

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**



ГІРНИЧИЙ ФАКУЛЬТЕТ
*Кафедра екології та технологій
захисту навколишнього середовища*

БІОГЕОХІМІЯ.

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ
студентами спеціальностей
101 «Екологія»,
183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Дніпро
НГУ
2017

Біогеохімія. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт студентами спеціальностей 101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища» / І.І. Клімкіна, С.М. Лисицька. – Дніпро: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2017. – 32 с.

Автори:

І.І. Клімкіна, канд. біол. наук, доц.
С.М. Лисицька канд. с.-г. наук, доц

Затверджено методичною комісією з спеціальності 101 «Екологія» (протокол № 2 від 21.03.17), 183 «Технології захисту навколишнього середовища» (протокол № 2 від 22.03.17) за поданням кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища (протокол № 10 від 20.03.2017).

Методичні рекомендації містять короткі відомості про форми існування та міграційну здатність хімічних елементів у ґрунтах і гірничих породах, а також методологічні принципи геохімічних досліджень, які застосовуються при вирішенні екологічних проблем геосфери та біосфери. Призначено для студентів відповідних спеціальностей.

Відповідальний за випуск в.о. зав. каф. екології та технологій навколишнього середовища доц. А.В. Павличенко.

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Дані методичні рекомендації до виконання практичних робіт з дисципліни «Біогеохімія» призначаються для студентів спеціальностей 101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища».

Необхідною складовою підготовки майбутніх фахівців у галузі екології, охорони навколишнього середовища та збалансованого природокористування є набуття практичних навичок у вивченні біогеохімічних основ та закономірностей розвитку явищ біосфери й геосфери.

Модуль «Біогеохімія» є складовою частиною вчення про біосферу і поєднує між собою науки про живу і неживу природу. Він входить до блоку професійно-орієнтованих дисциплін.

Методичні рекомендації містять стислий огляд теоретичного матеріалу, перелік передбачених програмою практичних робіт, контрольних завдань, питання для самоперевірки, довідковий матеріал у вигляді схем, рисунків, таблиць, список рекомендованої літератури. Їх метою є практичне закріплення знань з лекційного курсу даної дисципліни.

Виконання практичних робіт допоможе студентам у розумінні питань існування біосфери, кругообігу хімічних речовин та їх вплив на живу природу, а також хімічних аспектів заходів, що направлені на охорону навколишнього середовища від забруднення продуктами життєдіяльності людини, забезпеченню виробництва екологічно-чистої продукції та належних санітарно-гігієнічних умов проживання, моніторингу стану довкілля, зокрема, водних ресурсів агросфери, продуктів харчування, побутових хімічних засобів тощо.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

Тема: Хімічні елементи в компонентах біосфери: хімічний склад літосфери і живої речовини.

Мета роботи: Розрахувати кларки хімічних елементів у живій речовині та їхню біофільність, зробити біогеохімічний аналіз отриманих результатів.

Поширеність хімічних елементів у біосфері вичерпно й коротко виражена законом Кларка-Вернадського про загальне розсіювання хімічних елементів: «**Усі елементи є скрізь**» і законом фізико-хімічної єдності живої речовини біосфери: «**Уся жива речовина Землі хімічно єдина**».

Вміст різних хімічних елементів у компонентах біосфери вкрай нерівномірний. Кількісною біогеохімічною характеристикою твердої оболонки біосфери (до неї входять літосфера, ґрунт, породи) є середній вміст хімічних елементів, виражений у відсотках від маси даного компонента. За пропозицією академіка О. Є. Ферсмана (1933) ця величина називається **кларк (K)**, а з ініціативи В. І. Вернадського (1937) її назва трансформується як **кларк концентрацій (K_к)**. **Кларк концентрацій** – це відношення середнього вмісту хімічного елемента в даній системі до його середнього вмісту в земній корі. Під системою розуміють будь-який об'єкт біосфери чи геосфери.

Парадоксально, але факт – у земній корі Оксиген (K = 49,52) і Силіцій (25,75) становлять 75,27 %, а 97,75 % усієї літосфери належить восьми елементам: O, Si, Al (7,51), Fe (4,7), Ca (3,29), Na (2,64), K (2,4), Mg (1,94). У десятку найпоширеніших елементів трапляють H (0,88) і Ti (0,58) з кларком меншими одиниці. На решту елементів припадає тільки 0,79 % .

Перераховані вище елементи, крім Гідрогену, входять до категорії **породотвірних елементів**.

Так само умовною є також категорія «**рідкісних елементів**». На рідкісні елементи (з урахуванням кларка Титану) припадає 0,53 %, а після вилучення Титану – 0,12 % усієї літосфери, тому назва цих елементів пов'язується більше з їх рідкісним застосуванням у народному господарстві, ніж з масовим вмістом. Металами цієї групи є: Li, Rb, Cs, Fr, Be, Ra, Ga, Xe, Tl, Sc, In, La і лантаніди, Ac і актиніди, Ti, Zr, Hg, V, Nb, Ta, Mo, W, Po, Re, Tc.

Залежність логарифмічних величин кларків хімічних елементів від їх номера виражається кривими Ферсмана (див. рис. 1): I – для непарних елементів; II – для парних елементів.

На *середніх* гіпотетичних (суцільних) лініях I і II, проведених Ферсманом крізь ламані лінії графіків, виявилися елементи **C, S, Sc, Ge, Ni, Zn, Cu**, кларк яких у літосфері становить порядку $10^{-2} - 10^{-3}$ %. Гіпотетичні верхня та нижня лінії (пунктирні) є межами максимальних і мінімальних кларків хімічних елементів. Максимальні кларки належать елементам **O, Si, Ca, Fe**, а мінімальні – інертним газам.

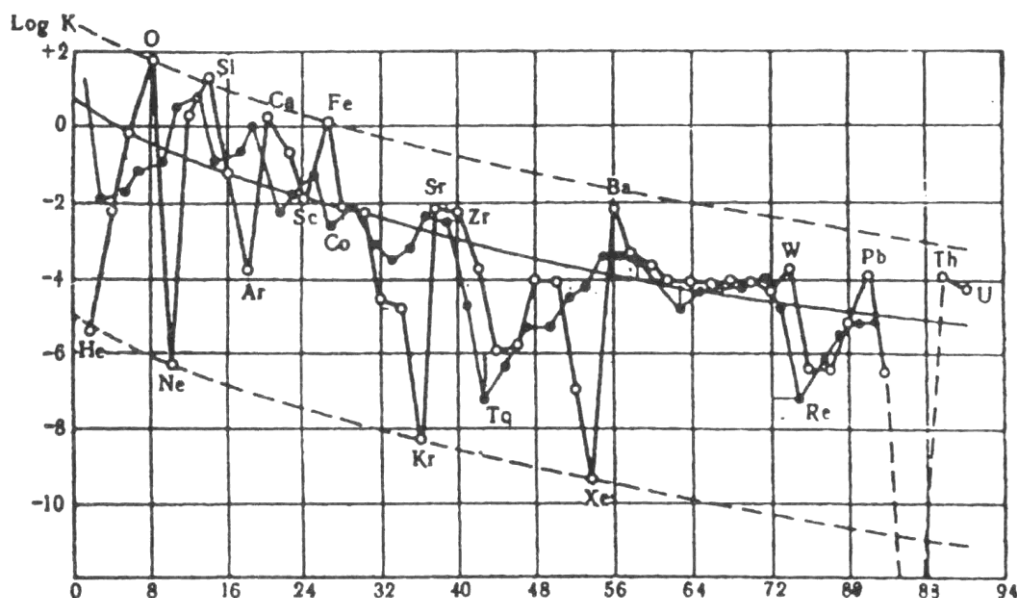


Рис. 1. Графічні залежності логарифмів атомних кларків елементів від їх порядкового номера (за дослідженнями О.Є. Ферсмана)

У межах значень від мінімального до середнього виявилися так звані «дефіцитні», або «недостатні» елементи: **Be, He, Ne, Ar, Kr, Xe, Li, B, Co** та ін. Крім інертних газів, що є винятком з правила Оддо – Гаркінса, більшість дефіцитних елементів має непарні атомні номери, а їх вміст $\leq n \cdot 10^{-3}$.

Правилом Ферсмана встановлено таку закономірність поширення хімічних елементів: «У міру зростання атомної маси і порядкового номера та ускладнення будови атомного ядра кларки хімічних елементів зменшуються».

Для найбільш поширених у літосфері парних елементів встановлені не до кінця послідовні закономірності:

– Найбільшу перевагу мають елементи, відносна атомна маса (A_r) яких цілком ділиться на 4 (в дужках подано значення A_r і кларка елемента в літосфері): O (16 – 49,52 %), Mg (24 – 1,94 %), Si (28 – 25,75 %), Ca (40 – 3,29 %), S (32 – 0,048 %), Sr (52 – 0,033%), Fe (56 – 4,7 %) і т. д. Ця закономірність стосується й ізотопів, наприклад: $^{12}_6C$ – 98,89 і $^{13}_6C$ – 1,08 %.

Якщо згадати будову ядер надлишкових елементів $^{16}_8O$, $^{28}_{14}Si$, $^{40}_{20}Ca$, $^{88}_{38}Sr$, $^{208}_{82}Pb$, то вони відносяться до *магічних* (більше того, за винятком Стронцію, – навіть до *двічі магічних*). *Магічними* називаються ядра, цілком укомплектовані нуклонами, що містять 2, 8, 14, 20, 28, 50, 82, 126 протонів або нейтронів, а *двічі магічні* мають і протони, й нейтрони. Надзвичайно висока поширеність Оксигену і Силіцію у природі, безумовно, пояснюється стійкістю їх ядер.

– Найбільший вміст спостерігається у земній корі кожного *шостого* елемента періодичної системи Д.І. Менделєєва, а саме: H (№ 1 – 0,88 %); N (№ 7 – 0,03 %); Al (№ 13 – 7,51 %); K (№ 19 – 2,4 %); Sr (№ 24 – 0,033 %), і парних елементів: O (№ 8 – 49,52 %); Si (№ 14 – 25,75 %); Ca (№ 20 – 3,29 %) і т.д.

Необхідно врахувати, що вищезазвані *кларки* елементів літосфери різко відрізняються від величин, характерних для живої речовини.

Слід зазначити, що не існує родовищ, де видобувались би представники групи **розсіяних елементів** (Ge, Hf, Rb, Ga), бо вони не утворюють самостійних мінералів, а присутні в інших мінералах як механічні домішки або *ізоморфні включення*.

У біогеохімічному аспекті має значення класифікація хімічних елементів не тільки за їхніми концентраціями у макро- та мікрокомпонентах біосфери, але й за фізіологічною цінністю елементів для забезпечення життєдіяльності організмів.

З огляду на це найбільш оптимальною є класифікація хімічних елементів за їхнім вмістом у живій речовині на *макро-, мікро-, і ультрамікроелементи* (табл. 1).

Таблиця 1

Класифікація елементів у живій речовині та їхній середній вміст, %

Макроелементи $n \cdot 10^{-3} - n \cdot 10$	Мікроелементи $n \cdot 10^{-5} - n \cdot 10^{-3}$	Ультрамікроелементи $< n \cdot 10^{-5}$
Повітряні мігранти: O (70), C (18), H (10,5), N(0,3). Водні мігранти: Ca (0,5), K (0,3), Si (0,2), Na (0,2), Mg (0,04), P (0,07), S (0,05), Cl (0,02), Fe(0,01)	Mn ($9,6 \cdot 10^{-3}$), Al ($5 \cdot 10^{-3}$), Zn ($2 \cdot 10^{-3}$), Sr($1,6 \cdot 10^{-3}$), Ti ($1,3 \cdot 10^{-3}$), B ($1 \cdot 10^{-3}$), Ba ($9 \cdot 10^{-4}$), Cu ($3,2 \cdot 10^{-4}$), Zr ($3 \cdot 10^{-4}$), Rb ($2 \cdot 10^{-4}$), Br ($1,6 \cdot 10^{-4}$), F ($1,4 \cdot 10^{-4}$), Pb ($1 \cdot 10^{-4}$), Ni ($8 \cdot 10^{-5}$), Cr ($7 \cdot 10^{-5}$), V ($6 \cdot 10^{-5}$), Li ($6 \cdot 10^{-5}$), Co ($4 \cdot 10^{-5}$), La ($3 \cdot 10^{-5}$), Y ($3 \cdot 10^{-5}$), Mo ($2 \cdot 10^{-5}$), I ($1,2 \cdot 10^{-5}$), Sn ($1 \cdot 10^{-5}$).	As ($6 \cdot 10^{-6}$), Cs ($6 \cdot 10^{-6}$) Be ($4 \cdot 10^{-6}$), Ga ($\cdot 10^{-6}$), Se ($\cdot 10^{-6}$), W ($1 \cdot 10^{-6}$), Ag ($1,2 \cdot 10^{-6}$), U ($8 \cdot 10^{-7}$), Hf ($5 \cdot 10^{-7}$), Sb ($2 \cdot 10^{-7}$), Cd ($2 \cdot 10^{-7}$), Hg (10^{-7}), Au (10^{-8}), Ra ($n \cdot 10^{-12}$)
Виявлені в живій речовині але не визначено їхні кларки	He, Ne, Ar, Sc, Kr, Nb, Rh, Pd, Te, In, Xe, Ta, Tl, Bi, Th	
Не виявлені з повною вірогідністю в живій речовині	Rn, Hf, Re, Os, Ir, Po, Ac, Ts, At, Fr	

До *макроелементів* відносяться ті, що входять до складу органічних і неорганічних субстратів живої речовини, що необхідні організмам для існування, росту, розвитку, розмноження постійно й у досить великих кількостях від 0,001 % до 60 % маси тіла організму.

Мікроелементи, які є компонентами гормонів, ферментів та інших життєво важливих молекулярних сполук, а їх відсутність або нестача негативно

позначається на життєдіяльності організму аж до його загибелі, потрібні в значно менших кількостях, це $10^{-5} - 10^{-3} \%$.

Вміст *ультрамікроелементів* не перевищує 10^{-5} маси живого тіла. Їхня фізіологічна роль їх в організмах ще повністю не з'ясована.

Кларк концентрацій елементів у живих організмах називається **біофільністю**. Частково біофільність бере до уваги здатність живих організмів переважно захоплювати й акумулювати деякі корисні й енергетично важливі для їх життєдіяльності елементи. Ідея біофільності належить О.І. Перельману. Кількісно параметр кларку концентрацій (K_k) оцінюється як відношення середнього вмісту елемента в живій речовині до його середнього вмісту в літосфері за такою формулою:

$$K_k = \frac{K_{\text{жив.реч.}}}{K_{\text{літ.}}}, \quad (1)$$

де $K_{\text{жив.реч.}}$ – середній вміст (кларк) елемента в живій речовині; $K_{\text{літ.}}$ – середній вміст (кларк) елемента в літосфері.

Величина K_k відображає геохімічну особливість окремої природної системи, яка вміщує певний хімічний елемент, відносно його вміста у літосфері.

Завдання

Користуючись величинами кларка елемента в живій речовині (табл. 1), кларка елемента в літосфері (табл. 3) і варіанта вихідних даних (табл. 2), розрахувати біофільність елементів за формулою (1). Зробити висновок.

Таблиця 2

Варіанти даних для виконання завдання

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Іони	Na ⁺ Cr ⁶⁺ Mo ⁴⁺	Mg ²⁺ Mn ³⁺ Co ³⁺	S ⁶⁺ Fe ²⁺ Ni ³⁺	Fe ³⁺ Cu ²⁺ Zn ²⁺	Ca ²⁺ Cr ³⁺ Fe ²⁺	Cu ²⁺ Na ⁺ Co ²⁺	Sn ²⁺ K ⁺ Ba ²⁺	Ba ²⁺ K ⁺ Mn ⁴⁺	Al ³⁺ S ⁶⁺ Mg ²⁺
Варіант	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Іони	S ²⁻ Mn ²⁺ Cu ²⁺	Mn ⁴⁺ Cr ²⁺ Zn ²⁺	Na ⁺ Mg ²⁺ Pb ²⁺	K ⁺ S ⁶⁺ As ⁵⁺	I ⁻ Li ⁺ Sn ²⁺	Ba ²⁺ Sr ²⁺ Ca ²⁺	Ni ³⁺ S ²⁻ Mn ³⁺	Se ⁴⁺ S ⁶⁺ Mn ²⁺	C ⁴⁺ Ca ²⁺ Ni ³⁺
Варіант	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Іони	Co ³⁺ Cr ⁶⁺ Mg ²⁺	Na ⁺ Mn ⁴⁺ Mo ⁴⁺	Zn ²⁺ Fe ²⁺ Cu ²⁺	Ni ²⁺ S ⁶⁺ Fe ³⁺	Na ⁺ Cr ³⁺ Cu ²⁺	Fe ²⁺ Ca ²⁺ Co ²⁺	Mg ²⁺ K ⁺ Al ³⁺	Ba ²⁺ K ⁺ Mn ⁷⁺	S ⁶⁺ Ba ²⁺ Sn ²⁺

**Кларки деяких хімічних елементів у літосфері й ґрунті, %
(за дослідженнями О.П. Виноградова)**

Елемент	К _{літосф.}	К _{ґрунту}	Елемент	К _{літосф.}	К _{ґрунту}	Елемент	К _{літосф.}	К _{ґрунту}
Ag	$7 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	Ce	$7 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	S	$4,7 \cdot 10^{-2}$	$8,5 \cdot 10^{-2}$
Al	8,05	7,13	Cl	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$	Hg	$8,3 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$
As	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	Co	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-4}$	I	$4 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-4}$
B	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	Cr	$8,3 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-2}$	K	2,5	1,36
Ba	$6,5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$	Cs	$3,7 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	Mg	1,87	$6,3 \cdot 10^{-1}$
Be	$3,8 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$	Cu	$4,7 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	Mn	$1 \cdot 10^{-1}$	$8,5 \cdot 10^{-2}$
Br	$2,1 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-6}$	F	$6,6 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	Mo	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$
Ca	3,96	1,37	Fe	4,65	3,8	N	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-1}$
Cd	$1,3 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-5}$	Se	$5 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	Na	2,5	$6,3 \cdot 10^{-1}$
Ni	$5,8 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	Si	29	33	U	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$
P	$9,3 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-2}$	Sn	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$	V	$9 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Pb	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	Sr	$3,4 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	Zn	$8,3 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$

Контрольні питання

1. Що являє собою кларк хімічного елемента в літосфері?
2. Дати визначення кларка концентрації елемента.
3. Яким чином визначають біофільність хімічного елемента?
4. Чим відрізняється хімічний склад літосфери від хімічного складу живої речовини?
5. Охарактеризуйте макро- та мікроелементний склад живої речовини.
6. За яким принципом класифікуються хімічні елементи в живій речовині?
7. Які хімічні елементи відносять до розсіяних і чим вони відрізняються від породотвірних елементів?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

Тема: Визначення внутрішніх факторів фізико-хімічної міграції хімічних елементів.

Мета роботи: Навчитись орієнтуватися серед безлічі відомих хімічних елементів, класифікувати біогенні елементи живої речовини за кількісними та фізіологічними критеріями; розраховувати напівкількісні характеристики фізико-хімічної міграції, пов'язані з фізико-хімічними властивостями елементів та їхнім функціонуванням у біосфері.

Постійний рух і циклічні пересування хімічних елементів у природі – це **міграція**. Міграція хімічних елементів є безперервним процесом, який охоплює всю біосферу та геосферу.

Закон міграції, який уперше було сформульовано В.І. Вернадським, є основою біогеохімічних процесів. За цим законом *міграція хімічних елементів у біосфері відбувається за участю живої речовини (біогенна міграція) або зумовлена геохімічними властивостями живої речовини – як тієї, що тепер існує на Землі, так і тієї, що виникла протягом минулих геологічних епох (при наявності кисню, гідрогену, діоксиду карбону).*

Іонні радіуси характеризують розчинність сполук, їх твердість, температуру плавлення й кипіння, структуру й енергію кристалічних ґраток мінералів. Цей параметр впливає на міграційні властивості, особливості поширення елементів. Отже, величини радіусів закономірно змінюються залежно від положення елемента в таблиці Д.І. Менделєєва таким чином:

– із зростанням порядкового номера хімічного елемента величини іонних радіусів зростають у групах, а в періодах – зменшуються;

– по діагоналі вони мають близькі розміри (правило діагональних рядів О.Є. Ферсмана);

– зі збільшенням заряду катіона – зменшуються;

– зі збільшенням заряду аніона – зростають.

Роботами О.Є. Ферсмана встановлено, що *дальність міграції зростає зі збільшенням радіуса іона хімічного елемента.*

Міграцію класифікують на такі типи: механічну, фізико-хімічну, біогенну й техногенну.

Розглянемо основні характеристики цих типів міграції за їх показниками.

Показник механічної міграції (P , т/км²) характеризується відносною величиною річного винесення певної маси речовин, яка розраховується за такою формулою:

$$P = \frac{m}{S}, \quad (2)$$

де m – річна витрата завислих часток у створі водотоку, S – площа басейну водотоку.

Показником біогенної міграції є біофільність (кларк концентрації). Її характеристику подано вище (лабораторна робота № 1).

Показник техногенної міграції характеризується **коефіцієнтом технофільності** (P_T), який розраховується за такою формулою:

$$P_T = \frac{m_E}{K_E}, \quad (3)$$

де m_E – річний видобуток хімічного елемента; K_E – кларк елемента в літосфері.

Фізико-хімічна міграція обумовлюється як **зовнішніми факторами** (температурою, тиском, показником кислотності середовища), так і **внутрішніми** (формою присутності елемента в літосфері, хімічними та електростатичними властивостями іонів елементів).

Показники фізико-хімічної міграції, що пов'язані з внутрішніми чинниками, характеризуються іонним потенціалом Картледжа або картлями і енергетичними коефіцієнтами катіонної й аніонної форм міграції хімічних елементів.

Потенціал Картледжа (ПК) розраховується за такою формулою:

$$ПК = \frac{Wi}{10 \cdot Ri}, \quad (4)$$

де W – валентність (заряд) іона; R – радіус іона, нм;

За величиною іонного показника, або картлів, усі хімічні елементи поділяють на 3 групи:

I група: $ПК < 3$ (катіони елементів легко переходять у природні води, а комплексні іони не утворюються);

II група: $ПК = 3 - 12$ (утворюються комплексні іони й важкорозчинні гідролізовані сполуки);

III група: $ПК > 12$ (утворюються добре розчинні аніони, наприклад, CO_3^{2-} та комплексні оксигеновмісні іони).

Таким чином, хімічний характер іонів можна встановити за величиною потенціалу Картледжа (ПК).



Рис. 2. Лінійні залежності величини іонних потенціалів (ПК) від хімічної природи іонів (за даними В.О. Алексеєнка)

Енергетичні коефіцієнти катіонної ($EK_{кат}$) й аніонної ($EK_{ан}$) форм міграції е розраховують таким чином:

$$EK_{кат} = \frac{W^2}{20 \cdot Ri} [0,75 \cdot (10 \cdot Ri + 0,2)], \quad (5)$$

$$EK_{ан} = \frac{W^2}{20 \cdot Ri}, \quad (6)$$

де W – валентність (заряд) іона; R – радіус іона, нм.

Причому, чим більша величина EK , тим на меншу відстань мігрують іони, швидше проходить утворення з них важкорозчинних речовин.

Завдання

1) Розрахувати величини енергетичних коефіцієнтів (EK) і показників Картледжа (ПК) для іонів зазначених хімічних елементів (варіант завдання див. табл. 2 в лабораторній роботі № 1), використовуючи величини їх радіусів R_i (табл. 4).

Результати скомпонувати у вигляді табл. 5, розташувавши іони в порядку зменшення радіусів.

Таблиця 4

*Величини іонних радіусів елементів, Å
(за даними Г.Б. Бокієва та М.В. Бєлова)*

Іон	Ri	Іон	Ri	Іон	Ri	Іон	Ri
Ag ⁺	1,13	Cr ²⁺	1,83	Mn ²⁺	0,91	S ²⁻	1,86
Al ³⁺	0,57	Cr ³⁺	0,64	Mn ³⁺	0,70	S ⁶⁺	0,30
As ³⁻	1,01	Cr ⁶⁺	0,52	Mn ⁴⁺	0,52	Se ⁴⁺	0,69
As ³⁺	0,69	Cs ⁺	1,65	Mn ⁷⁺	0,46	Si ⁴⁺	0,39
As ⁵⁺	0,47	Cu ²⁺	0,80	Mo ⁴⁺	0,68	Sn ²⁺	1,02
Ba ²⁺	1,43	F ⁻	1,33	Na ⁺	0,98	Sr ²⁺	1,20
Be ²⁺	0,34	Fe ²⁺	0,80	NH ₄ ⁺	1,43	Tl ⁺	1,49
C ⁴⁺	0,15	Fe ³⁺	0,67	Ni ²⁺	0,74	Tl ³⁺	1,05
C ⁴⁻	2,6	H ⁺	1,36	Ni ³⁺	0,35	U ⁴⁺	1,04
Ca ²⁺	1,06	Hg ²⁺	1,12	O ²⁻	1,32	V ²⁺	0,72
Cd ²⁺	1,03	I ⁻	2,2	P ³⁻	1,86	V ³⁺	0,67
Cl ⁻	1,81	K ⁺	1,33	P ⁵⁺	0,35	V ⁴⁺	0,61
Co ²⁺	0,82	Li ⁺	0,68	Pb ²⁺	1,32	V ⁵⁺	0,40
Co ³⁺	0,64	Mg ²⁺	0,74	Pt ⁴⁺	0,64	Zn ²⁺	0,81

2) За величинами показника Картледжа встановити групу й форму існування в літосфері даного іона; відзначити його положення на графіку функції: $ПК = f(R_i)$ (рис. 2), відповідно до групи іонного показника (ПК).

3) Встановити хімічний характер іонів у залежності від ПК: лужний, основний, амфотерний, комплексний, кислотний.

Таблиця 5

Результати розрахунків фізико-хімічних і біогенних характеристик іонів хімічних елементів у літосфері та біосистемах

Іони	R _i	Літосфера					Жива речовина	
		ПК _i	ЕК _i	Форма перебування	Хімічний характер іонів	Міграційні властивості	Клас елемента	K _к
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Hg ²⁺	1,12	1,79	1,77	Група I – вільний катіон	Основні властивості	↑ R _i ↓ EК _i ↑ Мігр. ↑ ↓ ↑	Ультрамікро-елемент	0,012
Ni ²⁺	0,74	2,70	1,91	Група I – вільний катіон	Основні властивості		Мікроелемент	0,013
Mo ⁴⁺	0,68	5,88	7,76	Група II – комплексний іон	Амфоліти		Мікроелемент	0,18

4) У графі 7, табл. 5 вказати стрілками напрямком зростання іонних радіусів і збільшення величин ЕК; зробити висновок щодо посилення міграційних властивостей іонів і віддаленості їх міграції.

5) За даними табл. 1 (див. в лабораторній роботі № 1), встановити кларк даних елементів у живій речовині та визначити належність елементів за їх функціональністю до мікро-, макро- або ультра-мікроелементів (табл. 2, графа 8). Записати значення біофільності (K_к) цих елементів. Результати виконаних спостережень зафіксувати в табл. 5.

Результати досліджень оформити у робочому зошиті й здати на перевірку викладачеві.

Контрольні питання

1. Що таке міграція хімічних елементів?
2. Які типи міграції характерні для хімічних елементів у біосфері?
3. У чому полягає сутність механічної міграції елементів?
4. Яким чином визначають коефіцієнт технофільності елемента?
5. Які параметри хімічних елементів відображає показник Картледжа?
6. Яким чином енергетичні коефіцієнти впливають на міграційні властивості хімічних елементів?
7. Які фактори впливають на міграцію хімічних елементів?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

Тема: Визначення міграційної активності антропогенного забруднювача орних ґрунтів – діоксину.

Мета роботи: Розрахувати інтенсивність міграції в часі токсичної речовини, яка утворюється внаслідок дії антропогенного фактора.

Накопичення хімічних речовин у природному середовищі є наслідком зниження інтенсивності їх *гехімічної рухомості* або *міграційної активності* в біосфері. Зони таких накопичень, що виникають під дією екологічних факторів, у тому числі й антропогенного, мають назву *геохімічних бар'єрів*.

Урбокосистема сучасного міста (табл. 6) характеризується тим, що в ній динамічно відбувається накопичення твердих побутових відходів (ТПВ). Найбільш оперативним способом переробки ТПВ є сміттєспалювання. При цьому утворюються токсичні хімічні речовини – гетероциклічні поліхлордибензопарадіоксини з узагальненою назвою *діоксини*.

Діоксини (рис. 3) – це тверді кристалічні речовини, синтетичні похідні хлорорганічних або броморганічних циклічних ефірів, що утворюються внаслідок термічної переробки органічної сировини і з яких 17 сполук визнано найбільш токсичними для живих істот (мають мутагенну, імунодепресантну, канцерогенну, тератогенну, ембріотоксичну дію).

Таблиця 6

Перелік міст України, що найбільш інтенсивно накопичують ТПВ

№ п/п	Місто	Населення, тис. осіб (станом на 01.01.2016)	№ п/п	Місто	Населення, тис. осіб (станом на 01.01.2016)
1	Київ	2 888,47	15	Чернігів	292,299
2	Харків	1 439,036	16	Черкаси	283,356
3	Дніпро	991,5	17	Житомир	267,61
4	Одеса	1 010, 783	18	Кам'янське	239,237
5	Донецьк	929,063	19	Кропивницький	231,089
6	Запоріжжя	784,741	20	Суми	267,633
7	Львів	728,35	21	Чернівці	266,55
8	Кривий Ріг	642,333	22	Кременчук	223,451
9	Маріуполь	453,623	23	Хмельницький	268,874
10	Луганськ	414,509	24	Івано-Франківськ	251,529
11	Миколаїв	490,762	25	Нікополь	114,911
12	Вінниця	373,3	26	Павлоград	108,321
13	Херсон	294,941	27	Новомосковськ	71 434
14	Полтава	292,469	28		

Діоксини являють собою хімічно інертні, термостабільні сполуки (руйнуються при температурі 750°C), а тому тривалий час зберігаються у навколишньому середовищі. При цьому зниження інтенсивності міграції діоксинів зумовлює їхнє накопичення в довкіллі.

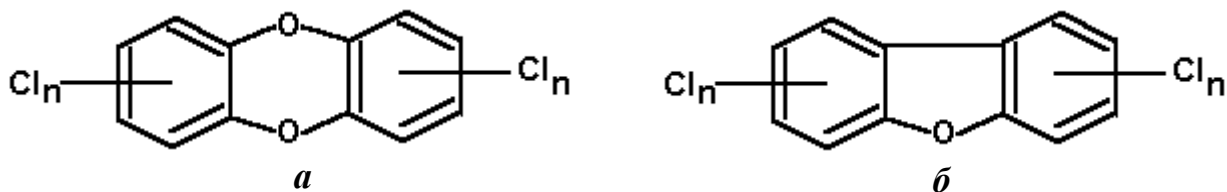


Рис. 3. Формули поліхлорованих дибензо-*p*-діоксинів (а) та дибензофуранів (б)

Екологічна безпечність діоксинів регламентується гранично допустимою концентрацією (ГДК) діоксину на 1 кг ґрунту. Позначивши максимальну концентрацію діоксину, яка виникає внаслідок дії антропогенного фактора (сміттєспалювання) через $C_{\text{макс}}$, її розраховують за такою формулою:

$$C_{\text{макс}} = \frac{m_{\text{реч}}}{m_{\text{ґр}}}, \quad (7)$$

де $m_{\text{реч}}$ – маса діоксинів, що утворюється після спалювання ТПВ за певний період, а $m_{\text{ґр}}$ – маса ґрунту, в якому вони накопичуються.

Враховуючи те, що розсіювання диму (токсичних речовин) відбувається у вигляді купола, а зона забруднення ґрунту по його поверхні формується радіально в глибину і має колоподібний контур, то для визначення максимальної концентрації діоксину розглядають такі параметри: радіус розсіювання диму, товщина і щільність ґрунту (структура).

Завдання

Розрахувати концентрацію діоксинів в орному шарі ґрунту за такими вихідними даними:

- товщина орного шару – 20 см;
- кількість діоксинів на кожену тонну конвертованих відходів – 40 мг;
- швидкість накопичення твердих побутових відходів – 250 кг на одну людину за рік.

Інші дані наведено в табл. 7.

Проаналізувати отримані результати, порівняти з ГДК діоксину в ґрунті (1 нг/кг) і зробити висновок про якість ґрунту через заданий період.

Результати розрахунків оформити в робочому зошиті й здати на перевірку викладачеві.

Вихідні параметри для розрахунку маси діоксинів та маси забрудненого ґрунту

Показники	Тип ґрунту			
	пісок	супісок	суглинок	глина
Щільність ґрунту, кг/дм ³	1,3	1,7	2,1	2,3
Радіус розсіювання димув r , км	4	6	8	10
Період накопичення τ , років	10	20	30	40

Контрольні питання

1. Що являє собою міграційна активність хімічної речовини?
2. Що є причиною виникнення геохімічних бар'єрів?
3. Яким чином класифікуються геохімічні бар'єри?
4. Дати екологічну характеристику способу сміттєспалювання.
5. Що таке ГДК хімічної речовини?
6. Як діоксини впливають на здоров'я людини?
7. Яка токсичність діоксинів для рослин?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

Тема: Визначення міграційної активності хімічних речовин у навколишньому середовищі при забрудненні його мобільним автотранспортом.

Мета роботи: Розрахувати інтенсивність міграції токсичних речовин від вихлопів мобільного автотранспорту, які потрапляють у навколишнє середовище.

Інтенсивне зосередження багатьох автомобілів на обмежених територіях призводить до дифузного накопичення токсичних хімічних елементів у біосфері та геосфері. При цьому розсіювання вихлопних газів в атмосферному повітрі поступово перетворюється з локального забруднення повітряного басейну в загальне, завдаючи значної шкоди навколишньому середовищу. *Міграційна активність хімічної речовини* зумовлює її подальшу біогеохімічну трансформацію в об'єктах довкілля.

Відомо, що внаслідок спалювання в двигунах автомашин усіх видів органічного палива, в тому числі й бензину, утворюється багато токсичних сполук, зокрема сірчаний газ SO₂, оксид вуглецю CO, діоксид нітрогену NO₂, сажа, поліциклічні ароматичні сполуки, що складаються з кількох

конденсованих ароматичних кілець. Сполуки, які включають 5 кілець, називаються бензпіренами (рис. 4), периленами, дибензоантраценами та ін.

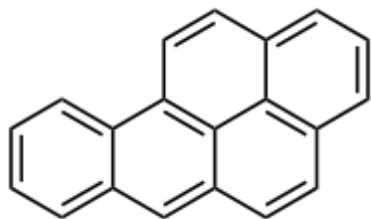


Рис. 4. Структурна формула бенз(а)пірену

Встановлено, що поліциклічні ароматичні сполуки характеризуються широким спектром біологічної дії на будь-які живі організми, зокрема можуть виступати як мутагени, канцерогени, тератогени й токсигени.

Крім того, відомо, що для підвищення октанового числа бензину до нього додають у вигляді присадного компонента тетраетилсвинець. У процесі спалювання цієї речовини свинець утворює нерозчинні оксиди й солі, які разносяться повітрям у різних напрямках від траси і, потрапляючи у ґрунти, мігрують та проникають у глибину орного шару. Токсичність сполук п्लюмбуму зумовлена тим, що він акумулюється в клітинах живих організмів, зв'язується з їх білковими речовинами, а тому дуже повільно видаляється з основних органів біонтів.

Отже, під час проведення екологічних досліджень важливо знати ступінь забрудненості об'єктів навколишнього середовища внаслідок попадання в атмосферу конкретних токсичних речовин (плюмбуму, бенз(а)пірену), а також розуміти процеси їх подальших біогеохімічних перетворень.

Беручи до уваги дані про кількість машин автопарку України та період їх роботи, максимальну концентрацію токсичних речовин в орному шарі ґрунту розраховують за формулою (7).

Завдання

Розрахувати концентрацію п्लюмбуму та бенз(а)пірену в орному шарі ґрунту за таким вихідними даними:

- кількість джерел викидів у 1990 році – 8 млн автомашин;
- площа розсіювання хімічної речовини-токсиканту – 3 млн га;
- товщина орного шару – 20 см.

Інші дані наведено в табл. 8.

Проаналізувати отримані результати, порівняти з гранично допустимою концентрацією (ГДК) п्लюмбуму (20 мг/кг ґрунту) та бенз(а)пірену (0,02 мг/кг ґрунту) й зробити висновок про якість ґрунту через заданий період.

Результати аналізу оформити в робочому зошиті й здати викладачеві на перевірку.

Вихідні параметри для розрахунку маси токсичних речовин та маси забрудненого ґрунту

Показники	Тип ґрунту			
	пісок	супісок	суглинок	глина
Щільність ґрунту, кг/дм ³	1,3	1,7	2,1	2,3
Викид хімічної речовини, г/рік:				
плюмбум	1000	1000	1000	1000
бенз(а)пірен	0,3	0,3	0,3	0,3
Період накопичення τ , років	20	30	40	50

Контрольні питання

1. Міграційну активність яких хімічних речовин і чому слід розглядати під час проведення екологічних досліджень наслідків роботи автотранспорту?
2. Які речовини виступають джерелами забруднення від роботи мобільного автотранспорту?
3. Яким чином визначають якість ґрунтів антропогенної зони?
4. Охарактеризуйте орний шар ґрунту в геосфері.
5. Стосовно яких речовин у даній роботі можна розглядати геохімічні бар'єри?
6. У чому полягає біогеохімічна дія поліциклічних ароматичних сполук?
7. Які існують способи підвищення екологічної безпеки в роботі автотранспорту?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5

Тема: Визначення міграційної активності хімічних речовин у викидах із стаціонарного джерела ТЕС в навколишнє середовище.

Мета роботи: Розрахувати інтенсивність міграції токсичних речовин, що містяться у викидах ТЕС, які потрапляють у навколишнє середовище.

Велика потреба в електричній і тепловій енергії примушує людство користуватися тепловими електростанціями, які працюють на дешевому органічному паливі (кам'яне вугілля, мазут). Спалювання кам'яного вугілля та мазуту, як правило, супроводжується викидами багатьох окиснених продуктів. Так, продукти термічного перетворення кам'яного вугілля можуть містити леткі зольні елементи різного складу: оксиди сірки, нітрогену, оксиди важких металів (плюмбуму Pb, арсену As, кадмію Cd, міді Cu, цинку Zn), продукти неповного спалювання мазуту – пилові частки коксу, сажі тощо. Характер міграції речовин, що містяться у викидах, та їх *міграційна активність* залежать від виду

палива, висоти труб, хімічної природи цих речовин, структури ґрунтів, кліматичних умов місцевості, періоду накопичення та інших природних й антропогенних факторів.

Належить враховувати, що важкі метали, перебуваючи в повітрі або потрапляючи у живі організми трофічними ланцюгами, можуть навіть у малих дозах викликати гострі й хронічні захворювання, в тому числі злоякісні пухлини. Пилові газоподібні викиди здатні уражати слизову оболонку очей, руйнувати легеневі тканини, викликаючи силікоз та інші патології органів дихання, тому доцільно вивчати можливі наслідки роботи таких стаціонарних об'єктів як ТЕС.

Враховуючи дані про кількість кам'яного вугілля, яке спалює ТЕС, і період її роботи, обчислюють максимальну концентрацію токсичних речовин за формулою (7), поміщеною в тексті лабораторної роботи № 3.

Завдання

Розрахувати концентрацію токсичних речовин в орному шарі ґрунту, користуючись такими вихідними даними:

- маса кам'яного вугілля, яке спалює Придніпровська ТЕС, – 172 т;
- радіус розсіювання золи – 10 км;
- товщина орного шару – 20 см.

Інші дані наведено в табл. 9.

Проаналізувати отримані результати, порівняти з гранично допустимою концентрацією (ГДК) у ґрунті плюмбуму (20 мг/кг), арсену (2 мг/кг), кадмію (2 мг/кг), міді (3 мг/кг) і цинку (23 мг/кг); зробити висновок про якість ґрунту через заданий період.

Таблиця 9

Вихідні параметри для розрахунку маси токсичних речовин і маси забрудненого ґрунту

Показники	Тип ґрунту			
	пісок	супісок	суглинок	глина
Щільність ґрунту, кг/дм ³	1,3	1,7	2,1	2,3
Середній вміст хімічної речовини у викидах, %				
плюмбум	$23 \cdot 10^{-4}$	$23 \cdot 10^{-4}$	$23 \cdot 10^{-4}$	$23 \cdot 10^{-4}$
арсен	$3 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
кадмій	$7 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-4}$
мідь	$64 \cdot 10^{-4}$	$64 \cdot 10^{-4}$	$64 \cdot 10^{-4}$	$64 \cdot 10^{-4}$
цинк	$88 \cdot 10^{-4}$	$88 \cdot 10^{-4}$	$88 \cdot 10^{-4}$	$88 \cdot 10^{-4}$
Період накопичення (τ), років	20	30	40	50

Результати досліджень оформити у робочому зошиті й здати викладачеві.

Контрольні питання

1. Охарактеризуйте хімічні речовини, які містяться в продуктах спалювання ТЕС.
2. Міграційну активність яких хімічних речовин і чому слід розглядати під час проведення екологічних досліджень наслідків роботи ТЕС?
3. Якими факторами зумовлена інтенсивність міграції хімічних речовин у викидах ТЕС?
4. Яку біологічну дію чинять важкі метали на живі організми?
5. Які способи підвищення екологічної безпеки можна запровадити в роботу ТЕС?
6. Якими факторами можна пояснюється геохімічна рухомість атомів елементів у біосфері?
7. Яку роль відіграють рослинні організми в процесах міграції токсичних хімічних елементів?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6

Тема: Вивчення біогеохімічних аномалій, пов'язаних з надлишковим накопиченням нітрогену в рослинах.

Мета роботи: Визначити інтенсивність накопичення нітратного нітрогену в різних частинах організмів вищих рослин та їх потребу в цій речовині.

Матеріали, реактиви, обладнання: об'єкти дослідження: різні частини рослин (стеблини, черешки, листя); плоди овочевих культур; індикаторний розчин: 0,2 г дифеніламіну в 10 мл сульфатної кислоти; піпетки, предметні скельця, чашки Петрі, скальпель, пінцет, скляні палички.

Формування хімічного складу земної кори пов'язано, насамперед, з розвитком будь-яких видів рослинності. Враховуючи, що існування наземної частини рослин залежить від процесу збагачення біосфери органічною речовиною, а також такими її складовими компонентами, як амонійний і нітратний нітроген, доцільно методом біоіндикації проводити дослідження рівня забезпеченості рослин живильним нітрогеном, який впливає на врожайність сільськогосподарських культур.

Однак, при надлишковому надходженні в ґрунти нітратів темпи поглинання нітратного нітрогену можуть порушуватись і перевищувати швидкість його метаболізації. Якщо в районі сільськогосподарських угідь спостерігаються такі явища, та ці угіддя вважають проблемними територіями з нітратними забрудненнями, тобто відносять до *біогеохімічних аномалій*.

Потрапляючи з рослинними продуктами в організм людини або тварини, нітрати відновлюються до нітритів, які здатні блокувати процес постачання клітин киснем і викликати цілий ряд серйозних захворювань (рис. 5).

Допустимою добовою дозою споживання нітратів є 300 – 320 мг або 4 мг на 1 кг живої маси людського або тваринного організму.

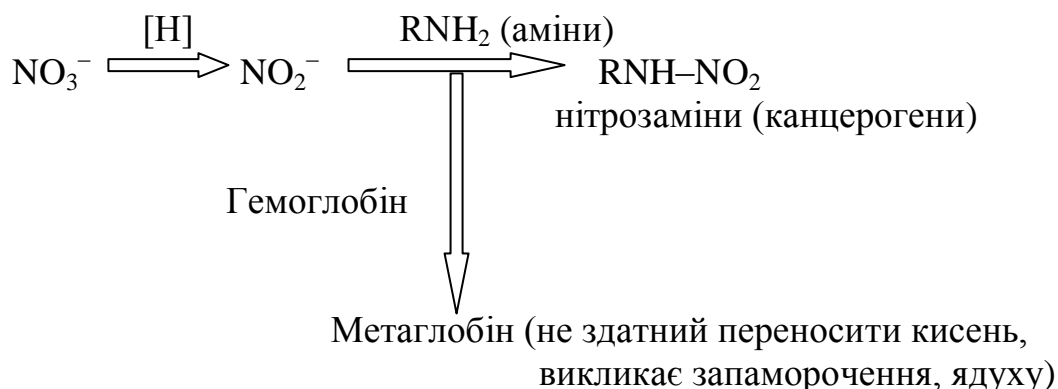


Рис. 5. Схема біологічної дії надлишкової кількості нітратів у продуктах рослинництва

Слід зазначити, що найбільша кількість нітратів зосереджується в молодому листі рослин. Однак розподіляються вони там неоднаково, зокрема, нітратний нітроген здебільшого скупчується в постарілих органах, яким властивий менш інтенсивний перебіг біосинтетичних процесів. У молодих органах рослин нітрати, що надходять із ґрунту, швидко витрачаються на утворення органічних речовин. Тому нітратний нітроген не накопичується в молодому листі рослин.

Для основних видів овочевих культур, що вирощуються у відкритому та закритому ґрунті, було розроблено атлас гранично допустимих концентрацій нітратів (табл. 10).

Таблиця 10

Вміст нітратів у продукції рослинництва та їх гранично допустимі концентрації (мг/кг сирової маси за нітрат-іоном)*

Вид рослини	Вміст нітратів	Гранично допустимі концентрації	
		для відкритого ґрунту	для закритого ґрунту
1	2	3	4
Кавуни	40–600	60	
Баклажани	80–270		
Бруква	400–550	400	
Горошок зелений	20–80		
Дині	40–500	90	
Капуста білокачанна	600–3000	900	
Капуста кольрабі	160–2700	400	
Кабачки	400–700	400	400
Картопля	40–980	250	

Продовження табл. 10

1	2	3	4
Крес-салат	1300–4900	2000	3000
Цибуля зелена	40–1400	600	800
Цибуля ріпчаста	60–900	80	
Морква	160–2200	400	
Огірки	80–560	150	400
Перець солодкий	40–330	200	400
Петрушка (зелень)	1700–2500	1800	
Редька чорна	1500–1800	1300	
Редиска	400–2700	1500	
Ріпа	600–900	700	
Салат	400–2900	2000	3000
Буряк столовий	200–4500	1400	
Томати	10–180	150	300
Кріп	400–2200	2000	3000
Квасоля	20–900		
Часник	40–300		
Шпинат	600–4000	1200	
Щавель	240–400		

Примітка: *Дані з атласу розподілу нітратів у рослинах (Інститут ґрунтознавства й фотосинтезу РАН), Пущино, 1989.

Але тут належить зважати, що в різних частинах овочевих плодів спостерігається неоднаковий розподіл концентрації нітратів. Найбільш характерними місцями накопичення нітратів виступають плодоніжки, хвостова і та, що знаходиться під шкіркою, зони (рис. 6).

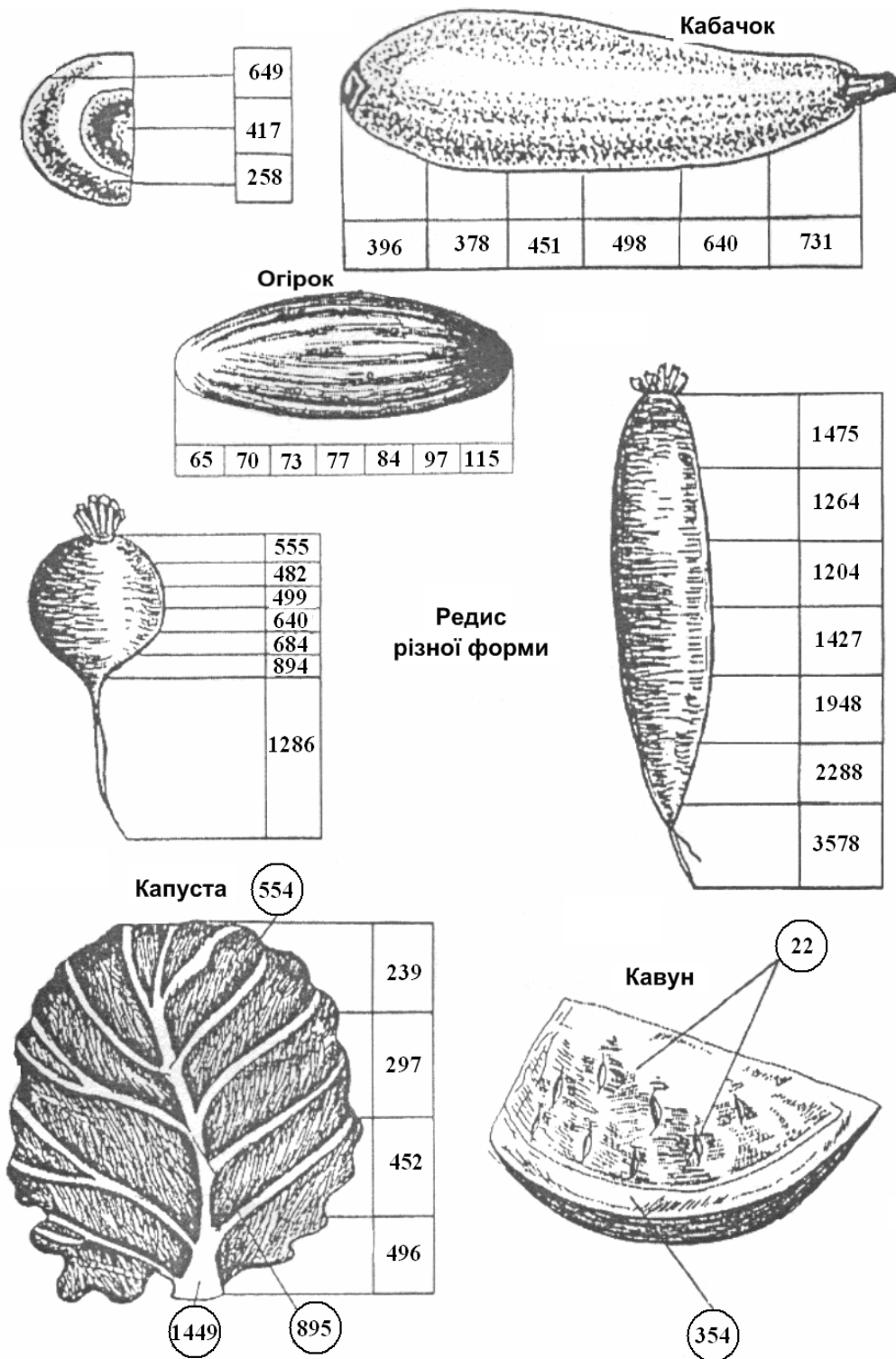


Рис. 6. Спектри концентрації нітратів (мг/кг сирової маси за нітрат-іоном), що характеризують їх розподіл у різних частинах біооб'єктів

Враховуючи, що підвищення норм витрат азотних добрив може створювати проблему надлишкового накопичення нітратної форми нітрогену в сільськогосподарській продукції, їх внесення має бути строго регламентованим.

Для визначення інтенсивності накопичення нітратного нітрогену в рослинах та реальної потреби в ньому можна використовувати експрес-метод біоіндикації зі стандартною оцінною шкалою, що відображає різне забарвлення дифеніламіну.

Унаслідок взаємодії дифеніламіну з нітратним нітрогеном рослини утворюється нітрозосполука, що має яскраво-синє забарвлення (рис. 7).

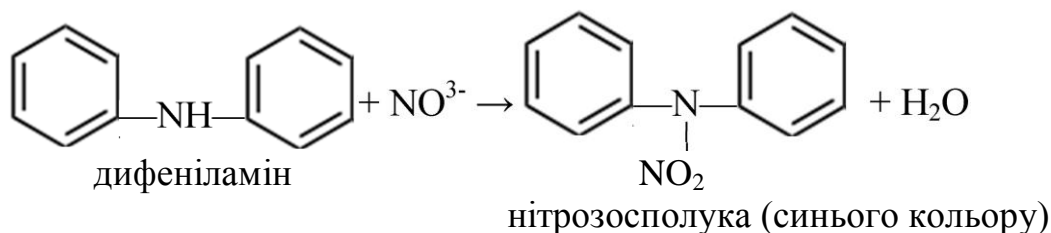


Рис. 7. Індикаторна реакція на нітрат-іони з дифеніламіном

Цей метод дозволяє достатньо об'єктивно встановити ефективність азотних добрив на певній ділянці поля і визначити норму та послідовність внесення цих добрив для максимального приросту врожаю на одиницю витраченого нітрогену.

Завдання

1. Зробити скальпелем зріз елементів рослини (листя, черешків, стеблин), перенести його пінцетом на предметне скельце. Додати до аналізованої проби краплю індикаторного реактиву – розчину дифеніламіну в концентрованій сульфатній кислоті. При цьому спостерігається на зразку зміна кольору розчину на синій. Провести оцінку в балах за шкалою швидкості та інтенсивності забарвлення рослинного матеріалу відповідно до вмісту нітратного нітрогену (табл. 11).

2. Зробити скальпелем зрізи з різних овочей (кабачка, огірка, редису, капусти, томатів, картоплі, гарбуза та ін.) в різних зонах: біля плодоніжки, шкірки, периферійної частини, середньої частини, качана або листя. Додати до аналізованої проби краплю індикаторного реактиву, далі спостерігати зміни кольору розчину й провести аналіз за оцінною шкалою (табл. 12).

3. Результати спостережень оформити в робочому зошиті у вигляді табл. 13 й табл. 14, здати викладачеві.

Таблиця 11

Шкала визначення ступеня накопичення нітратного нітрогену і потреби рослини в нітрогені

Бал	Особливості забарвлення зрізу рослинного матеріалу	Умовна потреба рослини в нітрогені
6	Зріз і розчин швидко й інтенсивно забарвлюються у стійкий синій колір	вносити азотне добриво не потрібно
5	Зріз і розчин відразу набувають темно-синього кольору, що зберігається деякий час	немає потреби
4	Зріз і розчин набувають синього кольору, але не відразу	має слабку потребу
3	Зріз і розчин відразу набувають світло-синього кольору, який зникає через 2–3 хвилини	має середню потребу
2	Забарвлюються головним чином провідні пучки, і колір швидко зникає	потрібно вносити азотне добриво
1	Сліди голубого кольору швидко зникають	має сильну потребу
0	Не має синього кольору і виникає порожевіння або побуріння, або почорніння тканин унаслідок дії сульфатної кислоти (обвуглення)	має дуже сильну потребу

Таблиця 12

Шкала визначення залежності інтенсивності забарвлення овочевих зрізів від вмісту нітратів

Бали	Характер забарвлення	Вміст нітратів, мг/кг
6	Сік або зріз забарвлюються швидко й інтенсивно в синювато-чорний колір. Забарвлення стійке і не пропадає	> 3000
5	Сік або зріз забарвлюються в темно-синій колір. Забарвлення зберігається певний час	3000
4	Сік або зріз забарвлюються в синій колір. Забарвлення настає не одразу	1000
3	Забарвлення світло-синє, зникає через 2–3 хвилини	500
2	Забарвлення швидко зникає, забарвлюються головним чином провідні пучки	250
1	Сліди блакитного забарвлення швидко зникають	100
0	Немає ні блакитного, ні синього забарвлення. На цілих рослинах можливе порожевіння	0

Результати дослідження умовної потреби рослини в нітрогені

Зразок рослинного матеріалу	Особливості забарвлення зрізу	Умовна потреба рослини в нітрогені	Бал
Лист			
Черешок			
Стеблина			

Результати дослідження вмісту нітратів в овочевих культурах

Овочева культура	Дослідні зони	Бали
Картопля свіжа	а) під шкіркою	
	б) середня частина	
Капуста	а) жилки	
	б) качан	
	в) лист	
Кабачок	а) під шкіркою	
	б) середня частина	
	в) біля плодоніжки	

Контрольні питання

1. Що таке біоіндикація та яка її роль в екологічному моніторингу навколишнього середовища?
2. Чому виникає явище біогеохімічних аномалій?
3. У чому виявляється негативний вплив на організм людини надлишкових кількостей нітратів у плодоовочевій продукції?
4. Які існують способи отримання екологічно безпечної якісної продукції рослинництва?
5. Які методи біоіндикації використовуються для визначення вмісту нітрат-іонів у різних видах рослин?
6. Що означає поняття гранично допустимої концентрації нітратів?
7. Який біохімічний механізм взаємодії нітрат-іонів з дифеніламіном?
8. Для яких частин рослинних організмів характерне найбільше накопичення нітратів?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7

Тема: Застосування біогеохімічного методу індикації хімічних елементів на основі дослідження золи рослин.

Мета роботи: Ознайомитися з методами біогеохімічного аналізу хімічних елементів; вивчити принципи біогеохімічного розподілу елементів за якісним складом золи вищих рослин.

Матеріали, реактиви та обладнання: мікроскоп МІКМЕД-1, пробірки; маленькі воронки, піпетки на 1–2 мл, пінцет, скляні палички; фільтрувальний папір; предметні й покривні скельця; фарфорові чашки; розчин золи вищих рослин (деревини фруктових або декоративних дерев) у 10 %-ному розчині соляної кислоти; дистильована вода; розчин аміаку; набір стандартних реактивів: а) 1%-ний розчин сульфатної кислоти; б) 1%-ний розчин сульфатнокислого талію; в) 1%-ний розчин хлористої платини; г) 1%-ний розчин фосфорнокислого натрію; д) 1%-ний розчин молібденово-кислого амонію в нітратній кислоті; е) 1%-ний розчин азотнокислого стронцію; ж) 1%-ний розчин жовтої кров'яної солі $K_4[Fe(CN)_6]$.

У процесі життєдіяльності рослини здатні піднімати з ґрунту знизу вгору в коріння, стеблини та листя значну масу води, в якій розчинено різні поживні речовини. Таким чином, в їх тканинах вибірково накопичуються певні кількості хімічних елементів.

Встановлено, що до складу клітин рослинних організмів входять практично всі хімічні елементи, які існують у природі. Останнім часом в рослинах виявлено понад 76 елементів таблиці Д.І. Менделєєва, 11 з яких класифіковано як *макроелементи* (99,5 % від рослинної маси): вуглець, кисень, водень, нітроген, сірка, фосфор, калій, кальцій, натрій, магній, силіцій. Решта 0,05 % відомі як *мікро- й ультрамікроелементи*.

Мінеральні елементи входять до складу різних органічних сполук і беруть участь у процесах метаболізму. Зола, яку отримують після спалювання рослин, містить певні кількості перелічених елементів.

Дослідження хімічного складу рослин за зольними компонентами – це один з основних прийомів біогеохімічного методу пошуку корисних копалин.

Присутність хімічних елементів можна визначати у водній або солянокислій витяжці золи рослин за допомогою якісних індикаторних реакцій, унаслідок яких утворюються характерні для певних сполук кристали або спостерігається забарвлення розчинів отриманих сполук.

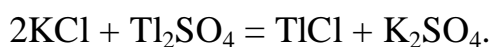
Завдання

У пробірках приготувати два розчини витяжки золи із деревини вищих рослин, зокрема, 2 мл водного розчину золи й 2 мл розчину золи в 10%-ній соляній кислоті (у співвідношенні 1:8). Отримані розчини профільтрувати через маленькі фільтри.

Усі реакції проводити на предметному скельці або у фарфоровій чашці. Тонкими скляними паличками наносять на скло маленькі крапельки дослідного розчину й реактиву на відстані 2 – 3 мм одна від одної. Потім чистою скляною паличкою з'єднують ці крапельки тонким дугоподібним канальцем. У місці з'єднання спостерігається реакція, а по краях канальця – швидка кристалізація продуктів реакції.

Кристалічний осад на предметному скельці розглядають під мікроскопом МІКМЕД-1 з підвищенням 400×; 600×.

У водній витяжці золи містяться розчинні у воді *хлориди* лужних або лужноземельних металів. Індикаторним реактивом на хлориди цих металів (наприклад, калію) є сульфатнокислий талій (Tl_2SO_4). Реакція буде проходити таким чином:



Хлорид талію випадає у вигляді хрестоподібних або мечоподібних чорних кристалів (цей колір виникає внаслідок сильного променезаломлення), (рис. 8).

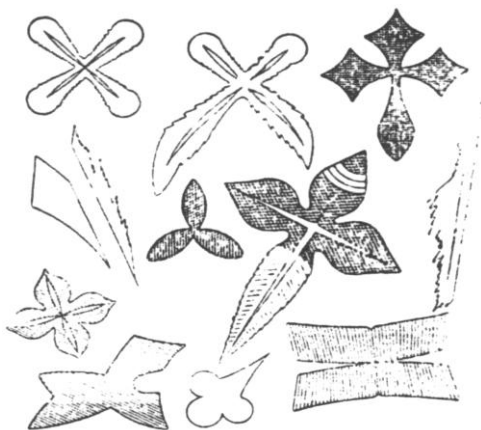


Рис. 8. Типи кристалів хлористого талію під мікроскопом

У солянокислій витяжці золи можна встановити наявність елементів: калію, кальцію, магнію, фосфору, сірки й заліза.

1. Для виявлення **калію** використовується 1%-ний розчин хлористої платини. Унаслідок цієї індикаторної реакції утворюється хлороплатинат калію, тобто



Ця сіль викристалізовується у вигляді жовто-зелених октаєдрів та інших комбінацій правильної форми (рис. 9).

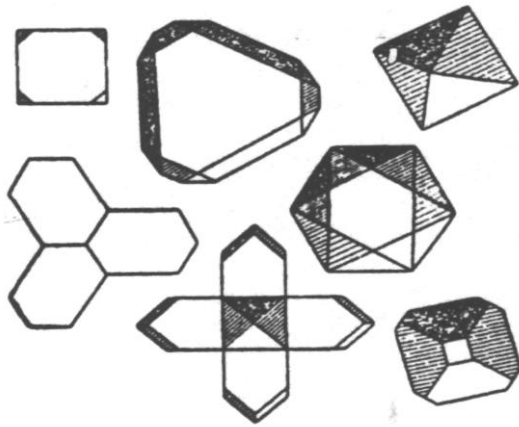


Рис. 9. Типи кристалів хлористого калію під мікроскопом

2. Для виявлення присутності **кальцію** використовується 1%-ний розчин сульфатної кислоти. У результаті реакції утворюється гіпс у вигляді пучків голчастих кристалів (рис. 10):

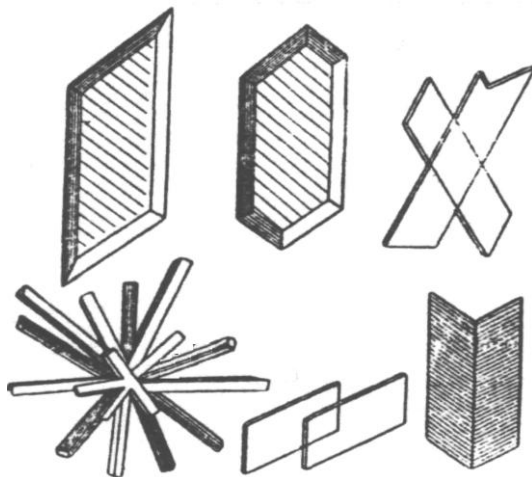
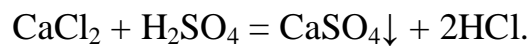
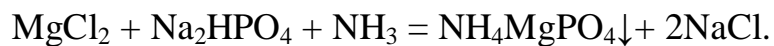


Рис. 10. Типи кристалів сірчаноокислого кальцію під мікроскопом

3. Щоб виявити в золі **магній**, крапельку дослідного розчину спочатку нейтралізують аміаком, а потім вже з'єднують із крапелькою реактиву – 1%-ним розчином фосфорнокислого натрію, що викликає таку реакцію:



Кристали фосфорно-амонійно-магнезійної солі мають вигляд коробочок, кришечок, зірок або крилець (рис. 11).

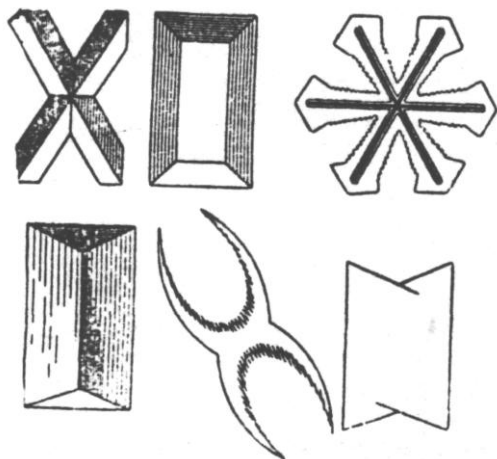


Рис. 11. Типи кристалів фосфорно-амонійно-магензiальної солi під мiкроскопом

4. Для встановлення в золі **фосфору** крапельку розчину з'єднують з 1%-ним розчином молібденово-кислого амонію в нітратній кислоті. Унаслідок реакції утворюється зеленувато-жовтий прихованокристалічний осад фосфорно-молібденового амонію (або амонійно-фосфорного молібдату), який з часом набуває все більш інтенсивного зеленого кольору (рис. 12). Реакція відбувається за таким складним рівнянням:

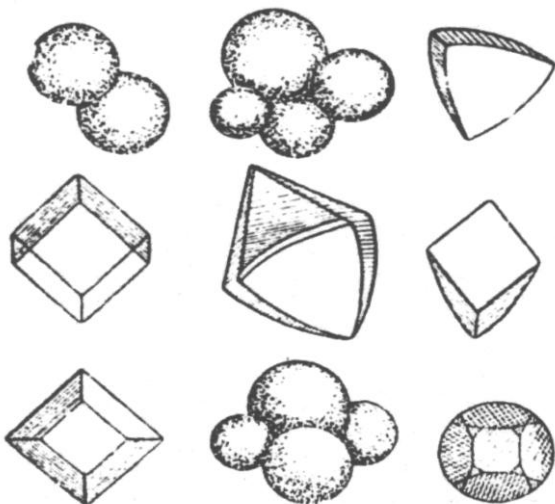
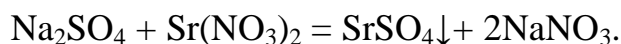


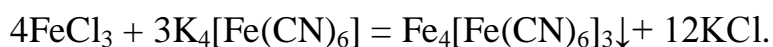
Рис. 12. Типи кристалів фосфорно-молібденового амонію під мiкроскопом

5. Присутність **сірки** виявляють шляхом індикаторної реакції з 1%-ним розчином азотнокислого стронцію. Унаслідок реакції утворюється сульфатнокислий стронцій, а саме:



Він має вигляд дрібних кристалів округлої форми.

б. Щоб встановити в золі наявність **заліза**, використовують чутливу кольорову реакцію з залізисто-синьородистим калієм (1%-ний розчин жовтої кров'яної солі), внаслідок якої відбувається утворення фероціаніду заліза (берлінської лазури яскраво-синього кольору) за таким рівнянням:



Реакцію на виявлення заліза слід проводити у фарфоровій чашці, не виконуючи мікроскопічного дослідження.

Контрольні питання

1. У чому полягає принцип біогеохімічного методу виявлення хімічних елементів у золі рослин?
2. У якій гірничій галузі використовують метод виявлення хімічних елементів у золі рослин?
3. З якою метою в біогеохімічному методі використовують мікроскопічне дослідження?
4. Які типи кристалів характерні для солей лужних і лужноземельних металів?
5. Які складові компоненти входять у золу рослин?
6. Які хімічні елементи відносяться до макроелементів?

Рекомендована література

1. Горова А.І., Клімкіна І.І., Лисицька С.М. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт з дисципліни «Хімія з основами біогеохімія» студентами напряму підготовки 6.040106 Екологія та охорона навколишнього середовища. – Д.: Національний гірничий університет, 2011. – 31 с.
2. Маницька, О.В. Хімія з основами біогеохімії. Частина 1 [Текст]: навч. посібник для студ. вищ. навч. закладів / О.В. Маницька, О.В. Новохатько, В.І. Орел, А.В. Пасенко, О.М. Рєпіна. – Кривий Ріг: Мінерал, 2007. – 554 с.
3. Гуцуляк, В.М. Геохімія ландшафту [Текст]: навч. посібник / В.М. Гуцуляк. – Чернівці: Рута, 2004. – 84 с.
4. Гуцуляк, В.М. Ландшафтна екологія: Геохімічний аспект [Текст]: навч. посібник / В.М. Гуцуляк. – Чернівці: Рута, 2002. – 272 с.
5. Єгорова, Т.М. Ландшафтна екологія (географічні та геохімічні аспекти) [Текст]: конспект лекцій / Т.М. Єгорова. – К.: НАУ, 2002. – 76 с.
6. Добровольский, В.В. Основы биогеохимии [Текст]: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.В. Добровольский – М: Издат. центр «Академия», 2003. – 400 с.
7. Алексеенко, В.А. Экологическая геохимия [Текст] / В.А. Алексеенко – М.: Изд-во «Логос», 2000. – 628 с.

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	4
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1. Тема: Хімічні елементи в компонентах біосфери: хімічний склад літосфери і живої речовини.....	5
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2. Тема: Визначення внутрішніх факторів фізико-хімічної міграції хімічних елементів.....	9
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3. Тема: Визначення міграційної активності антропогенного забруднювача орних ґрунтів – діоксину.....	14
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4. Тема: Визначення міграційної активності хімічних речовин в навколишньому середовищі при забрудненні його мобільним автотранспортом.....	16
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5. Тема: Визначення міграційної активності хімічних речовин викидів стаціонарного джерела ТЕС в навколишнє середовище.....	18
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6. Тема: Вивчення біогеохімічних аномалій, пов'язаних з надлишковим накопиченням нітрогену в рослинах.....	20
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7. Тема: Біогеохімічний метод індикації хімічних елементів на основі дослідження золи рослин.....	27
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	31

КЛІМКІНА Ірина Іванівна
ЛИСИЦЬКА Світлана Майорівна

БІОГЕОХІМІЯ.
МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ
СТУДЕНТАМИ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ 101 «ЕКОЛОГІЯ» ТА
183 «ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»

Друкується в редакційній обробці автора.

Підписано до друку 27.03.2017. Формат 30 x 42/4.
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 1,8.
Обл.-вид. арк. 1,8. Тираж 50 прим. Зам. № 228

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»
49005, м. Дніпро, проспект Дмитра Яворницького, 19.