

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.122.39>

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КОБАЛЬТА В СИСТЕМЕ ПОЧВА-РАСТЕНИЕ-ЖИВОТНОЕ

Научная статья

Газетдинов Р.Р.^{1,*}, Абдулгафарова Г.Х.²¹ ORCID : 0000-0002-8731-7363;^{1,2} Башкирский государственный университет, Бирский филиал, Бирск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (aldrich[at]mail.ru)

Аннотация

Исследования поступления тяжелых металлов (как опасных загрязнителей) в окружающую среду и их миграции по биосистеме имеют высокую актуальность и практическую значимость. Нами проведено количественное определение кобальта в системе почва-растение-животные в отдельных районах Республики Башкортостан с целью установления уровня его содержания в биосистемах. Фотометрическим методом с использованием 2-нитрозо-1-нафтола, установлено, что в биосистеме почва-растение-животное Баймакского района содержание кобальта составляет 21,2–0,9–128,7 мг/кг, а Бирского района – 10,3–0,3–111,4 мг/кг, соответственно. Установлено, что миграция кобальта вверх по системе почва-растение-животное происходит ограниченно. Исследование по содержанию кобальта в биосистеме Бирского района проведено впервые. Критического естественного и техногенного загрязняющего действия не обнаружено. Полученные данные могут быть использованы в области охраны окружающей среды, рационального природопользования и здравоохранения.

Ключевые слова: кобальт, тяжелые металлы, биосистема, фотометрический метод.

MEASURING OF COBALT CONTENT IN THE SOIL-PLANT-ANIMAL SYSTEM

Research article

Gazetdinov R.R.^{1,*}, Abdulgafarova G.K.²¹ ORCID : 0000-0002-8731-7363;^{1,2} Bashkir State University, BirsK Branch, BirsK, Russian Federation

* Corresponding author (aldrich[at]mail.ru)

Abstract

Studies of intake of heavy metals (as hazardous pollutants) into the environment and their migration through the biosystem have high relevance and practical significance. We carried out the quantitative determination of cobalt in the soil-plant-animal system in some areas of the Republic of Bashkortostan to establish the level of its content in the biosystems. Using a photometric method with 2-nitroso-1-naphthol, it was established that in the soil-plant-animal biosystem of the Baymasksy District the cobalt content was 21.2-0.9-128.7 mg/kg, and in the Birsky District - 10.3-0.3-111.4 mg/kg, respectively. It was found that the migration of cobalt upward through the soil-plant-animal system is limited. Research on the content of cobalt in the biosystem of the Birsky District was carried out for the first time. Critical natural and anthropogenic contaminating effects were not detected. The data obtained can be used in the area of environmental protection, sustainable nature management and public health.

Keywords: cobalt, heavy metals, biosystem, photometric method.

Введение

Научно-технический прогресс за последнее столетие принес человечеству небывалый скачок промышленно-энергетического потенциала, развитие естественных наук, появление новых материалов, лекарств и т.д. Благополучие общества возросло на порядок по сравнению даже с 20-ым веком. Население Земли выросло существенно и продолжает расти экспоненциально, что сопровождается повышением потребительского спроса во всех отраслях.

Вместе с тем происходит резкое ухудшение состояния окружающей среды, в частности происходит эмиссия в биосферу огромного количества загрязняющих веществ. Металлы, попадающие в окружающую среду, в первую очередь тяжелые металлы, представляют высокую степень опасности, сравнимую с различными химическими загрязнителями (например, пестицидами, выбросами с заводов) и не перерабатываемыми отходами АЭС.

Поступление тяжелых металлов в живые организмы, в том числе и млекопитающих, включая человека, происходит в основном с пищей растительного характера. Накопление практически всех металлов в растениях обусловлено транспортом и поглощением их корневой системой из почвы, поэтому исследования миграции тяжелых металлов в системе почва-растения-животные имеют высокую актуальность и важное практическое значение [1], [2].

Примечательно, что некоторые тяжелые металлы, являясь токсичными, одновременно выполняют и биофильные функции. Один из таких металлов – кобальт, участвующий в биохимических процессах животных и растительных организмов. Токсичность соединений кобальта проявляется при избыточном их поступлении в живые организмы и выражается в поражении сердечно-сосудистой системы, нарушении метаболизма цинка, функциональных расстройствах гормональной системы, гипоксии и т.д. [3].

Изучение содержания и транспорта кобальта в биосистемах имеет важное значение, что указано в научных работах, посвященных как его токсикологии, так и биологическому значению, поэтому проведенные нами исследования актуальны и представляют практическую ценность [4], [5], [7], [8].

Методы и принципы исследования

Для оценки степени насыщенности кобальтом и его миграции в биосистемах целью исследования выбрано определение содержания кобальта в системе почва-растение-животные в отдельных районах Республики Башкортостан.

Выбор объектов исследования обусловлен следующими соображениями: корневая система растений поглощает микроэлементы из верхних слоев почвы; при заготовке зеленых растительных кормов собирается только надземная часть растительного покрова; в биоматериалах животных наибольшее содержание кобальта отмечается в печеночной и мышечной ткани.

Объектами исследования выбраны:

1. Почвы лесостепной зоны Баймакского и Бирского района Республики Башкортостан. Тип почв – серые лесные. Верхние органогенные горизонты А и В.

2. Растительный покров чередующихся представителей степной и лесной флоры, произрастающий на выбранной территории.

3. Биоматериал животных, откормленных на выбранных территориях. Пробы биоматериала – образцы печени и мышечной ткани.

Отбор всех проб производился в соответствии с действующими нормативными документами, регламентирующими данный процесс. Координаты точек отбора проб: в Бирском районе – 55.426057; 55.624805; в Баймакском районе – 52.610439; 58.261215.

Пробы почв были отобраны пятиточечным методом, требуемым для химического анализа тяжелых металлов, с верхних горизонтов А и В. Пробоподготовка образцов почв включала в себя предварительную очистку от крупных включений (камни, корни растений и т.д.), измельчение и гомогенизацию. Из отобранных и предварительно подготовленных образцов почв были приготовлены почвенные вытяжки [9], [10], [11].

Для оценки содержания кобальта в растениях произведен анализ образцов сена, собранного при укосе наземной растительной массы, произрастающей на выбранной территории. Анализируемые растения не подразделяли на виды и семейства, поскольку целью работы было определение уровня накопления кобальта в целом в укосах наземной фитомассы. Предварительная пробоподготовка образцов сена заключалась в очистке от крупных примесей и последующей гомогенизации [12], [13].

Пробы биоматериалов животных были отобраны у забойных бычков возрастом 1 год, выращенных и откормленных преимущественно сеном, заготовленным на указанной территории. Предварительная пробоподготовка образцов биоматериалов выполнена путем измельчения образцов и их озоления [14].

Выделение кобальта из подготовленных проб выполнено последовательным растворением компонентов золы в азотной и фосфорной кислотах с последующей реакцией кобальта с 1-нитрозо-2-нафтолом и экстракцией образовавшегося комплекса хлороформом.

Количественное определение содержания кобальта в исследуемых образцах проводилось фотометрическим методом с применением 2-нитрозо-1 нафтола на однолучевом сканирующем спектрофотометре повышенной точности СФ-103 [15], [16].

Фотометрический метод с применением различных органических реагентов, в частности с оксинитрозосоединениями, является наиболее чувствительным, доступным и селективным. Применение фотометрии с 2-нитрозо-1-нафтолом позволяет определять содержание кобальта до $3 \cdot 10^{-4}$ %, а содержание его в незагрязненных биосистемах почва-растение-животное, как правило, не превышает $1,5 \cdot 10^{-4}$ %. Метод основан на образовании окрашенного комплекса кобальта с 2-нитрозо-1-нафтолом и фотометрическом измерении оптической плотности образовавшегося комплекса при длине волны 360 – 370 нм. Оптическую плотность измеряли по отношению к хлороформу. Расчеты содержания кобальта проведены относительно градуировочного графика, построенного по стандартным растворам, содержащим 0,003; 0,006; 0,009; 0,012; 0,015 мг кобальта, согласно стандартизированной методике.

Для минимизации влияния случайных и систематических ошибок каждый опыт и измерение проводились по три раза, результаты не укладывающиеся в интервал достоверности, рассчитанный с помощью Т-альфа параметра Стьюдента ($\alpha=0,95$), отбрасывались. Статистическая обработка результатов измерений проводилась с использованием программы MS Excel 2016. Методические основы примененного подхода изложены нами ранее [17].

Основные результаты

Результаты определения содержания кобальта в образцах почвы приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Содержание кобальта в пробах образцов почвы

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.122.39.1>

Почва	Горизонт А, мг/кг ($\pm 0,1$)	Горизонт В, мг/кг ($\pm 0,1$)	Среднее по горизонтам, мг/кг ($\pm 0,1$)
Бирский р-н	8,7	11,9	10,3
Баймакский р-н	17,7	24,9	21,2
ПДК	5,0	5,0	5,0

По результатам измерений, можно отметить, что темно-серые лесные почвы Баймакского района имеют существенно более высокое содержание кобальта по сравнению со средним содержанием в лесной почве Бирского района. Во всех горизонтах почв наблюдается превышение ПДК подвижных форм кобальта для почв сельскохозяйственных угодий. Согласно шкале обеспеченности и уровня загрязнения почв по шкале, предложенной Асылбаевым И.Г., почвы Бирского района можно отнести к умеренно загрязненным, а почвы Баймакского района - к сильно загрязненным. Высокое содержание кобальта можно объяснить трансрегиональным переносом от выбросов промышленных предприятий и повышенным содержанием его в почвообразующих породах. Полученные нами результаты согласовываются с данными полученными Миркиным Б.М. в 1996 г, Асылбаевым И.Г. в 2015 г. [18], [19].

Результаты определения содержания кобальта в образцах сена приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Содержание кобальта в пробах образцов сена

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.122.39.2>

Сено	Содержание кобальта, мг/кг ($\pm 0,1$)
Бирский р-н	0,3
Баймакский р-н	0,9

Согласно литературным данным, содержание кобальта в растениях не регламентируется нормативными документами и колеблется от 0,01 до 0,95 мг/кг сухой растительной массы. Практически отсутствуют сообщения о токсическом воздействии кобальта на животных при употреблении ими природных кормов. [20]

Содержание кобальта в пробах сена предсказуемо больше в образцах Баймакского района и меньше в образцах Бирского района, что согласуется с его содержанием в верхних слоях почв. Перенос кобальта в надземную растительную массу ограничивается корневым барьером растений, например, Нимбуева А.З. и Чимитдоржиева Г.Д., показывают, что гуминовые и фульвокислоты препятствуют их транслокации в растения. [1]

Результаты определения содержания кобальта в образцах биоматериалов приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Содержание кобальта в пробах образцов биоматериалов

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.122.39.3>

Биоматериал	Печень, мг/кг ($\pm 0,1$)	Мышечная ткань, мг/кг ($\pm 0,1$)
Бирский р-н	79,8	142,9
Баймакский р-н	104,6	152,7

По результатам измерений, можно отметить, что в мышечной ткани содержится существенно большее количество кобальта. Содержание кобальта в почве и кормовых культурах влияет на его концентрацию в тканях животных. Однако, прямого критического повышения концентрации кобальта в образцах биоматериалов с Баймакского района, по сравнению с образцами с Бирского района не выявлено.

Заключение

Таким образом, по проведенным исследованиям можно сделать следующие выводы.

Впервые проведены исследования уровня содержания кобальта в образцах почвы, растений и биоматериалов животных Бирского района Республики Башкортостан. В образцах Баймакского района уровень содержания кобальта сопоставим с данными полученными за предыдущие годы.

Содержание кобальта в почвах Баймакского и Бирского районов определяется как природными, так и техногенными факторами. Естественное накопление его обусловлено в основном почвообразующими процессами, а техногенные – привнесением с удобрениями, ветровым и водным переносом мелких частиц при добыче полезных ископаемых.

Установлено, что в биосистеме почва-растение-животное Баймакского района содержание кобальта составляет 21,2–0,9–128,7 мг/кг, а Бирского района – 10,3–0,3–111,4 мг/кг.

Миграция кобальта вверх по системе почва-растение-животное происходит ограниченно. Содержание кобальта в почвах определяется как природными, так и техногенными факторами. Перенос кобальта из почвы в надземную растительную массу ограничивается корневым барьером растений. На концентрацию кобальта в тканях животных влияет его содержание в почве и кормовых культурах.

Полученные нами результаты исследований могут быть использованы для оценки экологической обстановки региона, в области охраны окружающей среды, рационального природопользования и здравоохранения.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Асылбаев И.Г. Оценка геохимического состояния почв Южного Урала дис. ...д-ра null: 03.01.00 : защищена 2016-04-08 : утв. 2016-11-29 / И.Г. Асылбаев – Уфа: 2016. – 516 с.
2. Афиногенов Ю.П. Биогенные элементы и их физиологическая роль / Ю.П. Афиногенов, И.А. Бусыгина, Е.Г. Гончаров – Воронеж: ВГУ, 2008. – 143 с.
3. Водяницкий Ю.Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами / Ю.Н. Водяницкий, Д.В. Ладонин, А.Т. Савичев – М.: Россельхозакадемия, 2012. – 304 с.
4. Кабата-Пендиас А Микроэлементы в почвах и растениях / А Кабата-Пендиас, Х Пендиас – М.: Мир, 1989. – 439 с.
5. ГОСТ 17.4.3.01-2017. Почвы. Общие требования к отбору проб. – Введ. 2017-11-30. – М.: Стандартинформ, 2017. – 10 с.
6. ГОСТ 17.4.4.02-2017. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. – Введ. 2019-01-01. – М.: Стандартинформ, 2019. – 12 с.
7. ГОСТ 27262-87. Корма растительного происхождения. Методы отбора проб. – Введ. 1988-07-01. – М.: Изд.стандартов, 1988. – 9 с.
8. ГОСТ Р 50687-94. Почвы. Определение подвижных соединений кобальта по методу Пейве и Ринькиса в модификации ЦИНАО. – Введ. 2019-10-10. – М.: Стандартинформ, 2019. – 8 с.
9. ГОСТ Р 51447-99. Мясо и мясные продукты. Методы отбора проб.. – Введ. 2019-10-10. – М.: Стандартинформ, 2019. – 8 с.
10. ГОСТ Р 58595-2019. Почвы. Отбор проб. – Введ. 2019-10-10. – М.: Стандартинформ, 2019. – 8 с.
11. Пронина И.В. Биологические функции кобальта, токсикология и обнаружение в антидопинговом контроле. / И.В. Пронина, Е.С. Мочалова, Ю.А. Ефимова и др. // Тонкие химические технологии. – 2021. – № 16. – с. 318-336.
12. Брудар И.В. Влияние токсичности тяжелых металлов на здоровье человека. / И.В. Брудар, А.А. Савинова // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2021. – № 12-11(80). – с. 14-19.
13. Газетдинов Р.Р. Использование программы MS Excel для статистической обработки данных в преподавании аналитической химии. / Р.Р. Газетдинов, О.В. Газетдинова, И.М. Бляхина // Педагогическая информатика. – 2019. – № 3. – с. 31-39.
14. Чимитдоржиева Г.Д. Кобальт и хром в системе: порода-почва-растение-гумус (на примере западного Забайкалья). / Г.Д. Чимитдоржиева, А.З. Нимбуева, Э.О. Чимитдоржиева // Агрохимия. – 2018. – № 2. – с. 81-85.
15. Круглов Д.С. Лекарственные средства, применяемые для профилактики и лечения железодефицитных состояний. / Д.С. Круглов // Научное обозрение. Медицинские науки. – 2017. – № 4. – с. 26-41.
16. Гунина Л. Регуляторная и эргогенная роль контролируемых электролитов при физических нагрузках в спорте высших достижений. / Л. Гунина, И. Рыбина, В. Войтенко // Наука в олимпийском спорте. – 2021. – № 1. – с. 49-64.
17. Лысыков Ю.А. Роль и физиологические основы обмена макро- и микроэлементов в питании человека. / Ю.А. Лысыков // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2009. – № 2. – с. 120-131.
18. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства Министерства сельского хозяйства РФ / Центральный ин-т агрохим. обслуж. сел. хоз-ва. – М.: ЦИНАО, 1992. – 63 с.
19. Методические указания по колориметрическому определению микроэлементов в кормах и растениях / Центральный ин-т агрохим. обслуж. сел. хоз-ва. – М.: ЦИНАО, 1977. – 38 с.
20. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания

Список литературы на английском языке / References in English

1. Asy'lbaev I.G. Ocenka geokhimičeskogo sostoyaniya pochv Yuzhnogo Urals [Assessment of the geochemical state of soils in the Southern Urals] dis....of PhD in Natural sciences: 03.01.00 : defense of the thesis 2016-04-08 : approved 2016-11-29 / И.Г. Асылбаев – Ufa: 2016. – 516 p. [in Russian]
2. Afinogenov Yu.P. Biogeny'e e'lementy' i ix fiziologicheskaya rol' [Biogenic elements and their physiological role] / Yu.P. Afinogenov, I.A. Busy'gina, E.G. Goncharov – Voronezh: VGU, 2008. – 143 p. [in Russian]
3. Vodyaniczkij Yu.N. Zagryaznenie pochv tyazhely'mi metallami [Soil pollution with heavy metals] / Yu.N. Vodyaniczkij, D.V. Ladonin, A.T. Savichev – M.: Rossel'hozakademiya, 2012. – 304 p. [in Russian]
4. Kabata-Pendias A Mikro'e'lementy' v pochvax i rasteniyax [Trace elements in soils and plants] / A Kabata-Pendias, X Pendias – M.: Mir, 1989. – 439 p. [in Russian]
5. GOST 17.4.3.01-2017. Pochvy'. Obshhie trebovaniya k otboru prob [GOST 17.4.3.01-2017. Soils. General Sampling Requirements]. – Introduced 2017-11-30. – M.: Standartinform, 2017. – 10 p. [in Russian]

6. GOST 17.4.4.02-2017. Pochvy'. Metody' otbora i podgotovki prob dlya ximicheskogo, bakteriologicheskogo, gel'mintologicheskogo analiza [GOST 17.4.4.02-2017. Soils. Methods for taking and preparing samples for chemical, bacteriological, helminthological analysis]. – Introduced 2019-01-01. – M.: Standartinform, 2019. – 12 p. [in Russian]
7. GOST 27262-87. Korma rastitel'nogo proizozhdeniya. Metody' otbora prob [GOST 27262-87. Feed of plant origin. Sampling methods]. – Introduced 1988-07-01. – M.: Izd.standartov, 1988. – 9 p. [in Russian]
8. GOST R 50687-94. Pochvy'. Opredelenie podvizhny'x soedinenij kobal'ta po metodu Pejve i Rin'kisa v modifikacii CINAO [GOST R 50687-94. Soils. Determination of mobile compounds of cobalt by the method of Peive and Rinkis in the modification of TsINAO]. – Introduced 2019-10-10. – M.: Standartinform, 2019. – 8 p. [in Russian]
9. GOST R 51447-99. Myaso i myasny'e produkty'. Metody' otbora prob. [GOST R 51447-99. Meat and meat products. Sampling methods]. – Introduced 2019-10-10. – M.: Standartinform, 2019. – 8 p. [in Russian]
10. GOST R 58595-2019. Pochvy'. Otbor prob [GOST R 58595-2019. Soils. Sample selection]. – Introduced 2019-10-10. – M.: Standartinform, 2019. – 8 p. [in Russian]
11. Pronina I.V. Biologicheskie funkicii kobal'ta, toksikologiya i obnaruzhenie v antidopingovom kontrole [Biological functions of cobalt, toxicology and detection in anti-doping control]. / I.V. Pronina, E.S. Mochalova, Yu.A. Efimova et al. // Tonkie ximicheskie tehnologii [Fine chemical technologies]. – 2021. – № 16. – p. 318-336. [in Russian]
12. Brudar I.V. Vliyanie toksichnosti tyazhely'x metallov na zdorov'e cheloveka [Impact of heavy metal toxicity on human health]. / I.V. Brudar, A.A. Savinova // Aktual'ny'e nauchny'e issledovaniya v sovremennom mire [Actual scientific research in the modern world]. – 2021. – № 12-11(80). – p. 14-19. [in Russian]
13. Gazetdinov R.R. Ispol'zovanie programmy' MS Excel dlya statisticheskoy obrabotki dannyx v prepodavanii analiticheskoy ximii [Using MS Excel for Statistical Data Processing in Teaching Analytical Chemistry]. / R.R. Gazetdinov, O.V. Gazetdinova, I.M. Blyaxina // Pedagogicheskaya informatika [Pedagogical informatics]. – 2019. – № 3. – p. 31-39. [in Russian]
14. Chimitdorzhieva G.D. Kobal't i xrom v sisteme: poroda-pochva-rastenie-gumus (na primere zapadnogo Zabajkal'ya) [Cobalt and chromium in the system: rock-soil-plant-humus (on the example of western Transbaikalia)]. / G.D. Chimitdorzhieva, A.Z. Nimbueva, E'.O. Chimitdorzhieva // Agroximiya [Agrochemistry]. – 2018. – № 2. – p. 81-85. [in Russian]
15. Kruglov D.S. Lekarstvenny'e sredstva, primenyaemy'e dlya profilaktiki i lecheniya zhelezodeficitny'x sostoyanij [Medicines used to prevent and treat iron deficiency conditions]. / D.S. Kruglov // Nauchnoe obozrenie. Medicinskie nauki [Scientific review. Medical sciences]. – 2017. – № 4. – p. 26-41. [in Russian]
16. Gunina L. Regulyatornaya i ergogennaya rol' kontroliruemy'x e'lektrolitov pri fizicheskix nagruzkax v sporte vy'sshix dostizhenij [Regulatory and ergogenic role of controlled electrolytes during physical activity in elite sports]. / L. Gunina, I. Ry'bina, V. Vojtenko // Nauka v olimpijskom sporte [Science in Olympic sports]. – 2021. – № 1. – p. 49-64. [in Russian]
17. Ly'sikov Yu.A. Rol' i fiziologicheskie osnovy' obmena makro- i mikroelementov v pitanii cheloveka [The role and physiological basis of the exchange of macro- and microelements in human nutrition]. / Yu.A. Ly'sikov // Eksperimental'naya i klinicheskaya gastroenterologiya [Experimental and Clinical Gastroenterology]. – 2009. – № 2. – p. 120-131. [in Russian]
18. Guidelines for the determination of heavy metals in agricultural soils and crop products of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation / Central'nyj in-t agroh. obsluzh. sel. hoz-va. – M.: CINAO, 1992. – 63 p. [in Russian]
19. Guidelines for the colorimetric determination of trace elements in feed and plants / Central'nyj in-t agroh. obsluzh. sel. hoz-va. – M.: CINAO, 1977. – 38 p. [in Russian]
20. SanPiN 1.2.3685-21 Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans