



ГЕОГРАФИЯ И ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 58.05+546 (282.256.1)

ЦИНК В ПОЧВАХ ГОРОДА УСТЬ-КАМЕНОГОРСКА

© 2013 *Галямова Г.К., Зайцев В.Ф., Волкова И.В.*

Астраханский государственный технический университет

Рассматривается вопрос о содержании цинка на различных по антропогенной нагрузке участках г. Усть-Каменогорска Республики Казахстан. Выявлено, что валовое содержание цинка превышает в десятки раз его фоновое содержание, кларк в литосфере, региональный кларк Восточно-Казахстанской области, а также ПДК почв. Показано, что максимальным накоплением цинка характеризуются почвы северной, центральной (селитебной) зон города.

The question about the content of zinc in different parts of the anthropogenic load of Ust-Kamenogorsk Kazakhstan. Revealed that the total content of zinc than ten times its background content, clark value, regional content in the East Kazakhstan region, and MPC soil. Shown that the maximum accumulation of zinc soil characterized northern, central (residential) areas of the city.

Ключевые слова: тяжелые металлы, ареалы, урбоэкосистема, форма соединений, валовое содержание.

Keywords: heavy metals, areas, urban ecosystems, form connections, the total content.

Усть-Каменогорск является одним из крупнейших промышленных центров Республики Казахстан. Площадь г. Усть-Каменогорска составляет 230 км². Географические координаты центра района исследований 49°59' с.ш. и 82°37' в.д. Город расположен на равнинном участке, образованном долинами рек Ульба и Иртыш при их слиянии и окруженном с севера, востока, юга и юго-запада отрогами горных хребтов высотой до 800 м. Город Усть-Каменогорск расположен в пределах Иртышской зоны смятия, являющейся весьма важным экологическим фактором. Палеозойские породы и останцы неогена на территории города перекрываются мощной толщей четвертичных аллювиальных и делювиальных отложений, представленных лессовидными суглинками, сланцами и прослоями песка и гравия. Долина остается открытой только в северо-западном, и в меньшей степени, в юго-восточном направлении, что значительно сдерживает возможность быстрого рассеивания выбросов токсических элементов в воздушный бассейн города предприятиями-загрязнителями.

Территория города представлена черноземными степями в биогенных ландшафтах суши, почвы – черноземы обыкновенные суглинистые и солонцеватые, а также дерново-глеевые аллювиальные слоистые (поймы Иртыша, Ульбы и долины малых водотоков). Все почвы имеют слабокислую и нейтральную реакцию (рН от 6,8 до 8,1), среднюю (в суглинистых разновидностях) и низкую (в супесчаном и песчаных разновидностях) величину емкости поглощения (15-22 мг-экв/100 г почвы); содержание гумуса составляет 3-6%.

Предприятия цветной и черной металлургии, атомно-промышленного комплекса и теплоэнергетики буквально «впаяны» в селитебные зоны. Характерной особенностью промышленной застройки г. Усть-Каменогорска является отсутствие «буферных» зон: селитебные массивы вплотную прилегают к таким промышленным гигантам, как АО «Казцинк», Ульбинский металлургический завод, Машзавод, титано-магниевый и др.

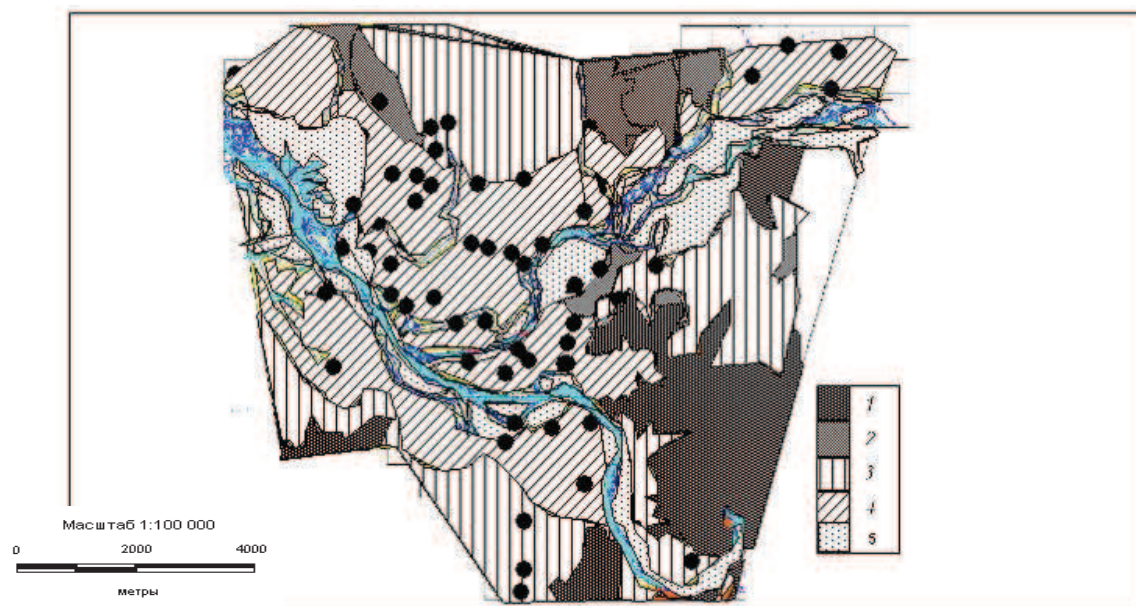
Чрезвычайно высокий уровень техногенной нагрузки в урбоэкосистеме и неблагоприятные природно-климатические особенности района обусловили значительные негативные изменения экологической ситуации в регионе, что позволяет рассматривать Усть-Каменогорск в ряду городов республики, характеризующихся наибольшим загрязнением окружающей среды и наихудшими медико-демографическими показателями.

По итогам первого полугодия 2012 г. г. Усть-Каменогорск вошел в тройку лидеров среди городов Казахстана с высоким уровнем загрязнения атмосферы. Так, в 2010 году индекс загрязнения атмосферы равнялся 7,2, в 2011 г. – 8,2.

Ежегодные валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу города только от стационарных источников в 2006 году составили 72,5 т (в 2001 году – 111 тыс. т). Выбросы от передвижных источников составляют 51 тыс. т [1; 2].

Состав загрязняющих веществ в выбросах по городу насчитывает до 170 наименований, из них 22% относятся к 1 классу опасности. Это прежде всего тяжелые металлы (цинк, свинец, кадмий, мышьяк, бериллий, медь и др.), которые обладают высокой токсичностью, канцерогенным и мутагенным эффектами, эффектом суммации. Основными компонентами твердых выбросов являются сульфаты, сульфиды свинца и оксид цинка.

Все вышеизложенное свидетельствует о том, что изучение содержания тяжелых металлов в почвах г. Усть-Каменогорска является весьма актуальной задачей. В данной работе представлены результаты исследований по валовому содержанию цинка и форм его соединений в основном стартовом звене – почвах города. Были исследованы пробы почв (глубина 0-5 см), отобранные с 69 пробных площадок города (рис. 1). Образцы почв отбирались в соответствии с ГОСТами и методическими рекомендациями [3-6].



1 – петрофитные степи на сильнощебнистых черноземовидных почвах узколинейных вершин горных увалов; 2 – петрофитные и кустарниковые степи, мезофитные кустарниковые заросли на щебнистых черноземовидных почвах и черноземах крутых и умеренно крутых склонов; 3 – кустарниковые степи и мезофитные кустарниковые заросли на черноземах обыкновенных суглинистых пологих склонов; 4 – кустарниковые степи на черноземах обыкновенных террасовых уровней Иртыша и Ульбы; 5 – кустарниковые степи, тополёвники ежевичные, тростниково-осоковые заросли на черноземах обыкновенных суглинистых и солонцеватых, а также грунтовых дерново-глеяных аллювиальных слоистых почвах низкой и высокой пойм Иртыша, Ульбы и долин малых водотоков.

Рис. 1. Карта-схема ландшафтов районов и точки отбора проб почв в пределах г. Усть-Каменогорска

Фоновые пробы почв отбирали на расстоянии 150-180 км от городской черты, в противоположную сторону от розы ветров. Определение концентрации валового цинка и подвижных форм проводили с использованием атомно-абсорбционного спектрометра «ААС Квант-2А» [7]. Подвижные формы цинка извлекали наиболее распространенными экстрагентами: бидистиллированной водой, ацетато-аммонийным буферным раствором с pH 4,8 и 1.0 н, раствором HCl. Статистическая обработка полученных данных проводилась по Н.А. Плохинскому [8] с использованием программы Microsoft Excel.

Исследованиями установлено, что валовая концентрация цинка в почвах различных районов города колеблется от 100 до 3250 мг/кг, в среднем составляя $804,4 \pm 88,5$ мг/кг, что превышает фоновый уровень (105 мг/кг) в 7,7 раза, ПДК (100 мг/кг) – в 3,7 раза, кларк в литосфере (16 мг/кг) – в 37,8



раза, региональный кларк в почве Восточно-Казахстанской области (42,4 мг/кг) – в 23,9 раза. Средний коэффициент вариации цинка в почвах города составляет 91,3% (табл. 1).

Таблица 1

Валовое содержание и подвижные формы Zn в почвах различных зон г. Усть-Каменогорска

Зоны города	Валовое содержание	Водорастворимая	Ионнообменная	Кислоторастворимая форма
Северная	$1438,4 \pm 247(68,8)$ 300-3250	$4,73 \pm 0,7(61)$ 0,2-10,5	$30,5 \pm 2,1(27)$ 14,8-42	$421,7 \pm 44,8(42,5)$ 190-900
Центральная (селитебная)	$820,5 \pm 115(74,4)$ 200-3250	$1,89 \pm 0,4(100)$ 0,1-9,2	$28,1 \pm 2,0(37)$ 11,3-45	$353,8 \pm 37,3(55,8)$ 75-800
Северо-Восточная	$459,4 \pm 52,0(45,3)$ 150-775	$0,86 \pm 0,1(69)$ 0,1-1,9	$20,5 \pm 2,1(42)$ 6,5-36	$245,8 \pm 24,3(39,5)$ 103,5-430
Южная	$240,3 \pm 38,3(47,8)$ 100-475	$1,04 \pm 0,2(67)$ 0,1-2,13	$8,3 \pm 1,6(56)$ 3,5-18,3	$145,7 \pm 30,1(62)$ 65-340
Общее по городу	$804,4 \pm 88,5(91,3)$ 100-3250	$2,2 \pm 0,3(107)$ 0,1-10,5	$24,31 \pm 1,4(47,3)$ 3,5-45	$317 \pm 22,2(57,9)$ 65-900

Примечание: в числителе – средняя арифметическая и ее ошибка, мг/кг; в скобках – коэффициент вариации, %; в знаменателе – предел колебаний, мг/кг.

Максимальный уровень валового содержания цинка установлен в пробах почв, отобранных в северной и центральной (селитебной) зонах города, что обусловлено нахождением там крупных промышленных предприятий, осуществляющих максимальное количество выбросов в атмосферу (АО «Казцинк», Ульбинский металлургический завод, ТЭЦ, титано-магнийный комбинат и др.). Валовое содержание Zn в северной зоне выше, чем в южной в 6, 0 раза, в северо-восточной зоне – в 3,1 раза, в центральной (селитебной) – 1,7 раза.

Валовое содержание характеризует общую загрязненность почв территорий города, но не отражает степени доступности для растений. Для характеристики состояния почвенного покрова используют их подвижные формы.

В водорастворимую фракцию входят три основные группы соединений цинка: собственно легкорастворимые соединения; труднорастворимые соединения, растворяющиеся в воде в соответствии со своими произведениями растворимости; растворимые в воде комплексные соединения с различными органическими и неорганическими лигандами [9].

Содержание **водорастворимой формы Zn** в пробах почв города составляет от 0,1 до 10,5 мг/кг, среднее содержание – $2,2 \pm 0,3$ мг/кг; коэффициент вариации – 107%. Доля водорастворимой формы цинка от его валового содержания в почве составляет в среднем 0,35%. Изучена корреляционная связь между концентрацией водорастворимой формы и валовым содержанием цинка в почвах города, по результатам которых установлена прямая зависимость высокой силы между коррелируемыми признаками ($r=0,7$).

Обменная форма цинка, извлекаемая ацетато-аммонийным буфером с pH 4,8, приводит к частичной десорбции ионов цинка с наиболее слабых сорбционных центров, растворению некоторых соединений цинка, излечению ионов цинка из ППК благодаря кислой реакции и разрушению некоторых комплексов цинка из-за комплексообразующей способности применяемых реагентов.

Содержание **обменного цинка** в почвах города колеблется от 3,5 до 45 мг/кг, среднее содержание составляет $24,3 \pm 1,4$ мг/кг, что в 11 раз превышает среднюю концентрацию водорастворимого цинка, примерно соответствует ОДК (23 мг/кг), принятой в России [9]. Коэффициент вариации обменного цинка составляет 47,3%, доля его от валового содержания – 3,0%.

Установлена прямая, средняя зависимость между концентрацией обменной формы и валовой концентрацией цинка в почвах города ($r=0,6$).

1,0 раствор HCl извлекает общие запасы подвижных форм цинка, является наиболее сильным экстрагентом из вышеупомянутых. В извлекаемую 1,0 н. раствором HCl кислоторастворимую форму входит цинк, связанный с различными почвенными частицами (глинистыми минералами, гуминовы-



ми соединениями, оксидами железа, марганца, алюминия, первичными минералами) и характеризующиеся различной миграционной способностью.

Концентрация **кислоторастворимой формы** цинка в почвах города колеблется от 65 до 900 мг/кг при среднем содержании $317 \pm 22,2$ мг/кг, что выше среднего содержания водорастворимой формы в 144 раза, обменной – в 11 раз, ОДК – в 5,3 раза (60 мг/кг). Доля кислоторастворимого цинка от его валового количества в почвах составляет в среднем 39,5%. Установлена высокая положительная корреляция между концентрацией кислоторастворимой формы и величиной валового цинка в почвах ($r=0,7$).

Таким образом, по величине среднего содержания (в мг/кг) в почвах города подвижные формы Zn образуют следующий убывающий ряд: кислоторастворимая (317) < обменная (24,3) < водорастворимая (2,2). А по подвижности: кислоторастворимая (39,5%) < обменная (3,0%) < водорастворимая (0,35%).

Одной из главных характеристик геохимической антропогенной аномалии является ее интенсивность, которая определяется степенью накопления элемента-загрязнителя по сравнению с кларком литосферы, с фоном, с ПДК. Кларк концентрации (Кк), коэффициенты концентрации (Кс) и опасности (Ко), рассчитанные по зонам города, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Показатели содержания цинка в почвах различных зон г. Усть-Каменогорка

Зоны города	Кларк концентрации (Кк)	Коэффициент концентрации (Кс)	Коэффициент опасности (Ко)
Северная	17,3	46,4	4,8
Центральная (селитебная)	9,9	26,5	2,7
Северо-восточная	5,5	14,8	1,5
Южная	2,9	7,8	0,8
Общее по городу	9,7	25,6	2,7

Установлено, что рассчитанные коэффициенты в северной зоне города превышают таковые в южной зоне в 6,0 раз. Высокие концентрации валового содержания, особенно кислоторастворимых, обменных форм цинка в почвах естественно служат основой их поступления и в природные воды города. Определены классы содержания валового цинка и их процент в почвах города (табл. 3).

Таблица 3

Классы содержания валового цинка в почвах г. Усть-Каменогорска

Классы содержания, мг/кг	Процент проб	Площадь города, га
<300	25	57500
300-600	26	59800
600-900	19	43700
>900	30	69000

По результатам проведенных исследований составлена карта-схема распределения валового цинка в почвах на территории г. Усть-Каменогорска (рис. 2).

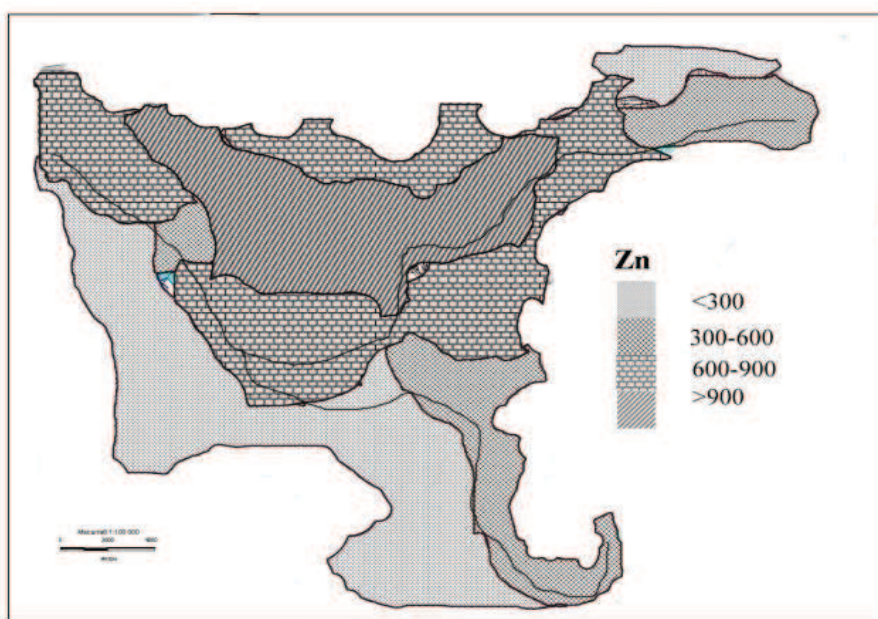


Рис. 2. Карта-схема содержания валового цинка в почвах г. Усть-Каменогорска

Выводы:

1. Территория г. Усть-Каменогорска значительно загрязнена цинком, валовое содержание цинка превышает в десятки раз фоновые, региональные, кларковые концентрации, ПДК почв.
2. Среднее содержание цинка в подвижных формах характеризуется следующим убывающим рядом: кислоторастворимая < обменная < водорастворимая.
3. По среднему валовому содержанию и подвижным формам Zn ареалы г. Усть-Каменогорска располагаются в следующем убывающем порядке: северная > центральная (селитебная) > северо-восточная > южная зона. Это обусловлено нахождением в северной, центральной (селитебная) зонах крупных промышленных предприятий города, осуществляющих максимальное количество выбросов в городе (АО «Казцинк», Ульбинский металлургический завод, ТЭЦ).

Библиографический список

1. О состоянии атмосферного воздуха в ВКО: Отчет ВКО департамента статистики, 2009. 20 с.
2. Панин М.С. Техногенные проблемы Усть-Каменогорска // Развитие идей континентальной биогеохимии и геохимической экологии. М.: ГЕОХИ РАН, 2010. С. 70-86.
3. ГОСТ 5681-84. Полевые исследования почвы. Порядок и способ определения работ. Основные требования к результатам. М.: Изд-во стандартов, 1984.
4. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб. М.: Изд-во стандартов, 1989.
5. ГОСТ 4979-49. Почвы. Отбор, хранение и транспортировка проб. М.: Изд-во стандартов, 1980.
6. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. М.: Гидрометеиздат, 1981. 108 с.
7. Программное обеспечение атомно-абсорбционного спектрометра «КВАНТ-2А». Руководство пользователя. М.: ООО «КОРТЕК», 2003. 55 с.
8. Плохинский Н.А. Биометрия. М.: Изд-во МГУ, 1970. 367 с.
9. Ладонин Д.В. Соединения тяжелых металлов в почвах – проблемы и методы изучения // Почвоведение. 2002. № 6. С. 682-692.

Bibliography

1. State of atmospheric air in East Kazakhstan region: EKR report. Statistics department, 2009. 20 p.
2. Panin M.S. Man-made problems of Ust-Kamenogorsk // Development of the ideas of continental geochemical ecology and biogeochemistry. Moscow: Vernadsky Institute, 2010. Pp. 70-86.



3. GOST 5681-84. Field studies of the soil. The procedure and method of determining the work. The main requirements to the results. Moscow: Publishing House of Standards, 1984.
4. GOST 28168-89. Soil. Sampling. Moscow: Publishing House of Standards, 1989.
5. GOST 4979-49. Soil. Selection, storage and transport of samples. Moscow: Publishing House of Standards, 1980.
6. Methodic recommendations for field and laboratory studies of soils and plants under the control of environmental pollution metals. M. Gidrometeoizdat, 1981. 108 p.
7. Software atomic absorption spectrometer "Kvant-2A". User Guide. Moscow: ООО "Cortec", 2003. 55 p.
8. Plohinsky N.A. Biometrics. Moscow: Moscow State University Press, 1970. 367 p.
9. Ladonin D.V. Heavy metals in soils – problems and methods of learning // Soil Science. 2002, № 6. Pp. 682-692.

УДК 58.05+546 (282.256.1)

ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВАХ Г.УСТЬ-КАМЕНОГОРСКА

© 2013 **Галямова Г.К.**

Астраханский государственный технический университет

Изучены особенности накопления меди, цинка, свинца и кадмия в почвах г. Усть-Каменогорска. Почвы различных зон города характеризуются различным уровнем загрязнения. Составлены карты-схемы распределения химических элементов и их ассоциаций в почвах города.

The features of the accumulation of copper, zinc, lead and cadmium in the soil of Ust-Kamenogorsk. Soils of different areas of the city are characterized by different levels of pollution. The maps of the diagram of distribution of chemical elements and their associations in the soils of the city.

Ключевые слова: Загрязнение, почва, урбоэкосистемы, химические элементы, коэффициент накопления

Keywords: Pollution, soil, special attention were paid, the chemical elements, accumulation factor

Интенсивный процесс урбанизации обусловил целый ряд экологических проблем, связанных с резким ухудшением качества городской среды. Все это вызывает необходимость индикации и объективной оценки её современного состояния. Наиболее острой проблемой урбоэкосистем является загрязнение окружающей среды тяжёлыми металлами (ТМ). Особенно актуальна данная проблема для крупного промышленного региона Восточного-Казахстана г.Усть-Каменогорска. Особенности города являются физико-географические условия его расположения, препятствующие рассеиванию загрязняющих веществ, а также концентрация промышленных производств в черте города, таких как цветная металлургия, теплоэнергетика, ядерное топливо. Поступление ТМ в почвенный покров определяет возможность дальнейшей их миграции в грунтовые воды, их доступность растениям, потенциальную угрозу живым организмам, в том числе человеку. Вместе с тем, почва является одним из важнейших защитных, биохимических барьеров для ряда соединений на пути их миграции в грунтовые воды и растения.

Поэтому химический анализ почв является основной частью биогеохимических исследований урбоэкосистем. Изучение тяжелых металлов в системе почва - древесные растения позволит оценить характер их миграции и перераспределения, накопления в хвое и листьях древесных растений и почв г. Усть-Каменогорска.

Цель данной работы - определение химических элементов в почвах г. Усть - Каменогорска.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Площадь г. Усть-Каменогорска составляет 230 км². Город расположен на равнинном участке, образованном долинами рек Ульба и Иртыш при их слиянии и окруженном с севера, востока, юга и юго-запада отрогами горных хребтов высотой до 800 м. Долина остается открытой только в северо-западном и в меньшей степени в юго-восточном направлении, что значительно сдерживает возможность быстрого рассеивания выбросов токсических элементов в воздушный бассейн города предприятиями-загрязнителями.

Город Усть-Каменогорск расположен в пределах Иртышской зоны смятия, являющейся весьма важным экологическим фактором. Палеозойские породы и останцы неогена на территории города перекрываются мощной толщей четвертичных аллювиальных и делювиальных отложений, представленных лессовидными суглинками, сланцами и прослоями песка и гравия.

Территория города представлена черноземными степями в биогенных ландшафтах суши, почвы - черноземы обыкновенные суглинистые и солонцеватые, а также дерново-глеевые аллювиальные слоистые (поймы Иртыша, Ульбы и долины малых водотоков). Все почвы имеют слабокислую и нейтральную реакцию (рН от 6,8 до 8,1), среднюю (в суглинистых разновидностях) и низкую (в супесчаном и песчаных разновидностях) величину емкости поглощения (15-22 мг-экв./100 г почвы); содержание гумуса составляет 3-6 %.