

значно нижчою температурою для нагрівання газів (до 300° С) тощо. Основним критерієм вибору каталізаторів є їх активність і довговічність.

Біохімічний метод очищення повітря від газів ґрунтується на здатності мікроорганізмів руйнувати й перетворювати різні сполуки. Речовини розпадаються під дією ферментів, вироблених мікроорганізмами під впливом окремих сполук або групи речовин, наявних у газах, що очищаються. Біохімічний метод газоочищення найбільше застосовується для очистки відвідних газів постійного складу. При частій зміні складу газу мікроорганізми не встигають адаптуватися до нових речовин і виробляють недостатню кількість ферментів для їх розкладання, внаслідок чого біологічна система матиме слабку руйнівну здатність відносно шкідливих компонентів газів. Високий ефект газоочищення досягається за умови, що швидкість біохімічного окислення вилучених речовин більша, ніж швидкість їх надходження із газової фази.

Висновки. Як показав досвід експлуатації компресорних станцій та проведені дослідження, зменшення впливу на навколишнє середовище потрібно здійснювати у таких напрямках:

- заміна застарілих газоперекачувальних агрегатів на нові зарубіжні або вітчизняні, або їх приводів авіаційного та суднового типу з прийнятими екологічними показниками;
- удосконалення технологічного обладнання відносно його герметичності, надійності та руйнування;
- оптимізація режимних параметрів експлуатації ГТУ;
- переведення окремих цехів (або КС загалом) на електропривод;
- збільшення висоти димовідвідних шахт;
- розміщення цехів КС на окремих площах на відстані мінімального взаємного екологічного впливу (на стадії будівництва та реконструкції КС);
- розроблення та впровадження каталітичних методів очистки продуктів згорання та каталітичних камер згорання;
- зміна навантаження ГПА шляхом регулювання робочого процесу у камері згорання;
- використання вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР) при впровадженні енергозберігаючого обладнання та систем, що істотно економлять паливо та зменшують кількість шкідливих речовин, які викидаються у навколишнє середовище.

Література

1. КНД 211.2.3.014-95 "Інструкція про зміст та порядок складання звіту проведення інвентаризації викидів забруднюючих речовин на підприємстві", УкрНТЕК, 1995 р.
2. КНД 211.2.2.063-98 "Метрологічне забезпечення. Відбір проб промислових викидів". Міністерство охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України, Київ, 1998 р.
3. Апостолюк С.О. Промислова екологія : навч. посібн. / С.О. Апостолюк, В.С. Джигирей, А.С. Апостолюк та ін. – К. : Вид-во "Знання", 2005. – 474 с.
4. Семчук Я.М. Оцінка впливу компресорних станцій магістральних газопроводів на навколишнє середовище / Я.М. Семчук, Л.Б. Чабанович // Розвідка та розроблення нафтових і газових родовищ : Державний міжвідом. наук.-техн. зб. – Сер.: Розроблення та експлуатація нафтових і газових родовищ. – Івано-Франківськ. – 1996. – Вип. 33. – С. 141-145.
5. Тищенко Н.Ф. Охрана атмосферного воздуха. Расчет содержания вредных веществ различными предприятиями : справочник / Н.Ф. Тищенко. – М. : Изд-во "Химия", 1991. – 560 с.

Михайлюк Ю.Д. Характеристика источников образования загрязняющих веществ Богородчанского ЛВУМГ

Рассмотрены основные источники образования загрязняющих веществ и их химической состав, которые чаще всего выбрасываются в атмосферу при эксплуатации Богородчанского линейно-производственного управления магистральных газопроводов (ЛПУМГ). Определено, что источниками образования загрязняющих веществ являются технологическое и топливное оборудование, которое используется для обеспечения бесперебойной работы компрессорной станции (КС). Основными загрязняющими веществами, которые образуются при работе данного оборудования, есть природный газ и продукты его сгорания. Представлены величины фоновых концентраций загрязняющих веществ и основные методы защиты атмосферы от вредных выбросов: абсорбция; адсорбция; хемосорбция; термическая нейтрализация; каталитическое обезвреживание; химическое обезвреживание и др. Определены основные направления уменьшения влияния КС на окружающую среду.

Ключевые слова: компрессорная станция, загрязняющие вещества, источники образования, фоновая концентрация.

Mykhailiuk Yu.D. Contaminant Generation Sources Characteristic of Bohorodchany Main Gas Pipelines Line and Staff Manufacturing Department

The article focuses on the basic generation sources of contaminants and their composition which are mostly emitted when Bohorodchany main gas pipelines line and staff department is operating (BGMPLSD). It has been determined that the generation sources of the contaminants are technological and fuel outfitting being used for the ensuring the regular compressor station (CS) functioning. The natural gas and products of combustion are the basic contaminants generated when the given outfitting is operating. It has been given the magnitude of the imissions limit of the contaminants and the main methods of atmosphere protection from harmful emissions: absorption, adsorption; chemisorption; thermal neutralization; catalytic neutralization; chemical neutralization etc. It has been determined the main trends of minimization the compressor station effect on the surroundings.

Key words: compressor station, contaminants, sources of generation; imission limit.

УДК 504.75 *Інж. М.М. Паславський; мол. наук. співроб. М.В. Руда, магістр – НЛТУ України, м. Львів*

ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗПОДІЛУ ЕСЕНЦІАЛЬНИХ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У МЕЗОЕКОСИСТЕМІ ДНІСТРОВСЬКОГО ПЕРЕДКАРПАТТЯ

Описано розподіл есенціальних (Cu, Zn) хімічних елементів та токсикантів (Pb, Cd) у наземній фітомасі деревних рослин ялиці білої (*Abies alba* Mill., *A. alba*), яка є головною породою корінних деревостанів на теренах Дністровського Передкарпаття. Розраховано варіаційно-статистичні показники вмісту мікроелементів-біофілів (Cu, Zn), коефіцієнти накопичення, кларки концентрацій і розсіювання мікроелементів у наземній фітомасі для оцінювання біосферних і стабілізуючих середовище функцій. Доведено виконання генотипічної програми поглинання хімічних елементів рослинами *A. alba*.

Ключові слова: мікроелемент, ялиця біла (*Abies alba* Mill.), кларк розсіювання, кларк концентрації, варіаційно-статистичні показники.

Основним джерелом привнесення хімічних елементів у ландшафтні комплекси та залучення їх у міграційні потоки є природні процеси – вивітрювання гірських порід, ґрунтоутворення [14, 11], значний вплив мають також кліматичні та біотичні процеси. Важливу роль відіграє й техногенна діяльність, що може спричинювати надходження в ландшафти поллютантів у кількостях, токсичних для живих організмів. Особливу увагу за цих умов доцільно приділяти вивченню забруднення корінних деревостанів. Токсиканти мають високу здатність до

біоаккумуляції, токсичність і достатню рухливість в об'єктах природно-заповідного фонду [8]. Збільшення концентрації мікроелементів внаслідок діяльності людини зумовлює розбалансованість хімічного складу лісових біоценозів – основної умови функціонування екосистеми. Одне з чільних місць посідає питання щодо збереження, відтворення та примноження біорізноманіття, де хімічні елементи, з одного боку, необхідні для рослинних організмів, а з іншого (у разі різкого зменшення або збільшення концентрації) – стають негативними екстерналями їхньої життєдіяльності. Вступаючи в різноманітні реакції, вони діють як антагоністи (загальна фізіологічна дія двох чи більше іонів металів менше суми дії кожного окремо взятого), так і синергетики (спільна дія двох чи більше іонів металів більша від такої суми) [6]. Варто зауважити, що рівень їх накопичення у рослинах різних систематичних груп не є однаковим. Акумулятивна здатність рослин залежить від багатьох факторів: вологості, висоти місцевості, типу ґрунтового покриву та ін.

Всередині фітоценозу відбувається розвиток тісного зв'язку в межах мезоекосистеми, кожен компонент фітоценотичної системи, під впливом інших компонентів, певною мірою є матеріалом для фітоценотичних процесів, таких як трансформація енергії, міграції мікроелементів, виступає як обмінний апарат чи сумарно виражає ці процеси. Саме тому особливо актуальною є проблема моніторингу, збереження і відтворення фітоценозів на засадах сталого розвитку в об'єктах природно-заповідного фонду як існуючих, так і новостворюваних.

Метою дослідження є визначення закономірностей розподілу есеціальних мікроелементів (Zn, Cu) та токсикантів (Pb, Cd) у мезоекосистемі Дністровського Передкарпаття.

Об'єкт дослідження – ландшафтні комплекси мезоекосистеми Дністровського Передкарпаття.

Визначення міграційних процесів есенціальних елементів у мезоекосистемі Дністровського Передкарпаття та прилеглих до неї фітоценозів виконано на прикладі репрезентативних ключових ділянок, розташованих у точках відбору зразків рослин, і враховано особливості ландшафтно-геохімічної структури території. Для дослідження обрано деревні рослини ялиці білої (*Abies alba* Mill., *A. alba*), яка є однією з основних лісоутворюючих порід у цій мезоекосистемі. *A. alba* поширена на висотах від 270 до 1200 м н.р.м. у дубово-буково-ялицевих, ялицево-букових і смереково-ялицево-букових лісах і є автохтонним видом для всієї підгірської височини [9]. Так у державних підприємствах лісового та мисливського господарства у районах Дністровського Передкарпаття загальна площа деревостанів *A. alba* становить 46261,6 га. Зокрема найбільша площа молодняків I класу та пристигаючих деревостанів у ДП "Самбірське ЛГ" – 9995,2 га, 14555,6 га відповідно; молодняків II класу, середньовікових включених до розрахунку та стиглих деревостанів у ДП "Старо-самбірське ЛМГ" – 2959,2 га, 4841,8 га, 1311,1 га відповідно; а перестійних у ДП "Дрогобицьке ЛГ" – 22,9 га.

Зразки наземної фітомаси рослин (кора, гілки, хвоя, деревина і серцевина) відібрано в кінці вегетативного періоду (серпень-вересень) на визначених

ділянках. Зразки відібрано у п'ятикратній повторюваності зі 142 модельних дерев на площі 2 га, які репрезентують середній віковий, повнотний і якісний стан деревостану. Лабораторно-аналітичні дослідження вмісту важких металів у рослинних зразках проводились полярографічним методом на Полярографі універсальному ПУ-1. Статистична оброблення отриманих результатів проводилась варіаційно-статистичним методом за допомогою стандартних пакетів офісних програм Microsoft Exel 2003 і Oragin Pro 8.5.

Ґрунти досліджуваного району *дерново-опідзолені поверхнево-оглесні суглинкові*, материнською породою яких є делювіальні суглинки. У профілі цих ґрунтів виділяють пухкий перегнійно-елювіальний (0-20 см), слабоущільнений опідзолений (20-80 см) та ущільнений і глибокий ілювіальний (30-100 см) горизонти. Ці ґрунти містять більше гумусу, що пов'язано з їх важчим механічним складом: чим глибше, тим швидше зменшується вміст гумусу. Фізико-хімічними та агрохімічними особливостями ґрунтів є низький ступінь насиченості основами та висока кислотність [5].

Встановлено концентрацію та розподіл есеціальних мікроелементів (Zn, Cu) та токсикантів (Pb, Cd) у наземній фітомасі *A. alba*, що є доцільним і достатнім для загальної характеристики особливостей транслокації їх у рослині. Для зручності порівняння вмісту мікроелементів у органах рослин *A. alba* визначено варіаційно-статистичні показники кларків мікроелементів-біофілів (Cu, Zn), які були описані у працях вітчизняних і зарубіжних авторів Clarke і Washington [12]; Ферсман [10]; Goldschmidt [13]; Виноградовим [3, 4]; Taylor [15].

У табл. 1 подано узагальнені дані про вміст мікроелементів-біофілів (Cu, Zn) у наземній фітомасі *A. alba*. Вміст токсикантів (Pb, Cd) у наземних органах нижче норми чутливості приладу, що підтверджується проведеними раніше дослідженнями Національного наукового центру "Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського" [11].

Табл. 1. Варіаційно-статистичні показники вмісту мікроелементів-біофілів (Cu, Zn) у наземній фітомасі *A. alba*

Орган рослини	Значення, мг/кг (ppm)						Медіана		Стандартне відхилення	
	мінімальне		максимальне		середнє арифметичне					
	Min	Max	Mean	Median	Standard Deviation					
	Cu	Zn	Cu	Zn	Cu	Zn	Cu	Zn		
Деревина і серцевина	1,2	0,5	2,1	4,5	1,46	1,51	1,45	1,50	0,26	0,98
Кора	1,1	0,5	1,75	1,5	1,39	1,08	1,35	1,05	0,20	0,24
Гілки	0,5	0,5	1,8	5,0	1,11	2,09	1,15	1,50	0,51	1,59
Хвоя	0,4	0,4	1,2	2,9	0,91	1,13	1,04	1,00	0,30	0,82
Вміст мікроелементів у ґрунтах Передгір'я Карпат [11]	20	70	40	80	–	–	30,00	71,00	24,50	4,40
Кларки елементів у земній корі [3, 4, 10, 12, 13, 15]	47	40	100	200	78,67	87,17	85	75	24,51	57,79

Для оцінки інтенсивності накопичення металів у рослинах (табл. 2) розраховували коефіцієнт накопичення (Кн) – відношення середнього вмісту елемента в органах рослин до вмісту його рухомих форм у ґрунті [1].

Табл. 2. Показники інтенсивності накопичення мікроелементів-біофілів (Cu, Zn) у наземній фітомасі *A. alba*

Орган рослини	Коефіцієнт накопичення, Кн		Кларк концентрації, КК		Кларк розсіювання, КР	
	Cu	Zn	Cu	Zn	Cu	Zn
Деревина і серцевина	0,2925	1,5133	0,0247	0,06	40,48	16,67
Кора	0,2784	1,0813	0,0206	0,02	48,57	50,0
Гілки	0,2222	2,0918	0,0212	0,0667	47,22	15,0
Хвоя	0,1813	1,1273	0,0141	0,0387	70,83	25,86

Кількісною характеристикою ступеня відмінності тієї чи іншої конкретної природної системи або її частини від кларка літосфери, а також оцінкою рівня накопичення розсіяних елементів є запропоноване В.І. Вернадським (1954) поняття кларка концентрації (КК) мікроелементів (табл. 2), яке визначається як відношення реального вмісту мікроелемента в ґрунті або рослині (C_i) до відповідного кларка в літосфері (K) (табл. 1) [2, 7].

$$KK = \frac{C_i}{K}, \quad (1)$$

Кларк концентрації дає змогу визначити ступінь концентрації ($KK > 1$) або розсіювання ($KK < 1$) мікроелемента в компоненті досліджуваної природної системи відносно літосфери.

Якщо вміст хімічного елемента значно менший від кларка, то для отримання цілих чисел і більшої кратності показника розраховується величина обернена до кларка концентрації – кларк розсіювання мікроелементів (КР) із використанням формули (1) в оберненому вигляді:

$$KP = \frac{K}{C_i}, \quad (2)$$

де КР – кларк розсіювання мікроелемента.

Цей коефіцієнт показує у скільки разів кларк елемента більший за його вміст у досліджуваній природній системі.

Порівняння отриманих даних вмісту есенціальних мікроелементів із кларками літосфери відповідних елементів, поданих різними вітчизняними і зарубіжними авторами, свідчить про те, що концентрація хімічних елементів у органах *A. alba*, яка є переважаючою породою в Дністровському Передкарпатті, знаходиться в межах фонових значень і не перевищує допустимих рівнів. Дослідженнями доведено виконання генотипічної програми поглинання хімічних елементів рослинами *A. alba*, дотримання якісного і кількісного регламентів насичення тканин іонами есенціальних мікроелементів.

Отже, елементний хімічний склад деревних рослин у Дністровському Передкарпатті можна розглядати як відображення біогеохімічної ситуації екологічно чистого регіону з непошкодженими природними біогеохімічними циклами елементів.

Література

1. Булигін С.Ю. та ін. Мікроелементи в сільському господарстві / С.Ю. Булигін та ін. – Вид. 3-тє, [перероб. та доп.]. – Д.: Вид-во "Січ", 2007. – С. 18-19.

2. Вернадский В.И. Избранные сочинения. – В 5 т. / В.И. Вернадский; отв. ред. А.П. Виноградов. – М.: Изд-во АН СССР, 1954-1960. – 1960. – Т. 4, кн. 2. – 652 с.

3. Виноградов А.П. Закономерности распределения химических элементов в земной коре / А.П. Виноградов // Геохимия. – 1956. – № 1. – С. 6-52.

4. Виноградов А.П. Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры / А.П. Виноградов // Геохимия. – 1962. – № 7. – С. 555-571.

5. Геренчук К.І. Природа Львівської області / К.І. Геренчук. – Львів: Вид-во Львів. ун-ту, 1972. – С. 87-88 (180 с.).

6. Давыдова С.Л. Тяжелые металлы как супертоксиканты XXI века: учебн. пособ. / С.Л. Давыдова, В.И. Хагасов. – М.: Изд-во РУДН, 2002. – 140 с.

7. Добровольский В.В. География микроэлементов / В.В. Добровольский // Глобальное рассеяние. – М.: Изд-во "Мысль", 1983. 272 с.

8. Козьякова Н.О. Екотоксичний вплив важких металів (Cd, Pb, Cu, Zn) на систему "грунт-рослина" в умовах Полісся та Лісостепу України": автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук / Н.О. Козьякова. – К., 2000. – 17 с.

9. Пацура І.М. Особливості малопоширених лісових угруповань Карпатської частини басейну ріки Дністер / І.М. Пацура // Науковий вісник УкрДЛТУ: зб. наук.-техн. праць. – Сер.: Лісівничі дослідження в Україні. – Львів: Вид-во УкрДЛТУ. – 2002. – Вип. 12.4. – С. 168-174.

10. Ферсман, А.Е. Геохимия, тт. I-IV. Природа и техника / А.Е. Ферсман // ОНТИ, 1933, 1934, 1937 и 1939. – 526 с.

11. Фоновый вміст мікроелементів у ґрунтах України / за ред. А.І. Фатєєва, Я.В. Пашенко. Х., 2003. – 74 с.

12. Clarke, F.W. & Washington, H.S.: "The Composition of the Earth's Crust". U.S. Dep. Interior, Geol. Surv. 770 (1924). – 518 с.

13. Goldschmidt, V.M. "Geochemische Verteilungsgesetze der Elemente, IX. Die Mengenverhältnisse der Elemente und Atomarten". Skrifter Norske Videnskaps-Akad. Oslo, I. Mat.-naturw. Cl. No. 4, 1937 (1938). – Pp. 23-28.

14. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants / A. Kabata-Pendias. 4th Edition. – Boca Raton, FL: Crc Press, 2010. – 548 с.

15. Taylor, S.R. (1964). Abundance of chemical elements in the continental crust; a new table / S.R. Taylor // *Geochimica et Cosmochimica Acta* 28(8): 1,273-1,285. doi: 10.1016/0016-7037(64)90129-2.

Паславский М.М., Руда М.В. Закономерности распределения эссенциальных химических элементов в мезоэкосистеме Днестровского Прикарпатья

Описано распределение эссенциальных (Cu, Zn) химических элементов и токсикантов (Pb, Cd) в наземной фитомассе древесных растений пихты белой (*Abies alba* Mill., *A. alba*), которая является главной породой коренных древостоев на территории Днестровского Прикарпатья. Рассчитаны вариационно-статистические показатели содержания микроэлементов-биофилов (Cu, Zn), коэффициенты накопления, кларки концентраций и рассеивания микроэлементов в наземной фитомассе для оценки биосферных и стабилизирующих среду функций. Доказано выполнение генотипической программы поглощения химических элементов растениями *A. alba*.

Ключевые слова: микроэлемент, пихта белая (*Abies alba* Mill.), кларк рассеяния, кларк концентрации, вариационно-статистические показатели.

Paslavskiy M.M., Ruda M.V. Some Patterns of Essential Chemical Elements Distribution in Mezoecosystem in the Dniestr's Pre-Carpathian

The distribution of essential (Cu, Zn) and toxicant chemical elements (Pb, Cd) in terrestrial phytomass of woody plant silver fir (*Abies alba* Mill., *A. alba*), which is the main species for the native stands on the territory of the Dniester's Pre-Carpathian is described. Variation and statistical indicators of trace elements content-biofils (Cu, Zn), accumulation rates, Clarke concentration and dispersion of trace elements in terrestrial phytomass for assessing biosphere environment and stabilizing functions are calculated. The performance of genotypic programs absorption of chemical elements by plants of *A. alba* is proved.

Key words: trace element, silver fir (*Abies alba* Mill.), Clark scattering, Clarke concentration, variation-statistics.