вариации которых



лежат в интервале 138–185 %. Особой стабильностью в течение исследуемого периода отличается динамика концентрации никеля (табл. 3).

Таблица 3

**Параметры статистической обработки и доверительные интервалы микроэлементов в водозаборе р. Элегест за 1998–2003 гг.**

| Элемент | $\bar{x} \pm s$ | $\sigma$ | $\pm ts, t=2,06$ | Доверительный интервал | V, % |
|---------|-----------------|----------|------------------|------------------------|------|
| Cs      | 0,017 ± 0,012   | 0,031    | ± 0,025          | 0,037 ÷ 0,042          | 182  |
| Cu      | 0,0018 ± 0,0005 | 0,0013   | ± 0,001          | 0,0008 ÷ 0,0028        | 72   |
| Zn      | 0,008 ± 0,0039  | 0,011    | ± 0,0003         | 0,0077 ÷ 0,008         | 138  |
| Cd      | 0,0045 ± 0,0004 | 0,0001   | ± 0,0008         | 0,0442 ÷ 0,0053        | 2,4  |
| Pb      | 0,003 ± 0,0005  | 0,0014   | ± 0,001          | 0,002 ÷ 0,004          | 47   |
| Co      | 0,0025 ± 0,0006 | 0,0018   | ± 0,0012         | 0,0013 ÷ 0,0037        | 72   |
| Ni      | 0,001 ± 0       | 0        | 0                | 0                      | 0    |
| Mn      | 0,008 ± 0,0052  | 0,0148   | ± 0,0001         | 0,0074 ÷ 0,0081        | 185  |
| Cr      | 0,0017 ± 0,0003 | 0,0009   | ± 0,0006         | 0,001 ÷ 0,0023         | 53   |

25

В таблице 3 представлены средние величины ( $\bar{x}$ ), их абсолютные ошибки (s), стандартные отклонения ( $\sigma$ ), область разброса индивидуальных значений ( $\pm ts$ ) и коэффициент вариации (V), выполненные при 95 %-ном уровне вероятности, или 5 %-ном уровне значимости.

Достоверные связи изучаемых показателей прослеживаются лишь на отдельных временных фрагментах. На рисунке 2 видно, что из всех микроэлементов только концентрация мышьяка в 1998 г. превышала ПДК, после этого последовало ее плавное снижение по экспоненциальной кривой.

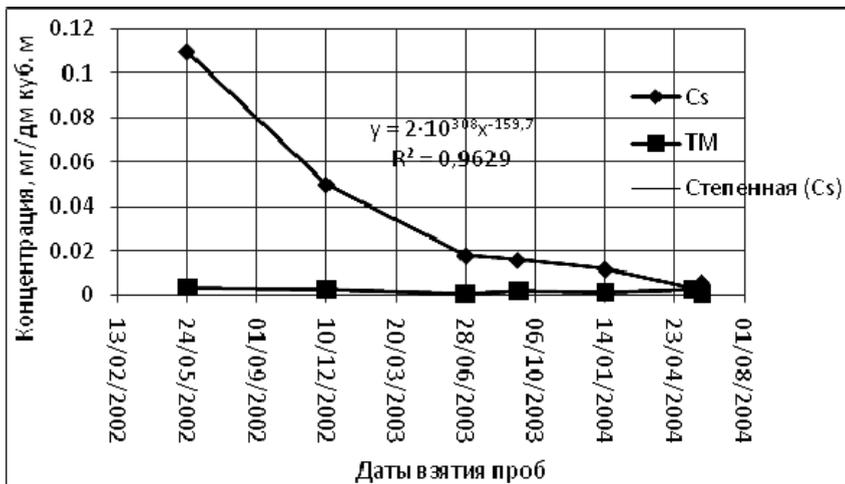


Рис. 2. Динамика микроэлементов в подземных водах на расстоянии 3 км от комбината, 2002–2004 гг.

Примечание. Cs - мышьяк, ТМ - тяжелые металлы (Cu, Pb, Co, Ni, Cd).



Нижняя кривая рисунка 2 показывает, что все перечисленные элементы тяжелых металлов отображаются одним криволинейным трендом 6-й степени, характеризующим их низкое содержание в подземных водах.

В колодце №2 пгт Хову-Аксы (в 3 км от комбината) зарегистрировано уменьшение концентрации нитрат-ионов  $\text{NO}_3$  с 3,2 в 1998 г. до 1,5 ПДК в 2003 г. (рис. 3). Достоверность обратной линейной связи подтверждает высокий коэффициент детерминации. В этой же точке выявлена закономерность взаимотрансформации между ионами  $\text{NO}_3$  и  $\text{NO}_2$ , которая выражается уравнением обратной линейной связи:

$$y = 0,0013x + 0,1959; R^2 = 0,4013.$$

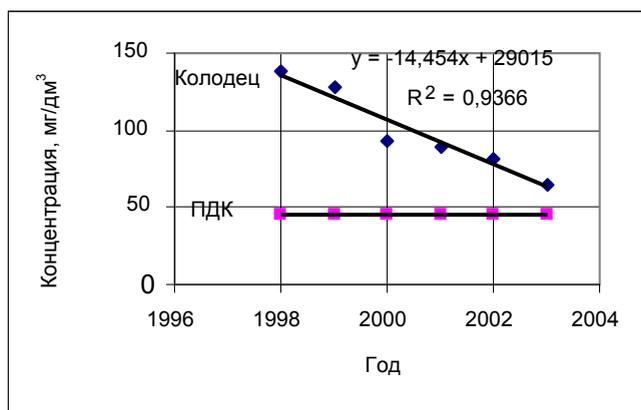


Рис. 3. Динамика ионов нитратов в колодце №2 пгт Хову-Аксы в 3 км от комбината. 1998 – 2003 гг.

Кстати, не на всех точках наблюдения связь между анализируемыми показателями является достоверной. Нужно отметить, что по степени опасности действие нитратов на организм человека аналогично аммонии, поэтому мы оставили их в списке приоритетных веществ, за которыми в исследуемом районе необходим постоянный контроль. Однако нерешенным вопросом остается источник поступления нитратов и аммония в гидросферу. По нашему мнению, загрязнение подземных вод указанными загрязняющими веществами не должно быть следствием гидрометаллургического производства комбината «Тувакобальт». Эти микроэлементы явно поступают в результате сельскохозяйственного производства – отраслей растениеводства и животноводства. В то же время у нас имеется большая выборка проб, опровергающая данное утверждение.

Таким образом, экологическая проблема в районе захоронения отходов комбината «Тувакобальт» сохраняется. Министерство экологии Республики Тыва считает, что ее решение возможно путем рекультивации хвостохранилищ. Однако данное предложение сдерживается отсутствием финансирования государством и недостатком средств в экологическом фонде региона.



## **Заключение**

Опасность последствий захоронений отходов комбината «Тувакобальт» в биосфере сохраняется. Загрязнение почвы токсичными металлами составило от 14 до 70 % исследуемой площади. Концентрации химических элементов в гидросфере характеризуются широким диапазоном варьирования и спонтанностью противоречивых ситуаций от года к году. Район нуждается в масштабных и комплексных исследованиях. Радикальным решением проблемы будет возобновление деятельности комбината с полной переработкой отходов и извлечением всех полезных компонентов.

## **Список литературы**

27

1. *Андрейчик М. Ф.* Загрязнение атмосферы, почв и вод Республики Тыва. Томск, 2005.
2. *Дмитриев М. Т., Казнина Н. И., Пинигина И. А.* Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде: справ. изд. М., 1989.
3. *Писарева Л. Ф., Бояркина А. П., Тахауов Р. М., Карнов А. Б.* Особенности онкологической заболеваемости населения Сибири и Дальнего Востока. Томск, 2001.

## **Об авторе**

М. Ф. Андрейчик — канд. биол. наук, доц., Тувинский государственный университет, [Andreichiko@rambler.ru](mailto:Andreichiko@rambler.ru)

## **Author**

Dr. M.F. Andreychik — Associate Professor, Tuva State University, [andreichiko@rambler.ru](mailto:andreichiko@rambler.ru)