

## ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОМ ПОКРОВЕ ГОРОДА КАРАКОЛ

Ибраева К.Б., Калдыбаев Б.К., Кадырова Г.Б., ИГУ им. К.Тыныстанова

### Аннотация

В статье представлены результаты исследований содержания микроэлементов в почвенно-растительном покрове города Каракол. Содержания микроэлементов в почвах Ag, Sn, Mo, W, Ni, Mn, Ti, V, Cr, Ga, Ge, Bi, Sr, Co, Ba, Li, As варьируют в пределах фоновых уровней, в отдельных зонах г. Каракол установлены повышенные концентрации: Pb, Cu, Zn. Приведены результаты биоиндикационных исследований, даны практические рекомендации для озеленения г. Каракол.

**Ключевые слова:** почва, растения, тяжелые металлы, содержание

### Аннотация

Макалада Каракол шаарынын топурагынын кыртышында, өсүмдүктөрдүн тутумунда микроэлементтердин кармалышын изилдоонун жыйынтыктары корсотулду. Микроэлементтердин Ag, Sn, Mo, W, Ni, Mn, Ti, V, Cr, Ga, Ge, Bi, Sr, Co, Ba, Li, As топурактын кыртышында кармалышы норманын ченеминде экендиги, Каракол шаарынын кээ бир зонасынын топураганын курамында Pb, Cu, Zn концентрациясы жогору экендиги белгиленди. Биоиндикациялык изилдоолордун жыйынтыктары жана Каракол шаарын жашылдандыруу боюнча практикалык сунуштар берилди.

**Өзөк сөздөр:** топурак, өсүмдүктөр, оор металлдар, тутуму

### Abstract

#### High density metals in vegetation and topsoil of Karakol city

The article presents results of researches of the trace elements content in vegetation and topsoil of Karakol city. Content of trace elements in topsoil, such as Ag, Sn, Mo, W, Ni, Mn, Ti, V, Cr, Ga, Ge, Bi, Sr, Co, Ba, Li, As, vary within the limits of ambient levels. In some zones of Karakol city high concentration of Pb, Cu, Zn were detected. There are results of research of biological indicators, and practical recommendations on Karakol planting and greening.

**Key words:** soil, plants, high density metals, content

Каракол - административный и культурный центр Иссык-Кульской области, с населением (2017) - 75,1 тыс. человек [9]. Город расположен в восточной части области, у подножья хребта Терской-Ала-Тоо, в нижнем течении реки Каракол, в 12 км от побережья озера Иссык-Куль, на высоте 1690 - 1850 метров над уровнем моря [6]. Основным критерием Биосферной территории является сбалансированное социально-экономическое развитие региона, соблюдение экологических норм в целях сохранения биоразнообразия, ландшафтов и экосистем.

Экология тяжелых металлов в условиях г. Каракол до настоящего времени остаётся недостаточно изученной, существует потенциальная опасность их накопления в объектах окружающей природной среды. Данная работа выполнена в рамках научного проекта Министерства образования и науки Кыргызской Республики «Экологические аспекты устойчивого развития города Каракол».

## Материал и методы

На территории г. Каракол было выбрано 11 контрольных участков с горно-долинными светло-каштановыми, горно-долинными каштановыми почвами. В качестве контрольной зоны выбрана верхняя зона бассейна реки Каракол на территории Государственного природного парка «Каракол» с горными темно-каштановыми почвами. С каждого контрольного участка были отобраны объединенные пробы почв гумусового слоя (0-30 см). Отбор проб почв производился согласно ГОСТ 17.4.4.02-84 [4].

Для определения уровней содержания микроэлементов в почвенно-растительном покрове был произведен отбор проб хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), ели Шренка (*Picea schrenkiana*), листья тополя черного (*Populus nigra*), дуба черешчатого (*Quercus robur*), вяза мелколистного (*Ulmus pumila*), ивы линейнолистной (*Salix linearifolia*). Укосы дикорастущих растений были представлены такими видами как полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris*), марь белая (*Chenopodium album*), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*), ежа сборная (*Dactylis glomerata*), мятлик луговой (*Poa pratensis*), костер безостый (*Bromopsis inermis*) и др [8].

Определение микроэлементов в пробах почв и растений было проведено методом спектрального анализа в центральной лаборатории Государственного агентства геологии и минеральных ресурсов КР «Определение атомного состава проб атомно-эмиссионным приближенно-количественным методом испарения пробы из канала угольного электрода» ОМГ 6-01.

## Результаты и их обсуждение

Содержание микроэлементов в почвах города Каракол представлены в таблице 1. Результаты исследований показали, что содержания Ag, Sn, Mo, W, Ni, Mn, Ti, V, Cr, Ga, Ge, Bi, Sr, Co, Ba, Li, As, Ва варьируют в пределах местного фоновых уровней, в отдельных зонах г. Каракол установлены повышенные концентрации: Pb, Cu, Zn.

Таблица 1. Содержание микроэлементов в почвах города Каракол (мг/кг, абс. сухой вес)

№	Место отбора	Cu	Zn	Pb
		(M±m, p<0.05)		
1	ул. Токтогула / ул. Жусаева	50±4,5	100±6,3	30±2,5
2	ул. Кутманалиева / ул. Пржевальского	40±3,8	150±5,5	40±4,5
3	ул. Кыдыр аке / ул. Кучукова	50±4,2	100±8,8	80±3,5
4	ул. Торгоева / ул. Пржевальского	40±3,5	300±7,1	40±4,0
5	ул. Токтогула / ул. Н.Айтматова	40±4,2	50±3,3	40±3,5
6	ул. Масалиева / ул. Карасаева	40±3,5	90±6,5	30±2,2
7	ул. Масалиева (ТЭС)	40±4,2	120±7,1	40±3,8
8	Парк «Победы»	25±1,5	55±2,2	25±1,6
9	ул. Карасаева (мост река Каракол)	25±1,4	50±2,8	20±1,4
10	Микрорайон «Кашка-Суу»	20±1,2	70±6,5	25±1,5
11	ул. Жусаева / ул. Ахунбаева	20±1,3	60±3,6	20±2,2

**Свинец.** Содержание свинца в почвах селитебных ландшафтов составляет 54,5 мг/кг, что в 5,4 раз выше кларка почв Земли, определенного А.П. Виноградовым (10 мг/кг) и в 3,4 раза больше кларка земной коры (16 мг/кг). Среднее содержание свинца в почвах городов с численностью населения менее 100 тыс. человек составляет 39,5 мг/кг [1, 2]. ПДК свинца в почве составляет 32 мг/кг [3]. Контрольный уровень содержания свинца в почве составил 10 мг/кг. Содержание свинца в почвах г. Каракол варьирует в пределах 20-80 мг/кг, повышенные концентрации наблюдаются на пересечении улиц Кутманалиева / Пржевальского - 40 мг/кг,

( $t=4,3$ ;  $p<0,05$ ), улиц Кыдыр аке / Кучукова - 80 мг/кг ( $t=15,7$ ;  $p<0,05$ ), достоверно превышающий контрольный уровень и ПДК в 1,25-2,5 раз.

**Медь.** Среднее содержание в почвах населенных пунктов меди равно 39 мг/кг, оно почти два раза больше кларка для почв Земли (20 мг/кг) и мало отличается от кларка земной коры 47 мг/кг. Среднее содержание меди в почвах городов с численностью населения менее 100 тыс. человек составляет 28,1 мг/кг [1, 2]. ПДК меди составляет 40 мг/кг [3]. Контрольный уровень содержания меди составил в почве 22 мг/кг. Содержание меди в почвах г. Каракол варьирует в пределах 20-50 мг/кг, повышенные концентрации меди характерны для центральной части города (ул. Токтогула / ул. Жусаева) - 50 мг/кг ( $t=5,9$ ;  $p<0,05$ ), достоверно превышающий контрольный уровень содержания меди в почве 22 мг/кг.

**Цинк.** В среднем валовое содержание цинка в поверхностном горизонте каштановых почв составляет 31 мг/кг, а для черноземов 45 мг/кг. Кларк цинка в земной коре составляет 83 мг/кг, в почве (50 мг/кг). Кларк почв населенных пунктов 39 мг/кг. Среднее содержание цинка в почвах городов с численностью населения менее 100 тыс. человек составляет 92,4 мг/кг [1, 2]. ПДК цинка в почве составляет 45 мг/кг [31]. Контрольный уровень содержания цинка в почве составил 40 мг/кг. Содержание цинка в почвах г. Каракол варьирует в пределах 50-300 мг/кг, повышенные содержания наблюдаются в районе ул. Масалиева (ТЭС) - 120 мг/кг ( $t=8,7$ ;  $p<0,05$ ), ул. Кутманалиева / ул. Пржевальского - 150 мг/кг ( $t=22,7$ ;  $p<0,05$ ), ул. Торгоева / ул. Пржевальского - 300 мг/кг ( $t=33$ ;  $p<0,05$ ), достоверно превышающий контрольный уровень и ПДК в 1,1 – 6,6 раз.

Результаты исследований по определению содержаний микроэлементов в растениях г. Каракол представлены в таблице 2. В пределах контрольного уровня содержатся следующие микроэлементы: Cu, Bi, As, Ag, Mo, W, Co, Ni, V, Cr, Ga, Ge, Ba, Sr. Повышенные концентрации характерны для свинца и цинка.

**Свинец.** Содержание свинца в золе сосны обыкновенной произрастающей в контрольной зоне составило 2 мг/кг, для хвои сосны обыкновенной произрастающей в районе центра города (ул. Токтогула / ул. Жусаева) 30 мг/кг (КБП-1), на пересечениях улиц с интенсивным движением автотранспорта (ул. Кыдыр аке / ул. Кучукова; ул. Кутманалиева / ул. Пржевальского) - 30 мг/кг, достоверно превышающий контрольный уровень содержания свинца в хвое сосны обыкновенной 2 мг/кг ( $t=28,2$ ;  $p<0,05$ ).

Несмотря на повышенные содержания свинца в почвах данных территорий, установлены низкие КБП свинца для золы растений, что обусловлено защитными механизмами от избыточного накопления токсичного микроэлемента.

**Таблица 2. Содержание цинка и свинца в растениях г. Каракол (мг/кг, на золу)**

Место отбора проб	Вид растения	Zn	Pb
		(M±m, p<0.05)	
Парк «Победы»	Укос (травянистые растения)	60±4,5	2±0,1
	Листья тополя черного	200±12	8±0,5
	Хвоя сосны обыкновенной	600±35	10±0,4
	Хвоя ели Шренка	700±63	102±0,3
	Листья дуба черешчатого	95±7,5	6±0,3
	Листья вяза низкого	200±15	5±0,2
2. ул. Токтогула / ул. Жусаева	Укос (травянистые растения)	450±25	5±0,2
	Листья тополя черного	600±55	25±3
	Хвоя сосны обыкновенной	1000±79	30±2
	Хвоя ели Шренка	1000±79	30±2,5
3. ул. Кутманалиева / ул. Пржевальского	Укос (травянистые растения)	100±7	7±0,6
	Листья ивы линейнолистной	200±12	10±0,8
	Хвоя сосны обыкновенной	500±19	20±2,5
	Листья вяза низкого	1000±72	25±2,2

4.ул. Кыдыр аке / ул. Кучукова	Укос (травянистые растения)	80±6	6±0,5
	Листья тополя черного	300±22	16±1,3
	Хвоя сосны обыкновенной	800±55	30±2,5

**Цинк.** Содержание цинка в золе сосны обыкновенной произрастающей на территории контрольной зоны составило 100 мг/кг, ели Шренка 120 мг/кг. Содержания цинка в хвое ели Шренка и сосны обыкновенной произрастающих в районе центра города (ул. Токтогула / ул. Жусаева) составило 1000 мг/кг (КБП-10), в листьях вяза мелколистного - 1000 мг/кг (КБП-10,8), достоверно превышающий контрольный уровень содержания цинка в хвое ели и сосны 400 мг/кг ( $t=2,8$ ;  $p<0,05$ ).

Результаты исследований показали, что для хвойных и лиственных деревьев г. Каракол, произрастающих в условиях интенсивного движения транспорта, выявлено накопление в хвое и листьях цинка и незначительно свинца, что свидетельствует о техногенных источниках поступления их в окружающую среду. Установлено, что зола хвои, листьев древесных растений накапливает больше данных микроэлементов, чем в укусы травянистых растений (рис. 1).

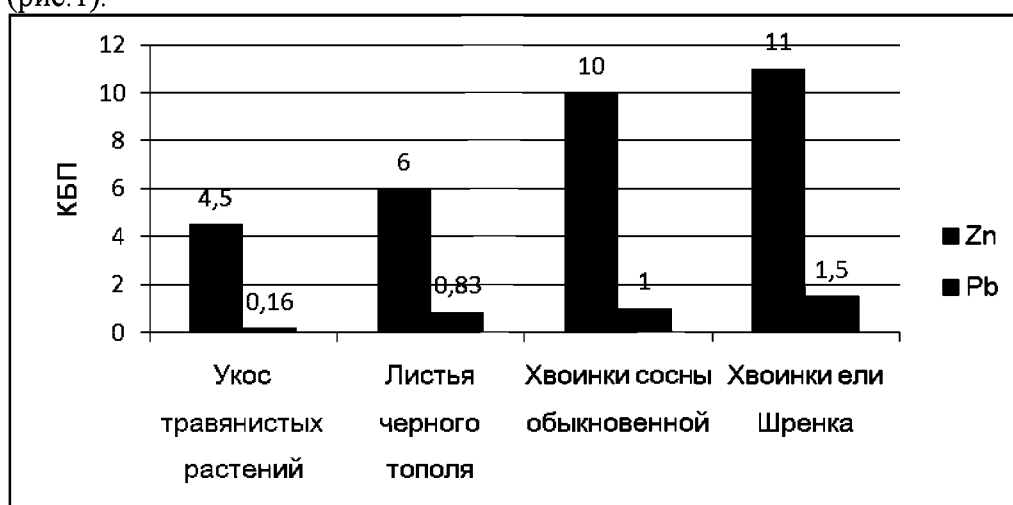


Рис. 1. Коэффициенты биологического поглощения Zn, Pb растениями (Центр г.Каракол)

Считается, что сосна обыкновенная наиболее чувствительна к загрязнению атмосферного воздуха. Это обуславливает её выбор как важного индикатора антропогенного влияния, принимаемого в настоящее время за «эталон биодиагностики». Методика индикации частоты атмосферы по хвое сосны состоит в следующем. С нескольких боковых побегов в средней части кроны 5-10 деревьев сосны в 15 - 20-летнем возрасте отбирают 200-300 пар хвоинок второго и третьего года жизни. Хвоя делится на три части (1.Неповрежденная хвоя, 2. Хвоя с пятнами и 3. Хвоя с признаками усыхания), и подсчитывается количество хвоинок в каждой группе [7].

Результаты определения состояния хвои сосны обыкновенной отобранной в различных зонах г. Каракол представлены в таблице 3.

**Таблица 3. Состояние хвои сосны обыкновенной отобранной в различных зонах г. Каракол**

№ Место отбора	Количество обследованных хвоинок	Количество хвоинок с пятнами и усыханием	
		Число	%±m, $p<0,05$
Контроль	200	10	5±0,68
ул. Масалиева (ТЭС)	200	18	9±2
ул. Токтогула / ул. Жусаева (Центр города)	200	28	14±2,4

ул. Кыдыр аке / ул. Кучукова	200	25	12,5±2,3
ул. Кутманалиева / ул. Пржевальского	200	22	11±2,2

Процент хвоинок с пятнами и усыханием в контрольном уровне составил 5%. Наиболее высокие показатели установлены в районе центра города: процент хвоинок с пятнами и усыханием - 14%, что статистически достоверно превышает контрольный уровень ( $t=3,6$ ;  $p<0,05$ ), в районе пересечения улиц с интенсивным движением автотранспорта (ул. Кыдыр аке / ул. Кучукова) - 12,5% ( $t=3,1$ ;  $p<0,05$ ). Установлена достоверная корреляционная зависимость между содержанием свинца в хвоинках сосны обыкновенной и уровнем хвоинок с пятнами и усыханием ( $r=0,95$ ,  $t=4,3$ ;  $p<0,05$ ).

В целях озеленения города Каракол, необходимо высаживать больше лиственных деревьев, не менее 70% от общего количества высаживаемых растений. Пыль, скапливающаяся в кронах деревьев в течение лета опадает вместе с листвой. Лиственные деревья создают большой шумовой барьер. Хвойные деревья, особенно сосна, плохо переносят загазованность атмосферного воздуха. Пыль накапливается в их кронах до 10 лет.

Основной ассортимент деревьев и кустарников, рекомендуемые для озеленения города Каракол:

1. Тополь серебристый (*Populus alba*)
2. Тополь пирамидальный (*Populus nigra*)
3. Береза повислая (*Betula pendula*)
4. Вяз мелколистный (*Ulmus pumila*)

Эти породы должны составлять основную массу насаждений города и высаживаться вдоль городских магистралей.

#### Литература:

1. Алексеенко В.А. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов. – Ростов н/Д: Издательство Южного федерального университета. 2013. – 388 с.
2. Алексенко В.А., Панин М.С., Дженбаев Б.М. Геохимическая экология: понятия и законы. – Бишкек: Илим, 2013. – 310 с.
3. Гигиенические нормативы «Предельно допустимые концентрации и ориентировочно допустимые количества химических веществ в почве». (Утверждены Постановлением Правительства КР от 11 апреля 2016 года № 201).
4. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. – М.: «Изд-во стандартов», 1985. – 14 с.
5. Дженбаев Б.М., Калдыбаев Б.К. Методические указания (отбор проб и пробоподготовка для определения тяжелых металлов в объектах окружающей среды). - Бишкек: Илим, 2014. - 35с.
6. Климатические условия Кыргызстана / О. А. Подрезов, М. А. Джаксыбаев, В. А. Мезгин и др. – Бишкек: Илим, 1992. – 172 с.
7. Методы биоиндикации: учебно-методическое пособие / М.Н. Мукминов, Э.А. Шуравлев. – Казань: Казанский университет, 2011. – 48 с.
8. Порядок отбора проб для выявления и идентификации наноматериалов в растениях: МУ 1.2. 27.42-10: метод. указания. – М.: [б.и.], 2010. – 50 с.
9. Социально-экономическое развитие Иссык-Кульской области 2012-2016. Годовая публикация. Иссык-Кульское областное управление государственной статистики. Каракол 2017. - 132 с.

Рецензент: Асанбеков И.А., к.с.-х.н., доцент ИГУ им. К.Тыныстанова.