

О. В. Лукашёв, Н. В. Жуковская, Н. Г. Лукашёва, С. В. Савченко

## ФОНОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ

*Изучены статистические параметры валового содержания ряда микроэлементов в почвах и растительности двух эталонных участков, расположенных на территории национальных парков «Браславские озера» и «Нарочанский». Проведено сравнение полученных значений со средними для почв Беларуси, сопредельных стран, а также других природных особо охраняемых территорий Беларуси. Полученные показатели являются фоновыми и могут использоваться как эталон при оценке уровня техногенного загрязнения почв и растительности Белорусского Поозерья.*

Первые оценки фонового содержания химических элементов (макрокомпонентов – Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Fe, микроэлементов – Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Sr, Ba, Pb) в почвенном покрове и растительности Беларуси были выполнены в 1960-х гг. [5, 14]. Позднее полученные данные неоднократно уточнялись [12, 16, 17]. Последнее обобщение данных фонового содержания микроэлементов в почвенном покрове Беларуси проведено Н. Н. Петуховой и В. А. Кузнецовым в 1999 г. – рассчитаны кларки ряда химических элементов, определены средние значения и пределы их содержания в различных типах почв [18].

Анализ работ, посвященных геохимическим особенностям отдельных регионов страны, показал, что к настоящему времени наиболее изучены территории Березинского биосферного заповедника [6, 15] и Припятского Полесья [4, 11]. Аналогичных работ подобного уровня детальности в других районах республики пока не выполнено.

Целью настоящей работы является определение фонового содержания микроэлементов в почвах и растительности Белорусского Поозерья.

Фоновые геохимические характеристики изучались на примере двух специально выбранных эталонных участков. Их выбор определялся ландшафтной репрезентативностью относительно всей территории Белорусского Поозерья и отсутствием крупных источников техногенного воздействия. Эталонный участок I (площадь примерно 400 км<sup>2</sup>) располагался на территории национального парка «Браславские озера», участок II (площадь примерно 800 км<sup>2</sup>) – на территории национального парка «Нарочанский»

**Полевые исследования** на территории эталонных участков проводились в летний период 1999–2003 гг. Опробование поверхностного горизонта почв (0...10 см) и хвойных деревьев (*Pinus sylvestris* L., *Picea abies* Karst.) осуществлялось по сети 2 × 2 км. В качестве представительной почвенной пробы принимался образец из горизонта A<sub>1</sub> дерново-подзолистой почвы с низким содержанием органического вещества (не требующий озоления при определении химических элементов методом эмиссионного спектрального анализа (ЭСА)). По мере встречаемости на профилях отбора опробовались также торфяно-болотные почвы. Представительной растительной пробой считалась хвоя двухлетнего возраста доминантных видов *Pinus sylvestris* L., *Picea abies* Karst. нормальной естественной зольности (в среднем 3 %). Данные виды не являются естественными концентраторами ни по одному из определявшихся микроэлементов.

Пробоподготовка включала высушивание образцов до воздушно-сухого состояния, выделение гранулометрической фракции менее 1 мм из минеральных почв при помощи сит, озоление торфяно-болотных почв и растений.

**Анализ валового содержания микроэлементов** выполнялся в Институте геохимии и геофизики НАН Беларуси эмиссионным спектральным методом (ЭСА) [8] на приборе PGS-2. Предел обнаружения элементов составляет (минеральные почвы, зола торфяно-болотных почв и растений): Ti – 1 мг/кг, V – 10, Cr – 5, Mn – 10, Fe – <1 500, Co – 2, Ni – 8, Cu – 1, Zr – 10, Ba – 100, Pb – 5 мг/кг.

**Статистическая обработка данных.** За фоновое содержание химических элементов в почвах и растительности при нормальном законе распределения принималась средняя арифметическая ( $\bar{x}$ ), при логарифмически нормальном – средняя геометрическая ( $\bar{x}_r$ ) величина. Проверка закона распределения осуществлялась с помощью гистограмм, графиков распределения на «вероятностной бумаге» и критерия Колмогорова-Смирнова. В случае усеченных выборок при встречаемости более 50 % в качестве среднего использовалась медиана (Me), при встречаемости элемента менее 50 % среднее значение рассчитывалось по формуле [23]:

$$\bar{x} = (\bar{x}_{\max} - \bar{x}_{\min}) \times n : N + \bar{x}_{\min}, \quad (1)$$

где  $\bar{x}_{\max}$  – максимально возможная средняя величина (при исключении из расчетов проб с концентрациями ниже предела обнаружения);

$\bar{x}_{\min}$  – минимально возможная средняя величина (при «обнулении» проб с концентрациями ниже предела обнаружения);

n – число «непустых» проб;

N – число всех проб.

При обработке данных применялись корреляционный и факторный анализы. Последний выполнялся на основе корреляционной матрицы, методом главных компонент с последующим вариационным вращением. Критическое значение уровня значимости принималось равным 5%. Расчеты производились с помощью пакетов программ SPSS 12, Statistica 6.

**Почвы.** По сравнению со среднебелорусским региональным фоном, почвы исследуемого региона характеризуются повышенными концентрациями Mn и Ni, а также MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [5]. Среднее содержание и пределы вариации химических элементов в дерново-подзолистых почвах эталонных участков представлено в табл. 1.

**Таблица 1. Содержание химических элементов в горизонте A<sub>1</sub> дерново-подзолистых почв эталонных участков Белорусского Поозерья, мг/кг сухого вещества**

| Элемент   | Эталонный участок I (n = 85)  |                | Эталонный участок II (n = 191) |                |
|-----------|-------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------|
|           | $\bar{x}$                     | Min - max      | $\bar{x}$                      | Min - max      |
| <b>Ti</b> | 928 <sub>r</sub> <sup>1</sup> | 400 – 3 100    | 1 299                          | 350 – 2 800    |
| <b>V</b>  | 10,7                          | 3 – 20         | 10,6 <sub>r</sub>              | 3,0 – 35       |
| <b>Cr</b> | 7,5                           | 3 – 13         | 8,3 <sub>r</sub>               | 3 – 30         |
| <b>Mn</b> | 159 <sub>r</sub>              | 60 – 500       | 181                            | 40 – 480       |
| <b>Fe</b> | 4 381 <sub>r</sub>            | 1 800 – 12 000 | 5 588 <sub>r</sub>             | 1 600 – 19 600 |
| <b>Ni</b> | 9,0                           | 6 – 14         | 10,0 <sub>r</sub>              | 7,0 – 25,0     |
| <b>Cu</b> | 8,3                           | 5 – 15         | 8,1 <sub>r</sub>               | 4,0 – 30,0     |
| <b>Zr</b> | 343                           | 15 – 800       | 331 <sub>r</sub>               | 110 – 850      |
| <b>Ba</b> | 277                           | 220 – 400      | 307                            | 210 – 400      |
| <b>Pb</b> | 10,3 <sub>r</sub>             | 7 – 18         | 11,3 <sub>r</sub>              | 7 – 30         |

Примечание: <sup>1</sup> – средняя геометрическая величина.

Дерново-подзолистые почвы эталонных участков I и II характеризуются близким содержанием V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zr, Ba, Pb. Более высокие концентрации Ti и Fe отмечаются в почвах эталонного участка II. Данное различие можно объяснить тем, что исследуемые территории относятся к разным минералогическим районам *Поозерской минералогической провинции* Беларуси [24]. Содержание Ti и Cu в дерново-подзолистых почвах эталонных участков, в общем, согласуется со значениями, установленными предшествующими исследованиями для территории *Северной геохимической провинции* в целом (табл. 2). С другой стороны, получены значительно более низкие концентрации V, Cr, Mn, Ni. В отличие от исследований 1960-х гг., Pb в настоящее время фиксируется во всех пробах.

Торфяно-болотные почвы характеризуются следующим валовым содержанием химических элементов (среднее содержание, в скобках – минимальное и максимальное значение): Ti – 368 мг/кг (250–713 мг/кг), V – 3,2 (1,7–5,4), Cr – 1,6 (0,75–4,0), Mn – 58,8 (10–168), Fe – 2 603 (620–7 100), Ni – 3,0 (1,5–5,1), Cu – 3,8 (1,2–7,7), Zr – 21,5 (н. о.–51), Ba – 60,7 (25–150), Pb – 9,1 мг/кг (3,6–17,9 мг/кг).

В рамках стран Европы, Беларуси и бассейна р. Западная Двина дерново-подзолистые почвы эталонных участков демонстрируют низкие или сопоставимые уровни концентрации всех изученных химических элементов (кроме Zr) (табл. 2). По сравнению с кларком для почв Беларуси [17] в поверхностном горизонте дерново-подзолистых почв изучаемой территории заметно ниже содержание V (в 3,2 раза), Cr (в 4,4–4,8 раза) и Ni (в 2,0–2,2 раза).

Определенный интерес представляет выделение фоновых парагенетических ассоциаций химических элементов. В соответствии с работой [21], «под парагенетической ассоциацией понимается группа сонаходящихся в конкретном природном объекте элементов, сходно (как по интенсивности, так и по знаку) реагирующих на изменения параметров среды и характеризующихся в связи с этим сопряженностью и однонаправленностью изменения их содержаний в пространстве объекта».

**Таблица 2. Среднее содержание химических элементов в почвах различных территорий, мг/кг сухого вещества**

| Почвы, количество проб  |                       | Ti    | V    | Cr   | Mn  | Fe <sup>1</sup> | Ni   | Cu   | Zr   | Ba  | Pb   |
|---|-----------------------|-------|------|------|-----|-----------------|------|------|------|-----|------|
| <i>Страны Европы</i> [26]   |                       |       |      |      |     |                 |      |      |      |     |      |
| В целом, 845 (Me)   |                       | 1 499 | 60,4 | 60   | 503 | 1,23            | 18   | 13   | 231  | 375 | 22,6 |
| <i>Эстония</i> [28]   |                       |       |      |      |     |                 |      |      |      |     |      |
| Дерново-слабоподзолистые, 220 (x <sub>r</sub> )                                       |                       | –     | 50   | 42   | 396 | 1,33            | 20   | 9,0  | 287  | 411 | 16   |
| Дерново-подзолистые, 95 (x <sub>r</sub> )   |                       | –     | 14   | 24   | 105 | 0,57            | 16   | 6,2  | 162  | 235 | 13   |
| Дерново-подзолистые глеевые, 75 (x <sub>r</sub> )                                     |                       | –     | 27   | 33   | 142 | 0,80            | 20   | 7,2  | 210  | 332 | 12   |
| В целом, 1 550 (x <sub>r</sub> )  |                       | –     | 43,6 | 42   | 329 | 1,41            | 21,9 | 10,6 | 223  | 383 | 16,4 |
| <i>Литва</i> (цит. на основе работы [25])   |                       |       |      |      |     |                 |      |      |      |     |      |
| Минеральные почвы   | Песчаные, 676(Me)     | –     | –    | 25,1 | –   | –               | 9,4  | 6,5  | –    | –   | 15,5 |
|   | Супесчаные, 699 (Me)  | –     | –    | 35,7 | –   | –               | 13,8 | 9,6  | –    | –   | 14,9 |
|   | Суглинистые, 678 (Me) | –     | –    | 44,0 | –   | –               | 18,0 | 11,4 | –    | –   | 15,3 |
| Торфяные почвы, 630 (Me)  |                       | –     | –    | –    | –   | –               | 12,1 | 10,6 | –    | –   | –    |
| В целом (Me) <sup>2</sup>   |                       | –     | 29,7 | 31,7 | 578 | –               | 13,3 | 9,5  | –    | 400 | 16,6 |
| <i>Польша</i> [27]  |                       |       |      |      |     |                 |      |      |      |     |      |
| Почвы в целом, 10 840   |                       | –     | 6    | 4    | 173 | 0,50            | 4    | 5    | –    | 32  | 16,0 |
| <i>Беларусь</i>   |                       |       |      |      |     |                 |      |      |      |     |      |
| Северная геохимическая провинция [5]  |                       |       |      |      |     |                 |      |      |      |     |      |
| В целом   |                       | 1 430 | 27   | 36   | 440 | –               | 17   | 9    | –    | –   | –    |
| Бассейн р. Западная Двина [16]  |                       |       |      |      |     |                 |      |      |      |     |      |
| В целом, 40   |                       | 1 964 | 45   | 50   | 237 | 2,37            | 33   | 25   | 218  | –   | –    |
| Березинский биосферный заповедник [6]   |                       |       |      |      |     |                 |      |      |      |     |      |
| В целом, 32   |                       | 537   | 8,9  | 5,1  | 188 | –               | 2,7  | 1,5  | 275  | –   | 3,6  |
| Березинский биосферный заповедник [15]  |                       |       |      |      |     |                 |      |      |      |     |      |
| Дерново-подзолистые песчаные (дерново-подзолистые автоморфные) <sup>3</sup> , 15      |                       | 1 600 | 25   | 14   | 376 | –               | 11   | 6,2  | –    | 335 | 21   |
| Дерново-подзолистые песчаные (дерново-подзолистые полугидроморфные) <sup>4</sup> , 27 |                       | 1 110 | 21   | 9,6  | 170 | –               | 9,4  | 6,8  | 430  | 320 | 19   |
| Дерновые заболоченные (дерновые полугидроморфные), 17                                 |                       | 1 040 | 19   | 7,6  | 340 | –               | 8,2  | 13   | –    | 262 | 26   |
| Торфяно-болотные низинные, 17   |                       | 870   | 16   | 6,9  | 230 | –               | 6,6  | 12   | 340  | 210 | 22   |
| Торфяно-болотные верховые, 9  |                       | 98    | 2,7  | 1,2  | 70  | –               | 1,3  | 2,9  | –    | 15  | 4,1  |
| Белорусское Поозерье (эталонные участки I и II)                                       |                       |       |      |      |     |                 |      |      |      |     |      |
| Дерново-подзолистые, 276  |                       | 1 185 | 10,6 | 8,1  | 174 | 0,52            | 9,7  | 8,2  | 335  | 298 | 11,0 |
| Торфяно-болотные, 14  |                       | 368   | 3,2  | 1,6  | 59  | 0,26            | 3,0  | 3,8  | 21,5 | 61  | 9,1  |
| Кларк почв Беларуси [17]  |                       |       |      |      |     |                 |      |      |      |     |      |
| Минеральные почвы   |                       | 1 562 | 34   | 36   | 247 | –               | 20   | 13   | 336  | 370 | 12   |

Примечание: <sup>1</sup> – %; <sup>2</sup> – дополнено по данным работы [29]; <sup>3</sup> – двучленные; <sup>4</sup> – одночленные

В частности, для почвенного покрова Литвы выделяются две основные природные парагенетические ассоциации химических элементов [1, 7]. Первая, *литогенная*, включает в себя элементы, содержание которых предопределено количеством тонкодисперсной фракции почв (Li, B, Sc, V, Cr, Co, Ni, Ga). Другая – *кластогенная* – состоит из элементов (Ti, Y, Zr, Nb, La, Yb), содержащихся в устойчивых к выветриванию тяжелых минералах. Дополнительно выделяются также *крупнообломочная ассоциация* (группы, пары или единичные элементы) – микроэлементы, носителями которых являются обломки горных пород, средне- и слабоустойчивые к выветриванию породообразующие минералы, а также группы либо отдельные элементы *геохимических барьеров*.

В большинстве случаев количественной мерой выделения ассоциаций на практике служит суммарный показатель загрязнения ( $Z_c$ ), представляющий собой аддитивную сумму превышений коэффициентов концентраций над единичным (фоновым) уровнем [19]. Вместе с тем, данный показатель носит относительный характер, так как зависит от субъективного подбора эталонных (фоновых) значений.

Для выделения ассоциаций химических элементов могут быть использованы методы многомерного статического анализа и, в частности, метод факторного анализа [7, 10, 22 и др.]. Гипотеза факторного анализа о существовании небольшого числа скрытых (латентных) факторов, через которые линейно выражаются все анализируемые переменные и в которых содержится вся существенная информация, соответствует понятию парагенетических ассоциаций, обусловленных одним общим геохимическим процессом или источником поступления элементов [7].

С помощью факторного анализа на примере эталонного участка II были выделены фоновые геохимические ассоциации химических элементов в дерново-подзолистых почвах. Пригодность данных для факторного анализа подтверждается высоким значением критерия Кайзера-Мейера-Олкина (КМО = 0,903) и теста сферичности Бартлетта ( $\chi^2 = 1\ 163$ ,  $df = 45$ ;  $p < 0,01$ ).

В результате анализа выделились две главные компоненты (два фактора), на долю которых приходится 65 % общей дисперсии (табл. 3).

**Таблица 3. Значения факторных нагрузок двух главных компонент, описывающих 65% различий распределения элементов**

| Фактор | <i>Ni</i>                 | <i>Cu</i>    | <i>Fe</i>    | <i>V</i>     | <i>Pb</i>    | <i>Cr</i>    | <i>Mn</i>    | <i>Ba</i>    | <i>Zr</i>    | <i>Ti</i>    | Вклад, % |
|--------|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| 1      | <b>0,833</b> <sup>1</sup> | <b>0,830</b> | <b>0,801</b> | <b>0,711</b> | <b>0,621</b> | <b>0,617</b> | <b>0,578</b> |              |              | 0,538        | 54       |
| 2      | 0,215                     |              | 0,443        | 0,539        | 0,317        |              | 0,554        | <b>0,779</b> | <b>0,724</b> | <b>0,712</b> | 11       |

Примечание: <sup>1</sup> – полужирным шрифтом выделены ведущие компоненты для каждой переменной. Нагрузки, не являющиеся достоверными, опущены.

Для фактора 1, дающего наибольший вклад в общую дисперсию (54%), характерна ассоциация Ni–Cu–Fe–V–Cr–Pb–Mn. Содержание в почвах V, Cr, Fe, Ni, Cu в значительной степени зависит от ее гранулометрического состава. V, Cr, Ni и Cu концентрируются в основном во фракциях мельче 0,01 мм (главным образом, мельче 0,001 мм). Основная масса Fe также концентрируется в глинистой составляющей [5, 9, 16]. Можно предположить, что фактор 1 отражает содержание тонкодисперсной части почв, с увеличением доли которой увеличивается концентрация элементов данной ассоциации.

Фактор 2 характеризуется высокими нагрузками Ba, Ti, и Zr. Ba присутствует в почвах в основном в составе щелочного полевого шпата и биотита [9], Zr – чаще всего в виде самостоятельного минерала циркона. На долю связанного с минералами тяжелой фракции Ti приходится 60–75 % от общего количества его в породе [5]. Носителями элементов данной ассоциации являются минералы песчаной и алевритовой фракций почв.

**Растительность.** Предшествующими исследованиями [12] установлено, что древесно-кустарниковая растительность Северной геохимической провинции отличается пониженным содержанием Ti, V, Co и Cu по сравнению с Южной геохимической провинцией (Полесье) и повышенным содержанием Ti по сравнению с центральным регионом Беларуси. В табл. 4 представлены данные содержания микроэлементов в хвое *Pinus sylvestris* L. и *Picea abies* Karst. на эталонных участках I и II.

**Таблица 4. Содержание химических элементов в хвое доминантных видов растений эталонных участков Белорусского Поозерья, мг/кг сухого вещества**

| Элемент   | Эталонный участок I                    |            |                                       |            | Эталонный участок II                    |              |                                      |              |
|-----------|--|------------|---------------------------------------|------------|---|--------------|--------------------------------------|--------------|
|           | <i>Pinus sylvestris</i> L.<br>(n = 57) |            | <i>Picea abies</i> Karst.<br>(n = 21) |            | <i>Pinus sylvestris</i> L.<br>(n = 133) |              | <i>Picea abies</i> Karst.<br>(n = 9) |              |
|           | $\bar{x}$                              | Min – max  | $\bar{x}$                             | Min – max  | $\bar{x}$                               | Min – max    | $\bar{x}$                            | Min – max    |
| <b>Ti</b> | 6,2                                    | 1,3 – 41   | 3,5                                   | 1,4 – 22   | 22,9                                    | 4,5 – 150    | 13,5                                 | 9 – 27       |
| <b>V</b>  | –                                      | –          | –                                     | –          | 0,3                                     | н. о. – 1,2  | –                                    | н. о. – 0,24 |
| <b>Cr</b> | –                                      | –          | –                                     | –          | 0,57                                    | 0,08 – 6,0   | 0,12                                 | н. о. – 0,2  |
| <b>Mn</b> | 172,0                                  | 18 – 700   | 364                                   | 140 – 870  | 124,6                                   | 3,4 – 450    | 413                                  | 160 – 630    |
| <b>Fe</b> | 117,7                                  | 55 – 580   | 86,6                                  | 50 – 230   | 117,5                                   | 11 – 1 940   | 56,0                                 | 36 – 78      |
| <b>Co</b> | –                                      | –          | –                                     | –          | 0,068                                   | н. о. – 0,43 | 0,05                                 | н. о. – 0,08 |
| <b>Ni</b> | 0,68                                   | 0,17 – 5,6 | 1,14                                  | 0,42 – 4,8 | 1,37                                    | 0,2 – 7,8    | 0,73                                 | 0,27 – 2,4   |
| <b>Cu</b> | 3,30                                   | 1,30 – 7,8 | 3,30                                  | 1,5 – 9,9  | 3,56                                    | 0,22 – 17,0  | 2,50                                 | 1,5 – 3,4    |
| <b>Zn</b> | 14,2                                   | 6,0 – 44,0 | 10,5                                  | 4,0 – 28,0 | 13,9                                    | 3,0 – 72,0   | 15,5                                 | 11 – 20      |
| <b>Ba</b> | 6,40                                   | 1,9 – 17,0 | 15,1                                  | 5,8 – 57,0 | 6,66                                    | 0,56 – 33,0  | 25,0                                 | 15 – 43      |
| <b>Pb</b> | 0,58                                   | 0,23 – 2,4 | 0,47                                  | 0,23 – 1,4 | 0,58                                    | 0,09 – 8,0   | 0,30                                 | н. о. – 0,37 |

Для сравнения использовались опубликованные данные [2, 3, 15, 20] содержания микроэлементов в аналогичных видах растений заповедных территорий Беларуси (табл. 5). В частности, концентрация Ni, Cu, Zn, Pb в хвое *Pinus sylvestris* L. эталонных участков близка к соответствующей для Березинского биосферного заповедника, частично расположенного в пределах Северной геохимической провинции, и ниже (кроме Zn), чем в заповеднике «Беловежская Пуща» и национальном парке «Припятский». По сравнению с показателями, рассчитанными для Беларуси в целом, хвоя *Pinus sylvestris* L. и *Picea abies* Karst. эталонных участков отличается пониженным содержанием V, Mn, Ni, Cu и Pb.

**Таблица 5. Среднее содержание микроэлементов в хвое *Pinus sylvestris* L. и *Picea abies* Karst. различных районов Беларуси, мг/кг сухого вещества**

| Район   | Ti   | V   | Mn  | Ni   | Cu  | Zn   | Pb   |
|---|------|-----|-----|------|-----|------|------|
| <i>Pinus sylvestris</i> L.                          |      |     |     |      |     |      |      |
| Эталонный участок I                                 | 6,2  | –   | 172 | 0,99 | 3,3 | 14,2 | 0,69 |
| Эталонный участок II                                | 22,9 | 0,3 | 125 | 1,37 | 3,6 | 13,9 | 0,58 |
| Заповедник «Беловежская пуща» [3]                   | 24   | 1,0 | 302 | 3,8  | 9,8 | –    | 9,0  |
| Национальный парк «Припятский» [2]                  | 8,4  | 0,4 | 319 | 3,6  | 8,1 | –    | –    |
| Березинский биосферный заповедник (цит. по [20])    | 3,5  | 0,7 | 280 | 1,8  | 4,4 | 16,2 | 0,3  |
| Березинский биосферный заповедник [15] <sup>1</sup> | 4,2  | –   | 300 | 1,9  | 5,6 | 16,3 | 0,3  |
| Беларусь в целом [13]                               | 17,0 | 1,3 | 392 | 3,3  | 6,7 | –    | 2,6  |
| <i>Picea abies</i> Karst.                           |      |     |     |      |     |      |      |
| Эталонный участок I                                 | 3,5  | –   | 364 | 1,14 | 3,3 | 10,5 | 0,47 |
| Эталонный участок II                                | 13,5 | –   | 413 | 0,73 | 2,5 | 15,5 | 0,31 |
| Заповедник «Беловежская пуща» [3]                   | 12   | 0,8 | 757 | 4,9  | 8,7 | –    | 1,4  |
| Березинский биосферный заповедник (цит. по [20])    | 2,4  | –   | 620 | 1,4  | 4,9 | 11,7 | 0,3  |
| Березинский биосферный заповедник [15] <sup>1</sup> | 1,8  | –   | 359 | 0,7  | 4,8 | 16,5 | 0,2  |
| Беларусь в целом [13]                               | 13   | 1,3 | 586 | 3,4  | 7,6 | –    | 1,2  |

Примечание: <sup>1</sup> – Пересчитано (средневзвешенное)

В табл. 6 представлены коэффициенты биологического поглощения (КБП) микроэлементов (отношение содержания микроэлемента в золе растения к его содержанию в почве) для хвои *Pinus sylvestris* L. эталонных участков и по стране в целом. Наиболее интенсивно в данном случае поглощаются Mn и Cu, к разряду инертных элементов могут быть отнесены Ti, Fe и Ba. В целом же по интенсивности накопления изученные микроэлементы располагаются в следующем ряду КБП: Mn > Cu > Ni > Cr > Pb > V > Ba > Fe > Ti. По сравнению с Беларусью в целом для обоих эталонных участков получены более высокие КБП Pb.

**Таблица 6. КБП химических элементов хвоей *Pinus sylvestris* L. эталонных участков**

| Территория            | Ti   | V    | Cr  | Mn   | Fe   | Ni  | Cu   | Ba   | Pb  |
|-----------------------|------|------|-----|------|------|-----|------|------|-----|
| Эталонный участок I   | 0,23 | –    | –   | 38,2 | 0,95 | 2,8 | 14,5 | 0,81 | 2,0 |
| Эталонный участок II  | 0,69 | 0,99 | 2,7 | 24,2 | 0,83 | 5,4 | 17,3 | 0,85 | 2,0 |
| Беларусь в целом [13] | 0,3  | 1,2  | –   | 45   | –    | 5,5 | 17   | –    | 0,9 |

**Выводы.** Рассчитанные фоновые валовые концентрации ряда химических элементов в дерново-подзолистых почвах эталонных участков, характеризующих территорию Белорусского Поозерья, не всегда согласуются со значениями, установленными предшествующими исследованиями для территории Северной геохимической провинции в целом. Получены значительно более низкие концентрации V, Cr, Mn, Ni. Во всех пробах в настоящее время устойчиво фиксируется Pb. По сравнению с кларком для почв Беларуси в целом [17], в поверхностном горизонте дерново-подзолистых почв исследованных территорий заметно ниже концентрации V (в 3,2 раза), Cr (в 4,4 раза), Ni (в 2,1 раза).

В дерново-подзолистых почвах эталонного участка II с помощью факторного анализа были выделены две природные ассоциации химических элементов. Ассоциация Ni-Cu-Fe-V-Cr-Pb-Mn (литогенная) включает элементы, содержание которых в значительной степени предопределено глинистой составляющей почвы. Ассоциация Ba-Ti-Zr-Mn объединяет элементы, носителями которых служат минералы песчаной и алевритовой фракций почв.

Изученные древесные виды (*Pinus sylvestris* L. и *Picea abies* Karst.) в целом характеризуются низкими концентрациями микроэлементов. Содержание Ni, Cu, Zn, Pb в хвое *Pinus sylvestris* L. эталонных участков близко к соответствующему для Березинского биосферного заповедника, и ниже (исключая Zn), чем в заповеднике «Беловежская Пуща» и национальном парке «Припятский».

## Л и т е р а т у р а

1. Балтакис В. Некоторые аспекты разработки методики эколого-геохимического картографирования и геохимического мониторинга // Геохимия техногенеза: Тез. докл. II Всесоюз. совещ. – Мн.: ИГИГ, 1991. – С 14–16.
2. Вадковская И. К. Сравнительный анализ микроэлементного состава древесной растительности заповедных территорий Беларуси // Природопользование. 1996. – Вып. 1. – С. 143–146

3. **Вадковская И. К., Гурч Е. П.** Геохимические особенности древесно-кустарниковой растительности «Беловежской Пущи» // Природопользование. 1999. – Вып.5. – С. 46–48
4. Геохимическая характеристика литогенеза и ландшафтов Белорусского Полесья / Под ред. К. И. Лукашева. – Мн.: Наука и техника, 1966. – 320 с.
5. Геохимические провинции покровных отложений БССР / Под ред. К. И. Лукашева. – Мн.: Наука и техника, 1969. – 476 с.
6. Геохимическое изучение ландшафтов Березинского биосферного заповедника / Под ред. К. И. Лукашева. – Мн.: Наука и техника, 1985. – 143 с.
7. **Зинкуте Р.** Факторный анализ при выделении ассоциаций и методические разработки подсчета геохимического фона // Природные ресурсы. – 1999. – № 4. – С. 97–108.
8. **Зырин Н. Г., Обухов А. И.** Спектральный анализ почв, растений и других биологических материалов. – М., Изд-во МГУ, 1977. – 339 с.
9. **Кабата-Пендиас А., Пендиас Х.** Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
10. **Кирюшин А. В., Пузаченко Ю. Г., Стульцев Ю. К., Ямашкин А. А.** Многомерное отображение структуры региональных геохимических полей (факторный анализ) // Изв. РАН. Сер. геогр. – 1996. – № 4. – С. 24–45.
11. **Кузнецов В. А., Петухова Н. Н., Оношко М. П. и др.** Геохимия ландшафтов Припятского Полесья – Мн.: ИГН НАН Беларуси. – 1997. – 240 с.
12. **Лукашев К. И., Вадковская И. К.** Территориальные особенности микроэлементного состава древесно-кустарниковой растительности Белорусской ССР // Докл. АН БССР – 1982. Том XXVI. № 10. – С 925–927.
13. **Лукашев К. И., Вадковская И. К.** Геохимические особенности древесно-кустарниковой растительности Березинского биосферного заповедника // Докл. АН БССР – 1988. Том XXXII. № 2. – С. 160–162.
14. **Лукашев К. И., Петухова Н. Н.** Химические элементы в почвах. – Мн.: Наука и техника. – 1970. – 232 с.
15. **Натаров В. М.** Итоги комплексного геохимического мониторинга в Березинском биосферном заповеднике // Особо охраняемые природные территории Беларуси. Исследования. – Мн.: Бел. Дом печати, 2006. – Вып. 1. – С. 111–132.
16. **Петухова Н. Н.** Геохимия почв Белорусской ССР. Мн.: Наука и техника, 1987. – 231 с.
17. **Петухова Н. Н., Кузнецов В. А.** К кларкам микроэлементов в почвенном покрове Беларуси // Докл. АН Беларуси. – 1992. Т 36. № 5. – С.461–465
18. Петухова Н. Н., Кузнецов В. А. Геохимическое состояние почвенного покрова Беларуси // Природные ресурсы. – 1999. – № 4. – С 40–49.
19. **Саев Ю. Е., Ревич Б. А., Янин Е. П. и др.** Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
20. **Савченко С. В., Вадковская И. К., Лукашев О. В.** Микроэлементный состав растительности Национального парка «Браславские озера» // Природопользование. – 2003. – Вып. 9. – С. 99–101.
21. **Смирнов Б. И.** Корреляционные методы при парагенетическом анализе. – М.: Недра, 1981. – 176 с.
22. **Тютюнник Ю. Г., Горлицкий Б. А.** Факторный анализ геохимических особенностей почв городов Украины // Почвоведение. – 1998. – № 1. – С. 100–109.
23. **Шиманович В. М., Акудович С. А.** К методике расчета средних значений микроэлементов для выборок, усеченных нижним пределом обнаружения // Літасфера. – 2000. – № 13. – С.144–147.
24. **Ярцев В. И., Аношко Я. И.** Минералогия. Изучение и определение обломочных минералов антропогенных пород Беларуси. Минск: Дизайн-ПРО:Тесей., 1998. – 368 с.
25. **Buivydaite V. V.** Soil Survey and Available Soil Data in Lithuania // Soil Resources of Europe: 2<sup>nd</sup> ed. European Soil Bureau Report. N 9, EUR 20559 EN, P. 211–233.
26. Geochemical Atlas of Europe – <http://www.gtk.fi/publ/foregsatlas/>
27. **Lis J., Pasieczna A.** Geochemical atlas of Poland. Warszawa, 1995.
28. **Petersell V., Ressar H., Carlsson M. et al.** The geochemical atlas of the humus horizon of Estonian soil. Tallinn – Uppsala, 1997.
29. **Taraškevičius R., Zinkutė R., Jankauskaitė M.** Differences of Vilnius topsoil contamination in the Neris River valley due to anthropogenic factors // Geologija. – 2008. – № 3 (63). – P. 135–142.

**О. В. Лукашѐв, Н. В. Жуковская, Н. Г. Лукашѐва, С. В. Савченко  
ФОНОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ  
В ПОЧВАХ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ**

*Фоновые геохимические характеристики почв и растительности изучались на примере двух эталонных участков, расположенных в пределах Белорусского Поозерья. Первый эталонный участок (площадью 400 км<sup>2</sup>) располагался на территории национального парка «Браславские озера», второй участок (площадью около 800 км<sup>2</sup>) – на территории национального парка «Нарочанский».*

*Полевые исследования проводились в летний период 1999–2003 гг. Отпробование поверхностного горизонта почв (0...10 см) и хвойных деревьев (*Pinus sylvestris* L., *Picea abies* Karst., хвоя двухлетнего возраста) осуществлялось по сети 2 × 2 км.*

*Дерново-подзолистые почвы эталонных участков характеризуются близким содержанием V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zr, Ba, Pb. Более высокие концентрации Ti и Fe отмечаются в почвах эталонного*

участка на территории национального парка «Нарочанский». Содержание Ti и Cu в дерново-подзолистых почвах эталонных участков согласуется со значениями, установленными предыдущими исследованиями для территории Северной геохимической провинции в целом. Отмечаются значительно более низкие концентрации V, Cr, Mn, Ni. В настоящее время во всех почвах устойчиво фиксируется Pb. По сравнению с кларками для почв Беларуси, в почвах эталонных участков зафиксированы пониженные концентрации V (в 3,2 раза), Cr (в 4,4 раза), Ni (в 2,1 раза).

В дерново-подзолистых почвах эталонного участка в национальном парке «Нарочанский» с помощью факторного анализа выделены две природные ассоциации химических элементов. Ассоциация Ni-Cu-Fe-V-Cr-Pb-Mn включает элементы, содержание которых в значительной степени предопределено глинистой составляющей почвы. Ассоциация Ba-Ti-Zr-Mn объединяет элементы, носителями которых служат минералы песчаной и алевритовой фракций почв.

Изученные древесные виды растений в целом характеризуются низкими концентрациями микроэлементов. Содержание Ni, Cu, Zn, Pb в хвое *Pinus sylvestris* L. эталонных участков близко к соответствующему для Березинского биосферного заповедника, и ниже (исключая Zn), чем в заповеднике «Беловежская Пуща» и национальном парке «Припятский».

Полученные значения содержания химических элементов являются фоновыми и могут использоваться как эталон при оценке техногенного загрязнения других территорий Белорусского Поозерья.

**O. V. Lukashev, N. V. Zhukovskaja, N. G. Lukasheva, S. V. Savchenko**  
**THE BACKGROUND CONTENTS OF CHEMICAL ELEMENTS**  
**OF SOILS AND PLANTS IN BYELORUSSIAN POOZER'E**

*The background geochemical characteristic of soils and vegetation were studied on an example of two reference territory located within the limits of Byelorussian Poozer'e. The first reference territory by the area 400 км<sup>2</sup> settled down the national park «Braslav lakes», second territory by the area about 800 км<sup>2</sup> - in the national park «Narochanski».*

*The field researches were carried out in the summer period 1999-2003. The approbation of superficial horizon of soils (0...10 cm) and coniferous trees (*Pinus sylvestris* L., *Picea abies* Karst., needle of two-years age) was carried out on a network 2 x 2 kms.*

*Umbric ambeluvisolts of reference territories are characterized by the close contents of V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zr, Ba, Pb. Higher concentration of Ti and Fe are marked in soils of a reference territory of in national park «Narochanski». The contents of Ti and Cu in umbric ambeluvisolts of reference territories will be coordinated to values established previous researches for territory of Northern geochemical province as a whole. Considerably lower concentration of V, Cr, Mn, Ni are marked. Now Pb in all soils is steadily fixed. In comparison with average values, designed for soils of Byelarus, in soils of reference territories the lowered concentration of V (in 3,2 times), Cr (in 4,4 times), Ni (in 2,1 times) are fixed.*

*In umbric ambeluvisolts of the reference territory in national park «Narochanski» with the help of factorial analysis two natural associations of chemical elements are allocated. Association Ni-Cu-Fe-V-Cr-Pb-Mn includes elements, which contents is substantially predetermined of clay making of soils. Association Ba-Ti-Zr-Mn unites elements, which carriers serve the minerals sandy and aleurite fractions of soils.*

*The investigated wood kinds of plants as a whole are characterized by low concentration of microelements. The contents of Ni, Cu, Zn, Pb in needles *Pinus sylvestris* L. of the reference territory is close to appropriate for the Berezinski biosphere of reserve, and is lower (excluding Zn), than in the reserve «Belovezhskaya pushcha» and the national park "Pripiatski".*

*The received values of the contents of chemical elements are background and to be used as the standard at a rating of technogenic contamination of other Byelorussian Poozer'e territories.*