

## РЕТРОСПЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ г. ВИТЕБСКА МЕТАЛЛАМИ

**О.В. Лукашёв, Н.В. Жуковская**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь*

Авторами проводится систематизация и публикация архивных геохимических данных, отражающих эколого-геохимическое состояние урбанизированных территорий Республики Беларусь в конце 1980-х–начале 1990-х гг. [1–3 и др.]. Подобная геохимическая информация представляет интерес как своеобразная начальная «точка отсчёта», отражающая техногеохимическую ситуацию, существовавшую на момент распада СССР и возникновения суверенного белорусского государства – Республики Беларусь.

Оценка уровня загрязнения почв и растительности г. Витебска рядом химических элементов показывает, что в 1990 г. оно в целом носило умеренный характер. Основными загрязнителями почв являлись Cr, Ni, Cu и Pb, растительности – Cr, Zn, Pb.

По сравнению с местным геохимическим фоном почвы города в среднем были обогащены Cr в 1,6 раза, V, Ni, Cu, Y, Pb – в 1,3–1,4 раза. Содержание остальных элементов близко к фоновому. По отношению к региональному фону выражено накопление V ( $K_a = 3$ ), Cr (3,2), Mn (2,1), Cu (1,7), Pb ( $K_a = 1,6$ ).

Среднее значение показателя суммарного загрязнения почв ( $Z_c$ ) составляло 7. Почвы на большей части города характеризовались допустимым уровнем загрязнения ( $Z_c < 16$ ), умеренно опасный уровень (16–32) обнаружен в 4,5 %, опасный (более 32) – менее чем в 1 % случаев.

Характерной чертой техногенеза является изменение структуры и состава ассоциаций геохимически взаимосвязанных элементов.

В почвенном покрове г. Витебска с помощью метода главных компонент выделено 4 ассоциации химических элементов (Ti–Zr–Y–Mn, Cr–Cu–Co–Ni, Pb–Ni–Cu–Mn, Ba–V). Две из них интерпретированы как техногенные, одна – природно-техногенная. Ассоциация Cr–Cu–Co–Ni связана, в первую очередь, с выбросами промышленных предприятий. Ассоциация, ядром которой выступает Pb, в большей степени обусловлена деятельностью транспорта.

Картирование значений факторов, интерпретируемых как техногенные, позволяет локализовать источники загрязнения. Так, участки с максимальными значениями фактора, формирующего ассоциацию Cr–Cu–Co–Ni, территориально связаны с промышленными предприятиями города (завод электроизмерительных приборов, «Вистан», мотороремонтный завод, фабрика «Знамя индустриализации»).

Степень загрязнения древесных видов растительности г. Витебска в большинстве случаев относительно невысока.

По сравнению с местным фоном установлены повышенные концентрации Zn и Pb в листьях *Betula pendula* Roth ( $K_a = 1,5$ ), Cr, Co, Pb – в листьях *Tilia cordata* Mill ( $K_a = 1,6, 2,2$  и 1,9 соответственно). Валовое содержание элементов в поверхностном горизонте почв с соответствующим содержанием в растительности не коррелировало.

Выявлено понижение концентраций Mn во всех опробованных древесных видах г. Витебска по сравнению с фоном ( $K_a = 0,69–0,86$ ). Коэффициент биологического поглощения (КБП) Mn листвой *Betula pendula* Roth. и *Picea abies* Karst. г. Витебска на порядок ниже, чем аналогичных видов эталонных участков.

В условиях г. Витебска наблюдается снижение соотношений Mn/Cu, Mn/Pb в листьях *Betula pendula* Roth. и хвое *Picea abies* Karst по сравнению с региональным и местным фоном.

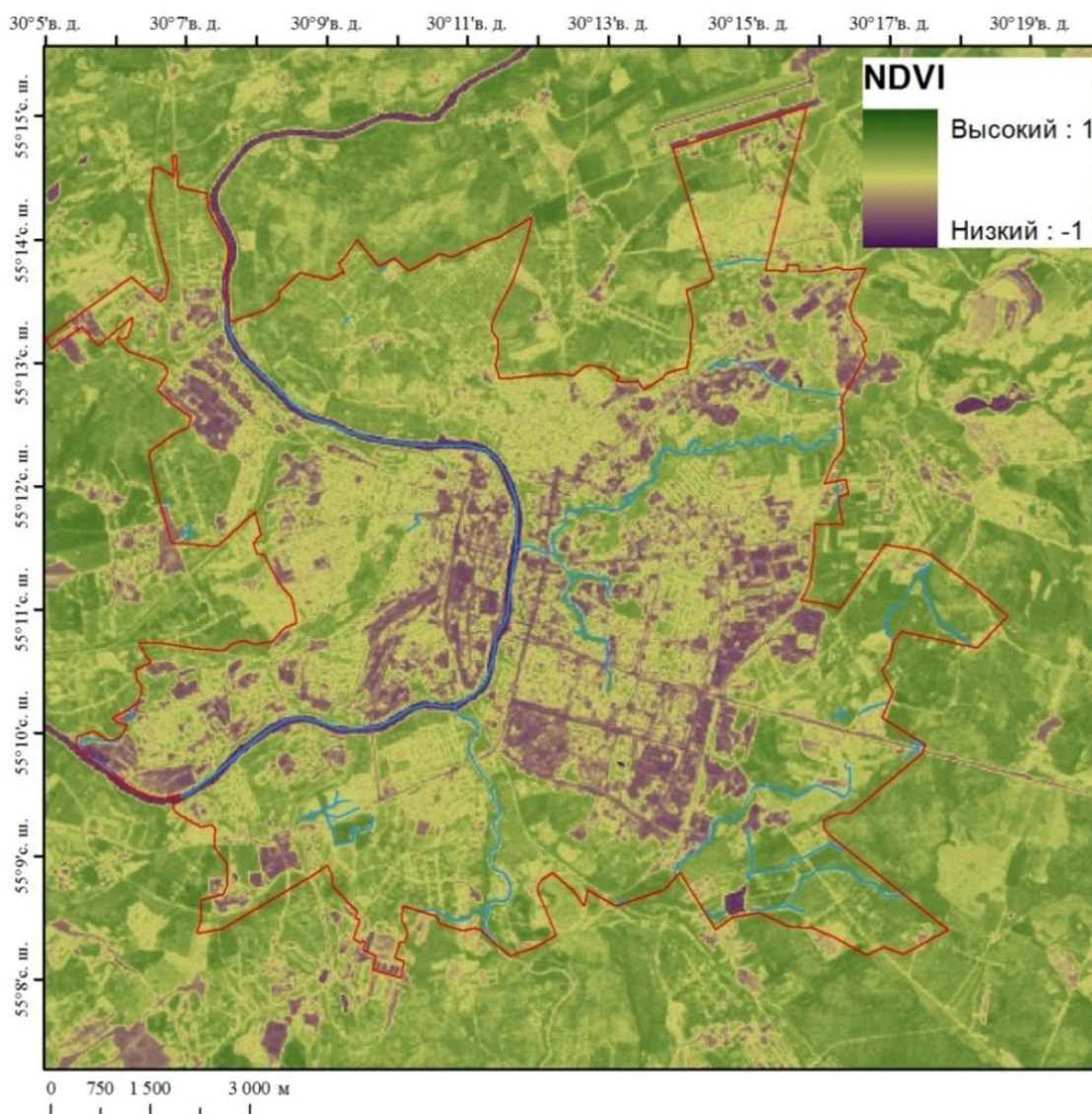


Рис. Пространственное распределение значений NDVI

Структура и состав ассоциаций химических элементов в листьях *Betula pendula* Roth (Ti–V–Pb–Cr, Mn–Ni–Cu) и *Tilia cordata* Mill. (Ti–V–Pb–Cr, Cu–Ni, Mn) в целом схожи с фоновыми ассоциациями, выделенными в хвое *Pinus sylvestris* L. и *Picea abies* Karst. национальных парков Беларуси. Биофильные и «биологически инертные» элементы образуют отдельные ассоциации. Выделение отдельной ассоциации, ядром которой является Mn, может свидетельствовать о том, что основной чертой изменения химического состава листьев *Tilia cordata* Mill. в условиях города является дефицит биофильных элементов и, прежде всего, Mn.

С помощью корреляционного анализа была изучена связь между спектральными отражательными свойствами и содержанием ТМ в листьях *Betula pendula* Roth. и *Tilia cordata* Mill. г. Витебск.

Для оценки спектрального оклика городской растительности использовались материалы космической съёмки со спутника Landsat 5 ТМ.

Космоснимки были получены из архива Геологической службы США (USGS) с помощью сервиса EarthExplorer непосредственно на год и месяц отбора проб.

Были рассчитаны следующие вегетационные индексы (ВИ):

– относительный ВИ,  $RVI = NIR/RED$ , где NIR – значение коэффициента отражения в ближнем инфракрасном, RED – в красном диапазоне спектра;  
– разностный ВИ,  $DVI = NIR - RED$ ; нормализованный разностный ВИ,  $NDVI = (NIR - RED)/(NIR + RED)$ ;  
– трансформированный ВИ,  $TVI = \sqrt{NDVI + 0,5}$ ;  
– вторая компонента спектрального преобразования Каута–Томаса, KT2 (метод «колпак с кисточкой»).

Пространственное распределение значений NDVI представлено на рисунке.

Установлены статистически значимые обратные связи между содержанием в листьях *Tilia cordata* Mill. Pb и вегетационными индексами: RVI ( $r = -0,28$ ,  $p = 0,004$ ), DVI ( $r = -0,34$ ,  $p < 0,001$ ), NDVI ( $r = -0,30$ ,  $p = 0,002$ ), TVI ( $r = -0,29$ ,  $p = 0,002$ ), KT2 ( $r = -0,25$ ,  $p = 0,01$ ). Выявлена зависимость между концентрацией Cr в листьях липы и значениями индексов NDVI ( $r = -0,21$ ,  $p = 0,034$ ) и DVI ( $r = -0,20$ ,  $p < 0,042$ ).

Также была проанализирована взаимосвязь между рассчитанными индексами и суммарным показателем загрязнения почв  $Z_c$  (в точках отбора проб растительности). Коэффициенты корреляции Пирсона между показателем  $Z_c$  и вегетационными индексами составляют:  $-0,34$ ,  $p = 0,001$  (RVI),  $-0,37$ ,  $p < 0,001$  (DVI),  $-0,30$ ,  $p = 0,002$  (NDVI),  $-0,36$ ,  $p < 0,001$  (TVI),  $-0,39$ ,  $p < 0,001$  (KT2).

#### Литература

1. Лукашѐв О.В., Жуковская Н.В. Ретроспективная оценка загрязнения почв и растительности г. Витебская тяжѐлыми металлами // Прир. ресурсы. 2006. № 4. – С. 52–58.
2. Лукашѐв О.В., Жуковская Н.В. Ретроспективная оценка загрязнения почв и растительности г. Кобрин металлами // Прир. ресурсы. 2009. № 1. – С. 15–21.
3. Жуковская Н.В., Лукашѐв О.В. Выделение техногенных ассоциаций элементов в почвах городских территорий методом главных компонент (на примере городов Беларуси) // Горные территории – экол. проблемы городов: Матер. Междунар. молодѐж. науч. конф., Ереван, 29–30 мая 2007 г. Ереван, 2007. С. 30–34.