



# Агроекологія, радіологія, меліорація

УДК 631.95:550.424  
© 2014

*Т.М. Єгорова,*  
кандидат геолого-  
мінералогічних наук  
Інститут агроекології  
і природокористування  
НААН

## **ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ МІГРАЦІЇ КОБАЛЬТУ В АГРОЛАНДШАФТАХ УКРАЇНИ**

*На основі ландшафтно-геохімічного аналізу та районування означено території еколого-геохімічних провінцій України, на яких виявлено нестачу вмісту кобальту в ґрунтах для нормального розвитку рослин. Отримано статистичні оцінки розподілу кобальту в агроландшафтах різного функціонального використання. Визначено особливості процесів фізико-хімічної і біогенної міграції кобальту у ґрунтоутворювальних породах, ґрунтах, поверхневих водах, різнотрав'ї та сільгоспкультурах для агроландшафтів природного, техногенно-природного і техногенного рядів.*

**Ключові слова:** кобальт, міграція фізико-хімічна, міграція біогенна, агроландшафт, ґрунти, геохімічне розсіювання, біогенне поглинання.

Значення кобальту в екологічних, геохімічних, а також агрохімічних процесах визначається поєднанням його есенційності й токсичності.

Фізіологічне значення кобальту для рослин зумовлене його необхідністю за зв'язування азоту бульбашковими бактеріями та біосинтезу білкового азоту, що сприяє утворенню хлорофілу й аскорбінової кислоти. Завдяки цьому він сприяє процесам росту і метилування рослин, впливає на інтенсивність дихання і фотосинтез, регулює загальний вміст води у рослинах, забезпечує розмноження бульбашкових бактерій та фіксацію ними азоту [11]. Виявом дефіциту кобальту для цукрових буряків та інших культур є різні форми хлорозу [5, 11]. Доведено позитивний вплив мікродобрив кобальту на врожайність цукрових буряків, томатів, гороху, гречки, зернових, льону, винограду, прискорення стиглості ячменю та ін.

Кобальт належить до особливо важливих зооелементів, що зумовлено процесами синтезу мікрофлорою шлунково-кишкового тракту вітаміну В<sub>12</sub> (ціанокобаламіну), який містить 4,5% кобальту і є необхідним для утворення

тіміну (основи ДНК). Дефіцит В<sub>12</sub> найбільше виявляється у процесах кровотворення за синтезу гемоглобіну. Саме В<sub>12</sub> здатен підвищувати загальний опір людського і тваринного організму онкологічним захворюванням і є засобом боротьби організму з лейкемією. Нестача кобальту негативно впливає на білковий, жировий і водний обмін, розмноження та ріст організму. Це зумовлює підвищення ендемічної захворюваності тварин і населення на анемії, акобальтоз, авітамінози В<sub>12</sub>. Зростає імовірність нервових і м'язових розладів, депресій, уповільненого розвитку дітей [5, 6]. За результатами медико-екологічних досліджень автора, на території Полісся України у 2001–2003 рр. було виділено й описано прогностичний кобальтовий субрегіон з нестачею кобальту у ґрунтах ландшафтів (на рівні 2,1–4,2 мг/кг) та підвищеною до 2,4 раза захворюваністю дитячого населення на анемію імовірної ендемічної природи [3].

На території України значущість кобальту для врожайності і нормального розвитку агрокультур, а також стану свійських тварин є відносно малодослідженою [11]. Проте важливим

фактором збалансованого розвитку сільгосп-угідь є вивчення й кількісна оцінка процесів перерозподілу есенційних мікроелементів на засадах когерентності й диференціації агроландшафтів. Саме еколого-геохімічні процеси передбачають перерозподіл у біосфері хімічних елементів завдяки механічній, фізико-хімічній та біогенній міграції, що зумовлює особливості функціонування біоценозів усіх рівнів організації [4, 10].

**Мета досліджень** — оцінка складових еколого-геохімічних процесів міграції кобальту в агроландшафтах України за його нестачі у ґрунтовому покриві.

**Матеріали та методи досліджень.** Сучасне екологічне нормування вмісту кобальту у компонентах агроландшафтів обмежене — *по-перше*, пороговими біогеохімічними концентраціями як індикаторами процесів нормального гомеостазу рослин: для ґрунту (від 2,0–7,0 мг/кг до 30 мг/кг для валової форми і 1,5–4,0 мг/кг для рухомої форми); кормових рослин (0,3–1,0 мг/кг сухої речовини) [5, 11], оптимальний вміст для плодкових кісточкових і зерняткових культур (0,01–0,18 мг/кг сухої речовини) [8]; *по-друге*, гранично допустимими концентраціями, що запобігають імовірності техногенного забруднення: для ґрунтів (20 мг/кг для валової форми і 5,0 мг/кг за рухомою ацетат-амонійно-розчинною формою) і вод (0,1 мг/л для питного і побічного призначення) [5, 9]. Такий підхід має статичний і просторово недиференційований характер, що не дає можливості виявити причинно-наслідкові зв'язки розподілу хімічних елементів у ґрунтах, агроценозах, гірських породах. Такі зв'язки та їхні екологічні наслідки дають змогу оцінити еколого-геохімічний аналіз територій, що базується на принципах геохімії ландшафтів і враховує когерентність усіх компонентів агроландшафтів та диференціацію забруднювальних речовин відповідно до умов міграції.

Кількісними показниками складових еколого-геохімічних процесів перерозподілу кобальту є розраховані нами для компонентів агроландшафтів фізико-хімічні та біогенні коефіцієнти: екологічні ( $K_e$  — коефіцієнти концентрації відносно ГДК); ґрунтової міграції ( $KK_g$  — кларки концентрації відносно глобального кларка за Н. Bowen,  $K_{kg}$  — коефіцієнти концентрації відносно регіонального вмісту для Полісся і Лісостепу); літогенної міграції ( $KK_a$  — кларки концентрації для алювіальних відкладів і головних ґрунтоутворювальних порід Полісся і Лісо-

степу,  $KK_{ve}$  — відносно кларка осадових порід за О.П. Виноградовим); водної міграції ( $KK_v$  — кларки концентрації відносно кларка континентальних вод за О.Є. Беляковою,  $K_{vm}$  — коефіцієнти водної міграції за співвідношенням вмісту в системі води — гірські породи); біогенної міграції ( $KK_b$  — кларки концентрації відносно середнього вмісту для золи і сухої речовини континентальних рослин за Д.П. Малюгою та В.В. Івановим,  $A$  — коефіцієнти біологічного поглинання за співвідношенням вмісту в системі ґрунт — рослина).

Застосована нами методологія поетапного еколого-геохімічного аналізу території передбачає розрахунки моноелементних коефіцієнтів що дають змогу кількісно ідентифікувати для кожного компонента агроландшафту певні процеси: за кларками концентрації — фізико-хімічної концентрації ( $KK > 1,5$ ) і розсіювання ( $KK < 1,5$ ); за коефіцієнтом водної міграції — інтенсивність водної рухомості (для окиснювальних умов  $K_{vmCo} = 0, n - n$ ); за коефіцієнтом біологічного поглинання — інтенсивність біогенної акумуляції ( $A_{Co} = 0,8 - 1,4$ ); за екологічними коефіцієнтами концентрації — рівень техногенного забруднення ( $Ke > 1,0$ ) та ін. [1, 12].

Для системного аналізу та екологічного районування якості харчових ланцюгів за вмістом есенційних мікроелементів автором було введено поняття «еколого-геохімічна провінція» — територія, ландшафтно-геохімічні особливості якої зумовлюють можливість стійкого характеру ендемічних реакцій живих організмів на склад ґрунтів [4]. За результатами регіонального ландшафтно-геохімічного аналізу та особливостями поширення в ґрунтах ландшафтів України Co, Mo, Cu, Mn, Sr було виділено 3 еколого-геохімічні провінції з нестачею кобальту на рівні менше 7,0 мг/кг (для валової форми перебування), що супроводжується нестачею молібдену і марганцю або надлишком цинку [4].

Дослідження екологічних, геохімічних і біогеохімічних процесів міграції молібдену проведено на основі авторських матеріалів еколого-геохімічного районування території України, зокрема узагальнення щодо поширення кобальту в ґрунтах, донних відкладах, поверхневих водах і золі різнотрав'я на землях сільськогосподарського призначення (Т.М. Єгорова, 1990–2005 рр.) [3, 4, 7], а також літературних даних щодо просторового поширення в ґрунтах рухомих (ацетат-амонійно-розчинних, pH=4,8) форм кобальту [11] та вмісту кобальту в сухій речовині сільськогосподарських культур [10].

1. Статистичні параметри компонентів ландшафтів еколого-геохімічних провінцій України з нестачею кобальту

| Статистичні параметри | Розподіл кобальту в компонентах ландшафтів |                    |                    |                            |                                    |                    |                    |                    |                    |        |         |      |         |      |         |        |         |
|-----------------------|--|--------------------|--------------------|----------------------------|------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|---------|------|---------|------|---------|--------|---------|
|                       | ґрунти, мг/кг                              |                    |                    | Алювіальні відклади, мг/кг | Поверхневі води (малі річки), мг/л | різнотрав'я        |                    | бурак              | пшениця            | вика   |         |      |         |      |         |        |         |
|                       | валова форма                               | рухома форма       | зола*              |                            |                                    | суха речовина [10] |                    |                    |                    |        |         |      |         |      |         |        |         |
|                       | суха речовина [10]                         | суха речовина [10] | суха речовина [10] | суха речовина [10]         | суха речовина [10]                 | суха речовина [10] | суха речовина [10] | суха речовина [10] | суха речовина [10] |        |         |      |         |      |         |        |         |
| X                     | 3,7  | 5,2                | н.д.               | 3,6                        | 5,1                                | 0,0007             | 0,001              | 10                 | 46                 | 0,15** | 0,17*** | 0,06 | 0,22*** | 0,08 | 0,26*** | 0,13** | 0,18*** |
| t                     | 0,4  | 1,9                | н.д.               | 0,1                        | 0,7                                | 0,0001             | 0,0003             | н.д.               | н.д.               | н.д.   | н.д.    | н.д. | н.д.    | н.д. | н.д.    | н.д.   | н.д.    |
| Med                   | 2,0  | 4,0                | н.д.               | 2,3                        | 4,0                                | 0,0004             | 0,001              | н.д.               | н.д.               | н.д.   | н.д.    | н.д. | н.д.    | н.д. | н.д.    | н.д.   | н.д.    |
| Mod                   | 1,0  | 4,0                | н.д.               | 1,5                        | 5,0                                | 0,0002             | 0,0004             | н.д.               | н.д.               | н.д.   | н.д.    | н.д. | н.д.    | н.д. | н.д.    | н.д.   | н.д.    |
| min                   | 0,7  |                    | <1,0               | 0,8                        |                                    | 0,0001             |                    | н.д.               | н.д.               | н.д.   | н.д.    | н.д. | н.д.    | н.д. | н.д.    | н.д.   | н.д.    |
| max                   | 15,0                                       | 25,0               | 4,0                | 15,0                       | 40,0                               | 0,002              | 0,053              | н.д.               | н.д.               | н.д.   | н.д.    | н.д. | н.д.    | н.д. | н.д.    | н.д.   | н.д.    |
| S                     | 3,2  | 4,3                | н.д.               | 3,0                        | 4,6                                | 0,0008             | 0,0023             | н.д.               | н.д.               | н.д.   | н.д.    | н.д. | н.д.    | н.д. | н.д.    | н.д.   | н.д.    |
| V, %                  | 83   | 108                | н.д.               | 84                         | 90                                 | 120                | 266                | н.д.               | н.д.               | н.д.   | н.д.    | н.д. | н.д.    | н.д. | н.д.    | н.д.   | н.д.    |
| A                     | 1  | 2                  | н.д.               | 2                          | 4                                  | 3                  | 17                 | н.д.               | н.д.               | н.д.   | н.д.    | н.д. | н.д.    | н.д. | н.д.    | н.д.   | н.д.    |
| n, проб               |  | 351                | н.д.               |                            | 928                                |                    | 949                | 97                 |                    |        |         |      |         |      |         |        |         |

Примітки. \* піньські та коростенські ландшафти; \*\* Полісся; \*\*\* Лісостеп; н.д. — немає даних.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Територія еколого-геохімічних провінцій України з нестачею кобальту займає агроґрунтову зону Полісся (поліські, пінські, коростенські, моршанські та чернігівські ландшафти), частину Лісостепу Західного і Правобережного високого (стародубські, кодри, трубізькі ландшафти) та Степу Північного Донецького (донецькі ландшафти). Дефіцит кобальту в ґрунтах на рівні менше 7,0 мг/кг для валової форми становить від 73% на території цинк-молібден-кобальтової провінції (Zn–Mo, Co) до 89% на території молібден-кобальтової провінції (Mo, Co), які поширені в агроґрунтовій зоні Полісся. Вміст рухомих форм кобальту становить менше 1,5 мг/кг (для ацетат-амонійної витяжки, рН=4,8) [11] на більшій частині провінцій (за винятком донецьких ландшафтів), що також відповідає його нестачі для сільськогосподарських культур.

Статистичні параметри вмісту кобальту в ґрунтах, алювіальних відкладах і поверхневих водах розглянутих еколого-геохімічних провінцій характеризують високі коефіцієнти варіації та асиметричність розподілу його значень, що свідчить про комплексну взаємодію природних і техногенних процесів у межах цієї території (табл. 1).

Загальна площа агроландшафтів на території провінцій становить від 36 до 98%. Розподіл кобальту в ґрунтах, алювіальних відкладах і поверхневих водах досліджених агроландшафтів різного функціонального використання відповідає загальним коливанням для території провінцій у цілому.

Для аналізу співвідношень природно-техногенних процесів на підставі функціонального використання земель сільськогосподарського призначення досліджені агроландшафти угруповано за трьома рядами міграції: природним (сіножаті й пасовища), техногенно-природним (орні землі) і техногенним (автомагістралі, сади й виноградники). Коефіцієнти фізико-хімічної та біогенної міграції кобальту в компонентах агроландшафтів трьох рядів міграції узагальнено в таблицях (табл. 2, 3).

Оцінювання літогенної міграції кобальту у ґрунтоутворювальних породах України свідчить, що процеси інтенсивного розсіювання превалюють у всіх аквальних ландшафтах (ККа=0,1–0,3) та автономних ландшафтах Полісся і Північного степу (ККве=0,1–0,5). Незначне розсіювання на межі з рівноважною міграцією характеризує автономні ландшафти Лісо-

2. Коефіцієнти фізико-хімічної міграції кобальту в агроландшафтах еколого-геохімічних провінцій України з нестачею кобальту

| Агрогрунтова зона  | Ряд геохімічної міграції | Екологічні коефіцієнти   |                    | Коефіцієнти ґрунтової міграції |       | Коефіцієнти літогенної міграції**** |       |          | Коефіцієнти водної міграції |        |       |                |
|--|--------------------------|--|--------------------|--------------------------------|-------|-------------------------------------|-------|----------|-----------------------------|--------|-------|----------------|
|  |                          | Ке ґрунту (для валу в чисельнику і рухомої форми у знаменнику) | Ке поверхневих вод | ККг                            | ККг   | ККка                                | ККве  | ККв      | КВМ [2]                     |        |       |                |
| Полісся  | природний                | 0,3/н.д.   | 0,006              | 0,008                          | 0,8   | 0,2                                 | 0,2   | 0,7      | 0,4                         | 0,6    | 0,4   |                |
|  | техногенно-природний     | 0,2  | 0,3/0,1            | 0,3                            | 0,003 | 0,005                               | 0,5   | 0,7      | 0,2                         | 0,7    | 0,2   | 0,4            |
| Лісостеп   | техногенний              | 0,1  | 0,2/н.д.           | 0,001                          | 0,006 | 0,3                                 | 0,5   | 0,1      | 0,2                         | 0,7    | 0,1   | 0,4            |
|  | природний                | н.д./н.д.  | 0,013              | н.д.                           | н.д.  | н.д.                                | н.д.  | 0,6      | 0,9                         | 0,9    | 0,2   |                |
| Північний степ   | техногенно-природний     | 0,3/0,1  | 0,4                | 0,006                          | 0,7   | 0,3                                 | 0,4   | 0,2      | 0,3                         | 0,4    | 0,2   |                |
|  | техногенно-природний     | 0,3/0,5  | 0,8                | н.д.                           | 0,8   | 0,4                                 | 0,2   | 0,3      | 0,1                         | 0,2    | н.д.  |                |
| Граничні значення норми у ґрунті; ** середній уміст по супіщаних відкладах Полісся і лесоподібні суглинки Лісостепу України. | природний                | н.д./н.д.  | н.д.               | н.д.                           | н.д.  | 0,3                                 | 0,1   | 0,2      | н.д.                        | н.д.   | 0,1   |                |
|  | техногенний              | 1,0/20; 5 мг/кг**  | 1,0/0,1            | мг/л                           | 0,5   | 1,5/8,0                             | мг/кг | 1,0/8,8; | 0,5                         | 1,5/20 | мг/кг | 0,5            |
|  |                          |  |                    |                                |       |                                     |       |          |                             |        |       | 15,5 мг/кг**** |

Примітки: \* значення коефіцієнтів (у чисельнику) і рівні норми при розрахунках (у знаменнику); \*\* ГДК валової і рухомої форм знаходження кобальту у ґрунті; \*\*\*\* середній уміст по супіщаних відкладах Полісся і лесоподібні суглинки Лісостепу України.

3. Коефіцієнти біогенної міграції кобальту в агроландшафтах еколого-геохімічних провінцій України з нестачею кобальту

| Агро-грунтова зона                                     | Ряд геохімічної міграції | Кларки концентрації (ККБ) |        |                 |     |               |                      | Коефіцієнти біологічного поглинання (А) |  |
|--|--------------------------|---------------------------|--------|-----------------|-----|---------------|----------------------|---|--|
|  |                          | різнотрав'я               |        | буряк           |     | пшениця       |                      | різнотрав'я                             |  |
|  |                          | зола                      |        | суха речовина   |     | суха речовина |                      | зола                                    |  |
| Полісся  | природний                | 0,7                       | 3,1    | Не визначається |     |               |                      | 1,2                                     |  |
|  | природний                | н.д.                      | 0,8    | »               |     |               |                      | 5,5                                     |  |
| Лісостеп   | техногенно-природний     | н.д.                      | н.д.   | 0,3-1,1         | 0,4 | 1,3           | 0,3-0,9              | н.д.                                    |  |
|  | техногенний              | 0,5                       | 1,5/15 | мг/кг золи      | 0,5 | 1,5/0,2       | мг/кг сухої речовини | 0,8                                     |  |
| Граничні значення норми і рівноважної міграції* [1, 5] |                          | 0,5                       |        | 1,5/15          |     | 0,5           |                      | 1,4/-                                   |  |

Примітка. \* значення коефіцієнтів (у чисельнику) і рівня норми при розрахунках (у знаменнику).

ступу і виявляється на Поліссі ( $KK_{вe}=0,5-0,9$ ). Визначальним фактором перерозподілу кобальту в осадових відкладах є гранулометричний склад гірських порід: зростання вмісту глинистої фракції ( $< 0,001$  мм) на окремих ділянках лесоподібних суглинків і глин може сприяти його концентрації у формі аутогенних мінералів. Наприклад, за дослідженнями автора, у суглинкових льодовикових відкладах (*gll dn*) вміст кобальту перевищує в 3,5 раза його вміст у піщаних водольодовикових породах (*fill dn*).

Міграцію молібдену в ґрунтовому покриві дослідженої еколого-геохімічної провінції характеризують певні відмінності між ландшафтами природного і техногенних рядів міграції. Ландшафти техногенного ряду успадковують процеси розсіювання кобальту, що властиві ґрунтоутворювальним породам ( $KK_{г}=0,3-0,5$ ), та низьке ґрунтове накопичення ( $KK_{г}=0,2-0,5$ ). Ландшафтам природного і техногенно-природного рядів міграції (у межах орних земель, сіножатей і пасовищ) властива рівноважна міграція кобальту на території всіх агроґрунтових зон ( $KK_{г}=0,5-0,8$ ) за фактично негативного вияву процесів ґрунтового накопичення кобальту ( $KK_{г}=0,4-0,8$ ). Зазначена особливість агроландшафтів може бути пояснена істотною трансформацією біогеохімічних циклів внаслідок відторгнення біомаси з орних земель. Зазначені процеси зумовлюють екологічну безпеку вмісту кобальту в орних ґрунтах провінції за їх оцінки відносно ГДК: оціночні екологічні коефіцієнти для валової і рухомої форм ґрунтів на орних землях нижчі за ГДК до 5–7 разів ( $Ke=0,1-0,8$ ). Особливості ґрунтової міграції кобальту свідчать, що навіть в умовах інтенсивного техногенного надходження кобальту на поверхню агроландшафтів досліджених територій виявлення зон забруднення за наявними санітарними нормами є проблематичним.

Середні оцінки водної міграції кобальту в

системі гірські породи — поверхневі води на території України за КВМ становлять 0,1–0,4, що відповідає нижній межі рухомості цього мікроелемента. Міграція кобальту в природних водах виявлена на території досліджених провінцій регіональним фізико-хімічним розсіюванням. Однак на Поліссі і в Лісостепу інтенсивність процесу розсіювання в агроландшафтах природного ряду порівняно нижча ( $KK_{в}=0,4-0,9$ ), ніж у ландшафтах техногенних рядів, включаючи орні землі ( $KK_{в}=0,1-0,4$ ). Це засвідчує переважання природних джерел надходження кобальту в поверхневі води, якими є гірські породи, та зумовлює його екологічну безпечність в аквальных агроландшафтах ( $Ke=0,001-0,01$ ) під час застосування наявних ГДК. Відносно низька водна рухомість кобальту при інтенсивному фізико-хімічному розсіюванні є негативним фактором переходу цього мікроелемента в біологічні об'єкти, зокрема й сільгоспкультури.

Біогеохімічні дослідження автора та агробіохімічні дані В.В. Ковальського дають можливість для попередньої оцінки біогенної міграції кобальту у різнотрав'ї та сільгоспкультурах досліджених агроландшафтів. Біогенна міграція кобальту в сільгоспкультурах (буряк, пшениця, вика) має характер розсіювання або рівноваги ( $KK_{б}=0,3-1,3$ ). Для різнотрав'я дикорослого і посівного переважає рівноважна міграція кобальту ( $KK_{б}=0,7-0,9$ ). Біогенну концентрацію кобальту зафіксовано у різнотрав'ї Полісся ( $KK_{б} = 3,1$ ), що узгоджується з підвищеним біологічним поглинанням і відповідним зростанням його біофільності ( $A=5,5$ ). Отже, в агроландшафтах дослідженої провінції рослини виявляють стосовно кобальту різну інтенсивність поглинання. Водночас дані про біологічне поглинання кобальту різнотрав'ям свідчать про можливість підвищення його біофільності на території еколого-геохімічної провінції з нестачею в ґрунтах.

## **Висновки**

*За результатами цільового ландшафтно-геохімічного районування території України виділено агроландшафти в межах еколого-геохімічних провінцій з нестачею кобальту в ґрунтах.*

*Дослідження розподілу кобальту в компонентах агроландшафтів різних функціональних підтипів засвідчило, що його техногенна*

*міграція проявляється підвищеним розсіюванням у ґрунтовому покриві та поверхневих водах. У цих фізико-хімічних умовах і техногенні, і природні процеси надходження кобальту з гірських порід у ґрунти та поверхневі води істотно послаблені. Водночас біофільність кобальту може значно зростати, що сприятиме його інтенсивній акумуляції в рослинах.*

Агроекологічне районування територій на засадах аналізу природних і техногенно-антропогенних факторів міграції кобальту в агроландшафтах дає змогу обґрунтовано підходити до довгострокового прогнозу врожай-

ності сільгоспкультур з урахуванням фізіологічної ролі кобальту в синтезі білкового азоту та особливостей розвитку тваринництва, зокрема на територіях радіаційного забруднення.

## Бібліографія

1. Беус А.А. Геохимия окружающей среды/ А.А. Беус, Л.И. Грабовская, Н.В. Тихонова. — М.: Недра, 1976. — 248 с.
2. Єгорова Т.М. Медико-екологічне значення водної міграції есенційних мікроелементів на території України/Т.М. Єгорова//Наукові і методологічні основи медичної геології. Матеріали І Київ. міжнар. наук. конф. — К., 2013. — С. 13–14
3. Єгорова Т.М. Прогнозні Со, Мо, Мп, Zn біогеохімічні субрегіони України/Т.М. Єгорова//Доповіді НАН України. — 2003. — № 11. — С. 201–206.
4. Єгорова Т.М. Еколого-геохімічні провінції України з нестачею вмісту молібдену: умови формування та реакції живих організмів/Т.М. Єгорова//Геохімія та екологія: Зб. наук. праць Держ. наук. центру радіогеохімії навколишнього середовища НАН та МНС України. — 2004. — Вип. 10. — С. 112–117.
5. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: справочник: В 6 кн.; ред. Э.К. Буренков. — М.: Экология, 1996. — Кн. 4: Главные d-элементы. — 416 с.
6. Ковальський В.В. Геохимическая экология — основа системы биогеохимического районирования/ В.В. Ковальський//Тр. биохим. лаб. Ин-та геохим. и анализ хим. им. В.И. Вернадского. — М.: Наука, 1978. — Т. 15. — С. 3–21.
7. Ландшафтно-экогеохимическая карта Украины масштаба 1:500 000/Ольшевская Е.И., Галецкий Л.С., Сонкина Г./Прикладная геохимия. — М.: ИМГРЭ. — Вып. 2. Экологическая геохимия, 2001. — С. 306–316.
8. Методика визначення забезпеченості ґрунтів мікроелементами для потреб плодових насаджень та заходи з усунення їх нестачі в мінеральному живленні; за ред. А.І. Фатеева. — Х.: ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського», 2013. — 61 с.
9. Методика суцільного ґрунтового-агрохімічного моніторингу сільськогосподарських угідь України; за ред. О.О. Созінова, Б.С. Прістера. — К.: КНД, 1994. — 160 с.
10. Микроэлементы в растениях и кормах/В.В. Ковальський, Ю.И. Гчецкая, Т.И. Грачева и др. — М.: Колос, 1971. — 186 с.
11. Микроэлементы в сельском хозяйстве/[С.Ю. Булыгин, Л.Ф. Демишев, В.А. Доронин и др.]; под ред. С.Ю. Булыгина. — Днепропетровск: «Січ», 2007. — 100 с.
12. Перельман А.И. Геохимия ландшафтов/ А.И. Перельман. — М.: Высш. шк., 1975. — 342 с.

Надійшла 28.04.2014.