

в первую очередь, для очистки концентрированных стоков предприятий пищевой и мясоперерабатывающей промышленности. Данный тип флотатора высоко зарекомендовал себя и на таких производствах как птицефабрики, молокозаводы, мясокомбинаты, рыбопереработка, консервные заводы и т.д.

Проведенный анализ функционирования действующих локальных очистных сооружений сточных вод и сравнение эффективностей их функционирования до и после модернизации показал, что эффективность очистки возросла и составила по основным показателям от 75 до 95 %. Внедренный метод реагентной напорной флотации с применением НДТМ позволил привести работу локальных очистных сооружений предприятия в соответствие с высокими требованиями Европейского Союза.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бренч А.А.* Технологии переработки продукции животноводства. Переработка мяса и производство мясной продукции/ А.А. Бренч, В.С. Ветров, И.Е. Дацук – Минск: БГТУ, 2015 – 272 с.
2. *Владимиров Н.И.* Основы производства продукции животноводства/ Н.И. Владимиров, Н.Ю. Владимирова, П.С. Ануфриев – Барнаул: АГАУ, 2007 – 191 с.
3. Паспорт локальных очистных установок сточных вод ОАО «Борисовский мясокомбинат №1» от 05 марта 2016 г. – 11 с.
4. Программа производственного контроля системы водоотведения ОАО «Борисовский мясокомбинат №1» согласно СанПиН 2.1.2.12-33-2005 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод от загрязнения», СанПиН 2.1.5.12-43-2005 «Санитарные правила для систем водоотведения населенных пунктов» на период с 2016 по 2021 гг. – 8 с.
5. Экологический паспорт предприятия ОАО «Борисовский мясокомбинат №1» от 01 марта 2020 г. – 57 с.

ПОДХОДЫ К ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ НОРМИРОВАНИЮ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

APPROACHES TO ECOLOGICAL RATING OF HEAVY METALS IN AGRICULTURAL LANDS

**С. Е. Головатый¹, П. Р. Хилимончик¹, С. В. Савченко²,
А. Н. Кузьмич³, В. Д. Дузинчук¹**

S. Golovaty¹, P. Khilimonchik¹, S. Savchenko², A. Kuzmich³, V. Duzinchuk¹

¹Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь

²Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь

³Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды,
г. Минск, Республика Беларусь
Miss_Polly_1999@mail.ru

¹Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

²Institute of Nature Management of the National Academy Sciences of Belarus, Minsk,
Republic of Belarus

³Ministry of Natural Resources and Environmental Protection, Minsk, Republic of Belarus

В настоящее время для оценки загрязнения почв сельскохозяйственных земель тяжелыми металлами используются различные критерии и показатели. В качестве критериев оценки экологического состояния сельскохозяйственных земель могут использоваться: фоновое содержание металлов в почвах, установленные для них гигиенические нормативы и дифференцированные нормативы, в основе которых лежат пороговые значения содержания элементов в различных почвах. Пороговые значения разработаны с учетом фонового содержания элемента, его гигиенического норматива, буферности почв, функциональной принадлежности территории. Использование дифференцированных нормативов позволяет обеспечить надлежащий контроль качества сельскохозяйственных земель с точки зрения содержания в них опасных в экологическом отношении химических веществ и выбрать вариант безопасного использования загрязненных сельскохозяйственных угодий.

Currently, various criteria and indicators are used to assess the heavy metal pollution of agricultural lands. The background concentration of heavy metals in soil, the hygienic standards established for them and the differentiated standards, which are based on the threshold limit values of such elements in various soils, can be used as criteria for assessing the ecological state of agricultural lands. The threshold limit values are developed taking into account the background concentration of the element, its hygienic standard, soil buffering capacity and the land-use purpose.

The use of differentiated standards allows proper quality control of agricultural lands in terms of environmentally hazardous chemicals and choosing the option for safe use of contaminated agricultural land.

Ключевые слова: тяжелые металлы, сельскохозяйственные земли, загрязнение почв, фоновое содержание, предельно допустимая концентрация, пороговое значение, дифференцированные нормативы.

Keywords: heavy metals, agricultural lands, soil pollution, background concentration, maximum permissible concentration, threshold limit value, differentiated standards.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2021-2-162-166>

В настоящее время вследствие активной антропогенной деятельности проблема загрязнения почв тяжелыми металлами остается актуальной. С этих позиций наибольшую опасность представляет загрязнение почв сельхозземель, так как производимые на них растениеводческая и животноводческая продукция наиболее ярко отражают экологическую ситуацию, сложившуюся на конкретной территории.

Несмотря на это, химически загрязненным сельскохозяйственным землям уделяется значительно меньше внимания по сравнению с территориями, находящимися в зоне интенсивного техногенного воздействия. Это обусловлено тем, что проблема загрязнения сельхозугодий тяжелыми металлами присутствует на ограниченных по площади территориях и в настоящее время не носит глобального характера. По данным [1], площадь сельскохозяйственных земель с опасным уровнем загрязнения почв составляет только 0,12% площади сельхозземель или 0,05% площади Беларуси.

В настоящий момент существуют различные критерии оценки экологического состояния почв сельхозземель, зависящие от целей и задач исследований, их детальности, площади и местоположения территории, направлением ее дальнейшего использования и возможных последствий, вызванных ухудшением экологического состояния почв.

При оценке загрязнения почв химическими веществами важен выбор критериев и показателей, позволяющих наиболее точно характеризовать экологическое состояние земель. Существует много теоретических и практических исследований, относящихся к проблеме экологического нормирования химических веществ в почвах. Определенные трудности возникают при оценке загрязнения почв тяжелыми металлами, которые в незначительных количествах присутствуют в любых естественных почвах как микроэлементы, что необходимо учитывать при нормировании их содержания в почвенном покрове.

В настоящее время применяется несколько критериев оценки содержания металлов в почвах сельхозземель с точки зрения загрязнения ими почв: сравнение фактического содержания с фоновой концентрацией, с предельно допустимой концентрацией (ПДК) или ориентировочно допустимой концентрацией (ОДК) химического вещества в почвах, а также оценка степени химического загрязнения земель с помощью дифференцированных нормативов, в основе которых лежат пороговые значения.

Использование в качестве критерия оценки фонового содержания металлов позволяет оценить изменение экологического состояния почв по сравнению с природными аналогами или почвами территорий, в минимальной степени подверженных техногенным нагрузкам. Имеющаяся на данный момент информация позволяет установить региональный, субрегиональный, местный или локальный педогеохимический фон. При этом в зависимости от величины, выбранной в качестве фоновой, степень химической трансформации почв исследуемой территории может быть различна.

Оценка фонового содержания химического вещества в сельскохозяйственных землях является проблематичной, так как почвы данных территорий в достаточной степени трансформированы и отличаются от своих природных аналогов, особенно в верхней постоянно обрабатываемой части профиля. Поэтому для научно обоснованного выбора фона необходимо учитывать тип почвы, распространенной на территории до ее сельскохозяйственного освоения, ее гранулометрический состав, кислотность, содержание гумуса и другие агрохимические характеристики. Наличие данной информации позволит наиболее точно определить для изучаемой территории фоновое содержание химических веществ и провести корректный сравнительный анализ. Однако на практике зачастую имеется информация по ограниченному перечню агрохимических показателей (гранулометрический состав и кислотность почв), что дает возможность проследить только тенденции в накоплении металлов в почвах сельхозземель.

Информация о фоновом содержании ряда тяжелых металлов в почвах сельхозземель Беларуси представлена в методических указаниях, которые регламентируют порядок работ по агрохимическому и радиологическому обследованию почв сельскохозяйственных земель Беларуси (таблица 1) [2]. В данном документе при установлении фоновых параметров содержания тяжелых металлов учитывались формы их нахождения в почве, тип почвы и ее гранулометрический состав, что позволяет достаточно корректно использовать предложенные фоновые значения.

При контроле загрязнения сельскохозяйственных земель фоновое содержание химических веществ в почвах определяется согласно ТКП 17.03.01–2013 «Охрана окружающей среды и природопользование. Земли. Правила и порядок определения фонового содержания химических веществ в землях (включая почвы)». В этом случае фоновое содержание тяжелых металлов определяется на фоновой территории, которая также относится к сельскохозяйственным землям с аналогичным с контролируемой территорией характером использования. При этом микроэлементный состав почв на выбранном фоновом участке может существенно отличаться от естественных почв и иметь определенный уровень техногенной трансформации.

*Таблица 1 – Фоновое валовое содержание тяжелых металлов
в дерново-подзолистых почвах сельскохозяйственных земель Беларуси*

Металлы	Гранулометрический состав почв		
	песчаные	супесчаные	суглинистые
	Содержание металла, мг/кг почвы		
Кадмий	0,07	0,09	0,12
Свинец	7,0	10,0	15,0
Цинк	20,0	28,0	40,0
Медь	5,0	8,0	12,0
Хром	18,0	25,0	50,0

Однако определить степень опасности поступления избыточного количества металлов в почвы и их негативное влияние на растения при использовании фоновых величин не представляется возможным. Такая оценка имеет место только с использованием гигиенических нормативов, регламентирующих предельно допустимые уровни накопления в почвах загрязняющих веществ с учетом их возможного перехода в сельскохозяйственную продукцию.

Гигиеническое нормирование химических веществ в почвах можно рассматривать как частный случай экологического нормирования. При гигиеническом нормировании в качестве реципиента воздействия рассматривается только человек, а основными целями нормирования является здоровье населения с учетом последствий для последующих поколений, что для почв сельхозугодий является приоритетным.

Одним из основных принципов установления нормативов предельного содержания тяжелых металлов в почвах сельхозземель является гигиеническое нормирование этих веществ в растениях. Исходя из этого, содержание любого вещества в почвах не должно вызывать загрязнение возделываемой на них сельскохозяйственной продукции выше установленного максимально допустимого уровня для растений (МДУ). Поэтому нормирование содержания химических веществ в почвах должно быть сведено к поиску таких предельных концентраций, при которых гарантируется получение гигиенически пригодных растительных продуктов для человека и кормов для животноводства.

Нормативами для оценки загрязнения сельскохозяйственных угодий тяжелыми металлами до настоящего времени выступали их предельно допустимые концентрации (ПДК) или ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) в почвах. Данные нормативы регламентированы различными нормативными документами и установлены с использованием различных подходов: нормативы без учета гранулометрического состава почв и функционального использования земель, нормативы с учетом гранулометрического состава почв, нормативы с учетом функционального использования территории, а также нормативы, специально разработанные для сельхозземель с учетом гранулометрического состава почв (таблица 2) [2-4].

*Таблица 2 – Гигиенические нормативы валового содержания
некоторых тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных земель (мг/кг почвы)*

Металл	ПДК (ОДК) без учета гранулометрического состава почв и функционального использования земель [3]	ПДК (ОДК) [3]			ПДК с учетом функционального использования земель населенного пункта [4]	ОДК для сельскохозяйственных земель [2]		
		почвы песчаные и супесчаные	почвы суглинистые и глинистые, рН<5,5	почвы суглинистые и глинистые, рН>5,5		песчаные	супесчаные	суглинистые
Кадмий		0,5	1,0	2,0		0,30	0,40	0,60
Свинец	32,0				32,0	25,0	35,0	60,0
Цинк		55,0	110,0	220,0		50,0	60,0	80,0
Медь		33,0	66,0	132,0		35,0	60,0	90,0
Никель		20,0	40,0	80,0				
Хром	100,0					80,0	150,0	200,0

Практика применения гигиенических нормативов (ПДК, ОДК) для оценки экологического состояния почв, в том числе сельхозземель, показала, что они не всегда позволяют реально отразить существующее загрязнение. Это обусловлено тем, что при гигиеническом нормировании не учитываются природное содержание химических веществ, мозаичность почвенного покрова, уровень антропогенных нагрузок на почвы различных по функциональному использованию территорий, свойства и характеристики самого почвенного субстрата.

В связи с этим возникает необходимость разработки более совершенного подхода нормирования химических веществ в почвах, который учитывал бы широкий спектр показателей, в том числе фоновое содержание элемента в почве, установленные для него гигиенические нормативы, буферность почв, категории земель, функциональное зонирование городской территории. Все вышеперечисленные критерии были учтены при расчете пороговых значений содержания химических веществ в почвах, которые представляют собой нормативы, установленные для отдельных территорий (категорий земель, территориальных зон по преимущественному функциональному использованию населенных пунктов, природных территорий, подлежащих особой или специальной охране),

превышение которых свидетельствует о химическом загрязнении земель и влечет необходимость выполнения природоохранных мероприятий [5].

Согласно [5], для земель сельскохозяйственного использования установлены следующие пороговые значения содержания тяжелых металлов в почвах, которые являются экологическими критериями для оценки состояния земель с точки зрения экологического подхода к их качеству и заменяют гигиенические нормативы, которые оценивают почвы с точки зрения безопасности для здоровья населения (таблица 3).

Таблица 3 – Пороговые значения валового содержания тяжелых металлов в почвах земель сельскохозяйственного использования

Назначение земель	Гранулометрический состав почвы	Содержание металла, мг/кг почвы					
		Cd	Zn	Pb	Cr	Ni	Cu
Земли сельскохозяйственного назначения	Песчаная	0,95	72,2	35,6	45,6	21,6	28,3
	Супесчаная	1,46	112	55,1	70,5	33,3	43,7
	Суглинистая	1,81	138	68,0	87,1	41,2	54,0
Сельскохозяйственная зона в населенном пункте	Песчаная	0,97	99,6	44,4	51,1	23,1	35,3
	Супесчаная	1,50	154	68,5	79,0	35,7	54,5
	Суглинистая	1,85	190	84,7	97,6	44,1	67,4

Различия в содержании металлов для сельскохозяйственных земель и сельскохозяйственных зон, расположенных в пределах населенных пунктов, предложенные в данном документе, обусловлены тем, что при расчете пороговых значений тяжелых металлов использовались различные значения их фоновое содержание в почвах.

Для категории земель сельскохозяйственного назначения за фоновую величину принималось среднее содержание металлов в почвах фоновых территорий Беларуси, рассчитанное из массива данных за 15-летний период наблюдений при проведении мониторинга земель в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды Беларуси (НСМОС). Так, рассчитанное по полученным данным фоновое содержание кадмия равно 0,37 мг/кг, меди – 5,0, никеля – 4, 8, свинца – 8,2, цинка – 19,6 и хрома – 4,3 мг/кг.

Для сельскохозяйственных зон в пределах населенных пунктов в качестве фона использовалось среднее содержание металлов в почвах населенных пунктов Беларуси, также рассчитанное из массива мониторинговых данных, собранных за 15-летний период наблюдений. Согласно данным расчетам, среднее содержание кадмия составило 0,39 мг/кг, меди – 7,8, никеля – 5,5, свинца – 12,7, цинка – 37,3 и хрома – 5,4 мг/кг.

На основании рассчитанных пороговых значений установлены интервалы по четырем степеням загрязнения почв: от более 1 до 5 пороговых значений – низкая степень загрязнения; от более 5 до 20 – средняя; от более 20 до 50 – высокая и более 50 пороговых значений – очень высокая степень загрязнения.

Использование разработанных дифференцированных нормативов позволяет обеспечить надлежащий контроль качества земель с точки зрения содержания в них опасных в экологическом отношении химических веществ, предупреждать вторичное загрязнение почв, а также сделать правильный выбор наиболее приемлемых видов экологически безопасного использования загрязненных сельхозугодий, включая планирование и реализацию мероприятий по их очистке.

Таким образом, для оценки загрязнения почв сельскохозяйственных земель тяжелыми металлами может использоваться ряд критериев: фоновое содержание металлов в почве, их гигиенические нормативы и дифференцированные нормативы, основанные на пороговых значениях.

Сравнение фактического содержания химического вещества с фоновым содержанием металлов в почве позволяет оценить изменение экологического состояния почв по сравнению с природными аналогами или почвами территорий, в минимальной степени подверженных техногенным нагрузкам, но не позволяет определить степень опасности загрязнения почв сельхозземель для производимой на них сельхозпродукции.

Гигиенические нормативы, регламентирующих предельно допустимые уровни накопления в почвах загрязняющих веществ с учетом их возможного перехода в сельскохозяйственную продукцию и последующего воздействия на человека, не всегда позволяют реально отразить существующее загрязнение, так как они не учитывают природное содержание химических веществ, мозаичность почвенного покрова, уровень антропогенных нагрузок на почвы, свойства и характеристики почвенного субстрата.

Все вышеперечисленные критерии учтены при разработке дифференцированных нормативов, основанных на пороговых значениях содержания металлов в почвах, которые рассчитаны с учетом фоновое содержание элементов в почве, их гигиенических нормативов, функционального использования территории, свойств самого почвенного субстрата. Использование дифференцированных нормативов дает возможность оценить качество почв сельскохозяйственных земель с экологических позиций, что позволяет выбрать вариант экологически безопасного использования загрязненных тяжелыми металлами сельскохозяйственных земель.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прогноз изменения окружающей природной среды Беларуси на 2010-2020 гг. / Под общ. ред. В.Ф. Логинова. – Минск: Минсктиппроект, 2004.

2. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: метод. указания / Под ред. И.М. Богдевича. – Мн., 2006.

3. ГН 2.1.7.12.1-2004 Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве (Утв. Постановление Гл. гос. сан. врача Республики Беларусь от 25 февраля 2004 №28).

4. Нормативы предельно допустимых концентраций подвижных форм никеля, меди и валового содержания свинца в землях (включая почвы), расположенных в границах населенных пунктов, для различных видов территориальных зон по преимущественному функциональному использованию территорий населенных пунктов. – Утв. Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 19.11.2009 №125.

5. ЭкоНП 17.03.01-001-2020 Охрана окружающей среды и природопользование. Земли (в том числе почвы). Нормативы качества окружающей среды. Дифференцированные нормативы содержания химических веществ в почвах.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НЕЙТРОННО-АКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТЕХНОГЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ УЗБЕКИСТАНА

USE OF INSTRUMENTAL NEUTRON-ACTIVATION ANALYSIS FOR ECOLOGICAL MONITORING OF TECHNOGENIC TERRITORIES OF UZBEKISTAN

Е. А. Данилова, Б. И. Курбанов, Я. А. Ахмедов, Н. Х. Хушвактов, Х. Ш. Фарманов
E. A. Danilova, B. I. Kurbanov, Y. A. Ahmedov, N. X. Xushvaktov, X. Sh. Farmanov

*Институт ядерной физики АН РУз, г.Ташкент, Республика Узбекистан,
bkurbanov@inp.uz*

*Institute of Nuclear Physics, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent,
Republic of Uzbekistan,
bkurbanov@inp.uz*

Приводятся результаты исследования макро- и микроэлементного состава природных, техногенных, биологических и экологических объектов, продуктов питания и биосубстратов (волосы) жителей техногенных территорий Узбекистана, где функционируют промышленные предприятия страны, с использованием нейтронно-активационного анализа и проведен экологический мониторинг этих территорий. Приводятся результаты элементного анализа эталонных образцов и почвы исследованных территорий.

The article presents the results of the study of the macro- and microelement composition of natural, technogenic, biological and ecological objects, food products and biosubstrates (hair) of the inhabitants of the technogenic territories of Uzbekistan, where the country's industrial enterprises operate, using neutron activation analysis. The ecological monitoring of these territories is carried out. The results of the elemental analysis of reference samples and the soils of the studied territories are presented.

Ключевые слова: макро- и микроэлементы, техногенные объекты, радионуклиды, нейтронно-активационный анализ, окружающая среда, гамма-спектр, нейтронный поток, полупроводниковый детектор.

Key words: macro- and microelements, technogenic objects, radionuclides, neutron activation analysis, environment, gamma spectrum, neutron flux, semiconductor detector.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2021-2-166-169>

В современном мире проблемы охраны окружающей среды стали глобальными проблемами, на которым необходимо уделять большое внимание. Основными источниками загрязнения окружающей среды стали промышленные предприятия – техногенные объекты горно-металлургических, нефтехимических, энергетических предприятий и отраслей производства сельхозудобрений [1,2]. В результате техногенного распространения химических элементов в окружающую среду возникают зоны с аномально высокими их содержанием. В настоящее время регионы с интенсивным развитием различных отраслей промышленности Узбекистана считаются характерными регионами, которые сильно влияют на окружающую среду. Такая ситуация требует проведения экологического мониторинга – комплексной системы наблюдений за состоянием окружающей среды данной территории, оценки ее изменений под воздействием природных и антропогенных факторов, их оценку и прогнозирование, а также действия, направленные на выявление, предупреждение и устранение влияния вредных факторов окружающей среды [3-5].