

энергетического потенциала скважин, в которых были выявлены термальные воды с температурой выше 50 °С. По их расчетам он составил 1,9 млрд. МВт-ч в год [2].

Возможный вклад альтернативных видов энергии в общую энергетическую картину мира различен. Определенное представление можно получить от сравнения их потенциальных ресурсов:

- энергоресурс рек в 10 раз меньше энергоресурса гидротермов;
- энергоресурс гидротермов в 1,6 раза меньше энергоресурса ветра;
- энергоресурс ветра в 600 раз меньше ресурса петрогеотермов;
- энергоресурс петрогеотермов в 2 раза меньше энергоресурса солнечного излучения в целом. При этом технический ресурс (т. е. реализованный) – в 7,6 раз меньше.

Это сравнение показывает, что из альтернативных видов энергии наибольшую перспективу имеет солнечная энергетика. Это стимулирует, в свою очередь, дальнейшее развитие термического преобразования солнечной энергии в электрическую энергию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гнатусь, Н. А. Тепло «сухих» горных пород – неисчерпаемый возобновляемый источник энергии [Электронный ресурс] / Н. А. Гнатусь, М. Д. Хуторской // Режим доступа: <http://naukarus.com/teplo-suhih-gornyh-porod-neischerpaemyy-voznovnyaemyy>. – Дата доступа: 10.11.2020.
2. Морозов, Ю. П. Метод интенсификации дебита геотермальных скважин [Электронный ресурс] / Ю. П. Морозов // Режим доступа: <http://naukarus.com/metod-intensifikatsii-debita-geoter-malnih-skvazhin>. – Дата доступа: 10.11.2020.
3. Забарний, Г. М. Энергетичний потенціал нетрадиційних джерел енергії України / Г. М. Забарний, А. В. Шурчков. – К.: ИТТФ НАН України, 2002. – 211 с.
4. Богуславский, Э. И. Освоение тепловой энергии недр / Э. И. Богуславский. – М.: Издательство «Спутник +», 2018. – 448 с.
5. Кесслер, Г. Ядерная энергетика / Г. Кесслер. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 264 с.

УДК 504.054; 504.064

ИЗУЧЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ЗЕМЕЛЬ ГОРОДОВ (НА ПРИМЕРЕ г. ОРША И г. БАРАНЬ)

КАРПИЧЕНКО А. А., канд. геогр. наук, доцент

Белорусский государственный университет,
Минск, Республика Беларусь

В настоящее время одной из актуальных проблем современного природопользования является деградация земель под влиянием техногенеза, проявляющаяся в том числе и в виде загрязнения почвенного

покрова широким спектром химических веществ. Наибольшая техногенная нагрузка отмечается для земель городов с развитой промышленностью и большим числом автотранспорта, а в составе загрязнителей заметная роль принадлежит тяжелым металлам, которые преимущественно концентрируются в верхнем горизонте городских почв [1]. Проблеме химического загрязнения земель в Республике Беларусь уделяется большое внимание. При осуществлении мониторинга окружающей среды проводятся наблюдения и за состоянием городских почв. Исследования показывают, что структура загрязнения и набор элементов-загрязнителей могут заметно колебаться в зависимости от численности населения города и специализации промышленности. Так, хорошо заметны отличия между Гомелем [2], Витебском и Кобрином [3] и другими городами [1].

Нами в рамках задания государственной программы научных исследований «Природопользование и экология» в 2019 г. производилось изучение геохимического состояния почвенного покрова г. Орша в границах зоны его перспективного развития (включая г. Барань). Для оценки возможного загрязнения тяжелыми металлами городских земель был произведен отбор смешанных проб из поверхностных горизонтов почв городов. Точки отбора образцов располагались с таким расчетом, чтобы были представлены все функциональные зоны города. Всего было отобрано 49 смешанных образцов почв преимущественно супесчаного (местами – суглинистого) гранулометрического состава.

Отобранные образцы почв высушивались в муфельной печи при 105 °С до абсолютно сухого состояния, просеивались через сито диаметром 1 мм, взвешивались, после чего проводилось сухое озоление пробы в муфельной печи при температуре 440–450 °С. После озоления проба охлаждалась в эксикаторе, взвешивалась для определения потерь при прокаливании и растиралась до пудрообразного состояния. Потери от прокаливании (в основном за счет органического вещества) составили в среднем 5,9 % (варьирование в пределах от 1,3 до 13,2 %, коэффициент вариации составил 53,4 %).

Анализ валового содержания Cu, Pb, Mn, Ni, Sn, Cr, Ti в почвах производился эмиссионно-спектральным методом на многоканальном атомно-эмиссионном спектрометре ЭМАС-200ДДМ в дуге переменного тока в научно-исследовательской лаборатории экологии ландшафтов Белорусского государственного университета.

Статистическая обработка результатов анализов проводилась в пакетах MicrosoftExcel и StatsoftStatistica 6.0. Построение карт распределения исследуемых элементов в верхнем горизонте почв г. Орша про-

изводилось программе ArcGIS 10.7 с использованием модуля SpatialAnalyst методом обратно-взвешенных расстояний.

Результаты анализа и основные статистические показатели содержания исследуемых металлов в верхних горизонтах почв г. Орша и г. Барань приведены в табл. 1.

Таблица 1. Основные статистические показатели содержания валовых форм тяжелых металлов в почвах г. Орша и г. Барань

Показатель	Химические элементы, мг/кг абсолютно-сухой почвы, $n = 49$						
	Cu	Pb	Mn	Ni	Sn	Ti	Cr
Минимум	2,2	2,4	136	1,3	0,2	353	8,7
Максимум	23,8	33,5	775	14,9	2,9	2881	40,2
Среднее	5,5	8,1	275	4,8	0,8	1058	17,6
Медиана	4,0	5,9	266	3,2	0,7	1006	17,4
Стандартная ошибка среднего арифметического	0,56	0,83	14,7	0,52	0,07	67,7	0,82
Коэффициент вариации (V), %	72,2	72,3	37,4	77,0	55,4	44,8	32,5
Фон [4]	13	12	247	20	–	1562	36
ПДК [5]	33	32	1000	20	–	–	100

Геохимическая оценка техногенного накопления производилась путем сравнения валового содержания исследуемых элементов их с фоновым содержанием в почвах Беларуси и с установленными санитарно-гигиеническими нормативами (ОДК/ПДК). При этом для Ti и Sn нет утвержденного ПДК/ОДК, а для Sn отсутствуют общепринятые данные по фону для Беларуси.

В накоплении валовых форм элементов отмечаются довольно высокие колебания содержаний элементов, соотношение между минимальной и максимальной концентрацией составляет 4,6 и 5,7 для хрома и титана, наибольшее соотношение отмечено для свинца – 14,1. Соответственно отличаются и коэффициенты вариации (V), показывающие высокое варьирование для хрома (32,5 %), марганца (37,4 %), титана (44,8 %) и олова (55,4 %). Для оставшихся трех элементов характерно очень высокое варьирование от 72,2 % для меди до 77 % для никеля.

Следует отметить, что установлен только один случай превышения ПДК/ОДК для свинца, для остальных элементов подобного не наблюдалось. Тем не менее графики распределения элементов, на которых отмечаются «пики», заметно возвышающиеся над общим локальным

фоном, показывают возможность техногенного влияния на накопление элементов, что особенно заметно для Pb, Cu, Ni, частично – для Sn.

Следует отметить, что результаты исследования в целом согласуются с данными Национальной системы мониторинга окружающей среды (НСМОС) за 2006 г., 2010 г. и 2015 г. (табл. 2).

Таблица 2. Содержание валовых форм тяжелых металлов в почвах г. Орша по данным НСМОС

Обследование	Показатель	Химические элементы, мг/кг			
		Cu	Pb	Mn	Ni
НСМОС 2015 г. [7]	Минимум	5,7	5,6	–	4,2
	Максимум	7,4	12,4	–	7,3
	Среднее	6,6	7,4	–	5,5
НСМОС 2010 г. [8]	Минимум	4,9	5,2	88	2,4
	Максимум	8,1	10,2	184	6,8
	Среднее	6,7	7,2	123	5,3
НСМОС 2006 г. [9]	Минимум	1,8	5,7	124	1,8
	Максимум	7,0	20,2	243	5,1
	Среднее	3,9	8,0	179	3,1

Средние содержания Cu, Pb и Ni достаточно близки, максимальные содержания данных элементов несколько выше, что может быть связано с более широкой сетью наблюдений. Среднее и максимальное валовое содержание марганца выше, чем по данным НСМОС в 2006 г. и 2010 г. (в 2015 г. его содержание не определялось).

Для установления характера распределения элементов была построена серия моноэлементных карт (рис. 1).

При оценке загрязнения почв городов тяжелыми металлами по нормативным показателям был установлен только один случай превышения ПДК/ОДК для свинца, для остальных элементов подобного не наблюдалось. Тем не менее, графики распределения элементов, на которых отмечаются «пики», заметно возвышающиеся над общим локальным фоном, показывают на возможность техногенного влияния на накопление элементов, что особенно заметно для Pb, Cu, Ni, частично для Sn.

Среднее содержание меди в верхних горизонтах г. Орша (5,5 мг/кг) более чем в два раза ниже, чем в среднем для Беларуси (13 мг/кг), превышение фона отмечено только для двух проб. При этом существенным (более чем в 1,5 раза) оно является только для одной точки на севере города в районе автодрома ДОСААФ, расположенного рядом с веткой железной дороги недалеко от промышленной застройки.

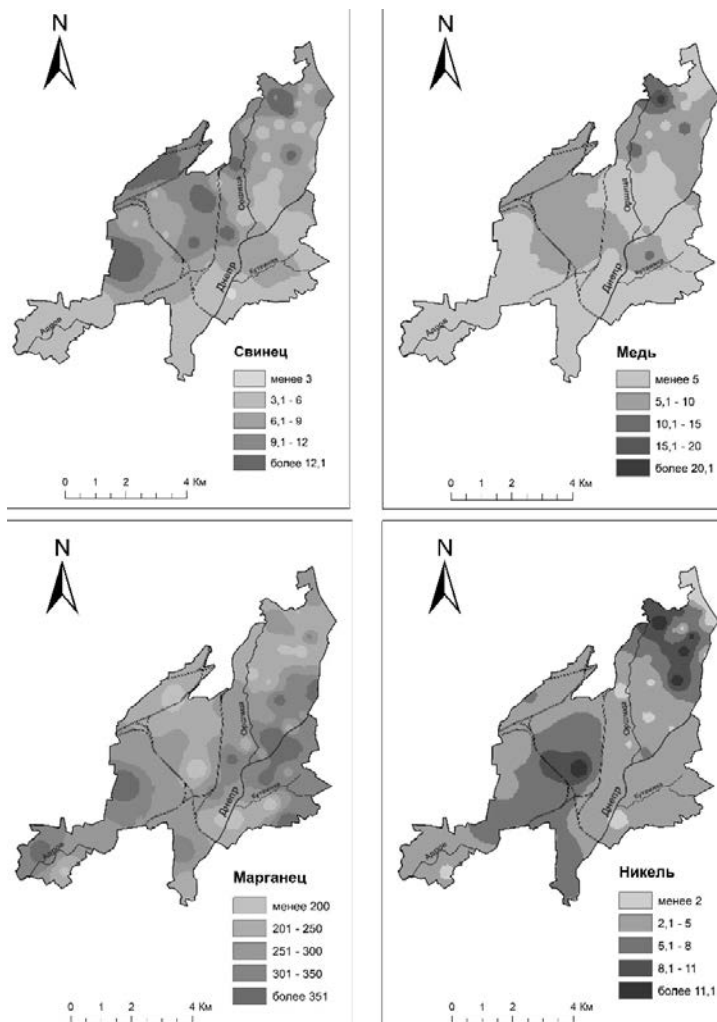


Рис. 1. Распределение Pb, Cu, Mn и Ni в верхних горизонтах почв г. Орша и г. Барань, мг/кг

Можно отметить недостаточную репрезентативность средней арифметической в качестве меры центра распределения, поскольку содержание ниже средней отмечено для 71 % проб. В таких условиях

медиана (4 мг/кг) будет более подходящей для усреднения данных и установления местного геохимического фона. Более чем двукратные превышения медианного значения могут являться признаком техногенного накопления и отмечаются для 18 % отобранных образцов. Для меди характерна не слишком контрастная пространственная неоднородность распределения меди в почвах городов. Большая часть территории характеризуется содержаниями менее 5 мг/кг, несколько больше меди наблюдается в северных частях города вблизи железных дорог и промышленных зон – на левом берегу р. Оршица.

Среднее содержание свинца в почвах г. Орша (8,1 мг/кг) меньше среднереспубликанского фона (12 мг/кг). При этом медианное значение (5,9 мг/кг) также заметно меньше среднего арифметического. Установлено единичное превышение ПДК в северной части города вблизи Дорожно-строительного управления № 7 ОАО «Дорожно-строительный трест № 1», рядом с которым расположены другие промышленные объекты. Превышения фона отмечены для 18 % от общего числа образцов, при этом более чем полуторные величины превышения отмечены лишь для трех смешанных проб. Поскольку доля техногенеза в накоплении свинца обычно преобладает, то существенные положительные отклонения от медианного значения могут свидетельствовать о потенциальном загрязнении почвенного покрова. Пространственное распределение свинца имеет некоторое сходство с накоплением меди (например, наибольшие концентрации выявлены в соседних точках), однако отмечается куда большая пятнистость и контрастность.

Распределение марганца в верхних горизонтах почв г. Орша и г. Барань заметно отличается от распределения меди и свинца, кроме того, оно довольно близко к нормальному (разница между средней и медианой меньше стандартной ошибки среднего арифметического), что может свидетельствовать о незначительном техногенном влиянии на характер его накопления. Более существенным может быть генезис почвообразующих пород, связанный с ним гранулометрический состав, а также окислительно-восстановительные процессы во временно избыточно увлажненных почвах. Более чем полуторные превышения фона отмечены для 16 % смешанных проб.

Характер распределения никеля в почвах проявляет некоторые черты сходства с медью и свинцом. Для него также характерна заметная положительная асимметрия и заметная разница между средней арифметической (4,8 мг/кг) и медианой (3,2 мг/кг). Хотя среднереспубликанское фоновое значение не превышено, но наличие ряда «пиков»

накопления вместе с асимметрией свидетельствует о возможном техногенном накоплении. Для большей части исследуемой территории характерны концентрации никеля, близкие к медианным (2,1–5 мг/кг), с локальными пятнами с еще более низким накоплением. Наибольшее накопление отмечено в районе автодрома ДОСААФ, для этой же точки было отмечена максимальная валовая концентрация меди. Относительное повышение концентрации имеет два ореола – северный вблизи ряда промышленных предприятий и железной дороги и центральный, связанный скорее с железной дорогой.

Для олова отсутствует утвержденный ПДК для почв, равно как и общепринятое значение фона, поэтому производить оценку его накопления затруднительно. Однако изучение характера распределения элемента в выборочном ряду может показать потенциально загрязненные почвы. В целом участки относительного накопления олова имеют точечный характер, небольшое повышение концентрации наблюдается и в историческом центре.

Накопление титана в городских почвах г. Орша имеет определенные черты сходства с распределением марганца (это же отмечалось нами и для г. Молодечно [9]) – схожие коэффициенты вариации, среднее содержание титана также отличается от медианного на величину меньше стандартной ошибки средней арифметической. Следует отметить, что гистограмма распределения титана показывает возможность двумодального распределения, что говорит о существенной неоднородности почв в этом отношении, которая может быть связана с существенным различием в генезисе почвообразующих пород, которые изначально отличаются по содержанию титана.

Хром в почвах Орши распределяется с большей степенью однородности, чем остальные исследуемые элементы, поскольку имеет наименьший коэффициент вариации – 32,5 %. Среднее арифметическое и медиана близки, фоновое содержание для почв республики превышено только в одном случае. Среднее арифметическое является вполне типичным для выборки, поскольку большинство ее значений (82 %) не отклоняется от среднего на величину большую, чем стандартное отклонение.

Пространственное распределение хрома в почвах города достаточно своеобразно, отличается от большинства остальных элементов, только некоторое сходство отмечено с оловом. Наибольшая концентрация выявлена в юго-восточной части города среди многоэтажной застройки. Второй заметный ореол накопления выявлен на северо-востоке города, где также наблюдались относительные повышения концентрации олова и никеля.

В целом накопление элементов в г. Орша носит точечный характер, повышенные концентрации приурочены в основном к промышленным зонам и железной дороге, отмечаются на севере города, отдельными точками в центре и на западе. В целом загрязнение почв исследуемыми элементами не представляет серьезной угрозы, за исключением одной точки с превышением ПДК по свинцу. Для г. Барань заметного техногенного накопления элементов не установлено.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хомич, В. С. Экогеохимия городских ландшафтов Беларуси / В. С. Хомич, С. В. Какарека, Т. И. Кухарчик. – Минск: Минсктиппроект, 2004. – 260 с.
2. Чертко, Н. К. Химия почв города Гомеля / Н. К. Чертко, А. А. Карпиченко, Д. О. Лебедев // Здоровые почвы – гарант устойчивого развития: сб. материалов II науч.-практ. конф. с международным участием, Курск, 14 мая 2019 г. / редкол.: М. В. Протасова (отв. ред.), Н. П. Неведров. – Курск: Курск. гос. ун-т, 2019. – С. 95–99.
3. Лукашёв, О. В. Ассоциации химических элементов в почвенном покрове природных и урбанизированных территорий / О. В. Лукашёв, Н. В. Жуковская, Н. Г. Лукашёва // Вестник БГУ. Сер. 2. Химия. Биология. География. – 2016. – № 1. – С. 46–55.
4. Петухова, Н. Н. К кларкам микроэлементов в почвенном покрове Беларуси / Н. Н. Петухова, В. А. Кузнецов // Доклады АН Беларуси. – 1992. – Т. 26. – № 5. – С. 461–465.
5. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы 2.1.7.12-1-2004. – Минск, 2004. – 18 с.
6. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл. 2015 г. – Минск, 2016. – 323 с.
7. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл. 2010 г. – Минск, 2011. – 395 с.
8. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл. 2006 г. – Минск, 2007. – 366 с.
9. Карпиченко, А. А. Геохимическая оценка почв и растительности г. Молодечно / А. А. Карпиченко, Н. К. Чертко, А. С. Семенюк // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. – 2018. – № 1. – С. 21–29.

УДК 332.3:330.115

К ВОПРОСУ АВТОМАТИЗАЦИИ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА

КОМЛЕВА С. М., канд. экон. наук, доцент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

Введение. Первые ЗИС в Республике Беларусь были созданы еще в 2001 г. Однако обновления информации не реже одного раза в пять лет для поддержания актуальности содержания карты масштаба 1:10000 не происходило. Единственным обновляемым был слой зарегистрированных земельных участков. В 2013 г. начались работы по обновлению