

УДК 504.054

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ГОРНОРУДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИК КАЗАХСТАН И БАШКОРТОСТАН ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Сембаев Ж.Х.¹, Хантурина Г.Р.², Бактыбаева З.Б.^{3,4}, Сулейманов Р.А.⁴, Валеев Т.К.³,
Рахматуллин Н.Р.³

1-РГКП «Национальный центр гигиены труда и профессиональных заболеваний»,
Караганда, Республика Казахстан

2-Карагандинский государственный технический университет,
Караганда, Республика Казахстан

3-ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия

4-ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», Уфа, Россия

Для территорий добычи и переработки рудно-минерального сырья существует опасность загрязнения почвенного покрова токсичными химическими элементами, в частности тяжелыми металлами. В результате миграционных процессов токсиканты из почвы могут попадать в поверхностные и подземные воды, поглощаться растениями и далее по пищевым цепям проникать в организм человека. Целью работы явилось изучение содержания тяжелых металлов в почвенном покрове промышленных районов Карагандинской области Республики Казахстан и Зауралья Республики Башкортостан. Отбор проб почвы проводили согласно ГОСТ 17.4.4.02-84. Подвижные формы металлов в образцах определялись методом атомно-абсорбционной спектрометрии. Оценка полученных результатов проводилась по отношению к предельно допустимой концентрации металла в почве. Был рассчитан суммарный индекс загрязнения почвенного покрова (Zc). К химическим веществам, загрязняющим почву селитебных территорий Карагандинской области, были отнесены такие токсичные металлы, как свинец, хром, мышьяк, сурьма, таллий и бериллий. Определенное значение может иметь и содержание марганца, меди, цинка и кобальта. Суммарный показатель Zc для почв г. Темиртау равен 22,3, г. Балхаш – 15,1, что соответствует среднему уровню загрязнения. В почвенном покрове селитебных зон горнорудных территорий Башкортостана обнаружено превышение ПДК меди, цинка и марганца до 3,0 раз, хрома – до 1,9 раза, мышьяка – до 1,4 раза, никеля – до 1,3 раза. Максимальные концентрации элементов отмечены на расстоянии до 5,0 км от источников загрязнения по всем румбам. В значительной степени загрязнены почвы садоводческих участков, расположенные в черте городских промзон. По уровню содержания металлов (Mn, Zn, Cu, Co, Pb, Ni и Cr) сельскохозяйственные территории, удаленные от источников техногенного воздействия на расстояние 15–30 км и более, относятся к незагрязненным или к низкому уровню загрязнения (Zc от 1 до 13).

Ключевые слова: горнорудные территории, черная и цветная металлургия, загрязнение, тяжелые металлы, почвенный покров

Для цитирования: Сембаев Ж.Х., Хантурина Г.Р., Бактыбаева З.Б., Сулейманов Р.А., Валеев Т.К., Рахматуллин Н.Р. Загрязнение почвенного покрова горнорудных территорий республик

Казахстан и Башкортостан тяжелыми металлами. Медицина труда и экология человека. 2019; 1:16-22.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2019-10003>

SOIL CONTAMINATION OF HEAVY METALS OF THE MINING TERRITORIES THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN AND BASHKORTOSTAN

Sembaev Zh.H.¹, Khanturina G.R.², Baktybaeva Z.B.^{3,4}, Suleymanov R.A.³, Valeev T.K.³, Rakhmatullin N.R.³

1 - National Centre of Labor hygiene and Occupational diseases of the Ministry of Healthcare of the Republic of Kazakhstan, Karagandy, Kazakhstan

2 - Karaganda State Technical University, Karagandy, Kazakhstan

3 - Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

4 - Bashkir State University, Ufa, Russia

For territories of mining and processing of ore-mineral raw materials, there is a danger of contamination of the soil by toxic chemical elements, in particular heavy metals. As a result of migratory processes, toxicants from the soil can get into surface and groundwater, be absorbed by plants and then penetrate the human body through food chains. The aim of the work was to study the content of heavy metals in the soil cover of industrial areas of the Karaganda region of the Republic of Kazakhstan and the Trans-Urals of the Republic of Bashkortostan. Soil sampling was performed according to GOST 17.4.4.02-84. The mobile forms of metals in the samples were determined by atomic absorption spectrometry. Evaluation of the results was carried out in relation to the maximum allowable concentration of the metal in the soil. The total soil contamination index (Zc) was calculated. The toxic substances that contaminate the soil in residential areas of the Karaganda region include toxic metals such as lead, chromium, arsenic, antimony, thallium, and beryllium. The content of manganese, copper, zinc and cobalt can also have a certain value. The total indicator Zc for soils in Temirtau is 22.3, Balkhash - 15.1, which corresponds to the average level of pollution. In the soil cover of residential areas of mining territories of Bashkortostan, MPC of copper, zinc and manganese was found to be up to 3.0 times, chromium - up to 1.9 times, arsenic - up to 1.4 times, nickel - up to 1.3 times. Maximum concentrations of elements were noted at a distance of up to 5.0 km from the sources of pollution in all points. Soils of horticultural plots located within urban industrial zones are heavily polluted. In terms of metal content (Mn, Zn, Cu, Co, Pb, Ni and Cr), agricultural areas remote from sources of anthropogenic impact at a distance of 15–30 km and more belong to unpolluted or low pollution (Zc from 1 to 13).

Key words: mining areas, ferrous and nonferrous metallurgy, pollution, heavy metals, soil cover.

For quotation: Sembaev Zh.H., Khanturina G.R., Baktybaeva Z.B., Suleymanov R.A., Valeev T.K., Rakhmatullin N.R. Soil contamination of heavy metals of the mining territories the republic of kazakhstan and Bashkortostan. Occupational health and human ecology.2019; 1:16-22.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2019-10003>

Ведущими отраслями в промышленном производстве Центрального Казахстана являются черная и цветная металлургия, удельный вес которых в общем потенциале региона составляет более 50%. На территории Карагандинской области, расположенной

в центральной части Республики Казахстан (РК), сосредоточено 100% запасов марганца республики, 80% вольфрама, 64% молибдена, 54% свинца, 36% меди, более 40% угля. Недра области богаты также редкими и редкоземельными металлами: висмутом, серебром, сурьмой, титаном, никелем, кобальтом, мышьяком и др. Развитие промышленности в Карагандинской области осуществлялось без учета экологических последствий, что привело к ухудшению качества окружающей среды. Например, города Балхаш, Караганда и Темиртау по валовым выбросам вредных веществ в атмосферу занимают 4–6-е места среди городов Содружества Независимых Государств и 1–3 места в РК. Расположенные в Карагандинской области стационарные источники загрязнений выбрасывают в атмосферный воздух более 800 тыс. тонн отходов в год, что составляет более 30% всех выбросов в РК. Соответственно, регион характеризуется высоким уровнем заболеваемости населения, в первую очередь, онкологией, болезнями дыхательных путей и сердечно-сосудистой системы [4]. К крупнейшим предприятиям горно-металлургического сектора РК относятся «АрселорМиттал Тимиртау», Темиртауский электрометаллургический комбинат, Балхашский горно-металлургический комбинат. Так, в начале 1990-х годов объем выбросов Балхашского горно-металлургического комбината составлял 280–320 тыс. тонн в год. С тех пор объем выбрасываемых загрязнителей увеличился почти вдвое. Вредные вещества также поступают с поверхности хвостохранилищ при пылевых бурях.

Горнодобывающая и рудоперерабатывающая промышленность Республики Башкортостан (РБ) является важной составляющей горно-металлургического комплекса Российской Федерации. Руды месторождений характеризуются высоким содержанием меди, цинка, железа, марганца, кобальта, никеля, кадмия и др. Горнорудный район РБ охватывает территорию, простирающуюся в длину на 320 км, в ширину на 100 км, и включает в себя 5 муниципальных районов с населением более 370 тыс. человек. В результате функционирования предприятий отрасли (Учалинский горно-обогатительный комбинат, Белорецкий металлургический комбинат, Бурибаевский горно-обогатительный комбинат, Башкирское шахто-проходческое управление, ООО «Башкирская медь» и др.) ежегодно образуется порядка 11100 тыс. тонн отходов, объем которых к настоящему времени превысил 1 млрд тонн. Отходы производства (вскрышные породы, некондиционные руды, хвосты флотации, неликвидный пиритный концентрат) совместно с горными выработками формируют техногенный рельеф с карьерами и отвалами [5].

Заболеваемость населения, проживающего в регионах с развитой горнорудной промышленностью, как в РБ, так и в целом по Российской Федерации, является повышенной по целому ряду классов болезней и отдельных нозологий. В структуре заболеваемости населения исследуемых территорий РБ наиболее значимыми показателями, превышающими республиканские значения, являются болезни системы кровообращения, мочеполовой системы, органов пищеварения. Общая заболеваемость взрослого населения горнорудных районов РБ достоверно превышает республиканские показатели как в целом, так и по новообразованиям [1].

Как известно, для территорий добычи и переработки рудно-минерального сырья существует опасность загрязнения токсичными химическими элементами, в частности тяжелыми металлами (ТМ). В процессе добычи руд, их переработки и обогащения происходит рассеяние ТМ в окружающую среду. Несмотря на то что ТМ являются неотъемлемым компонентом нормальных физиологических процессов, при повышенных концентрациях они могут приводить к нарушению метаболизма и функционирования живых организмов. Серьезную угрозу для населения горнорудных территорий может представлять загрязнение ТМ почвенного покрова, т.к. в результате

миграционных процессов токсиканты из почвы попадают в поверхностные и подземные воды, поглощаются растениями и далее по пищевым цепям проникают в организм человека. В этой связи проведение санитарно-химического исследования почвы на наличие неорганических загрязняющих веществ, характерных для данных регионов, является актуальной задачей.

Целью работы явилось изучение содержания ТМ в почвенном покрове промышленных районов Карагандинской области РК и Зауралья РБ.

Материал и методы исследования.

В процессе работы использован комплекс современных стандартизованных эколого-гигиенических, химических и статистических методов.

Отбор проб почвы проводили согласно ГОСТ 17.4.4.02-84 [3]. Пробы отбирались с глубины 0-10 см методом смешанных образцов. На селитебных территориях площадки отбора размерами в среднем 2x10 м располагались вдоль улиц и автотрасс в метре от кромки дороги. Вес грунтовой пробы составлял 1,0 кг. Подвижные формы металлов в образцах определялись методом атомно-абсорбционной спектрометрии. Коэффициент вариации содержания химических элементов в объединенной пробе не превышал 30% и находился в пределах ошибки анализа.

При помощи программ STATISTICA 10 и MS Excel 2010 были проведены расчеты показателей по первичным данным.

Оценка полученных результатов проводилась по отношению к предельно допустимой концентрации (ПДК) металла в почве [2]. Были рассчитаны индексы загрязнения почвы ТМ (Z_c). Для оценки уровней загрязнения использовался суммарный показатель, расчет которого выполнялся для металлов, содержащихся в почве на уровне более или равном 1 ПДК. Использовалась шкала с 5 уровнями загрязнения: $Z_c=1$ – незагрязненная; $Z_c=2-13$ – низкий уровень загрязнения; $Z_c=14-25$ – средний уровень загрязнения; $Z_c=26-37$ – повышенный уровень загрязнения; $Z_c=38$ и более – высокий уровень загрязнения.

Результаты и обсуждение.

На территории Карагандинской области РК был исследован почвенный покров городов Темиртау и Балхаш. Результаты анализа показали, что к химическим веществам, загрязняющим почву г. Темиртау, были отнесены такие токсичные металлы, как свинец, хром, мышьяк, сурьма, таллий и бериллий. Определенное значение может иметь и содержание марганца, меди, цинка и кобальта.

Во всех пробах почвы в г. Темиртау наблюдалось значительное превышение ПДК по уровню меди – от 10 до 20 раз. При этом отмечался достаточно равномерный уровень этого соединения в образцах, что дает основание предполагать о природообусловленном характере загрязнения. Во всех пробах также отмечался повышенный по отношению к ПДК (от 10 до 67 раз) уровень хрома. Наиболее высокое содержание металла определялось в пробах из северо-западной и восточной частей города, что может быть обусловлено поступлением хрома из неорганизованных стоков «АрселорМиттал Тимиртау» и Темиртауского электрометаллургического комбината, а также золоотвалов. Почвенные образцы, отобранные вблизи данных техногенных объектов, характеризовались и превышением норматива по никелю (от 7,5 до 15 ПДК).

Концентрация подвижных форм цинка была на уровне от 2,6 до 6,5 ПДК. При этом в 3 пробах из северной части города отмечалось превышение металла в 13 раз. В отдаленной от промзоны части города также наблюдалось превышение уровня цинка в 11 раз, что может быть обусловлено работой малых предприятий или иной

хозяйственной деятельности. С другой стороны, наличие во всех пробах высокой концентрации цинка может свидетельствовать о повышенном региональном фоне этого металла.

Содержание кобальта в почве колебалось на уровне 2,4–3 ПДК. В ряде проб отмечалось незначительное (не более чем в 1,5 раза) превышение уровня ПДК по марганцу и ванадию. Уровень свинца в почвенных образцах местами достигал 2,5 ПДК. Однако каких-либо закономерностей по территориальному распределению проб с превышением не отмечено.

Результаты анализа проб почвы, отобранных в г. Балхаш, показаны в таблице.

Таблица

Интегральная оценка уровня загрязнения почвы г. Балхаш

Показатели	n	M±m, мг/кг	ДИ	Размах колебаний (Min-Max)	ПДК, мг/кг	Кратность к ПДК	Кларк мг/кг	Кратность к кларку
Марганец	9	0,003±0,001	0,002: 0,01	0,001-0,01	1500	0,0	1000	0
Цинк	9	11,6±0,91	9,51: 13,7	8,1-16,0	23	0,5	83	0,14
Медь	9	751,4±63,5	604,8: 897,9	368,14-994,3	3	250,5	47	15,98
Кобальт	9	0,57±0,11	0,31: 0,83	0,095-0,96	5	0,11	18	0,03

Примечание: ДИ – доверительные интервалы [CI-95%].

Во всех почвенных пробах концентрация меди многократно превышала ПДК (от 123 до 331 ПДК), что вероятнее всего связано с деятельностью Балхашского горно-металлургического комбината, специализирующегося на выплавке меди. Содержание марганца, цинка и кобальта находилось в пределах норматива.

Суммарный показатель Zc для почв г. Темиртау равен 22,3, г. Балхаш – 15,1, что соответствует среднему уровню загрязнения.

Исследования, проведенные в Зауралье РБ, показали, что население отдельных муниципальных образований (около 200 тыс. человек) проживает в условиях повышенного уровня загрязнения почвы ТМ. К таким населенным пунктам относятся города Сибай, Учалы, Белорецк и пос. Бурибай, в которых предприятия отрасли функционируют более 100 лет. В почвенном покрове исследованных селитебных зон обнаружено превышение ПДК меди, цинка и марганца до 3,0 раз, хрома – до 1,9 раза, мышьяка – до 1,4 раза, никеля – до 1,3 раза. Максимальные концентрации элементов отмечены на расстоянии до 5 км от источников загрязнения (предприятия горнорудной промышленности, карьеры по добыче руды) по всем румбам. Эти территории могут быть отнесены к опасной категории загрязнения почв.

В значительной степени загрязнены почвы садоводческих участков, расположенные в радиусе 5 км от городских промышленных зон. Приоритетными поллютантами являются медь, кадмий и цинк, превышающие нормативы до 10 раз. Суммарный показатель Zc соответствует среднему уровню загрязнения.

По уровню содержания металлов (Mn, Zn, Cu, Co, Pb, Ni и Cr) сельскохозяйственные территории, удаленные от источников техногенного воздействия на расстояние 15–30 км и более, относятся к незагрязненным или с низким уровнем загрязнения (Zc от 1 до 13).

На отдаленных от техногенных источников территориях загрязнение почвенного покрова ТМ происходит преимущественно за счет выбросов. Распределение токсикантов определяется многими факторами, которые зависят от особенностей источников загрязнения, метеорологических особенностей регионов, геохимических факторов и ландшафтной обстановки в целом. Источниками загрязнения на горнорудных территориях являются также и технологические процессы, приводящие к образованию больших масс пыли: буровзрывные работы при открытом способе добычи ископаемых, процессы дробления руд при обогащении и дефляции отвалов, отходы обогащения и добычи; погрузочно-транспортные работы и др. Существенный вклад в распространение поллютантов вносят и водные объекты, расположенные в зоне влияния предприятий. ТМ в результате разлива рек в весеннее половодье и грунтовой подпитки попадают в почвенный покров. Выщелачивание отвалов исторических загрязнений также сопровождается поступлением металлов в компоненты ландшафта. Территории горнорудного региона РБ являются естественными геохимическими провинциями с избытком железа, марганца, цинка и меди. Техногенное загрязнение накладывается на естественно повышенный уровень содержания металлов в почвах и ведет к увеличению риска здоровью населения.

Заключение.

Таким образом, выполненные исследования позволили выявить степень и специфику загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости снижения техногенного воздействия на окружающую среду с целью улучшения санитарно-гигиенических условий селитебных зон. Для восстановления экологического равновесия на урбанизированных территориях требуется применение системного подхода к управлению медико-экологической ситуацией на различных уровнях: мониторинг загрязнения почвы, проведение экологического аудита (паспорт) предприятий, внедрение международных стандартов экологического менеджмента серии ISO 14001, благоустройство территорий и т.д.

Список литературы:

1. Бакиров А. Б., Сулейманов Р. А., Валеев Т. К., Бактыбаева З. Б., Рахматуллин Н. Р., Егорова Н. Н. и соавт. Эколого-гигиеническая оценка качества питьевой воды Республики Башкортостан. Медицина труда и экология человека. 2017; № 3: 5 - 13.
2. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы: ГН 2.1.7.2041-06. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора; 2006.
3. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа: ГОСТ 17.4.4.02-84. М.: Стандартиформ; 2008.
4. Слажнева Т. И., Корчевский А. А., Яковлева Н. А., Шаймерденов Б. М., Леонтьев Н. Н., Франковская Н. М. Загрязнение атмосферного воздуха. Системный подход к управлению медико-экологической ситуацией в промышленном городе. Алматы, 2011.
5. Сулейманов Р. А., Бактыбаева З. Б., Хантурина Г. Р., Сейткасымова Г. Ж., Валеев Т. К., Рахматуллин Н. Р. Эколого-гигиеническая оценка состояния водных ресурсов горнорудных территорий республик Башкортостан и Казахстан. Медицина труда и экология человека. 2016; № 1: 16 – 20.

References:

1. Bakirov A.B., Suleymanov R.A., Valeev T.K., Baktybaeva Z.B., Rakhmatullin N.R., Egorova N.N., et al. Ecological and hygienic assessment of the quality of drinking water in the Republic of Bashkortostan. Occupational health and human ecology 2017; N 3: 5 - 13.
2. Maximum permissible concentration (MPC) of chemicals in the soil: Hygienic standards: HS 2.1.7.2041-06. M .: Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor; 2006
3. Environmental health. Soils. Methods of selection and sample preparation for chemical, bacteriological, helminthological analysis: GOST 17.4.4.02-84. M .: Standardinform; 2008
4. Slazhneva T. I., Korchevsky A. A., Yakovleva N. A., Shaimerdenov B. M., Leontyev N., N., Frankovskaya N. M. Atmospheric air pollution. A systematic approach to managing the health and environmental situation in an industrial city. Almaty; 2011
5. Suleymanov R. A., Baktybaeva Z. B., Khanturina G. R., Seitkasymova G. Zh., Valeev T. K., Rakhmatullin N. R. Ecological and hygienic assessment of the state of water resources in the mining territories of the Republics of Bashkortostan and Kazakhstan . Occupational health and Human Ecology 2016; N 1: 16 - 20.