

Геохімічний огляд розподілу цинку у компонентах техногенних ландшафтів поблизу військових полігонів України

Андрієвська О.А.

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення
ім. М.П. Семененка НАН України, Київ

Викладено особливості розподілу цинку у компонентах ландшафтів поблизу військових полігонів України й заходи щодо контролю та врегулювання його концентрації до встановлених норм.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Як відомо, надлишкові концентрації важких металів у природі, зокрема цинку, негативно впливають на екологічний стан довкілля, що може спричинити порушення фізіологічних та біохімічних процесів, які відбуваються у живих організмах [1, 2]. Цинк міститься у повітрі, воді та ґрунтах, що значною мірою впливає на формування та розвиток рослин, тварин та людей. Під час проведення дослідження було виявлено різницю у значеннях концентрації цинку у межах невеликої території. Результати аналізу проб води та ґрунтів, відібраних у районах військових полігонів України, свідчать про дисбаланс концентрації в них цинку [3]. Це може спричинити негативну зміну біохімічного складу ґрунтів і водоймищ, захворювання флори і фауни цих територій.

Техногенне забруднення ґрунту цинком на територіях військових полігонів України та виявлений дисбаланс його концентрації за їх межами спонукає до ретельного вивчення біогеохімічної ситуації цих районів та проведення заходів щодо контролю за рухом та концентрацією мікроелементу цинку у системі "вода-ґрунт-рослина" з метою підтримання його вмісту на допустимому рівні.

Формулювання мети дослідження (постановка завдання). На основі дослідницьких даних, одержаних за результатами аналізу проб води та ґрунтів з районів, прилеглих до військових об'єктів України, у цій статті викладено особливості концентрації мікроелементу цинку у зазначеному середовищі залежно від рельєфу місцевості та визначено можливі напрямки недопущення забруднення цих територій або підтримання вмісту цинку у допустимих нормах [3].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Матеріали численних публікацій свідчать, що моніторинг концентрації цинку проводився в основному у районах, які значно віддалені від військових об'єктів України [1, 2, 4].

Результати аналізу проб води та ґрунтів з прилеглих до військових полігонів територій оприлюднені недостатньо та викликають певну цікавість, оскільки значення концентрації цинку в них істотно коливаються.

Тому питання, пов'язані з нестабільністю концентрації цинку та проведенням заходів щодо контролю й підтримання вмісту цинку у водоймищах і ґрунтах на допустимому рівні, набувають більшої актуальності.

Виклад основного матеріалу статті. Відповідно до вимог програми зберігання природного навколишнього середовища України більш інтенсивно проводяться дослідження, пов'язані з виявленням територій, забруднених важкими металами, у тому числі цинком та його сполуками. Такі заходи здійснюються у загальній системі моніторингу і спрямовані на нормалізацію концентрації цинку, зокрема у водоймах та ґрунтах поблизу військових об'єктів України, та підтримання цієї концентрації на допустимому рівні [5].

Неконтрольований рух цинку у системі "вода-ґрунт-рослина" може призвести до безповоротних негативних наслідків.

Під час відбору проб води та ґрунтів з військових полігонів приділяли увагу і навколишньому рельєфу. Відібрано і проаналізовано на вміст цинку проби води та ґрунтів у

Вміст цинку у ґрунтах навколо Яворівського військового полігону, мг/кг

Номер з/п	Місцевість	Особливості рельєфу та наявність рослинності	Цинк (валовий вміст)
1	500 м на схід (с.Млинки, Крехів)	Відсутність будівель, листяні дерева, трав'яниста рослинність, відсутність водоймищ, дощова вода випаровується	25.87
2	1000 м на схід (с.Млинки, Крехів)	Відсутність будівель, листяні дерева, трав'яниста рослинність відсутність водоймищ, дощова вода стікає	20.3
3	500 м на південь (с. Старичі)	Відсутність будівель, пересічена місцевість, листяні дерева, трав'яниста рослинність, відсутність водоймищ, дощова вода випаровується	28.06
4	1000 м на південь (с. Старичі)	Відсутність будівель, пересічена місцевість, листяні дерева, трав'яниста рослинність, відсутність водоймищ, дощова вода стікає	24.25
5	с. Вербляни, територія школи	Наявність будівель, листяні дерева, трав'яниста рослинність, відсутність водоймищ, дощова вода випаровується	49.94
6	с. Вербляни, територія сільської ради	Наявність будівель, листяні дерева, трав'яниста рослинність, наявність каналізації, систематичний полив зелених насаджень	20.56
7	500 м на захід с.Вербляни, територія сільської ради	Наявність будівель, листяні дерева, трав'яниста рослинність, наявність каналізації, систематичний полив зелених насаджень, дощова вода випаровується	22.13
8	1000 м на захід с. Вербляни, територія сільської ради	Наявність будівель, листяні дерева, трав'яниста рослинність, вилив дощової води у каналізацію, систематичний полив зелених насаджень	20.98
9	500 м на північ (с.Середкевичі)	Відсутність будівель, листяні дерева, трав'яниста рослинність, наявність каналізації, систематичний полив зелених насаджень, дощова вода стікає	14.25
10	1000 м на північ (с.Середкевичі)	Відсутність будівель, листяні дерева, трав'яниста рослинність, наявність каналізації, систематичний полив зелених насаджень, дощова вода стікає	14.02
11	р. Моршанка	Стоки дощової воли з полігону	0.051
12	Витік р. Шкло	Дощова вода стікає	Не виявлено
13	КПП військового об'єкту	Наявність будівлі, листяних дерев, трав'янистої рослинності, систематичний полив зелених насаджень, дощова вода випаровується	41.53
14	стрільбище полігону	Відсутність будівель, пересічена місцевість, відсутність рослинності, дощова вода випаровується	253, 50

районах розташування Яворівського військового полігону, військових полігонів "Широкий лан", Рівненського полігону. Результати засвідчили, що залежно від рельєфу, рослинності та відстані від водойм значення концентрації цинку коливається у значному інтервалі. Серед зазначених військових об'єктів найбільший інтерес викликає район Яворівського військового полігону, оскільки особливості вмісту цинку у водах та ґрунтах поблизу нього істотно залежать від характеру місцевості.

Таблиця ілюструє закономірність вмісту цинку у ґрунтах місцевості навколо Яворівського військового полігону. З таблиці видно, що у 500 м на схід від селищ Млинки та Крехів, де будівлі відсутні, ростуть листяні дерева та трав'яниста рослинність, відсутні водойми, а дощова

вода випаровується, вміст цинку у ґрунті складає 25,87 мг/кг. Однак на відстані 1000 м від кожного з цих селищ вміст цинку у ґрунті складає вже 20,30 мг/кг.

Аналогічний вміст цинку, як наведено у табл. 1, мають інші ділянки району розміщення полігону. Аналіз проб ґрунту, відібраних навколо контрольно-перепускного пункту військового об'єкту, показав вміст цинку 41,53 мг/кг. Це місце характеризується наявністю будівлі, листяних дерев, трав'янистої рослинності, систематичним поливанням зелених насаджень, дощова вода випаровується.

Вміст цинку на стрільбищі полігону значно перевищує норму і складає 253,50 мг/кг. Це місце характеризується відсутністю будівель, рослинності, місцевість пересічена, дощова вода випаровується.

Значне забруднення важкими металами, особливо свинцем, цинком і кадмієм виявлено поблизу автострад. Ширина придорожніх аномалій цинку у ґрунті досягає 50–100 м.

Очевидно, що за участю цинку утворилися складні комплексні сполуки з органічними речовинами ґрунту, тому у ґрунті з високим вмістом гумусу вони менш доступні для поглинання. Перевищення норм вологи у ґрунті сприяє переходу цього мікроелементу у низькі ступені окиснення та розчинні форми. Тому дренажні системи, що корегують водний режим, сприяють підвищенню вмісту окиснених форм цинку і тим самим зниженню його міграційних характеристик.

Експериментальні дослідження показують, що цинк достатньо швидко накопичується у ґрунтах і воді та дуже повільно виводиться з них. Аналіз проб ґрунтів, узятих неподалік будівель, з низин та рівнин, де відсутня рослинність, а дощова вода незначно проникає у ґрунт та випаровується, вміст цинку найбільший. При надходженні його на поверхню ґрунту він накопичується у ґрунтовій товщі, особливо у верхніх гумусових горизонтах, і повільно видаляється завдяки ерозії, рослинам та вилуговуванню. Перший період напіввидалення елементів з ґрунтів (тобто видалення половини від початкової концентрації) за природних умов значно варіюється. Наприклад, для цинку – від 70 до 510 років.

Наявність листяних дерев, трав'янистої рослинності, елементів каналізаційних систем, систематичний полив зелених насаджень значно знижує концентрацію цинку у місцях їх розташування. Як видно з таблиці, особливе занепокоєння викликає концентрація цинку на стрільбищі, територія якого характеризується пересіченою місцевістю, наявністю гумусу у ґрунті, відсутністю будівель та рослинності, дощова вода в основному накопичується у калюжах та випаровується. У даному випадку ця територія може розглядатися як техногенно забруднена і підлягає очищенню.

Водоймища постійно підлягають впливу діяльності військових частин і утворюють своєрідну ємкість для накопичення цинку. Дощова вода, що стікає з полігону, вимиває ґрунт та виносить у місцеву річку певну кількість цинку, тому вміст цинку у річці підвищений порівняно з вмістом цинку в інших водоймищах поблизу полігону. Певна частина цинку з гідрохімічним стоком потрапляє у водоймища, де накопичується – осідає у донних відкладах і може стати джерелом вторинного забруднення.

Сполуки важких металів порівняно швидко поширюються у водному середовищі. Частково вони випадають в осад у вигляді карбонатів, сульфатів, частково адсорбуються. У результаті вміст цинку у відкладах постійно зростає, виникає особливо напружена ситуація. Цьому сприяє підвищення кислотності води, сильне заростання водоймищ, інтенсифікація виділення CO₂ внаслідок діяльності мікроорганізмів.

Таким чином, аналіз проб води і ґрунту показав, що забруднення території військових об'єктів негативно впливає на прилеглі райони. Крім того, пересічена місцевість обумовлює певний контраст наявності цинку у ґрунтах та у водному середовищі досліджуваних територій.

Знання особливостей розподілу цинку у компонентах окремих ландшафтів залежно від їх географічного розташування та рельєфу дозволяють своєчасно і ефективно вжити заходів щодо контролю за його концентрацією у системі "вода–ґрунт–рослина" та запобігти подальшому забрудненню води та ґрунтів не тільки Яворівського військового об'єкту, а й інших подібних об'єктів, розробити та здійснити заходи щодо їх очищення.

Організація систематичного геохімічного контролю поверхні території військових об'єктів

та прилеглих територій дозволить визначити динаміку техногенного впливу на ґрунтовий покрив та водне середовище, зміни у напрямках міграції цинку, своєчасно планувати та здійснювати заходи щодо їх очищення від надмірної кількості цинку. Налагоджена система спостереження за природними і антропогенними змінами, які відбуваються у системі "вода–ґрунт–рослина", дозволить оцінити екологічний стан навколишнього середовища, прогнозувати його зміну та попередити можливий негативний вплив дисбалансу цинку на людину.

Дослідження також показують, що у випадку спеціального створення певних умов можна сприяти стабілізації та зменшенню концентрації цинку у ґрунтах. У ході досліджень, які проводилися у численних науково-дослідних установах, встановлено, що рослини можуть поглинати із ґрунту мікроелементи, зокрема важкі метали, за рахунок активного контактного поглинання коріннями, акумулюючи їх у власних тканинах або на поверхні листя [6, 7].

Експериментальні дослідження показали, що якісне очищення ґрунтів від важких металів може бути здійснено з використанням одно-двохрічної рослинності з наступною її утилізацією.

Залежно від складу ґрунтів, характеру кореневої системи, інтенсивність поглинання рослинами іонів металів з твердої фази може змінюватися у сотні і тисячі разів. У ході досліджень встановлено, що вміст хімічних елементів у рослинах не залежить від їх концентрації у живильному середовищі. Особливо це характерно для мікроелементів.

За умови комплексного накопичення висока концентрація токсичних елементів у ряді випадків призводить до зміни морфології рослин, а іноді до їх загибелі.

Рослини поглинають хімічні елементи у більшості випадків вибірково, відповідно до власних біологічних особливостей. Однак безбар'єрна акумуляція характерна для тих рослин, які засвоюють хімічні елементи пропорційно їх концентрації у живильному середовищі. Такими рослинами є невелика кількість груп мохоподібних і лишайників, а також окремі анатомічні частини більшості бар'єрних рослин – корені трав'янистих, кущових і дерев'яних рослин.

Серед трав'янистих рослин для очищення ґрунтів від цинку може бути застосована кульбаба лікарська (*Taraxacum officinale*) [6, 7]. Однак найбільш ефективно поглинає *Arabidopsis thaliana* з сімейства капустяних [8, 9], що під час поглинання не зменшує концентрацію цинку у ґрунті, а зберігає його незмінною, не інактивує важкі метали, а накопичує їх у власних тканинах. Ці рослини можуть зростати на непридатних для більшості рослин ґрунтах і мають здатність асимілювати до складу свого листя до 2,2 % цинку (якщо враховувати суху масу).

Викладені матеріали свідчать про певний контраст концентрації цинку у ґрунтах залежно від рельєфу і флори місцевості та дозволяють комплексно підійти до вирішення проблем, пов'язаних із забрудненням ландшафтів військових об'єктів мікроелементом цинку та його сполуками. Такий підхід сприяє зниженню небезпечної концентрації цинку у водоймах та ґрунтах військових об'єктів України у найкоротші терміни та підтримує наявність цинку у системі "вода–ґрунт–рослина" на допустимому рівні.

Однак невід'ємною частиною заходів з очищення ґрунтів від цинку є утилізація забруднених рослин. Проблемою залишається утилізація металофілів: якщо їх залишити на місці зростання, то концентрація цинку у ґрунті не зміниться. Рослина не інактивує важкі метали, а лише накопичує їх у своїх тканинах, отже може виникнути ситуація критичного накопичення цинку у місці утилізації рослин. Це може бути предметом подальших досліджень та обговорень.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Таким чином, проблеми екологічного характеру, які пов'язані з забрудненням цинком системи "вода–ґрунт–рослина" на військових полігонах Збройних Сил України можуть бути сплановані та поступово системно вирішені за допомогою комплексного підходу.

Тому напрямком подальших досліджень може бути удосконалення системи екологічного моніторингу територій, де розташовуються військові об'єкти, та прилеглих до них районів з метою виявлення закономірностей забруднення їх цинком та удосконаленню способів зниження його концентрації до допустимих норм.

1. Жовинский Э.Я. Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины / Э.Я. Жовинский, И.В. Кураева. – К.: Наук. думка, 2002. – 213 с.
2. Тонха О.Л. Моніторинг важких металів у системі ґрунт-рослина-тварина в залежності від обробітку ґрунту / О.Л. Тонха, В.М. Галімова // Науковий вісник Національного аграрного університету. – 2005. – № 81. – С. 200–206.
3. Акт № 3/12 від 22.10.04. Державне управління екології та природних ресурсів у Львівській області, відділ аналітичного контролю.
4. Жовинський Е.Я. Важкі метали у ґрунтах заповідних зон України / Е.Я. Жовинський, І.В. Кураєва, А.І. Самчук та ін. – К.: Логос, 2005. – 104 с.
5. Андрієвська О.А. Еколого-геохімічні і санітарно-гігієнічні аспекти вивчення геохімії цинку / О.А. Андрієвська // Пошукова та екологічна геохімія. – 2004. – № 4. – С. 54–55.
6. Виноградов А.П. Основные закономерности в распределении микроэлементов между растениями и средой // Микроэлементы в жизни растений и животных. – М.: Наука, 1985. – С. 7–20.
7. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
8. www.agroacadem.ru/news/detail. Растение семейства капустных очищает почву от тяжёлых металлов. Наука и технологии Российской Федерации.
9. www.gazeta.ru/science/2008/04/22. Смирнов П. Капуста высосала тяжелые металлы. Текст / Пётр Смирнов 22.04.08.

Изложены особенности распределения цинка в компонентах ландшафтов вблизи военных полигонов Украины и меры, необходимые для осуществления контроля и урегулирования его концентрации в соответствии с установленными нормами.

The features of distributing of zinc in the components of landscapes near-by the soldiery grounds of Ukraine and measures, necessary for realization of control and settlement of his concentration in accordance with the set norms are expounded.