

<https://doi.org/10.15407/ggcm2021.03-04.065>

УДК 550.43:553.97

Мирослава ЯКОВЕНКО¹, Юрій ХОХА², Олександр ЛЮБЧАК³

^{1,2,3} Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна,
e-mail: ¹ myroslavakoshil@ukr.net;
² khoha_yury@ukr.net; ³ lubchak1973@ukr.net

РОЗПОДІЛ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У НИЗИННИХ ТОРФАХ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Вивчено та проведено інтерпретацію вмісту хімічних елементів у низинних торфах Львівської області. Торф володіє вираженою здатністю до фізичної сорбції та хемосорбції, унаслідок чого він здатен накопичувати значну кількість металів, зокрема тих, що становлять небезпеку – важких, токсичних і радіоактивних. Останнім часом торф використовують не лише як енергетичну сировину, але і як сировину для хімічної та фармацевтичної промисловості. Отже, геохімічні дослідження торфу мають важливе наукове та прикладне значення для широкого спектру галузей та екологічного моніторингу. Спектр застосувань торфу залежить від концентрації мікроелементів. Для розглянутих родовищ виявлені основні геохімічні особливості. Встановлено значну нерівномірність розподілу концентрації мікроелементів як з глибиною, так і за площею поширення та високі показники вмісту Mo, Yb, Sr, Be, Co, Ag, Ba, Pb відносно кларків літосфери, ґрунтів, золи рослин та ін.

Ключові слова: торф, мікроелементний склад, концентрація, кларк концентрації, нагромадження.

Постановка проблеми. На території України виокремлено 5 регіональних торф'яних областей (за ступенем заторфованості, умовами залягання в рельєфі та типами торф'яних родовищ): Поліську, Малополіську, Лісостепову, Степову і Карпатську (рис. 1), які відповідно поділені на торф'яні райони (Брадис, 1973; Тюремнов, 1976).

Територія Львівської області потрапляє в межі трьох торф'яних областей (Білецький, 2004): Малополіської (північно-західна частина Львівщини: Сокальський, Радехівський, Бродівський, Жовківський, Кам'янка-Бузький, Буський та частини Яворівського, Пустомитівського і Золочівського районів), Лісостепової – Волинський (частина Сокальського району Львівської обл.) і Подільський (центральна частина Львівської обл.) райони та Карпатської – Передкарпатський і Карпатський райони (південна частина Львівської обл.).

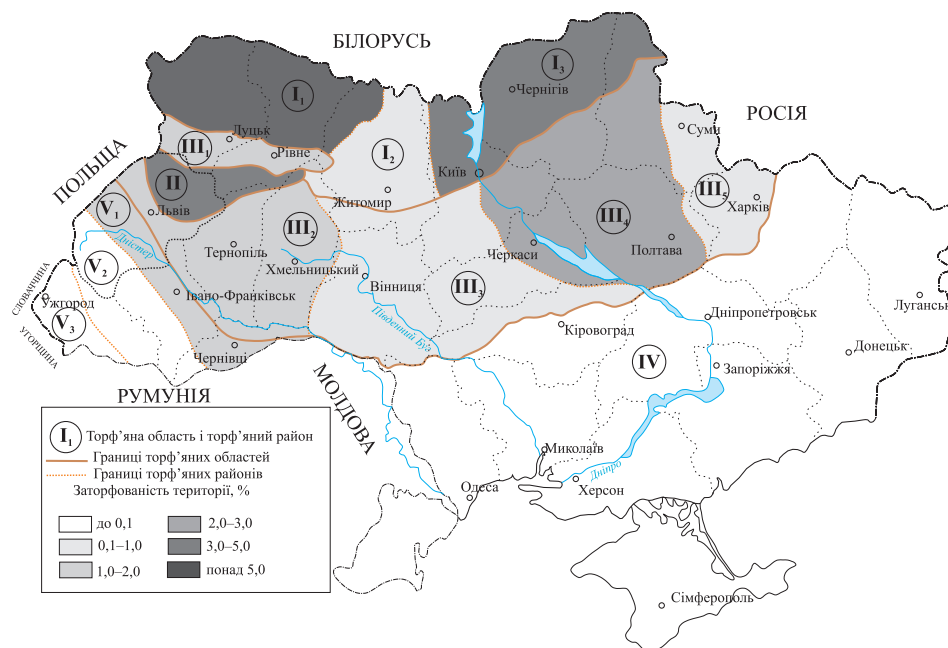


Рис. 1. Карта-схема торф'яних областей та районів України (за матеріалами: Брадис, 1973; Тюремнов, 1976 з доповненнями авторів):

I – Поліська торф'яна область: I₁ – Західно-Поліський район, I₂ – Центрально-Поліський район, I₃ – Східно-Поліський район; II – Малополіська торф'яна область; III – Лісостепова торф'яна область: III₁ – Волинський лісостеповий район, III₂ – Подільський лісостеповий район, III₃ – Правобережний придніпровський лісостеповий район, III₄ – Лівобережний придніпровський лісостеповий район, III₅ – Східний лісостеповий район; IV – Степова торф'яна область; V – Карпатська торф'яна область: V₁ – Передкарпатський район, V₂ – Карпатський район, V₃ – Закарпатський район

За відомостями, які надає ДНВП «Геоінформ України» (<http://minerals-ua.info/mapviewer/goruchi.php>), на території України виявлено приблизно 2000 торфовищ із загальними запасами понад 2 млрд т, з яких 933,951 млн т належать до категорії промислових. Середня заторфованість території становить 1,3 %. Майже 96 % ресурсів торфу належить до низинного типу.

Станом на 01.01.2021 р. загалом нараховано 684 родовища, з яких офіційно розробляються 43. Якщо оцінювати загальні запаси торфу в Україні, то балансові запаси за категорією A+B+C₁ становлять 644,446 млн т, а за категорією C₂ – 124,65 млн т. При цьому, якщо брати ті запаси, що знаходяться в розробці, то за категорією A+B+C₁ становлять 71,109 млн т, а за категорією C₂ – 4,306 млн т.

Серед областей України найбільші ресурси торфу (50 %) за геологічними запасами зафіксовано у Волинській, Рівненській, Чернігівській, Житомирській і Київській областях (Поліська торф'яна область), де розвідано понад 1000 родовищ.

Львівська область займає друге місце за балансовими запасами – за категорією A+B+C₁ становлять 124,841 млн т, а за категорією C₂ – 21,44 млн т. Більшість торфів Львівської області належить до позабалансових як за недостатньою площею родовищ, так і за якістю самого торфу. Також слід за-

значити, що Львівська область має найбільшу кількість перспективних для розвідки родовищ і ділянок (23 340 га) та значний резервний фонд торфових родовищ (21 441 га).

В Україні торф широко використовується як паливо (80 % добутого торфу) і як органічні добрива (20 % відповідно). З іншого боку, торф може слугувати не тільки паливно-енергетичною та аграрною сировиною, а й сировиною для одержання різних видів продукції та речовин для потреб хімічної та нафтогазовидобувної промисловості, медицини, будівництва, оскільки він є джерелом цінного хімічного матеріалу – солей гумінових кислот (гуматів).

Об'єкти і методи досліджень. Ми опрацювали результати спектрального напівкількісного аналізу з різних лабораторій (ЛДУ імені Івана Франка, Львівської міжобласної інспекції «Укрінсторфдобриво» і Львівської геологічної експедиції) (Галенко и др., 1974) на вміст 21 хімічного елемента (Be, P, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Sr, Y, Zr, Mo, Ag, Sn, Ba, Yb, Pb) у золі 248 проб низинного торфу, відібраних на глибинах 0,1–7,0 м зі 111 представницьких для Львівської області ділянок, виокремлених як самостійні торф'яні родовища. Зауважимо, що в золі торфів не виявлені такі елементи, як Hg, Cd, As, Tl та деякі інші. Для багатопластових родовищ торфу обчислено середньозважені значення вмісту елементів, які згодом використано для аналізу, інтерпретації результатів.

Результати та їхнє обговорення. Територія Львівської області геоморфологічно розташована переважно на Волино-Подільській височині, яка характеризується (у контексті розгляду торфоутворення) відносно глибоким врізанням рік та струмків, що розділяють поверхню на плоскі субмеридіональні вододіли (крім території Малого Полісся).

Геохімічні умови території дослідження значною мірою визначаються міграцією і розподілом природних вод у верхній частині зони гіпергенезу. За ландшафтно-геохімічним районуванням територія дослідження належить до трьох ландшафтно-біокліматичних зон – Українського Полісся, Лісостепової зони та Українські Карпати, кожна з яких характеризується певними типами ландшафтів, рельєфу і ґрунтів та в межах яких виокремлюються ландшафтно-біокліматичні підзони, зумовлені місцевими змінами клімату, рельєфу, літології ґрунтоутворних порід та порід зони аерації: Полісся західне; Лісостеп, західна провінція; Передкарпатська лісо-лучна буроземна підзона.

Вивчення геохімії мікрокомпонентного складу в торфах Львівської області свідчить про значну нерівномірність їхньої концентрації як з глибиною, так і за площею поширення. Більшість мікроелементів у досліджених торфах характеризуються неоднорідним розподілом, високою дисперсією – Ba, Be, V, Y, Yb, Cu, Ni, Sn, Sc, Sr, Pb, Cr, Zn, Zr, Mn, Ti (коєф. варіації 55–150 %); найбільш нерівномірно розподілені Mo, Co, Ga, P і Ag (коєф. варіації 165–345 %), що пов'язано з дією багатьох чинників (Яковенко та ін., 2015а).

Наведемо концентраційний ряд мікроелементів торфів Львівської області за медіанною оцінкою: Ti > Mn > Sr > P > Ba > Zr > V > Ni > Cr > Cu > Pb > Y > Co > Mo > Ga > Yb > Sc > Zn > Sn > Be > Ag.

Хімічні елементи за інтенсивністю накопичення/розсіяння (відносно кларків у літосфері, за О. П. Виноградовим) об'єднуються в три групи (Войткевич и др., 1970):

- 1) $KK > 1$: Mo, Yb, Sr;
- 2) $0,8 > KK \geq 0,5$: Ag, Co, Pb, P, Y, Sn, Ni;
- 3) $KK < 0,5$: Zr, (V, Mn), Cu, Zn, Cr, Sc, (Ti, Ba), Ga, Be.

Склад груп за інтенсивністю накопичення/розсіяння (відносно кларків у ґрунтах, за (Bowen, 1979)) дещо відрізняється:

- 1) $KK > 1$: Mo, Sr, Co, Be, Ag;
 - 2) $0,9 > KK > 0,5$: Pb, P, Cu, Yb, Ni;
 - 3) $KK < 0,5$: (V, Mn), Cr, Y, Zn, Sn, Sc, Ba, Zr, Ti, Ga;
- відносно фонових значень у ґрунтах України:

- 1) $Kc > 1$: Sr, Mo, Ag, Co;
- 2) $0,8 > Kc \geq 0,5$: Ni, P, Cu, Mn, Pb, Yb;
- 3) $Kc < 0,5$: (Y, Sn, Zn), (Ba, V, Cr), Ga, Zr, Sc, Be, Ti.

За інтенсивністю накопичення/розсіяння (відносно кларків у наземних рослинах, за Д. П. Малоюгою) елементи формують такі групи:

- 1) $KK > 1$: Sr, Ba, Pb;
- 2) $0,9 > KK \geq 0,5$: Co, Ti, V, Ni;
- 3) $KK < 0,5$: Mo, Sn, Be, Cr, Cu, (Ag, Mn), Zn, P.

Загалом вміст елементів у досліджуваних торфах має нижче кларкові концентрації порівняно з літосферою, ґрунтами і наземними рослинами (рис. 2). Активно концентруються літофільні Sr, Yb, Be, Ba, сидерофільні Mo, Co і халькофільні Pb, Ag порівняно з кларками в літосфері, ґрунтах, золі рослин та відносно фонових значень у ґрунтах України (Клос та ін., 2012).

Для геохімічної оцінки вмісту елементів використано такі показники (Крештапова, 1974):

- коефіцієнт зустрічальності елемента (кількість проб, у яких елемент виявлено, від загальної кількості проаналізованих проб, Z , %);
- кларк концентрації елемента (відношення вмісту елемента в даній пробі до кларку елемента в ґрунтах, KK_{cp});
- зустрічальність елемента вище кларкових концентрацій (кількість проб із вище кларковим вмістом від загальної кількості проб, ZK , %).

Результати розрахунків наведено в табл. 1, де виділені елементи, для яких зустрічальність елемента вище кларкових концентрацій понад 25 %.

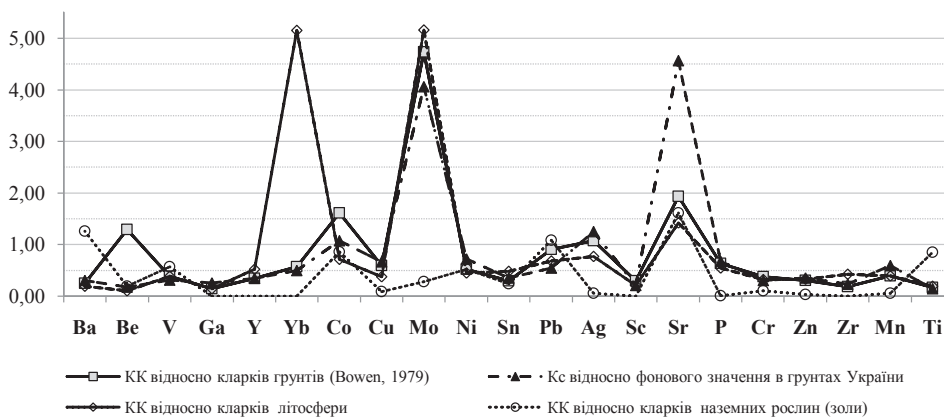


Рис. 2. Кларки концентрації мікроелементів у торфах Львівської області

На основі цих показників (Z , KK_{cp} , ZK) отримано оцінку вмісту елементів у низинних торфах досліджуваної території (табл. 2), де значення KK_{cp} для типів накопичення лежать у межах: дуже інтенсивне – $KK_{cp} > 1$; інтенсивне – $0,5 < KK_{cp} < 1,0$; дуже сильне – $0,3 < KK_{cp} < 0,5$; сильне – $0,1 < KK_{cp} < 0,3$; слабе – $KK_{cp} < 0,1$ (Яковенко та ін., 2015б).

Т а б л и ц я 1. Показники накопичення мікроелементів у низинних торфах Львівської області

Елемент	Z, %	KK_{cp}	ZK, %
Ba	100	0,25	3
Be	73	1,29	58
V	99	0,39	8
Ga	98	0,14	1
Y	78	0,35	4
Yb	86	0,57	14
Co	97	1,61	39
Cu	100	0,60	19
Mo	100	4,73	89
Ni	100	0,52	5
Sn	95	0,30	1
Pb	90	0,90	32
Ag	18	1,07	17
Sc	56	0,29	2
Sr	100	1,94	50
P	83	0,64	12
Cr	100	0,38	4
Zn	50	0,31	9
Zr	100	0,18	0
Mn	100	0,39	3
Ti	100	0,17	0

Т а б л и ц я 2. Класифікація елементів за ступенем нагромадження в торфах Львівської області

Зустрічальність елементів (Z) у низинному торфі	Нагромадження елементів у торфах				
	Дуже інтенсивне	Інтенсивне	Дуже сильне	Сильне	Слабе
Значно поширені ($Z > 75\%$)	Mo, Sr, Co	Pb, P, Cu, Yb, Ni	Mn, V, Cr, Y, Sn	Ba, Zr, Ti, Ga	–
Середній ступінь поширення ($75\% > Z > 50\%$)	Be	–	Zn	Sc	–
Мало поширені ($Z < 50\%$)	Ag	–	–	–	–

Максимальні концентрації в низинних торфах Львівської області демонструють п'ять елементів: Mo, Sr, Co, Be, Ag, причому серед них найбільш часто трапляються: Mo, Sr, Co ($Z = 100\%$) (Яковенко та ін., 2015б). Меншою зустрічальністю характеризується Be і ще меншою Ag ($Z = 73$ і 18% відповідно). Виявлено, що найбільш поширеними в торфах є елементи із кларком концентрації $0,5-1,0$ і $0,3-0,5$, а саме: Pb, P, Cu, Yb, Ni і Mn, V, Cr, Y, Sn. Елементи середньої поширеності (Z – від 50 до 75 %) Zn, Sc характеризуються дуже сильним і сильним накопиченням у торфі (КК $0,3-0,5$ та $0,1-0,3$). Малопоширені елементи в низинному торфі представлені тільки одним елементом Ag.

За результатами комплексного аналізу вмісту мікроелементів у низинних торфах Львівської області виокремлено три елементи з підвищеною концентрацією – Молибден, Стронцій та Свинець.

Ми припускаємо, що Стронцій у торфах Львівської області має суто природне походження – його значні концентрації зумовлені поширенням осадових порід із підвищеним вмістом Стронцію (гіпси, ангідрити, вапняки, мергелі). Також природним Стронцієм збагачені водоносні горизонти території західної частини Львівської області – верхньокрейдовий і нижньобаденський.

Високі значення концентрації Свинцю в торфах Львівської області відображають місцеві процеси концентрації елемента в масі торфу і вказують на накопичення у верхніх шарах торф'яних профілів Pb та інших мікроелементів (Mo, Co, Ni, Cu, Zn та ін.), як природного, так і антропогенного походження (Яковенко та ін., 2019). Свинець у торфах Львівської області переважно пов'язаний з наявністю сульфідної мінералізації, яка може мати як сингенетичне, так і епігенетичне походження. Його підвищений вміст ($ZK = 32\%$ – кількість проб з вище кларковим вмістом від загальної кількості проб; вміст Pb у половини досліджуваних проб перевищує $0,0008\%$ – фонове значення за медіаною) свідчить про те, що його основним носієм є Pb мінеральний. Його близько кларковий та нижче кларковий вміст (КК відносно літосфери рівний $0,68$; відносно кларків у ґрунтах = $0,9$; відносно фонових значень у ґрунтах України = $0,54$; відносно кларків наземних рослин = $1,08$) підтверджує важливу роль Pb органічного, який надалі під дією H_2S переходить у Pb мінеральний (сульфідний). На антропогенне походження Свинцю в торфах Львівської області може вказувати наявність сильної позитивної кореляції (від $r = 0,82$ до $r = 0,44$) Pb з V, Cr, Ti, Cu, Ni, Zn, Sn (атмосферна емісія свинцю, спалювання вугілля тощо). Отже, ділянки аномальних концентрацій Pb вказують на території, небезпечні з точки зору забруднення розчинними сполуками свинцю, а самі дослідження торфу можуть стати корисним інструментом для моніторингу стану вод як в сучасному, так і історичному ракурсі.

Молибден у торфах Львівської області також пов'язаний з наявністю сульфідної мінералізації (сфалерити, халькопїрити глинистої товщі міоцену, стебниківська світа). На сульфїди як носії молибдену вказують і високі позитивні кореляційні зв'язки Mo з Ni, Zn, Co. Від'ємна кореляція його вмісту із зольністю вказує на важливу роль Mo органічного, а з CaO – на поглинання молибдат-іона сорбційною золою торфу шляхом зв'язування MoO_4^{2-} із сорб-

ційним Са. Можливими, хоча й малоймовірними, є також і антропогенні джерела Мо – застосування мікродобрив з його складом, про що може свідчити наявність позитивної кореляції Мо–Р ($r = 0,46$), а також продукти спалювання вугілля, стічні води нафтопереробних та хімічних виробництв (Яковенко та ін., 2020).

Висновки. Порівняння закономірностей накопичення і розсіяння елементів у торфах з літосферою, ґрунтами та наземними рослинами показує, що для торфів характерний свій специфічний набір елементів-накопичувачів, спостерігаються специфічні закономірності накопичення і розсіяння елементів, які зумовлені диференціацією в процесі міграції, особливостями водно-мінерального живлення торф'яних ґрунтів, впливом біогеохімічних і гідрологічних процесів, що відбуваються на досліджуваній території, різноманітністю рослин-торфоутворювачів. Відповідно торфи мають досить чітку геохімічну структуру, яка відрізняє їх від мінеральних ґрунтів і літосфери.

Білецький, В. С. (2004). *Мала гірнича енциклопедія* (Т. 1–3). Донецьк: Донбас.

Брадис, Є. М. (1973). *Торфово-болотний фонд УРСР, його районування та використання*. Київ: Наукова думка.

Войткевич, Г. В., Мирошников, А. Е., Поваренных, А. С., & Прохоров, В. Г. (1970). *Краткий справочник по геохимии*. Москва: Недра.

Галенко, В. Г., Семчук, С. А., & Екімова, Н. А. (1974). *Отчёт по теме «Составление геолого-экономических обзоров по основным торфодобывающим областям УССР (Львовская область)»*. Львов: Фонди ДП «Західукргеологія».

Клос, В. Р., Бірке, М., Жовинський, Е. Я., Акінфієв, Г. О., Амаїнукеї, Ю. А., & Кламенс, Р. (2012). Регіональні геохімічні дослідження ґрунтів України в рамках міжнародного проекту з геохімічного картування сільськогосподарських та пасовищних земель Європи (GEMAS). *Пошукова та екологічна геохімія, 1*, 51–66.

Крештапова, В. Н. (1974). *Методические рекомендации по оценке содержания микроэлементов в торфяных месторождениях европейской части РСФСР*. Москва: Изд-во Мингео РСФСР.

Тюремнов, С. Н. (1976). *Торфяные месторождения*. Москва: Недра.

Яковенко, М. Б., Хоха, Ю. В., & Лук'янчук, Д. В. (2015а). Мікрокомпонентний склад торфів Львівської області. У *Новітні проблеми геології: матеріали науково-практичної конференції, присвяченої 100-річчю від дня народження В. П. Макридіна* (Харків, 21–23 травня 2015 р.) (с. 175–176). Харків.

Яковенко, М. Б., Хоха, Ю. В., & Лук'янчук, Д. В. (2015б). Накопичення мікроелементів у низинних торфах Львівської області. У *Фундаментальне значення і прикладна роль геологічної освіти і науки: матеріали міжнародної наукової конференції, присвяченої 70-річчю геологічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка* (Львів, 7–9 жовтня 2015 р.) (с. 238–239). Львів.

Яковенко, М. Б., Хоха, Ю. В., & Любчак, О. В. (2020). Розподіл молібдену в низинних торфах Львівської області. У *Ресурси природних вод Карпатського регіону (Проблеми охорони та раціонального використання): збірник наукових статей ХІХ міжнародної науково-практичної конференції* (Львів, 8–9 жовтня 2020 р.) (с. 210–214). Львів.

Яковенко, М. Б., Хоха, Ю. В., & Любчак, О. В. (2019). Розподіл Свинцю в низинних торфах Львівської області. У *Ресурси природних вод Карпатського регіону (Проблеми охорони та раціонального використання): збірник наукових статей ХVІІІ міжнародної науково-практичної конференції* (Львів, 26–27 травня 2019 р.) (с. 263–265). Львів.

Bowen, H. J. M. (1979). *Environment Chemistry of the Elements*. London; New-York; Toronto; Sydney; San Francisco: Academic Press.

Стаття надійшла:
14.09.2021 р.

Myroslava YAKOVENKO¹, Yury KHOKHA², Oleksandr LYUBCHAK³

^{1,2,3} Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals
of National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Ukraine,
e-mail: ¹myroslavakoshil@ukr.net;
²kho_ha_yury@ukr.net; ³lubchak1973@ukr.net

DISTRIBUTION OF CHEMICAL ELEMENTS IN PEAT DEPOSITS OF THE LVIV REGION

The article is devoted to the study and interpretation of the content of chemical elements in peats of Lviv Region. It is known that peat has a pronounced ability to physical sorption and chemisorption, as a result it is able to accumulate a significant amount of metals, including dangerous – heavy, toxic and radioactive. Peat is used as an energy raw material, in recent years – as a raw material for the chemical and pharmaceutical industries. Thus, this geochemical research has scientific and applied importance for a wide range of industries and for environmental monitoring. The range of peat applications directly depends on the concentration of trace elements. The basic geochemical characteristics of peat lowland type in Lviv Region were found out. In general, the content of elements in the studied peat has concentrations lower than clarkes in comparison with the lithosphere, soils and terrestrial plants. Lithophilic Sr, Yb, Be, Ba, siderophilic Mo, Co, and chalcophilic Pb, Ag are actively concentrated in comparison with clarkes in the lithosphere, soils, plant ashes and relative to background values in the soils of Ukraine. According to the results of a comprehensive analysis of the content of microelements in lowland peats of Lviv Region, three elements with high concentration were identified – Molybdenum, Strontium and Lead. Significant uneven distribution of microelement concentration with depth and area of distribution and high indicators of Mo, Yb, Sr, Be, Co, Ag, Ba, Pb relative to clarkes of lithosphere, soils, plant ash, etc. have been established. Comparison of patterns of accumulation and scattering of elements in peat with lithosphere, soils and terrestrial plants shows that peat is characterized by its own specific set of storage elements, there are specific patterns of accumulation and scattering of elements. Thus, peat has a clear geochemical structure that distinguishes them from mineral soils and lithosphere.

Keywords: peat, microelement composition, concentration, clark concentration, accumulation.