

ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

С.В. Савченко¹⁾, С.В. Какарека¹⁾, В.В. Парфенов²⁾, С.В. Саливончик¹⁾,
В.С. Хомич¹⁾

¹⁾ *Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail:
geosystem1@rambler.ru*

²⁾ *ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю
радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды», Минск, Беларусь*

Представлен прогноз загрязнения почв тяжелыми металлами (ТМ) на территории Беларуси в естественных экосистемах, на сельскохозяйственных землях и в городах на период до 2035 г. Для прогнозирования содержания ТМ в почвах естественных и сельскохозяйственных экосистем использован балансовый метод. Для прогнозной оценки загрязнения почв в городах использован экстраполяционный метод. Как показали исследования, при инерционном сценарии к 2035 года для почв естественных угодий прогнозируется незначительное снижение концентрации кадмия, цинка, меди и увеличение свинца. На почвах сельскохозяйственных земель изменения более значительные и положительны для всех типов почв и по отношению ко всем исследуемым ТМ. По оптимистическому сценарию для почв естественных и сельскохозяйственных экосистем ожидается снижение концентраций всех исследованных ТМ. В большинстве городов прогнозируется увеличение уровней загрязнения почв цинком, снижение содержания свинца, меди и никеля.

Ключевые слова: почвы; тяжелые металлы; загрязнение; прогноз.

Согласно Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием/деградацией земель, одним из факторов ухудшения их количественных и качественных характеристик является химическое загрязнение почв. Несмотря на существующие в настоящее время тенденции снижения атмосферных выпадений и нагрузок ТМ на подстилающую поверхность вследствие принимаемых мер на глобальном и национальном уровнях, проблема загрязнения почв на сельскохозяйственных землях, в городах и зонах их влияния остается актуальной.

Институтом природопользования НАН Беларуси при участии специалистов из других учреждений разработан прогноз изменений и состояния земельных ресурсов и почв на территории Беларуси на период до 2035 г. [1]. В настоящей статье представлен прогноз загрязнения почв ТМ в естественных экосистемах, на сельскохозяйственных землях и в городах.

Для прогнозирования содержания химических веществ в почвах естественных и сельскохозяйственных экосистем использован балансовый метод. Суть метода заключается в оценке объема и интенсивности потоков, с которыми вещество поступает в почву (входные потоки) и утилизируется из нее (выходные потоки). Исходя из наличия исходных данных по почвам Беларуси, для прогнозирования аккумуляции в них ТМ выбран упрощенный метод расчета, предложенный [2]. Методология его реализации на примере административного района изложена в [3].

Рассмотрены два прогнозных сценария с различным возможным уровнем поступления ТМ в почву с минеральными и органическими удобрениями, а также атмосферными выпадениями. Инерционный сценарий предусматривает максимальное увеличение доз внесения удобрений, увеличение потоков атмосферных выпадений ТМ и сохранение текущих параметров урожайности сельскохозяйственных культур и характеристик почвенно-грунтового стока. Оптимистический сценарий подразумевает незначительное увеличение доз внесения минеральных и органических удобрений, повышение урожайности сельхозкультур, увеличение инфильтрационного стока, снижение интенсивности потоков атмосферных выпадений ТМ. Потоки ТМ от выветривания из почвообразующих пород и биопоглощения естественной растительностью для обоих сценариев остаются неизменными. Результатом прогноза явилась прогнозная оценка увеличения или уменьшения (в %) концентрации ТМ в поверхностном 10 см горизонте почв по состоянию на 2035 год.

Для прогнозной оценки загрязнения почв в городах, для которых имеются 15-30-летние ряды наблюдений в рамках НСМОС и научных исследований [4] использован экстраполяционный метод.

Рассчитанные (принятые) значения основных потоков свинца, цинка и меди на 2035 год, использованные при разработке прогноза загрязнения почв естественных и сельскохозяйственных экосистем Беларуси, представлены в таблице.

Уровни атмосферных выпадений свинца и кадмия на территорию Беларуси в последние годы составили в среднем 0,727 и 0,0359 мг/м²/год соответственно [5]. При сохранении существующей в настоящее время тенденции снижения нагрузок уровни выпадения свинца и кадмия могут снизиться к 2035 г. соответственно до 0,340 и 0,0071 мг/м²/год.

Поскольку моделирование уровней выпадения цинка и меди в Беларуси и расчеты этих потоков в рамках Программы ЕМЕП не проводятся, для оценки выпадений этих металлов использованы данные С. Е. Головатого: соответственно 193,7 и 53,2 г/га/год [6].

Для оценки потоков ТМ в почвы с удобрениями использованы данные об их поступлении с 1 кг минеральных и органических удобрений [6]. С

учетом прогноза структуры удобрений и общих объемов их внесения на 2035 г., рассчитанных И.М. Богдевичем [1], выполнены прогнозные оценки годовых потоков металлов для пахотных земель и улучшенных сенокосов и пастбищ (см. табл.).

Рассчитанные (принятые) значения основных потоков свинца, цинка и меди на 2035 год, использованные при разработке прогноза загрязнения почв естественных и сельскохозяйственных экосистем Беларуси для инерционного (1) и оптимистического (2) сценариев, мг/м²/год

Поток	Свинец		Цинк		Медь	
	1	2	1	2	1	2
Атмосферные выпадения	0,340	0,340	19,37*	19,37*	5,32*	5,32*
Поступление с минеральными удобрениями:						
- на пахотные земли	0,117	0,133	0,423	0,481	0,229	0,261
- на улучшенные сенокосы и пастбища	0,062	0,079	0,223	0,287	0,121	0,155
Поступление с органическими удобрениями:						
- на пахотные земли	0,131	0,167	3,154	4,020	0,482	0,614
Поглощение растительностью:						
- лес	0,515	0,515	2,496	2,496	0,936	0,936
- луг	0,248	0,248	1,200	1,200	0,450	0,450
- пашня	0,132	0,152	5,327	6,123	1,076	1,237

Примечание. *по данным [6].

Потоки биопоглощения для естественных и сельскохозяйственных экосистем рассчитаны в зависимости от прироста биомассы или биомассы, отчуждаемой с урожаем, и содержания в ней металлов. Рассчитанные средние значения потоков поглощения ТМ из поверхностного горизонта почв представлены в таблице.

Выполненные расчеты с учетом рассмотренных выше потоков ТМ, а также потоков выветривания ТМ из материнских пород и выщелачивания с инфильтрационным стоком, показали, что при инерционном сценарии для верхнего горизонта почв естественных угодий к 2035 году прогнозируется незначительное снижение концентрации кадмия, цинка и меди, незначительное увеличение свинца. В зависимости от типа почвы эти изменения к 2035 году по отношению к 2020-му могут составить по свинцу 0,15–0,32 %, кадмию – 0,14–0,38, цинку – 0,14–0,33, по меди – 0,58–1,07 %.

На почвах сельскохозяйственных земель, из-за большей антропогенной нагрузки, изменения будут более значительными и положительными для всех типов почв и по всем исследуемым металлам: для свинца 0,58–

1,17 %, кадмия – 1,05–2,50, цинка – 0,36–0,73, меди – 0,70–1,90 % от исходного их содержания в почвах.

По результатам расчета по оптимистическому сценарию для всех типов почв естественных экосистем прогнозируется снижение концентраций ТМ: по свинцу – на 0,09–0,18 %, кадмию – 1,10–2,49, цинку – 0,88–2,12, меди – 0,58–2,25 %.

В почвах сельскохозяйственных земель прогнозируется отрицательная динамика в содержании всех рассматриваемых ТМ: в почвах различного типа содержание кадмия и цинка уменьшится соответственно на 0,26–1,05 % и 0,99–1,33 %. По свинцу и меди тенденция к снижению содержания слабовыраженная – 0,29–0,61 % и 0,06–0,14 % соответственно.

Для прогнозной оценки загрязнения почв ТМ в городах выполнен анализ динамики содержания ТМ в почвенном покрове 27 городов Беларуси, в которых мониторинговые исследования проводились не менее чем в 4 тура. Для г. Минска динамика загрязнения городских почв проанализирована за почти 30-летний период.

Поэлементный анализ изменения содержания ТМ в городских почвах показал тенденцию увеличения концентрации цинка на территории 52 % рассматриваемых городов Беларуси. Значительное увеличение (в 1,5 и более раз) среднего содержания металла характерно для почв Гомеля, Борисова, Пинска и Новополоцка и ряда других городов. Напротив, тенденция снижения накопления цинка в почве имеет место только в трех из рассматриваемых городов: Гродно, Полоцке и Солигорске.

Можно предположить, что в прогнозируемый период до 2035 года увеличение уровней загрязнения почв цинком в городах Беларуси сохранится. Этому будет способствовать увеличение использования в городском хозяйстве и строительных конструкциях технологий оцинкования металлоконструкций, а также использование и рассеяние при строительных и ремонтных работах цемента, содержание цинка в котором в 10–12 раз выше, чем в городской почве [7].

Для свинца наблюдается тенденция снижения содержания в почвах 44 % городов, против 19 %, в которых наблюдается повышение его концентрации. Для трети городов динамика в накоплении металла не прослеживается. Учитывая сложившуюся тенденцию уменьшения содержания свинца в почвах большинства городов и снижения техногенных химических нагрузок на почвы следует ожидать в долгосрочной перспективе дальнейшего снижения содержания свинца в почвах городов.

Анализ изменений содержания меди в почвах городов Беларуси показал сходное со свинцом соотношение числа городов с различными тенденциями в изменении его содержания. Наиболее благоприятная ситуация

сложилась по никелю: в 58 % городов концентрация металла в почве имеет тенденцию к снижению и только в 2-х – к увеличению.

Таким образом, к 2035 году прогнозируются незначительные изменения в содержании ТМ в верхнем горизонте почв естественных экосистем. В почвах сельскохозяйственных земель, согласно оптимистическому сценарию, содержание ТМ уменьшится в следующей последовательности (от наиболее значительного к незначительному): цинк, кадмий, свинец, медь. Согласно инерционному сценарию изменения в микроэлементном составе почв будут положительными для всех типов почв и по отношению ко всем исследуемым ТМ, за исключением цинка, концентрации которого могут измениться как в сторону увеличения (на 0,36 %), так и уменьшения (на 0,73 %) в зависимости от типа почв. В большинстве городов следует ожидать увеличения концентраций в почвах цинка и снижения свинца, меди и никеля.

Библиографические ссылки

1. Прогноз состояния природной среды Беларуси на период до 2035 года / В. М. Байчоров [и др.]; под общ. ред. В. С. Хомича; Нац. акад. наук Беларуси [и др.]. Минск: Беларуская навука, 2022.

2. Pačes T. Critical loads of trace metals in soils: A method of calculation // Biogeochemical Investigations at Watershed, Landscape, and Regional Scales. Springer Netherlands, 1998. P. 451–458.

3. Какарека С. В., Саливончик С. В. Прогноз загрязнения почв административного района Беларуси тяжелыми металлами // География и природные ресурсы. 2017. № 3. С. 179–188.

4. Городская среда: геоэкологические аспекты: монография / В. С. Хомич [и др.]. Минск: Беларуская навука, 2012.

5. Метеорологический Синтезирующий Центр-Восток. Уровни загрязнения территории Республики Беларусь [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ru.msceast.org/index.php/belarus> 2019. Дата доступа: 18.02.2020.

6. Головатый С. Е. Тяжелые металлы в агроэкосистемах // Республиканское унитарное предприятие «Институт почвоведения и агрохимии». Минск, 2002.

7. Выбросы тяжелых металлов в атмосферу: опыт оценки удельных показателей / С. В. Какарека [и др.]. Минск: Институт геологических наук АН Беларуси, 1998.