

А. О. СПЛОДИТЕЛЬ, И. В. КУРАЕВА

**ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАСТИТЕЛЬНОГО
ПОКРОВА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ
(НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА БРОВАРЫ, УКРАИНА)**

*Институт геохимии, минералогии и рудообразования имени
Н.П. Семененко НАН Украины, г. Киев, Украина
asplodytel@gmail.com*

Приведены результаты исследования содержания тяжелых металлов в растительном покрове урбанизированных ландшафтов Украины (на примере города Бровары Киевской области). С помощью ландшафтно-геохимических исследований, аналитических и статистических методов получено и проанализировано данные по содержанию валовых и подвижных форм химических элементов (Ni, Co, Zn, V, Pb, Cr, Cu). Установлена зависимость устойчивости растительности города от уровня загрязнения почвенного покрова и степени поступления тяжелых металлов. Уровень загрязнения растительности большей части города выше среднего. Доминирующая ассоциация тяжелых металлов: Zn > Mn > Cu > Pb > Ni > Cr > V распределяется по территории города мозаично, формируя

геохимические аномалии в зависимости от источника загрязнения. Максимум техногенной нагрузки зафиксирован в урбаноземах зон транспортной инфраструктуры и производственных и коммунально-складских объектов. Древесная растительность наиболее активно поглощает медь, марганец, наименее интенсивно - хром, ванадий и никель. Наибольший коэффициент биогеохимической активности из исследованных видов имеют клен остролистный (*Acer platanoides*) – 7,26, береза повислая (*Betula pendula* Roth.) - 7,07 и тополь канадский (*Populus deltoides*) – 7,05, наименьший - сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) – 1,32 и ольха серая (*Alnus incana*) – 3,37. Самые высокие коэффициенты биологического поглощения имеют марганец и медь, так как они обладают способностью образовывать прочные комплексы с органическим веществом. Большинство исследуемых видов растений захватывают ванадий и хром, которые в почвах находятся относительно в малоподвижных формах, очень слабо.

Ключевые слова: ландшафтно-геохимические условия, загрязнение, тяжелые металлы, растительность

В Украине наблюдается устойчивая тенденция к росту городского населения и усиление процессов урбанизации. Постоянно растущее загрязнение природных систем в результате антропогенной деятельности, низкая эффективность методов извлечения загрязнителей представляют угрозу здоровью людей и природной среде в целом.

Содержание тяжелых металлов (ТМ) в отдельных компонентах ландшафта является важным индикатором состояния городской среды. Для успешного мониторинга городов необходима всесторонняя эколого-геохимическая оценка состояния их территорий. Одним из важных критериев миграционных потоков ТМ в естественной среде является их транслокация из почвы в растения, которая определяет содержание поллютантов в биоте.

Содержание ТМ в фитомассе растений определялось масс-спектральным (ICP-MS) и атомно-эмиссионными методами (ICP-AES) с индуктивно связанной плазмой на приборах Elan-6100 и Optima-4300 DV (Perkin-Elmer, США) и ICP-MS анализатор ELEMENT-2 (Германия) в Институте геологии Польской академии наук и Институте геохимии, минералогии и рудообразования им. М.П. Семененко НАН Украины.

Для оценки трансформации ландшафтов под влиянием урбаногенезу необходимо изучение микроэлементного состава городских растений и сравнение его с уровнем аккумуляции ТМ растениями природных

ландшафтов. Для характеристики биогенной миграции тяжелых металлов и биогеохимических особенностей растений применены методики разработанные И.А. Авессаломовой, Ю.Ю. Саетом, А.И. Перельманом. Интенсивность накопления ТМ растительным покровом оценивалась с помощью коэффициента биологического накопления КБН, который определяется соотношением содержания металла в единице массы акцептора (растения в пересчете на сухую массу) и донора (почвы).

Для количественного анализа общей способности отдельного вида растений к концентрации тяжелых металлов использовано показатель биогеохимической активности (БХА) вида, получаемой от суммы КБП отдельных тяжелых металлов: $БХА = \sum КБП$.

Определение уровня содержания тяжелых металлов в растениях основных функциональных зон города осуществлено путем выбора индикаторных видов с целью анализа корреляционной зависимости между содержанием токсичных элементов в системе почва-растение. Среди них были изучены представители, обладающие высокими индикаторными свойствами. Анализ результатов химического состава растений показывает зависимость содержания ТМ от отдельных функциональных зон города. Растения зоны производственных и коммунально-складских объектов характеризуются высокими уровнями концентрации ТМ. Отмечается наибольшая контрастность в содержании микроэлементов. Содержание меди превышает в 5-10 раз. Концентрация цинка колеблется в пределах от 87 до 2960 мг/кг, достигая максимальных значений в листьях клена остролистного. Полученные данные превышают более чем в 10 раз фоновый уровень, характерный для растений, которые растут на значительном расстоянии от источников промышленных выбросов [1-3].

Распределение тяжелых металлов в растениях жилой зоны характеризуется также повышенными концентрациями. Уровень содержания цинка в клене остролистном приближается к уровню зоны инженерной инфраструктуры (970 мг/кг). Зафиксировано максимумы концентрации меди (36 мг/кг), свинца (37 мг/кг), цинка (970 мг/кг). Это обусловлено многолетним воздействием бытовых источников загрязнения ТМ. В зоне транспортной инфраструктуры, производственных и коммунально-складских объектов влияние прослеживается для всех исследуемых элементов-загрязнителей. Так, существенное влияние на содержание меди и цинка имеет аккумуляция нитратного азота в почве. Это может быть обусловлено влиянием пылевого загрязнения растений, особенно в зонах города, характеризующихся повышенной техногенной деятельностью.

Зафиксированы изменения в растительности ландшафтно-рекреационной зоны города (особенно на дерново-среднеподзолистых пылевато-супесчаных почвах). Здесь интенсивнее происходит поглощение свинца древесной растительностью, что приводит к превышению ПДК (5 мг/кг).

Анализ накопления меди показал превышение ПДК (20 мг/кг) в 1,1-2,5 раза в 26% растений специальной зоны и 47% зоны производственных и коммунально-складских объектов. На остальной территории города ее содержание также повышено. В то же время в растительности фоновой территории и 57% зоны специального назначения отмечается снижение содержания этого металла. Наибольшее превышение ПДК свинца (5,0 мг/кг) наблюдается в растениях зоны транспортной инфраструктуры – 40 мг/кг.

В качестве оценочного показателя для цинка использовали его фитотоксическую концентрацию (400,0 мг/кг). Превышение фитотоксической концентрации цинка зафиксировано во всех функциональных зонах города. У 30% растительности транспортной зоны и зоны производственных и коммунально-складских объектов отмечено превышение цинка (2380-2960 мг/кг) в 6-8 раз.

Цинк (по величине КБН) относится к элементам сильного накопления, а другие элементы к слабому или среднему захвату. Ряд потенциальной доступности поллютантов для растений в целом выглядит следующим образом: $Zn > Mn > Cu > Pb > Ni > Cr > V$. В избыточных количествах никель накапливается преимущественно в корневой системе исследуемых видов растений. Наблюдается превышение его критической концентрации (5,0 мг/кг) для зон инженерной и транспортной инфраструктуры (29-31 мг/кг). Превышение ПДК кобальта (10-20 мг/кг) в растительности м. Бровары зафиксировано не было. Только на отдельных участках зоны инженерной инфраструктуры встречаются точечные превышения его критической концентрации (5,0 мг/кг). ПДК марганца в пределах города не установлено, однако превышение критической (300,0 мг/кг) и фитотоксической концентраций (500,0 мг/кг) наблюдалось в зонах транспортной, инженерной инфраструктуры, производственных и коммунально-складских объектов.

Практически во всех исследуемых зонах города коэффициент концентрации K_k более 1,0, что свидетельствует о накоплении элементов ТМ городской растительностью [3]. Для большинства функциональных зон города (за исключением жилой зоны) загрязнение растительности свинцом проявляется в значительно меньшей степени, чем загрязнение почв. Аналогичное распространение характерно для цинка и меди.

Несмотря на то, что медь в ландшафтно-рекреационной зоне, а цинк в специальной зоне, зоне производственных и коммунально-складских объектов являются одними из приоритетных загрязнителей почвы, а в растительности их содержание не слишком велико. При незначительном загрязнении почв жилой и ландшафтно-рекреационных зон города никелем наблюдается его интенсивное накопление травянистой растительностью.

В древесных видах растений ни в одной функциональной зоне г. Бровары не отмечается превышение рекомендуемого уровня фитотоксичности цинка (400,0 мг/кг) и Mn (500,0 мг/кг) за исключением ландшафтно-рекреационной и жилой зоны. Анализ полученных результатов показал, что городские древесные растения склонны к накоплению ТМ. Особенно это характерно для растений зоны транспортной инфраструктуры, зоны инженерной инфраструктуры, зоны производственных и коммунально-складских объектов, где Кк для всех металлов > 1,0. В зонах инженерной и транспортной инфраструктуры активно накапливают свинец клен остролистный (*Acer platanoides*) и тополь канадский (*Populus deltoides*), которые растут на урбаноземах.

Ряды накопления ТМ для растений различных функциональных зон города неоднозначны. Как на фоновой территории, так и в условиях городской среды наиболее доступными для всех растений есть цинк и марганец. При этом для растительности ряды потенциальной доступности имеют следующий вид:

Для травяных растений:

Общественная зона: $Zn > Mn > Cu > Pb > Ni > Cr > V$;

Жилая зона: $Zn > Mn > Pb > Cu > Cr > Ni > V$;

Ландшафтно-рекреационная зона: $Mn > Zn > Cu > Pb > Cr > V > Ni$;

Зона транспортной инфраструктуры: $Zn > Mn > Cu > Pb > Cr > V > Ni$;

Зона инженерной инфраструктуры: $Zn > Mn > Cr > Cu > Pb > Ni > V$;

Зона производственных и коммунально-складских объектов:
 $Zn > Mn > Cu > Pb > Cr > V > Ni$;

Зона специального назначения: $Zn > Mn > Cu > Pb > Cr > V = Ni$.

Для древесных растений:

Общественная зона: $Zn > Mn > Cu > Pb > Ni > Cr > V$;

Жилая зона: $Zn > Mn > Cu > Pb > Cr > V > Ni$;

Ландшафтно-рекреационная зона: $Mn > Zn > Cu > Pb > V > Cr > Ni$;

Зона транспортной инфраструктуры: $Zn > Mn > Pb > Cu > V > Ni > Cr$;

Зона инженерной инфраструктуры: $Zn > Mn > Cr > Cu > Pb > V > Ni$;

Зона производственных и коммунально-складских объектов:

$Zn > Mn > Cu > Cr > Pb > V > Ni$;

Зона специального назначения: $Zn > Mn > Cu > Pb = V = Cr > Ni$.

Следует отметить, что для исследуемых древесных видов растений (клен, сосна и тополь) в условиях урбанизированной среды просматривается тенденция к накоплению свинца и меди всеми органами. Чаще всего, минимальное значение поглощения свинца (независимо от места их произрастания) характерно для веток лиственных пород и хвои, меди – для коры деревьев.

Содержание ванадия, никеля и марганца в листье древесных растений ландшафтно-рекреационной зоны города значительно меньше чем в жилой зоне и зоне производственных и коммунально-складских объектов. Подобная тенденция характерна для всех ТМ, содержащихся в образцах коры древесных растений ландшафтно-рекреационной зоны. Это может свидетельствовать о доминантности аеротехногенного загрязнения зоны производственных и коммунально-складских объектов, жилой зоны города.

Неоднородно распределение отдельных ТМ по органам основных древесных пород. Выше было отмечено, что корни тополя активно аккумулируют медь и свинец, а листья – цинк. Кора березы и ивы активно накапливает цинк, в то время как ветви и корни – свинец и медь. В корнях сосны обыкновенной накапливается свинец, а в коре – цинк. У ольхи, наоборот, в корнях накапливается цинк, а в коре – свинец. В корнях сосны, как и в ветвях ольхи и березы, концентрируется медь. Накопление ТМ в фотосинтезирующих органах древесных и травянистых растений, как в природных условиях, так и в условиях урбаногенеза имеет подобный характер. Листья травянистых видов растений активно накапливают марганец и цинк, слабо – никель и свинец.

Древесная растительность наиболее активно поглощает из почвы медь, марганец, наименее интенсивно – хром, ванадий и никель. Наибольший коэффициент биогеохимической активности исследованных видов имеют клен остролистный (*Acer platanoides*) – 7,26, береза повислая (*Betula pendula* Roth.) – 7,07 и тополь канадский (*Populus deltoides*) – 7,05, наименьший – сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) – 1,32 и ольха серая (*Alnus incana*) – 3,37.

Для г. Бровары установлено полиэлементное загрязнение растительного покрова. По показателям валового содержания ТМ основными поллютантами являются *Cu*, *Zn*, *Pb* и *Mn*. Максимум техногенной нагрузки зафиксирован для урбаноземов зоны транспортной инфраструктуры, зоны производственных и коммунально-складских

объектов. Закономерности формирования элементного состава растений городских территорий претерпевают значительные изменения, что обусловлено усилением роли фоллиарного поглощения загрязнителей из воздуха и высоким содержанием их в почвах.

Список литературы

- 1 Дегтярева, Т.В. Геохимические особенности ландшафтов г. Ставрополя (на примере распределения тяжелых металлов в почвах и растениях): автореф. дис. ... канд. геогр. наук. / Т.В. Дегтярева. – Ставрополь, 2003. – 24 с.
- 2 Перельман, А.И. Геохимия ландшафта / А.И. Перельман, Н.С. Касимов. – М.: Астрей-2000, 2005. – 764 с.
- 3 Касимов, Н.С. Экогеохимия городских ландшафтов / Н.С. Касимов. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 457 с.