

УДК 502/504

*МАНАНКОВ АНАТОЛИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ, докт. геол.-мин. наук, профессор,
mav.39@mail.ru*

*Томский государственный архитектурно-строительный университет,
634003, г. Томск, пл. Соляная, 2*

*КАРА-САЛ ИРИНА ДАРЫМАЕВНА, ст. преподаватель,
irinakarasal@mail.ru*

*Тувинский государственный университет,
667000, г. Кызыл, ул. Ленина, 34*

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ГОРОДА КЫЗЫЛА (РЕСПУБЛИКА ТЫВА)

В статье рассматриваются данные эколого-геохимического исследования почвенного покрова в городе Кызыле. На территории столицы Республики Тыва был проведен анализ подвижной и валовой формы тяжелых металлов и мышьяка в почвенном покрове за 2008 и 2009 годы. Определялось содержание химических элементов в почве и pH среды. Обработка аналитических данных заключалась в расчете среднего значения коэффициента концентрации (K_c) и суммарного показателя (Z_c) загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами и мышьяком. По результатам эксперимента определены приоритетные загрязнители, вносящие наибольший вклад в загрязнение, и уровень загрязнения почвенного покрова химическими элементами.

Ключевые слова: эколого-геохимическое исследование; почвенный покров; приоритетные загрязнители.

*MANANKOV, ANATOLY VASILJEVICH, Prof. Dr. Tech. Sc.,
dsp@sibmail.com*

mav.39@mail.ru

*Tomsk State University of Architecture and Building,
2 Solyanaya sq., Tomsk, 634003, Russia*

*KARA-SAL, IRINA DARYMAYEVNA, senior teacher,
irinakarasal@mail.ru*

Tuvin State University,

34 Lenin st., Kyzyl, 667000, Tuva

ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL CONDITIONS OF SOIL COVER IN KYZYL (TUVA REPUBLIC)

The paper considers the results of ecological and geochemical research of soil cover in Kyzyl. Gross and mobile forms of heavy metals and arsenic in the soil cover of 2008 and 2009 years were analyzed in the capital of Tuva. The content of chemical substances in soil and pH environment was determined. The aim of processing of analytical data was to calculate the average coefficient (Z_c) of the soil cover pollution by heavy metals and arsenic. The experimental results gave an opportunity to determine the main pollutants, which make the greatest contribution to pollution and the level of pollution of soil cover by chemical substances.

Key words: ecological and geochemical research; soil cover; priority pollutants.

Основной источник антропогенного загрязнения почв – выбросы промышленных предприятий и транспорт; при этом очаги загрязнения сосредоточены на ограниченных площадях у автомагистралей и вокруг крупных промышленных центров [1].

Почвенный покров аккумулирует многолетние выпадения взвешенных веществ из атмосферы, а снег – сезонные. Поскольку почва является малоподвижной средой и миграция в ней осуществляется медленно, атмосферные выпадения накапливаются в верхнем слое почвы, и максимальная концентрация элементов-загрязнителей приурочена к верхнему горизонту, непосредственно контактирующему с приземным слоем атмосферы (глубина 0–10 см) [2].

Для изучения эколого-химического состояния почвенного покрова г. Кызыла в 2008 и 2009 гг. в точках, соответствующих местам отбора снега, были отобраны пробы почв. Всего отобрано 28 проб почвы. Глубина отбора проб составила 0–10 см, усредненный образец состоял из 10–15 точечных образцов, после перемешивания отобрали образец почвы для анализа массой 1500 г.

Отбор проб и подготовка их к анализу проводились по нормативным документам для почвенного покрова [3, 4].

Обработка аналитических данных заключалась в расчете среднего значения коэффициента концентрации K_C и суммарного показателя Z_C загрязнения почв.

Рассчитывался коэффициент (K_C) концентрации элементов в пробе [5]:

$$K_C = C_i/C_{\phi},$$

где C_i – содержание элемента в конкретной пробе, мг/л; C_{ϕ} – фоновое содержание элемента, мг/л.

Поскольку техногенные аномалии чаще всего имеют полиэлементный состав, для них рассчитывался суммарный показатель загрязнения (Z_C) по формуле

$$Z_C = \sum_{i=1}^n K_C + \dots K_{C_n} (n-1),$$

где n – число учитываемых элементов.

Расчетные данные представлены в табл. 1, 2 (подвижные и валовые формы). Результаты определения рН среды показали, что интервал изменения рН варьирует в пределах 7,8–8,3 при фоне 7,6 ед., т. е. рН среды имеет сильнощелочную реакцию.

Наибольшие значения рН среды 8,3 и 8,2 отмечены вблизи магистральных автодорог (Телецентр, ул. Московская и ул. Калинина, ул. Ровенская), а также в районе рынка (ул. Красноармейская, 137). Наименьшие – в пгт. Каа-Хем (1,5 км, 500 м восточнее и западнее от ТЭЦ) (табл. 1).

На пробных участках средние значения K_C аномальности превышают фон от 0,61 до 5,4 ед., максимальные значения имеют Zn и Ni с коэффициентом концентрации 4,0–5,4 и 3,1 соответственно, а минимальные – Cu (0,61–1,1).

Расчетный суммарный показатель загрязнения (Z_C) почвенного покрова химическими элементами составил от 3,8 до 12,9 ед., что свидетельствует о минимальном и слабом загрязнении почвенного покрова. Категория загрязнения почв допустимая.

Таблица 1

**Средние значения коэффициента концентрации КС
и суммарного показателя Z_C загрязнения тяжелыми металлами
почвенного покрова в г. Кызыле (подвижные формы) с 2008 по 2009 гг.**

№ пробы	Место отбора проб	рН	Коэффициент концентрации K_C							Суммарный показатель (Z_C)
			Cd	Ni	Zn	Cu	Pb	Mn	Co	
1	пгт. Каа-Хем, 1,5 км восточнее Кызылской ТЭЦ	7,8	1,4	1,6	2,5	0,61	2,1	1,2	1,4	4,81
2	пгт. Каа-Хем, 500 м восточнее ТЭЦ (ул. Шахтерская)	7,9	1,8	3,2	2,7	1,1	2,5	1,5	1,4	8,2
3	Частный сектор, 500 м западнее ТЭЦ	7,9	1,8	2,5	2,9	1,7	2,7	1,4	2,3	9,3
4	Район школы-интерната, 1,5 км западнее ТЭЦ	8,1	1,9	3,1	4,0	1,7	2,8	1,4	2,6	11,5
5	Магистральная автодорога (кольцевой перекресток ул. Дружбы и Рабочая)	8,1	2,1	2,5	2,5	1,7	2,4	2,1	2,2	9,5
6	Магистральная автодорога (район автовокзала)	8,1	1,9	2,5	3,95	1,5	1,95	1,3	1,4	8,5
7	Район рынка (ул. Красноармейская, 137)	8,2	2,0	2,9	4,8	1,9	2,3	1,3	2,1	11,3
8	Частный сектор (ул. Рабочая, 278)	8,1	1,4	1,6	3,4	1,5	1,5	1,3	1,8	6,5
9	Магистральная автодорога (кольцевой перекресток Телецентр, ул. Московская)	8,3	2,1	2,4	5,4	1,9	2,3	2,4	2,4	12,9
10	Магистральная автодорога (ул. Калинина, ул. Ровенская)	8,2	1,3	1,5	4,3	1,3	2,7	1,4	1,5	8,0

Окончание табл. 1

№ пробы	Место отбора проб	pH	Коэффициент концентрации K_C							Суммарный показатель (Z_C)
			Cd	Ni	Zn	Cu	Pb	Mn	Co	
11	Промышленная зона (ул. Сукпакская, 24)	8,1	2,2	2,0	2,1	1,6	1,6	1,2	2,4	7,1
12	Правый берег, частный сектор (ул. Холмистая, 41)	8,1	1,4	2,0	2,2	1,2	1,6	1,2	1,5	5,1
13	Частный сектор (ул. Убсунурская, 17)	8,0	1,75	2,1	1,4	1,4	2,4	1,4	1,4	3,8
Фоновая проба (мг/кг)										
14	Кызыл, Дус-Холь, в 40 км южнее г. Кызыла (фон)	7,6	0,032	0,45	0,7	0,09	0,58	18,3	0,05	–

Наибольшие значения **цинка** зафиксированы на участках магистральных автодорог (Телецентр, ул. Московская и ул. Калинина, ул. Ровенская) и в районе рынка (ул. Красноармейская, 137), школы-интерната и автовокзала, а **никеля** – в пгт. Каа-Хем (500 м восточнее ТЭЦ) и в районе школы-интерната. Минимальные концентрации **меди** отмечены в пгт. Каа-Хем (1,5 км и 500 м восточнее Кызылской ТЭЦ) (рис. 1).

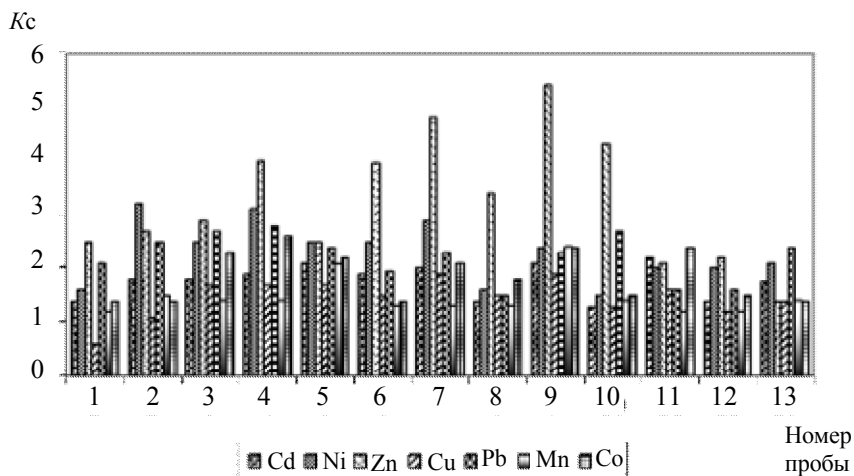


Рис. 1. Среднее значение коэффициента концентрации K_C тяжелых металлов в почвенном покрове в г. Кызыле (подвижные формы) с 2008 по 2009 гг.

Максимальные значения слабого загрязнения выявлены вблизи магистральной автодороги (Телецентр, ул. Московская), в районе школы-интерната и рынка (ул. Красноармейская, 137) с Z_C 12,9; 11,5 и 11,3 ед. соот-

ветственно. На остальных участках значения слабого загрязнения (от 8,0 до 9,5 ед.) отмечены на перекрестке магистральной автодороги (ул. Дружбы и Рабочая), в районе автовокзала и в зоне действия Кызылской ТЭЦ, кроме частных секторов.

В табл. 2 в зоне действия Кызылской ТЭЦ средние значения коэффициента концентрации K_{Ccp} (подвижные формы) относительно фонового варьируют от 1,2 до 3,03 ед., преобладающими элементами в почвенном покрове являются Zn (3,03), Ni (2,6) и Pb (2,53).

Таблица 2

**Сравнительная характеристика отдельных ареалов загрязнения
тяжелыми металлами почвенного покрова в г. Кызыле
(по средним значениям K_{Ccp} и Z_C)**

№ п/п	Зоны	K_{Ccp} (подвижные формы)							Z_C	Уровень загрязнения
		Cd	Ni	Zn	Cu	Pb	Mn	Co		
1	Зона действия ТЭЦ	1,7	2,6	3,03	1,38	2,53	1,38	1,93	8,58	Слабый
2	Зона действия магистральных автодорог	1,9	2,36	4,19	1,7	2,33	1,7	1,9	10,04	Слабый
3	Промышленная зона	2,2	2,0	2,1	1,6	1,6	1,2	2,4	7,1	Минимальный
4	Частный сектор	1,5	1,9	2,3	1,4	1,8	1,3	1,6	5,8	Минимальный

В зоне действия магистральных автодорог средние значения K_{Ccp} аномальности превышают фон от 1,7 до 4,19 ед., наибольшее количество имеют Zn (4,19), Ni (2,36) и Pb (3,3).

В промышленной зоне и частном секторе содержание коэффициента концентрации варьирует от 1,2 до 2,4 ед., преобладающими элементами установлены Co (2,4), Zn (2,3) и Cd (2,4).

Средние значения суммарного показателя Z_C загрязнения составили от 5,8 до 10,04 ед., что свидетельствует о минимальном загрязнении почвенного покрова химическими элементами в промышленной зоне и частном секторе и слабом – в зонах действия Кызылской ТЭЦ и магистральных автодорог.

В табл. 3 представлены средние значения коэффициента концентрации K_C и суммарного показателя Z_C загрязнения тяжелыми металлами и мышьяком почвенного покрова в г. Кызыле (валовые формы). На обследуемых участках среднее значение коэффициента концентрации K_C относительно фоновой составило от 1,0 до 4,8 ед., наибольшее значение имеет Zn с K_C аномальности 4,8 ед.

На рис. 2 видно, что наиболее высокие концентрации **цинка** отмечены в частном секторе (500 м западнее ТЭЦ), районе школы-интерната и рынка (Красноармейская, 137), а также вблизи магистральной автодороги (ул. Калинина и Ровенская), минимальные – всех остальных элементов – встречаются в частном секторе (ул. Рабочая, 278).

Расчетные значения суммарного показателя Z_C загрязнения составили от 4,6 до 12,9 ед. Это свидетельствует о минимальном и слабом загрязнении поч-

венного покрова химическими элементами, что означает «допустимая категория загрязнения почв».

Таблица 3

**Средние значения коэффициента концентрации КС
и суммарного показателя ZС загрязнения тяжелыми металлами
и мышьяком почвенного покрова в г. Кызыле
(валовые формы) с 2008 по 2009 гг.**

№ пробы	Место отбора проб	Коэффициент концентрации K_C									Суммарный показатель (Z_C)
		Cd	Ni	Zn	Cu	Pb	Mn	Co	Hg	As	
1	пгт. Каа-Хем, 1,5 км восточнее Кызылской ТЭЦ	1,5	2,1	2,5	1,2	1,6	1,2	1,5	1,7	1,9	7,2
2	пгт. Каа-Хем, 500 м восточнее ТЭЦ (ул. Шахтерская)	1,7	2,3	3,2	1,71	1,95	1,5	1,2	2,4	2,0	9,95
3	Частный сектор, 500 м западнее ТЭЦ	1,6	1,4	4,8	1,9	1,92	1,6	1,2	2,9	2,4	11,7
4	Район школы-интерната 1,5 км западнее ТЭЦ	1,3	2,4	4,1	1,7	1,7	1,3	1,4	1,7	1,7	9,3
5	Магистральная автодорога (кольцевой перекресток ул. Дружбы и Рабочая)	1,2	2,4	2,8	1,5	1,8	1,5	2,2	1,7	2,0	9,1
6	Магистральная автодорога (район автовокзала)	1,5	2,4	2,7	1,7	2,75	1,4	1,9	1,3	1,6	9,25
7	Район рынка (ул. Красноармейская, 137)	1,0	2,1	3,8	1,8	2,7	1,3	1,6	1,95	2,2	10,45
8	Частный сектор (ул. Рабочая, 278)	1,2	1,45	1,7	1,3	1,8	1,2	1,3	1,2	1,45	4,6

Окончание табл. 3

№ пробы	Место отбора проб	Коэффициент концентрации K_C									Суммарный показатель (Z_C)
		Cd	Ni	Zn	Cu	Pb	Mn	Co	Hg	As	
9	Магистральная автодорога (кольцевой перекресток Телецентр, ул. Московская)	2,0	2,0	3,5	1,85	1,8	2,4	2,45	2,3	2,6	12,9
10	Магистральная автодорога (ул. Калинина, Ровенская)	1,5	2,2	2,8	1,4	2,3	1,5	1,6	1,5	1,8	8,6
11	Промышленная зона (ул. Сукпакская, 24)	2,0	2,4	2,7	1,3	1,2	1,5	1,4	1,4	1,7	7,6
12	Правый берег, частный сектор (ул. Холмистая, 41)	1,2	1,7	2,7	1,8	2,5	1,4	1,6	1,4	1,7	8,0
13	Частный сектор (ул. Убус-Нурская, 17)	1,5	2,1	2,7	1,6	1,9	1,1	1,9	1,4	1,55	7,8
Фоновая проба (мг/кг)											
14	Кызыл, Дус-Холь 40 км южнее г. Кызыла (фон)	0,30	15,6	21	11,1	7,95	237	5,4	0,012	1,9	–

Более высокие значения слабого загрязнения установлены вблизи магистральной автодороги (Телецентр, ул. Московская), в частном секторе (500 м, западнее ТЭЦ) и районе рынка, также слабое загрязнение зафиксировано в 500 м восточнее ТЭЦ, в районе школы-интерната, автовокзала и вблизи магистральных автодорог (ул. Дружбы и Рабочая), (ул. Калинина и Ровенская). На остальных участках загрязнение минимальное.

По данным табл. 4 в зоне действия Кызылской ТЭЦ средние значения коэффициента концентрации (K_{Ccp}) (валовые формы) относительно фонового варьируют от 1,2 до 3,7 ед., лидирующими элементами в почвенном покрове являются Zn (3,7) и Ni (2,3).

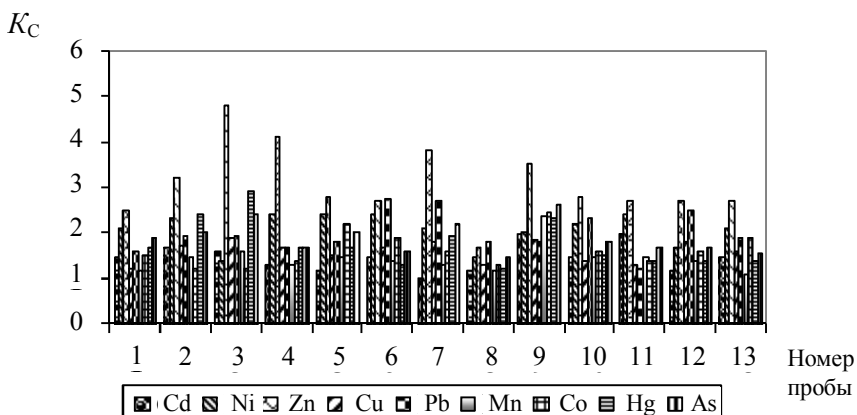


Рис. 2. Среднее значение коэффициента концентрации K_C тяжелых металлов и мышьяка в почвенном покрове в г. Кызыле (валовые формы) с 2008 по 2009 гг.

В зоне действия магистральных автодорог средние значения K_{Ccp} аномальности превышают фон от 1,4 до 3,1 ед., наибольшее количество имеют Zn (3,1) и Pb (2,3).

В промышленной зоне и частном секторе содержание коэффициента концентрации K_{Ccp} варьирует от 1,2 до 2,7 ед., лидирующими элементами установлены Zn (2,7) и Ni .

Таблица 4

Сравнительная характеристика отдельных ареалов загрязнения тяжелыми металлами и мышьяком почвенного покрова в г. Кызыле (по средним значениям K_{Ccp} и Z_{Ccp})

№ п/п	Зоны	K_{Ccp} (валовые формы)									Z_{Ccp}	Уровень загрязнения
		Cd	Ni	Zn	Cu	Pb	Mn	Co	Hg	As		
1	Зона действия ТЭЦ	1,5	2,3	3,7	1,6	1,8	1,4	2,1	1,2	2,0	9,6	Слабый
2	Зона действия магистральных автодорог	1,4	2,2	3,1	1,7	2,3	1,6	1,8	1,8	2,04	10,4	Слабый
3	Промышленная зона	2,0	2,4	2,7	1,3	1,2	1,5	1,4	1,4	1,7	7,6	Минимальный
4	Частный сектор	1,3	1,8	2,3	1,6	2,1	1,2	1,6	1,3	1,6	6,8	Минимальный

В зонах действия ТЭЦ и автомагистральных дорог средние значения суммарного показателя загрязнения Z_{Ccp} составили 9,6–10,4 ед., что свидетельствует о слабом загрязнении почвенного покрова, на остальных зонах (Z_{Ccp} –7,6; 6,8) загрязнение минимальное.

Выводы

По результатам исследования средние значения коэффициента аномальности тяжелых металлов (подвижные формы) превышают фон от 0,61 до 5,4 ед. и от 1,0 до 4,8 ед. (валовые формы). Максимальные значения имеют Zn и Ni с коэффициентом концентрации 4,0–5,4 и 3,1 соответственно, а минимальные – Cu (0,61–1,1). Расчетный суммарный показатель Z_c загрязнения почвенного покрова химическими элементами составил от 3,8 до 12,9 ед., (подвижные формы) и от 4,6 до 12,9 ед. (валовые формы), что свидетельствует о минимальном и слабом загрязнении почвенного покрова. Категория загрязнения почв допустимая.

Максимальные значения слабого загрязнения выявлены вблизи магистральной автодороги (Телецентр, ул. Московская), в частном секторе (500 м западнее ТЭЦ), в районе школы-интерната и рынка (ул. Красноармейская), также слабое загрязнение зафиксировано в 500 м восточнее ТЭЦ, в районе школы-интерната, автовокзала и вблизи магистральных автодорог (ул. Дружбы и Рабочая), (ул. Калинина и Ровенская). Основными приоритетными загрязнителями почвенного покрова в г. Кызыле установлены **цинк** и **свинец**.

В зонах действия ТЭЦ и автомагистральных дорог наибольший вклад в загрязнение почвенного покрова из подвижных и валовых форм тяжелых металлов вносят **цинк**, **никель** и **свинец**, уровень загрязнения оценивается как слабый. В промышленной зоне и частном секторе загрязнение минимальное, основными преобладающими элементами из подвижных форм являются **цинк** и **никель**, валовых – **кобальт**, **цинк** и **кадмий**.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Новый экологический критерий* – предельно допустимые поступления тяжелых металлов на почву / А.Р. Валетдинов, А.Т. Горшкова, Ф.Р. Валетдинов, С.В. Фридланд [и др.] // *Безопасность жизнедеятельности*. – 2006. – № 12. – С. 13–16.
2. *Александрова, А.Б.* Почвенно-экологические условия формирования ландшафтов г. Казани: дис. ... канд. биол. наук. – Казань: КГУ, 2004. – С. 55.
3. *ГОСТ 17.4.3.01–83.* Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. – М. : Изд-во стандартов, 1983. – 14 с.
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. – 12 с.
5. *Сает, Ю.Е.* Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Сает, Б.А. Ревич, Е.П. Яхин. – М. : Недра, 1990. – 335 с.

REFERENCES

1. *Valetdinov A.R., Gorshkova A.T., Valetdinov F.R.* Novyy ekologicheskiy kriteriy – predel'no dopustimye postupleniya tyazhelykh metallov na pochvu [New ecological criteria – limits of heavy metals in soil] / [i dr.] // *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Vital activity security]. – 2006. – No. 12. – P. 13–16.
2. *Aleksandrova, A.B.* Pochvenno-ekologicheskie usloviya formirovaniya landshaftov g. Kazani [The soil and environmental conditions for the formation of landscapes in Kazan]: diss. ... kand. biol. nauk. – Kazan': KGU, 2004. – P. 55.

3. *GOST 17.4.3.01–83. Okhrana prirody. Pochvy. Obshchie trebovaniya k otboru prob* [State Standard 17.4.3.01-83 Nature Protection. Soil. General requirements for sampling]. – Moscow : Izdatel'stvo standartov [Standards Publ.], 1983. – 14 p.
4. *GOST 17.4.4.02–84. Okhrana prirody. Pochvy. Metody otbora i podgotovki prob dlya khimicheskogo, bakteriologicheskogo, gel'mintologicheskogo analiza* [State Standard 17.4.4.02-84 Nature protection. Soil. Methods of sampling and preparation of samples for chemical, bacteriological, helminthological analysis]. – Moscow : Izdatel'stvo standartov [Standards Publ.], 1985. – 12 p.
5. *Saet Yu.E. Geokhimiya okruzhayushchey sredy* [Environmental Geochemistry]. – Moscow : Nedra, 1990. – 335 p.