

Мирослава ЯКОВЕНКО, Юрій ХОХА, Олександр ЛЮБЧАК

Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів,
e-mail: myroslavakoshil@ukr.net, khoha_yury@ukr.net, lubchak1973@ukr.net

**ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ТОРФІВ
ДЛЯ ВИЛУЧЕННЯ ГУМАТІВ (ЛЬВІВСЬКА ОБЛАСТЬ)**

Коротко розглянуто проблеми торф'яної галузі України та встановлено причини її занепаду, серед яких низька якість торфу як джерела енергії. Ми припускаємо, що найближчим часом використання торфу для брикетування припиниться з огляду на економічні та політичні чинники. З іншого боку, торф може слугувати джерелом хімічних речовин та їхніх сумішей, які знайшли застосування в сільському господарстві та промисловості. Відомо, що додавання гуматів натрію до бурового розчину поліпшує його реологічні властивості та робить екологічно безпечним, особливо при проходженні водоносних горизонтів. Нами поставлена мета визначити геолого-технологічні та геохімічні характеристики торфу Львівської області, встановити його придатність до вилучення гумінових кислот та виокремити перспективні ділянки для видобутку торфу. Дослідження мікроелементного складу торфів Радехівського району Львівської області засвідчило, що ці торфи не забруднені важкими металами, про що свідчать значення індексів забруднення. Показано, що вміст хімічних елементів в торфах менший за кларковий порівняно з літосферою, ґрунтами і наземними рослинами. Виявлена тенденція до розсіяння халькофільних і більшості сидерофільних елементів, меншою мірою літофільних. Визначення виходу загальних та вільних гумінових кислот засвідчило можливість використання торфів Львівської області для вилучення гуматів. Досліджені зразки характеризувалися високим вмістом гумінових кислот у перерахунку на суху масу. Попередню оцінку придатності родовищ для видобутку торфу ми проводили за такими параметрами: запаси родовища, ступінь розкладання, вміст гумусу та зольність. Після побудови картограм розподілу перелічених геохімічних характеристик, ми виокремили декілька найбільш перспективних родовищ Львівської області: у Кам'янка-Бузькому районі – Дідилівське та Яричівське; у Миколаївському – Вербізьке, Сайківське, Демнянське та Тростянецьке.

Ключові слова: торф, гумінові речовини, мікроелементи, геохімічний аналіз, зольність, ступінь розкладання.

Постановка проблеми. Серед усього спектру викопних горючих копалин торф найменше приваблює середовище фахівців. Очевидною причиною цієї дослідницької лакуни є його фізико-хімічні властивості, спосіб видобутку в промислових масштабах та умови нагромадження. Насамперед привертає

увагу значний вміст води (заводненість) цієї корисної копалини. За нашими даними, навіть на ділянках Львівської області, де суттєво знизився рівень ґрунтових вод і верхні шари торф'яників зневоднилися в природний спосіб (до прикладу, родовище Полоничне між селами Дмитрів та Оглядів), за умови відбору проб у сухий літній сезон вміст води в зразках завжди перевищував 75 % (масових). Високий вміст вологи доповнюється складністю її вилучення, з огляду на капілярні властивості органічної маси торфу. Технічно, це енерговитратний процес, унаслідок якого втрачається частина легких компонентів, що знижує загальну теплотворну здатність отриманих продуктів перероблення торфу, зокрема торф'яного брикету.

Другим надзвичайно важливим фактором є вміст неорганічного компонента в торф'яній масі. Низинний торф, типовий для родовищ Львівської області, характеризується значним вмістом неорганічної компоненти алювіального походження (піщано-глинистого). Можна стверджувати, що в середньому від третьої до четвертої частини торф'яного матеріалу (за масою) складає негорюча суміш неорганічних порід. Збагачення торфу не практикується, отже, зольна маса повністю залишається в продукції; крім того, її частка пропорційно зростає після висушування торфу.

Отже, протягом тривалого періоду торф слугував джерелом низькоякісного палива місцевого значення. Сезонність його видобутку, особливості здійснення робіт на торфовищах та низка інших чинників, насамперед широкий доступ промисловості та населення до енергії вугілля, а пізніше – природного газу, призвели до поступової втрати інтересу до цієї корисної копалини (Хоха та ін., 2013). Якщо врахувати тенденції до цілковитої відмови від отримання енергії спалюванням органічної викопної сировини, то найближчими десятиліттями використання енергетичного торфу припиниться взагалі.

У середині 70-х років ХХ ст. торф'яні добрива знайшли своє використання в окремих регіонах світу: станом на 2015 р. до 70 % видобутого у світі торфу використовується для неенергетичних цілей, здебільшого для сільськогосподарства і садівництва. Ринок сільськогосподарського торфу підтримують країни Перської затоки (Саудівська Аравія, Об'єднані Арабські Емірати), приймаючи програми з ліквідації пустель, розвитку ландшафтної архітектури, і таким способом застосування ґрунтоутворювальних матеріалів набуває значущості. Але незважаючи на це, галузь виробництва продукції з торфу має невелику вагу в економічному вимірі і щорічно на світовому ринку виробляється і продається рослинного торфу і торф'яної продукції на суму лише 350 млн доларів США.

У контексті збереження та розвитку торф'яної галузі важливим є збільшення асортименту продукції, затребуваної на ринку, насамперед внутрішньому. Із другої половини ХХ сторіччя проводяться дослідження з метою вилучення із торфу окремих компонентів чи вузьких фракцій, що мають цінність у галузях, відмінних від енергетичної та сільськогосподарської. Запропоновані та виробляються такі продукти та напівпродукти, як: сировина для бактеріальних препаратів, кормових дріжджів і добавок; хімічна сировина для барвників, спеціальних присадок, виробів побутової хімії, лікарських засобів; сировина для виробництва високоєфективних теплоізоляційних і будівельних композиційних матеріалів; сировина для виробництва сорбентів-

поглиначів шкідливих речовин, іонів важких металів та інших з'єднань, фільтрувальних елементів; сировина для косметики, поліграфії. Серед цього переліку наша увага зосереджена на отриманні присадок для бурових розчинів – водорозчинних гуматів лужних металів.

Західний регіон України, частиною якого є Львівська область, характеризується помірною, але достатньою для промислового розроблення заторфованістю, яка сягає 2,2 % (Хоха та ін., 2013). Більша частина торфу, приблизно 80 %, який видобувається діючими підприємствами регіону, використовується як паливо після осушення та брикетування; незначна частка (до 20 %) надходить у сільське господарство для покращення якості ґрунтів. Лише мізерну частину торфу регіону використовують як сировину для вилучення гуматів лужних та лужноземельних металів.

З огляду на тенденції, що панують в енергогенерувальному секторі європейських країн та полягають у відмові від спалювання вуглецевої сировини, торфопереробна галузь має підготуватися до перегляду асортименту продукції та перелаштуватися на випуск товарів з високою екологічністю та більшою доданою вартістю, ніж брикети для спалювання. У контексті цього завдання вилучення гуматів є життєздатною альтернативою, яка дозволить і надалі існувати торф'яній галузі України.

У вилученні гуматів торф може успішно конкурувати з бурим вугіллям та леонардитом, запаси яких на території України слід вважати невеликими. Декілька вітчизняних підприємств уже використовують невеликі партії торфів з місцевих родовищ для вилучення гуматів калію та натрію. Окрім застосування для інтенсифікації росту рослин та як біологічно активної добавки в косметології, гумати знайшли використання в буровій справі як компонент глинистого бурового розчину – заміна сульфовмісних органічних сполук у ньому. Додавання гуматів поліпшує реологічні властивості бурового розчину, а його великою перевагою перед іншими модифікаторами є екологічна безпечність використання, особливо якщо йдеться про свердловини, що перетинають водоносні горизонти, забруднення яких у процесі виконання робіт є неминучим. У такий спосіб при проведенні бурових робіт з'являється можливість уникнення контамінації ґрунтових вод токсичними сурфактантами. Залишок після вилучення солей гумінових кислот – дегумінований торф, може знайти своє застосування для поліпшення якості певних видів ґрунтів.

Мета роботи. Дослідити геохімічні характеристики торфу Львівської області з метою встановлення його придатності до ефективного та економічно обґрунтованого вилучення гумінових кислот. Для досягнення мети слід з'ясувати, чи вміст потенційно небезпечних мікроелементів не перевищує кларкового значення для регіону, водночас показники зольності, ступеня розкладання та вмісту гуматів відповідають оптимальним за вимогами технологічного процесу дегумінації лігнітів, бурого вугілля та торфів.

Результати. Геолого-геотехнологічні та геохімічні особливості і мікроелементний склад торфів визначають їхню експлуатаційну цінність та можливість подальшого використання в тих чи інших галузях та напрямках. Щоб з'ясувати можливість залучення торфу з родовищ Львівської області для вилучення гуматів (як компонента глинистих бурових розчинів), проведено аналіз геохімічних та геотехнологічних досліджень (результати розподілу

хімічних елементів, мікроелементів компонентів та геолого-геохімічних показників) проб торфу, відібраних на глибинах 0,1–7,0 м на представницьких родовищах та ділянках окремих районів Львівської області, насамперед Радехівського району.

Торф'яні родовища Радехівського району Львівської області територіально розташовані в межах Малополюської торф'яної області (за ступенем заторфованості, умовами залягання в рельєфі та типами торф'яних родовищ) у широких долинах алювіально-недіяльних приток річки Стир. За рослинністю і типом покладу це торфовища низинного генетичного типу, болотного підтипу, переважно трав'яної та трав'яно-мохової груп, зрідка деревно-трав'яної, представлені видами осоковий, осоково-гіпновий, очеретяно-осоковий, осоково-очеретяно-гіпновий, тростинний, деревно-осоковий. Площі родовищ торфу коливаються від десятків, сотень до тисяч гектарів, середня глибина – від 1,3 до 4,37 м.

Зола проб торфу проаналізована атомно-адсорбційним напівкількісним аналізом 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), а також визначені деякі інші геохімічні характеристики торфу (*pH*, зольність, вологість, ступінь розкладання, вміст гумусу, CaO, азоту аміачного).

Після екстракції бітумів (здійснена толуолом в апараті Сокслета, згідно з рекомендаціями ГОСТ 9517, який відтворює зміст ISO 5073) проведена оцінка вмісту вільних гумінових кислот за стандартною та модифікованою методиками (друга передбачає обробку лужним розчином пірофосфату натрію перед екстракцією).

Геохімічні характеристики досліджуваних торфів. Загальні закономірності розподілу хімічних елементів, компонентів та геолого-технологічних і геохімічних показників у досліджуваних торфах Радехівського району Львівської області, які ілюструють статистичні характеристики їхнього розподілу: середнє, мінімальне, максимальне та модальне значення, медіана, дисперсія, коефіцієнт варіації та ін., свідчать про їхню незначну варіабельність та досить значну рівномірність їхньої концентрації (табл. 1).

Більшість хімічних елементів у досліджених торфах характеризуються однорідним розподілом, невисокою дисперсією та невеликою варіабельністю. Із загальної тенденції випадають Be, V, Y, Yb, Mo, Pb, Sc, P, Mn (коефіцієнт варіації – 63–137 %); найбільш нерівномірно розподілені Zn і Ag (коефіцієнт варіації – понад 200 %), що говорить про різкі відмінності в умовах їхнього надходження до торф'яного покладу, їхнього накопичення рослинами і закріплення на торф'яному біогеохімічному бар'єрі та пов'язано з дією багатьох чинників, основними з яких, очевидно, є диференціація хімічних елементів у процесі міграції, вплив гідрологічних і біогеохімічних процесів, що відбуваються на цій і прилеглих територіях, різноманітність торфотвірних рослин.

Лужно-кислотні властивості торфів. *pH* – одна з основних геохімічних характеристик торфів, що має визначальний вплив на міграцію хімічних елементів та з якою пов'язана природна здатність торфу «зберігати» катіони та металоорганічні сполуки, і залежать вони, головню, від типу органічних кислот та їхніх сполук (гумінових і фульвокислот), які містяться в торфах.

Т а б л и ц я 1. Статистичні параметри розподілу геотехнологічних та геохімічних показників і хімічних елементів у торфах Малопопільської торф'яної області (на прикладі Радехівського району Львівської області)

Показники	Середнє	Медіана	Min	Max	Дисперсія	Ст. відхил.	Коефіцієнт варіації
<i>pH</i>	7,25	7,37	6,40	7,78	0,32	0,57	7,80
Зольність, %	20,76	21,20	11,59	33,10	66,68	8,17	39,32
Вологість, %	84,04	85,95	77,70	87,18	14,61	3,82	4,55
СаО, мг/кг	0,62	0,60	0,50	0,80	0,02	0,13	21,19
<i>R</i> (ср.) ступінь розкладання, %	21,02	18,64	16,90	30,00	29,20	5,40	25,70
Вміст гумусу	16,51	19,33	0,00	30,00	122,86	11,08	67,15
Азот аміач., %	0,07	0,01	0,00	0,28	0,01	0,12	184,63
Va, мг/кг	103,24	85,83	70,37	180,00	1956,52	44,23	42,84
Ve	0,23	0,18	0,00	0,50	0,04	0,20	85,18
V	27,36	20,11	2,00	80,00	949,67	30,82	112,65
Ga	1,69	1,50	1,49	2,47	0,19	0,44	25,71
Y	4,81	4,11	0,01	10,00	17,24	4,15	86,33
Yb	0,80	0,93	0,01	1,43	0,27	0,52	65,25
Co	5,35	5,00	3,86	6,95	1,34	1,16	21,66
Cu	11,36	11,94	8,00	14,15	5,77	2,40	21,15
Mo	2,87	3,54	0,50	4,90	3,29	1,81	63,17
Ni	30,77	30,00	16,35	50,00	147,39	12,14	39,45
Sn	1,11	0,98	0,50	2,00	0,31	0,56	50,26
Pb	8,67	3,23	2,47	20,00	68,12	8,25	95,16
Ag	0,01	0,00	0,00	0,07	0,00	0,03	208,20
Sc	0,70	0,01	0,01	2,00	0,93	0,97	137,44
Sr	437,34	461,11	200,00	637,04	25 198,30	158,74	36,30
P	261,08	222,22	1,00	540,74	39 387,08	198,46	76,02
Cr	14,60	14,86	8,00	22,86	35,06	5,92	40,55
Zn	1,79	0,10	0,10	8,57	14,35	3,79	211,14
Zr	50,45	40,37	33,61	78,29	340,09	18,44	36,55
Mn	369,40	322,22	150,00	800,00	63 768,75	252,52	68,36
Ti	452,01	490,74	375,00	500,00	3 556,48	59,64	13,19

Середні значення *pH* досліджуваних низинних торфів Радехівського району Львівської області = 7,25 (min = 6,40; max = 7,78; нейтральне і слабколужне середовище), що свідчить про те, що вони можуть ефективно адсорбувати більшість металів, приблизно до 4 % ваги сухого торфу.

Концентраційний ряд хімічних елементів досліджуваних торфів Львівської області за медіанною оцінкою має вигляд: Ti > Sr > Mn > P > Va > Zr > Ni > V > Cr > Cu > Co > Y > Mo > Pb > Ga > Sn > Yb > Be > Zn > Sc > Ag.

У зв'язку з тим, що роботи з розрахунку кларків елементів в торфах не проводилися, загальноприйнято оцінювати рівень накопичення елементів у торфах шляхом порівняння зі значеннями їхніх кларків у літосфері, ґрунтах та золі наземних рослин.

Загалом вміст хімічних елементів у досліджуваних торфах Львівської області нижче кларковий порівняно з літосферою, ґрунтами і наземними рослинами. Виявлена тенденція до розсіяння халькофільних і більшості сидерофільних елементів, меншою мірою – літофільних.

Хімічні елементи за інтенсивністю накопичення/розсіяння в досліджуваних торфах Львівської області (відносно кларків у літосфері, за О. П. Виноградовим (Войткевич и др., 1970)) об'єднуються в три групи: 1) $KK > 1$: Mo, Yb, Sr; 2) $0,6 > KK \geq 0,5$: Pb, Ni; 3) $KK < 0,5$: Sn, Mn, V (Co, Zr), P, Cu (Y), Ag, Cr, Ba, Ti, Ga, Sc, Be, Zn.

Склад груп за інтенсивністю накопичення/розсіяння відносно кларків у ґрунтах (за (Bowen, 1979)) дещо доповнюється: 1) $KK > 1$: Mo, Sr; 2) $0,8 > KK > 0,6$: Be, Pb, Co, Ni; 3) $KK < 0,4$: Cu, Mn, P, V, Ag, Sn, Yb, Cr (Ba), Y, Zr, Sc, Ti, Ga, Zn; та відносно фонових значень у ґрунтах України (за (Клос та ін., 2012)): 1) $K_c > 1$: Sr, Mo; 2) $0,9 > K_c \geq 0,5$: Ni, Mn; 3) $K_c < 0,5$: Co, Pb, Cu, P, Ag, Sn, Ba (V), Yb, Cr, Zr, (Y), Ga, Be, Ti, Sc, Zn.

За інтенсивністю накопичення/розсіяння відносно кларків у наземних рослинах (за Д. П. Малюгою (Войткевич и др., 1970)) елементи формують такі групи: 1) $KK > 1$: Sr, Ba; 2) $0,9 > KK \geq 0,6$: Pb, Ni; 3) $KK < 0,5$: Ti (V), Co, Sn, Mo, Be, Cr (Cu), Mn, Ag, P, Zn.

Загалом досліджувані торфи Львівської області характеризуються літосидерофільною позитивною геохімічною спеціалізацією завдяки високому вмісту в них сидерофільного Mo ($K_k = 2,61$) та літофільних елементів Yb ($K_k = 2,43$), Sr ($K_k = 1,29$).

Високий вміст Молибдену в золі досліджуваних торфів відображає місцеві регіональні процеси концентрації елемента в масі торфу і вказує на накопичення у верхніх шарах торф'яних профілів в основному природного походження (Яковенко та ін., 2020). Молибден у торфах пов'язаний з наявністю сульфідної мінералізації глинистої товщі міоцену (сфалерити, халькопірити). На сульфіді як носії молибдену вказують і високі позитивні кореляційні зв'язки Mo з Cu, Zn, Cr.

Від'ємна кореляція його вмісту із зольністю ($r = -0,64$) вказує на важливу роль Mo органічного. Можливими є також й антропогенні джерела Mo – застосування мікродобрив з його складом, про що свідчить наявність позитивної кореляції Mo–P ($r = 0,7$), а також продукти спалювання вугілля, стічні води нафтопереробних та хімічних виробництв.

Загалом аномальні вмісти Стронцію в золі досліджуваних торфів Львівської області природного походження – високі концентрації зумовлені поширенням мергельної товщі, алевролітів, пісковиків, вапняків пізньокрейдової (K_2) епохи, де виявлені прояви целестину та інших осадових порід з підвищеним вмістом Стронцію (гіпси, ангідрити, вапняки).

Наявний підвищений вміст Ітербію в досліджуваних торфах свідчить про їхню певну рідкоземельну спеціалізацію і пояснюється певними умовами торфонакопичення: коли в басейн накопичення торфів надходили розчинені та завислі продукти з кори звітрування кислих і лужних порід, збагачених рідкісними металами, у т. ч. Yb.

Дослідження вмісту мікроелементів показало, що досліджувані торфи не забруднені важкими металами, про що свідчать значення коефіцієнтів геоаккумуляції (індексів забруднення, I_3), які демонструють відсутність забруднення важкими, токсичними металами ($I_3 < 0,55$: I_3 свинцю, нікелю, олова – у межах 0,55–0,4; I_3 мангану, ванадію, кобальту, цирконію – у межах 0,45–0,3; I_3 міді, срібла, хрому, барію, титану – у межах 0,25–0,1).

Вміст гумінових кислот. Для деталізації геотехнологічних характеристик торфів Львівської області відібрані проби Лопатинського родовища (рис. 1), яке активно розробляється протягом останніх десятиріч і сягає фази вичерпання наявних запасів. Основною метою цієї частини робіт є встановлення виходу гумінових кислот із підготовленого матеріалу.

Основні геотехнологічні характеристики досліджуваних торфів визначалися з використанням стандартних методів аналізів (ГОСТ 9517-94). Перед проведенням аналізів проби були усереднені і доведені до повітряно-сухого стану.

Екстракція бітумів. Лабораторні проби торффу масою 10 г подрібнювали до розміру зерен менше ніж 1 мм і екстрагували толуолом (170 мл), апарат Сокслета, $t = 60$ хв, 4–7 повернень екстракту, після екстракції висушували на повітрі. Візуально бітумів мала кількість.

Визначення загального та вільного виходу гумінових кислот. Аналітичні проби торффу обробляли лужним розчином пірофосфату натрію ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \times 10\text{H}_2\text{O}$), далі екстракцію проб проводили розчином 1 % гідроксиду натрію (NaOH), осадження гумінових кислот – надлишком мінеральної кислоти (HCl) і визначали масу отриманого осаду.

Витрати реактивів:

– загальний вихід: $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ – 100 мл; NaOH (1 %) – 500 мл; HCl (5 %) – 65 мл;

– вільний вихід: NaOH (1 %) – 300 мл; HCl (5 %) – 65 мл.

Проведені визначення та розрахунки геотехнологічних характеристик досліджуваних торфів: волога аналітична (W^a , %), зольність аналітична (A^a , %), зольність сухого торффу (A^d , %), маса золи (M_z), маса сухого торффу ($M_{c,T}$), маса



Рис. 1. Розроблення Лопатинського родовища торффу

Т а б л и ц я 2. Геотехнологічні характеристики досліджуваного торффу

№ з/п	W^a , %	A^a , %	A^c або A^d , %	$M_{c. r.}$, г	$M_{c. б. r.}$, г	M_3 , г	m ГК, г	ГК, %
1/1	50,41	19,86	40,05	1,49	0,89	0,60	0,63	52,13
1/2	61,61	3,64	9,48	1,15	1,04	0,11	0,2	47,71
2/1	14,26	35,49	41,39	2,57	1,51	1,06	0,17	56,35
2/2	21,11	7,45	9,44	2,37	2,14	0,22	0,25	58,86
3/1	28,98	33,71	47,46	2,13	1,12	1,01	0,12	54,88
3/2	7,29	63,81	68,83	2,78	0,87	1,91	0,09	52,66

сухого беззольного торффу ($M_{c. б. r.}$), вихід гумінових кислот. Результати окремих аналізів з родовища м. Лопатин наведені в табл. 2.

Оцінка геотехнологічних та геохімічних характеристик торффу Мало-поліської торф'яної області (на прикладі Радохівського району Львівської області) засвідчила можливість його використання для вилучення гуматів. Досліджені зразки не містили важких металів у небезпечних кількостях та володіли високими виходами гумінових кислот у перерахунку на суху масу.

Оцінка придатності за значеннями зольності, ступеня розкладання та вмісту гумусу. Попередню оцінку придатності ділянки для торфовидобутку ми здійснювали за такими параметрами: запаси родовищ, ступінь розкладання та ботанічний склад, вміст гумусу та зольність (Лиштван и др., 1989). Крім того, враховували пошаровий розподіл якісних показників покладів, який безпосередньо пов'язаний зі стратиграфічними особливостями родовища. Ступінь розкладання має вирішальний вплив на ряд найважливіших фізико-хімічних властивостей покладу, зокрема на вилужування гуматів натрію та калію. Ступінь розкладання показує вміст у торфі аморфної речовини, яка складається з продуктів деструкції вихідної рослинної маси і є масою часточок, які втратили клітинну структуру, або обривків тканин. Досить часто в покладах можна спостерігати чергування шарів з різним ступенем розкладання.

Відомо, що при однаковому ботанічному складі торффу багато з його властивостей значною мірою залежать від ступеня розкладання. З іншого боку, при рівній мірі розкладання, але різному ботанічному складі, торф також може значно відрізнитися за властивостями. Це і стало причиною прийняття ступеня розкладання і ботанічного складу як універсальних показників для оцінки властивостей торффу. Крім того, ступінь розкладання використовується для розрахунку параметрів технологічних процесів видобутку і перероблення торффу, отже, має універсальну науково-технологічну цінність (Лиштван и др., 1989).

Для побудови картосхеми ступеня розкладання торфів Львівської області ми використали дані з 66 родовищ (Галенко та ін., 1974), які отримані за результатами комплексних досліджень, проведених лабораторіями Львівського державного університету імені Івана Франка, Львівської міжобласної інспекції «Укрінсторфдобриво» і Львівської геологічної експедиції. Визначення проводили за стандартом ГОСТ 10650-72, який передбачає відділення коагульованого гумусу (після обробки $FeCl_3$) від волокон ситовим аналізом у водному

середовищі з формуванням об'ємів осадів центрифугуванням і подальшим визначенням ступеня розкладання з допомогою графіка.

Ступінь розкладання є важливою геотехнологічною характеристикою торфу, яка показує вміст у торфі аморфної безструктурної маси, що складається з гумінових речовин і негуміфікованих рослинних залишків, що втрачили клітинну структуру. Від ступеня розкладання тією чи іншою мірою залежать майже всі важливі властивості торфу. З його зростанням кількість гумінових речовин у торфі збільшується. Ступінь розкладання впливає на вологоємність торфу – у міру його зниження вологоємність зростає.

Встановлено, що ступінь розкладання торфів Львівщини коливається в широких межах, складаючи в середньому приблизно 30 %. За цим показником торфи майже всіх родовищ регіону цілком придатні для використання як джерела гуматів, для яких ступінь розкладання має перевищувати 30 %. Ступінь розкладання (*R*) торфів Львівської області характеризується відносно неоднорідним розподілом (коефіцієнт варіації – 32,1; дисперсія – 79,9; ступінь відхилення – 8,94). Загалом він коливається в широких межах – середні значення *R* торфів 27,85 % (min = 12,93; max = 52,5 %; вміст за медіаною = 27,5 %).

На рис. 2. виокремлюються ділянки, найбільш сприятливі для видобутку торфів, з огляду на ступінь розкладання, проте лише цих даних недостатньо для вибору перспективних ділянок.

Не менш важливим параметром торфу є сумарний вміст гумусу – специфічної органічної речовини (ОР) полімерної нерегулярної будови, утвореної під час біохімічних процесів трансформації органічних залишків рослинного походження. Основні складові цієї гетерогенної полідисперсної системи високомолекулярних азотовмісних сполук є гумінові і фульвокислоти разом із залишком, що не підлягають гідролізу (гумін). Визначення вмісту гумусу найчастіше проводиться прожарюванням зразка до постійної маси після вилучення рослинних залишків, хлоридів та карбонатів. Подекуди для експрес-аналізу використовують метод Тюрина, який передбачає окислення підготовлених зразків торфу хромкою (суміш біхромату калію та концентрованої сірчаної кислоти) та оцінку кількості тривалентного хрому, що утворився внаслідок окисно-відновних реакцій, методом фотоколориметрії.

Вміст гумусу в органічній речовині торфів Львівської області характеризується досить однорідним розподілом (коефіцієнт варіації – 29,99; дисперсія – 39,5; ступінь відхилення – 6,29). Загалом органічна речовина низинних торфів збагачена гумусом. Його середній вміст в ОР торфів 20,96 % (min = 9,8; max = 35,5 %; вміст за медіаною = 19,48 %).

Максимальний вміст гумусу (від 26 % і більше) в ОР торфів Львівської області спостерігається в межах родовищ Жовківського, Миколаївського, Яворівського, Кам'янка-Бузького, Пустомитівського, Сокальського, Жидачівського, Радехівського, Самбірського, Старосамбірського, Золочівського та Городоцького районів (рис. 3): 84 – Грибовичі; 18 – Сайків; 68 – Рясне; 85 – Баси; 83 – Гребенці; 36 – Ходорів; 67 – Вузлове; 79 – Острів (Острів-Сердиця); 87 – Яричів; 46 – Тартаків; 93 – Туринка II; 94 – Білий ліс; 5 – Роздільне; 26 – Краковець; 80 – Лани; 20 – Тростянець; 1 – Болозів; 82 – Дорошів; 43 – Подільське II; 63 – Івачев; 74 – Черляни.

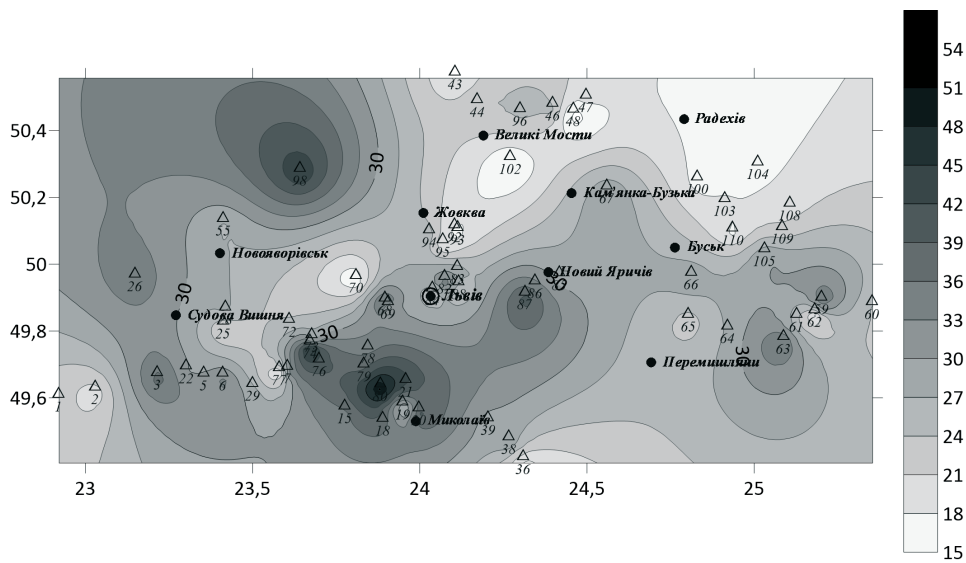


Рис. 2. Розподіл ступеня розкладання торфів Львівської області.

Родовища торфу: 1 – Болозів; 2 – Біличі; 3 – Ятвяги; 5 – Роздільне; 6 – Шептичі; 7 – Хишевицьке; 15 – Козушин; 18 – Сайків; 19 – Демня; 20 – Тростянець; 21 – Хоросно; 22 – Костильниківське; 25 – Борятини-Новоселківське; 26 – Краковець; 28 – Вижомля; 29 – Колбасевичі; 36 – Ходорів; 38 – Чорний Острів; 39 – Борусів; 43 – Подільське II; 44 – Савчин; 46 – Тартаків; 47 – Лещатів; 48 – Спасів; 55 – Руда; 59 – Чепелі; 60 – Яснище; 61 – Кругов; 62 – Лукавець; 63 – Івачев; 64 – Струтинь II; 65 – Княже; 66 – Ожидів; 67 – Вузлове; 68 – Рясне; 69 – Рясне II; 70 – Лозина; 72 – Дроздовичі; 73 – Артищев; 74 – Черляни; 76 – Поріччя; 77 – Коропуж; 78 – Полянка; 79 – Острів (Острів-Сердиця); 80 – Лани; 82 – Дорошів; 83 – Гребенці; 84 – Грибовичі; 85 – Баси; 86 – Дідилів; 87 – Яричів; 88 – Ситихів; 92 – Туринка I; 93 – Туринка II; 94 – Білий ліс; 95 – Блищиводи; 96 – Поториця; 98 – Річки II; 100 – Хмільно; 102 – Воловин II; 103 – Станіславчик; 104 – Сморгів; 105 – Висоцьке; 108 – Білявці; 109 – Лагодів; 110 – Руда Брідська

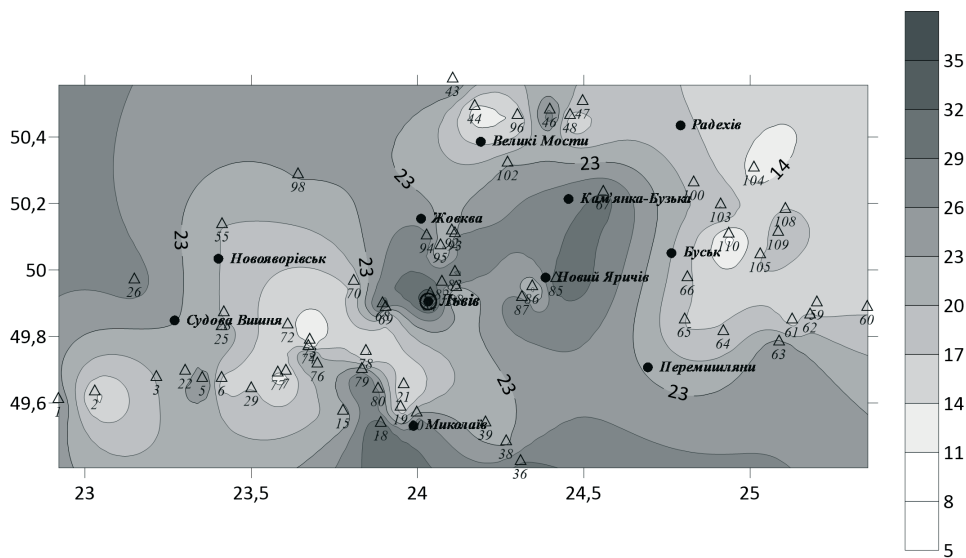


Рис. 3. Розподіл вмісту гумусу торфів Львівської області (умовні позначення див. рис. 2)

Спостерігається позитивна кореляція між вмістом гумусу та вологістю торфу ($r = 0,43$).

Для родовищ Львівської області розподіл вмісту гумусу наведено на рис. 3.

Ділянки максимального вмісту гумусу, показані на рис. 3, відповідають локалізації торф'яних родовищ, матеріал яких є найбільш придатним для вилучення гуматів калію та натрію. Якщо врахувати також відомості з рис. 2, то виокремлюється зона, що простягається від Миколаєва на північний схід до Кам'янки-Бузької через Новий Яричів. Зі сходу ця ділянка обмежена Перемишлянами, а із заходу – Львовом.

У цій зоні ми виокремили декілька родовищ, які за своїми технологічними та геологічними характеристиками можуть бути цілком придатними для видобутку гумінової сировини. У Кам'янка-Бузькому районі – це Дідилівське та Яричівське родовища; особливу увагу привертає останнє, яке розташоване біля с. Великі Підліски, з огляду на високі прогностні запаси торфу в 3,3 млн т. У Миколаївському районі потенційно придатними для поставленої мети є чотири родовища, які характеризуються середньо-малими запасами: Вербізьке, Сайківське, Демнянське та Тростянецьке. Прогностні запаси цих родовищ – у межах 0,16–0,22 млн т.

Для перелічених родовищ також врахована середня зольність торфу (рис. 4). Загалом зольність не перевищує 48 %, а в середньому становить 32,3 %. За сукупними показниками, що враховують запаси, зольність, ступінь розкладання та вміст гумусу, найбільш перспективними для розробки торфу з метою вилучення гуматів калію та натрію є Яричівське та Тростянецьке родовища.

Зольність торфів (вміст золи, виражений у відсотках до сухої речовини) є однією з найважливіших характеристик, оскільки від вмісту мінеральної частини залежать запаси в торф'яних ґрунтах хімічних елементів, у тому числі і у формах, доступних рослинам. Зольність досліджуваних торфів Львівської області характеризується неоднорідним розподілом (коефіцієнт

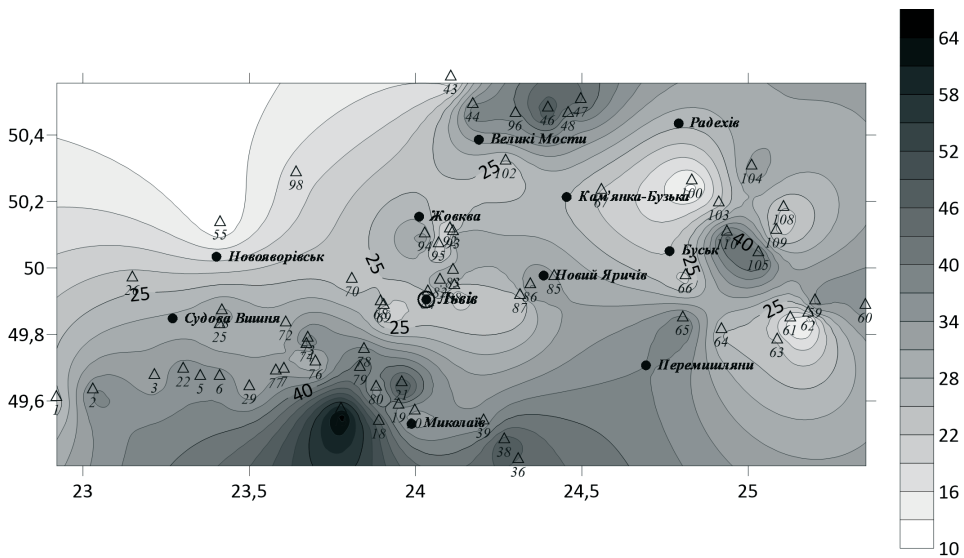


Рис. 4. Розподіл зольності торфів Львівської області (умовні позначення див. рис. 2)

варіації – 35,09; дисперсія – 118,6; ступінь відхилення – 10,89) та коливається в межах від 10,73 до 66,10 %, у середньому – 29,02 % (вміст за медіаною = 31,79 %). Загалом можна стверджувати, що торфам властиві досить великі значення зольності, які генетично зумовлені вторинними процесами внесення неорганічної осадової речовини в торф'яну масу.

Висновки. Порівняння закономірностей нагромадження і розсіяння елементів у досліджуваних торфах з літосферою, ґрунтами та наземними рослинами показує, що торфи мають своєрідний набір елементів-накопичувачів, спостерігаються специфічні закономірності нагромадження і розсіяння елементів, які зумовлені диференціацією в процесі міграції, особливостями водно-мінерального живлення торф'яних ґрунтів, впливом геологічних, біогеохімічних і гідрологічних процесів, що відбувалися та відбуваються на досліджуваній території, а також розмаїтістю торфотвірних рослин.

Вміст, розподіл і нагромадження мікроелементів у торфах Радохівського району Львівської області характеризуються достатньою однорідністю, літосидерофільною позитивною геохімічною спеціалізацією за рахунок високого вмісту в них Мо ($K_k = 2,61$), Yb ($K_k = 2,43$), Sr ($K_k = 1,29$). Загалом підвищений вміст та локалізація аномального вмісту цих елементів спостерігаються в певних структурно-фаціальних зонах і територіально приурочені до ділянок поширення корінних порід, які містять підвищені концентрації цих елементів.

Проведені дослідження якісної геотехнологічної та геохімічної оцінки торфовищ показали, що торфи Львівської області придатні для використання не тільки як джерело енергії при спалюванні, але і як хімічна сировина для вилучення гуматів, з метою використання їх як компонента-стабілізатора глинистих бурових розчинів, що застосовуються при бурінні свердловин, для покращення їхніх реологічних властивостей без використання сульфурвмісних синтетичних ПАР. Крім того, вони можуть стати основою розчинів, призначених для промивання водоносних горизонтів, забруднених ароматичними речовинами. Залишки ж торфу після вилучення гуматів можна застосовувати в сільському господарстві для розпушування ґрунтів або як матеріал для термічного перероблення із одержанням напівкоксу, смоли та горючого газу.

За кумулятивною оцінкою за трьома показниками – зольністю, вмістом гуміну та ступенем розкладання – найбільш придатними для видобутку гуматів калію і натрію загалом по Львівській області є родовища торфів: у Кам'янка-Бузькому районі – Дідилівське та Яричівське родовища; у Миколаївському районі – Вербізьке, Сайківське, Демнянське і Тростянецьке.

- 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). *Составление геолого-экономических обзоров по основным торфодобывающим областям УССР (Львовская область)* (Т. 1). [Отчет]. Львов: Львовская геологическая экспедиция.
- Клос, В. Р., Бірке, М., Жовинський, Е. Я., Акінфієв, Г. О., Амаїукекі, 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.
- Лиштван, И. И., Базин, Е. Т., Гамаюнов, Н. И., & Терентьев, А. А. (1989). *Физика и химия торфа*. Москва: Недра.

- Хоха, Ю. В., Яковенко, М. Б., & Лук'янчук, Д. В. (2013). Геолого-геохімічні та геотехнологічні особливості торф'яних родовищ Львівської області. *Геологія і геохімія горючих копалин*, 3–4(164–165), 56–61.
- 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: матеріали XIX Міжнародної науково-практичної конференції (Львів, 8–9 жовтня 2020 р.)* (с. 210–214). Львів: Національний університет «Львівська політехніка».
- Bowen, H. J. M. (1979). *Environment Chemistry of the Elements*. London; New-York; Toronto; Sydney; San Francisco: Academic Press.

Стаття надійшла:
21.04.2021

Myroslava YAKOVENKO, Yury KHOKHA, Oleksandr LYUBCHAK

Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals
of National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv,
e-mail: myroslavakoshil@ukr.net, khoha_yury@ukr.net, lubchak1973@ukr.net

PROSPECTS OF USING PEATS IN THE LVIV REGION FOR HUMATES EXTRACTION

The paper briefly considers the problems of the Ukraine's peat industry and identifies the reasons for its decline, including the low quality of peat as an energy source. We assume that the use of peat for briquetting will be stopped in the near future due to economic and political factors. On the other hand, peat can be a source of chemicals and their mixtures that have found application in agriculture and industry. It is known that the addition of sodium humates to the drilling mud improves its rheological properties and makes them environmentally safe, especially when passing through aquifers. We set a goal to determine the geological, technological and geochemical characteristics of peat in the Lviv Region, to establish its suitability for the humic acids extraction and to identify promising deposits for future processing. The study of the peats microelement composition of the Radekhiv district (Lviv Region) showed that the studied peats are not contaminated with heavy metals, as evidenced by the values of pollution indices. It is shown that the content of chemical elements in peats of Lviv Region is less than Clarke in the lithosphere, soils and terrestrial plants. There is a tendency to scatter chalcophilic and most siderophilic elements, to a lesser extent lithophilic. Determining the yield of total and free humic acids testified to the possibility of using peat in the Lviv Region to extract humates. The studied samples were characterized by a high content of humic acids in terms of dry weight. Preliminary assessment of deposits suitability for peat extraction was performed according to the following parameters: field reserves, degree of decomposition, humus content and ash content. After constructing maps of these geochemical characteristic's distribution, we have identified several of the most promising deposits in the Lviv Region: in the Kamyanka-Buzka district – Didylivske and Yarychivske deposits; in the Mykolayiv district – Verbizke, Saikivske, Demnyanske and Trostyanetske.

Keywords: peat, humic substances, microelements, geochemical analysis, ash content, degree of decomposition.