

УДК 631.445.4:631.15; 504.53.06: 504.054. 272

СПОСІБ РЕМЕДІАЦІЇ ҐРУНТУ, ТЕХНОГЕННО ЗАБРУДНЕНОГО ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ

В.Л. Самохвалова, А.І. Фатєєв, С.Г. Зуза, В.О. Зуза

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»

(v.samokhvalova@mail.ru)

Обґрунтовано спосіб ремедіації ґрунту, техногенно забрудненого важкими металами, в якому за рахунок використання суміші гумату натрію з додатком суперфосфату, вапна або органічної речовини відповідно до характеру та виду забруднення ґрунту, забезпечується ефективна ремедіація техногенно забруднених ґрунтів, підвищується стійкість рослин до забруднення та відновлення їхньої продуктивності. Технічним результатом розробленого способу є прискорення біохімічних та фізико-хімічних процесів хімічно забрудненого ґрунту за одночасного забезпечення процесів відновлення його природних властивостей, поліпшення екологічного стану довкілля за рахунок розширення спектру ґрунтополіпшувачів шляхом введення додаткової суміші детоксикантів органічної та неорганічної природи та їх комбінацій.

Ключові слова: важкі метали, техногенне забруднення ґрунтів, спосіб, ремедіація.

Вступ. Охорона ґрунтів, як базової складової довкілля, та відновлення їхньої родючості за забруднення, є актуальною та однією з найбільш складних наукових проблем сучасності. Внаслідок надмірної концентрації промислового виробництва, високої урбанізації в Україні утворилися зони небезпечного рівня забрудненості довкілля, техногенні геохімічні аномалії.

Техногенне навантаження досягло екстремальних значень, особливо напруженою є екологічна ситуація в Донецько-Придніпровському регіоні та Запорізькій області [1-4]. Через щорічне надходження великої кількості важких металів (ВМ) з газопиловими викидами навколо великих промислових підприємств відбувається значне забруднення ґрунтів, рослин та суміжних середовищ. Єдиним виходом є поліпшення екологічної ситуації на забруднених землях шляхом регламентації землекористування і проведення ефективної меліорації, яка потребує вирішення спектру питань методичного, технологічного і правового характеру. Необхідним є урахування та оцінювання небезпеки впливу забруднювачів неорганічної природи на всі складові агро- та екосистем, обґрунтування екологічної та економічної доцільності проведення заходів ремедіації (детоксикації та деконтамінації), розроблення та проведення комплексу технологічних, фізико-хімічних і біологічних заходів щодо санації (інактивації токсичності) забруднених ґрунтів та земель і, як наслідок, зниження інтенсивності процесів деградації ґрунтів. Тому актуальним та важливим як в теоретичному плані, так і в прикладному аспекті втілення є розроблення нових способів ремедіації техногенно забруднених ґрунтів.

Стан вивченості проблеми. Аналіз та ранжування всіх відомих сучасних способів ремедіації системи ґрунт – рослина, забрудненої ВМ, дозволяє визначити комплекс заходів, який включає різні способи, що направлені як на інактивацію токсичності забруднювачів у ґрунтах та рослинах, так і на відновлення властивостей ґрунту. Серед існуючих способів ремедіації

забруднення ВМ, які запатентовано в Україні останніми роками, заслуговують на увагу *способи детоксикації ВМ у техногенно забрудненому ґрунті* шляхом хімічного зв'язування їх катіонів у нерозчинні сполуки за допомогою сорбент-меліорантів [5-6]; суміші інактиваторів органічної та неорганічної природи за використання явища антагонізму [7], внесення торфу і органічного добрива [8, 9]; обробки ґрунту розчином природного адаптогену гумату натрію [10], що упереджує міграцію іонів ВМ у суміжні з ґрунтом середовища; *способи фіторемедіації техногенно забруднених ґрунтів від ВМ* [11, 12], що включають висів та вирощування рослин (монокультурні насадження) на ґрунтах, забруднених ВМ, скошування фітомаси та її утилізацію за попереднього визначення типу та рівня забруднення ВМ; *спосіб електрокінетичного видалення ВМ із ґрунту* [13].

Аналіз існуючої патентної документації свідчить про те, що близьким за технічною суттю є відомий спосіб ремедіації ґрунту за використання водорозчинних гумінових кислот [14], що базується на їх отриманні за гідратації вихідних гуматів та водонерозчинних гумінових кислот шляхом видалення катіонів та надлишку гідрогену за рН в інтервалі 2-6. Спосіб рекультивації ґрунтів сільгосппризначення, детоксикації земель, полягає у введенні у ґрунти гумінових кислот за урахування вологості ґрунтів та хімічного зв'язування токсикантів, утворення водонерозчинних сполук. Ефективність зниження токсичності забруднених ґрунтів було оцінено шляхом порівняння вмісту ВМ у ґрунтах, оброблених та не оброблених гуміновими кислотами, та у рослинній продукції, вирощеній на цих ґрунтах. Недоліком такого способу є трудомісткість виконання та багатовитратність. Реалізація способу потребує спеціального устаткування, виготовлення ґрунтополіпшувача. Частину процедур неможливо реалізувати у польових умовах, що значно ускладнює виконання завдання відновлення властивостей забрудненого ВМ ґрунту та значно подовжує час виконання.

Найближчим за технічною суттю і результатом, є спосіб, що передбачає одноразове використання 0,01-0,05 % розчину природного адаптогену гумату натрію для обробки ґрунту [10]. Спосіб надає можливість одночасно значно знизити токсичність та мутагенність ґрунту, за рахунок чого досягається прискорення процесів відновлення природних властивостей деградованих ґрунтів, незалежно від їхнього генезису (чорноземні, лучні, підзолисті тощо). Однак використання способу потребує виготовлення серії розчинів і необхідності контролю їхнього рН у діапазоні 7,5-8,0, що доволі складно реалізувати за польових умов; виконання специфічних цитогенетичних досліджень за виготовлення цитологічних препаратів для тестування забруднення ґрунту та контролю проведення його детоксикації, спеціальних умов, реактивів та обладнання, фахівців відповідного профілю.

Окрім того, доцільність використання мітотичного індексу у проростків *Allium cepa* L. (цибулі ріпчастої), як критерію мутагенності забрудненого ґрунту та оцінки ефективності інактивації його токсичності, потребує додаткових обґрунтувань унаслідок невирішеності питання щодо доцільності використання та адекватності реакції тест-рослин на забруднення ґрунтів на перших стадіях онтогенезу (проростання насіння). До того ж відомо, що процес пророщування насіння є доволі стійким до дії ВМ [15-16]. ВМ проникають через оболонку насіння на заключній стадії набухання та викликають лише затримку пророщування за впливу на процеси росту і розтягнення клітин (що і було зафіксовано у способі-прототипі). Далі відбуваються реакції адаптації до стрес-

факторів, спрацьовують механізми детоксикації за зв'язування іонів металів амінокислотами накопичувальних тканин зародку насіння, що призводить до стимуляції подальшого росту і розвитку кореня та стебла рослини [17-19].

Для коректного обґрунтування мутагенності забрудненого ВМ ґрунту необхідним є використання коректних критеріїв, а за відсутності доведення зменшення стабільності структури ДНК при взаємодії з іонами ВМ (що потребує виконання більш детальних цитогенетичних досліджень, реалізацію яких спосіб не передбачав) використання мітотичного індексу є недостатнім і малоефективним критерієм у запропонованих рамках по суті біотестування забруднення. Таким чином реалізація даного технічного рішення сприяє підвищенню витрат матеріалів, необхідності додаткових досліджень для адекватного вибору критеріїв оцінювання інактивації токсичності у ґрунтах, що за умови невизначеності критеріїв забрудненості ґрунту ВМ та оцінювання ефективності його ремедіації значно ускладнює реалізацію, як процедур відновлення природних властивостей ґрунтів, так і оцінки їхньої результативності. Оцінювати ефективність ремедіації техногенно забруднених ВМ ґрунтів необхідно за ступенем їх очищення, біохімічною активністю та продуктивністю і якістю рослин. Надійними критеріями порушення структури і функцій рослин за забруднення є ріст і накопичення біомаси (продуктивність), як інтегральний процес та підсумок усіх функціональних і метаболічних змін розвитку рослин, особливо, за оцінки їхнього стану за впливу забруднення ґрунту.

Мета дослідження - розроблення способу ремедіації техногенно забрудненого ВМ ґрунту за рахунок розширення спектру ґрунтополіпшувачів шляхом уведення додаткової суміші детоксикантів органічної та неорганічної природи та їх комбінацій, що прискорює біохімічні та фізико-хімічні процеси ґрунту, забезпечує відновлення природних властивостей деградованих забруднених ґрунтів і поліпшення їхнього екологічного стану.

Об'єкт і методи дослідження. Розроблення способу включало: *проведення патентного пошуку* згідно з ДСТУ 3575-97; *польовий етап* - ґрунтово-геохімічні дослідження на локальному і регіональному рівнях, в тому числі, за умов сталого впливу джерел атмотехногенних емісій забруднення неорганічної природи Зміївської ТЕС ПАТ "Центренерго" НАК "Енергетична компанія України" Харківської області та ВАТ «Авдіївський коксохімічний завод» Донецької області та проведення серії мікропольових дослідів; *аналітичний етап* - визначення рівнів вмісту рухомих форм МЕ і ВМ у чорноземних ґрунтах різної буферної здатності за використання екстрагентів ацетатно-амонійного буферного розчину з рН 4,8 та 1н НСІ згідно з чинними ДСТУ 4770.1:2007 - ДСТУ 4770.9:2007; *камеральний етап* – оцінювання мікроелементного статусу ґрунтів за експертного оцінювання нормативно-довідкової документації, статистична обробка отриманих даних.

Об'єкти патентного пошуку – об'єкти авторського права, які запатентовано в Україні та країнах СНД та ЄС у площині поставленої мети. Предмет пошуку – спосіб в цілому; окремі операції (етапи) способу, що є самостійним патентоспроможним об'єктом; способи їх одержання і галузь застосування; обладнання, що використовують для здійснення способу. Методи досліджень – експертна оцінка, аналізування, співставлення.

Об'єкти дослідження – ґрунти Лісостепової і Степової природно-кліматичних зон України за впливу забруднення ВМ та за його відсутності; інактиватори токсичності органічної та неорганічної природи; способи, прийоми

та заходи щодо ремедіації забруднених ґрунтів. Методи досліджень – універсальні загальнонаукові методи, методи теоретичного аналізу, системний та екосистемний підходи, ландшафтно-геохімічні, лабораторно-аналітичні; статистичні методи обробки даних, експертне оцінювання нормативно-довідкової документації.

Інактиватори токсичності одноразово вносили у ґрунт відповідно до встановлених рівнів поліелементного забруднення ґрунту ВМ (Cd, Pb, Ni, Cr, Zn): гумат натрію у дозі 300 кг/га у сухому вигляді; комбінацію із вапна (CaCO_3 , 5 т/га) та суперфосфату ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, 240 кг діючої речовини) за переважання забруднення ґрунту Cd і Cr та комбінацію із $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ (240 кг діючої речовини) і гною (60 т/га) – за надлишку Zn – впливаючи на активацію самоочищення ґрунтів від ВМ, сприяючи поліпшенню екологічного стану ґрунтів в районах з інтенсивним впливом атмотехногенного забруднення. Внесення інактиваторів токсичності у систему ґрунт-рослина проводили відповідно до методичних рекомендацій щодо обґрунтування ГДК вмісту хімічних речовин в ґрунті [20], за внесення гною і CaCO_3 як меліоранту – за використання існуючих методичних рекомендацій [21].

Оцінювання ефективності ремедіації ґрунту за вмістом рухомих форм елементів-забруднювачів проводили за показником ступеня очищення (K_o , %) відповідно до формули:

$$K_o = (100 - C \times 100 / C_o), \quad (1)$$

де: C_o – вміст металу в ґрунті перед очищенням (мг/кг), C – вміст металу в ґрунті після очищення (мг/кг).

Також оцінювання ефективності внесення гумату натрію як окремо так і у поєднанні з комплексом інших ґрунтополіпшувачів (вапно, суперфосфат, гній) та їх комбінацій за поліелементного забруднення ґрунту ВМ, проводили в експериментах на біооб'єктах. Тест-реакції – біологічна активність ґрунту (біохімічна, емісія CO_2), тест-культури – родина злакових (*Poaceae*). Продуктивність агрофітоценозів, їхній кількісний та якісний склад визначають у кінці вегетаційного періоду.

Встановлення збільшення активності біологічної складової ґрунту за внесення детоксикантів виявлено за використання мікробіологічних та біохімічних методів дослідження забруднених ґрунтів: методу А.Ш.Галстяна (1976); Д.Г.Звягинцева (1980); Л.А.Карягиной, Н.А.Михайловской (1986); аплікаційних методів за Е.Н.Мишустиним (1971); визначання рівнів емісії CO_2 ґрунтом за методиками І.Н. Шаркова (1987) та В.Н. Макарова (1988).

Обробку здобутих даних здійснювали за використання методів математичної статистики в рамках пакету програм *Statistica 10*.

Результати. За проведення довгострокових польових досліджень в зонах техногенного впливу було встановлено, що запропоновані до використання детоксиканти ВМ (гумат натрію, вапно, суперфосфат і гній) по-різному взаємодіють з металами-забруднювачами. Комбінація вапна і суперфосфату є ефективною для інактивації Cd та Cr, а комбінація суперфосфату та гною є ефективною для ліквідації надлишку рухомих форм Zn у системі ґрунт-рослина. Отже доцільність та необхідність використання композицій детоксикантів органічної та неорганічної природи за техногенного забруднення ґрунту ВМ обумовлена саме поєднанням у комплекс інактиваторів токсичності різної природи та позитивним впливом як на активацію біохімічних (ферментативна

активність) так і фізико-хімічних процесів у ґрунті (іонний обмін, адсорбція і абсорбція, сокоагуляція, переведення легкокорозинних сполук ВМ у важкорозчинні).

Встановлено, що ефективним за ремедіації техногенно забрудненого ВМ ґрунту є використання одноразової обробки ґрунту гуматом натрію та внесення комбінації суміші гумату натрію з суперфосфатом, вапном або з органічною речовиною відповідно до характеру та виду забруднення ґрунту, а саме, для ґрунту, що містить надлишок Cd і Cr – гумат натрію – 300 кг/га; суперфосфат – 240 кг діючої речовини, вапно – 5 т/га; Zn – гумат натрію – 300 кг/га, суперфосфат – 240 кг діючої речовини; гній – 60 т/га. Комбінація ремедіантів є природним адаптогеном з регуляторними властивостями, активації мікрофлори ґрунту та призводить до інактивації токсичності ВМ, сприяє збільшенню швидкості самоочищення ґрунту та відновлення його властивостей, підвищенню стійкості рослин до забруднення, відновленню їхньої продуктивності. Підсумком чого є забезпечення ефективного проведення ремедіації забруднення ґрунтів, що підтверджено отриманими результатами (рис.1 а-г – 2, табл.1-2).

Отримані величини ступеню очищення ґрунту від ВМ за використання гумату натрію (рис.1 а) є підставою для визначання необхідної до застосування комбінації ґрунтополіпшувачів органічної та неорганічної природи. Їх використання підсилює ефект очищення техногенно забрудненого ВМ ґрунту внесенням гумату натрію. Так, за використання гумату натрію разом з вапном (рис.1 б) ступінь очищення ґрунту від Cd підвищується до 48 %, Cr – до 79 % у порівнянні з варіантом внесення лише гумінових сполук, де цей показник складав 44 % та 37 % (рис.1 в), Zn – до 21 % та 15 % відповідно (рис.1 в). Таким чином, зменшення забруднення ґрунту демонструє ефективність способу ремедіації забруднення ґрунту та є його перевагою. Використання гумату натрію окремо від інших детоксикантів та їх комбінацій також сприяє очищенню ґрунту від Pb та Ni на 40 % і 36 % відповідно (рис.1 а).

Ефективність досліджених ремедіаційних заходів також встановлено за оцінювання показників біологічної активності ґрунту (табл.1) та якості і продуктивності рослин озимої пшениці (*Triticum*) (табл.2) у довгострокових стаціонарних модельних дослідках на забруднених ВМ чорноземних ґрунтах різних буферних властивостей зон сталих атмотехногенних емісій забруднювачів за перевищення фонових рівнів вмісту Cd, Pb, Cr та Zn у ґрунтах у 2,5; 3; 20; 1,5 рази відповідно. Так, ефективність досліджуваного способу ремедіації забрудненого ґрунту за використання запропонованого комплексу ґрунтополіпшувачів та їх комбінацій, позитивно позначається на біологічній складовій ґрунту, зокрема ферментативна активність та емісія CO₂ ґрунту збільшується (табл. 1).

За можливості активізувати природний біологічний потенціал ґрунту в прикореневій зоні озимої пшениці та на фоні зниження негативного впливу ВМ поліпшується його екологічний стан, зокрема, зростання ступеню очищення ґрунту від ВМ, активація його біологічної складової (рис.1; табл.1), що відображається на формуванні продуктивності рослин озимої пшениці та підтверджується показниками підвищення біомаси тест-рослин (рис.2) та зниженням вмісту ВМ у зерні рослин озимої пшениці, збільшення вмісту сировини, азоту і фосфору у рослинах, вирощуваних на забрудненому ґрунті (табл.2). Отже, польові випробування підтвердили ефективність внесення гумату натрію з комплексом ґрунтополіпшувачів неорганічної та органічної природи

(вапно, суперфосфат, гній) та їхніх комбінацій для ремедіації техногенно забрудненого ВМ ґрунту.

2. Ефективність ремедіаційних заходів за їх впливу на показники якості тест-рослин озимої пшениці

Варіант досліджу	Вміст у зерні пшениці							
	Cd	Pb	Cr	Zn	Ni	сира клейковина	азот	фос- фор
	мг/кг сухої речовини					%		
Контроль (техногенно забруднений ВМ ґрунт)	0,50	6,00	3,80	40,20	2,50	23,16	2,52	0,53
Гумат Na	0,28	2,00	1,98	33,29	1,48	29,50	3,05	0,70
CaCO ₃ + гумат Na	0,15	3,25	0,95	28,90	1,80	30,10	3,25	0,75
Ca(H ₂ PO ₄) ₂ + гумат Na	0,10	3,90	1,53	30,99	1,72	29,90	3,40	0,81
Ca(H ₂ PO ₄) ₂ + гумат Na + гній	0,21	5,20	1,28	31,65	1,98	31,50	3,89	0,90
Ca(H ₂ PO ₄) ₂ + CaCO ₃ + гумат Na	0,30	5,00	0,77	28,65	2,00	28,90	2,99	0,65
<i>HIP₀₁</i>	0,22	1,27	0,99	4,4	1,07	-	-	-

Висновки. Відмітними рисами та перевагами запропонованого технічного рішення, розробленого та випробуваного в польових умовах, порівняно з відомими способами та підходами, є такі:

- спосіб дозволяє максимально знизити токсичність ВМ в системі ґрунт – рослина за рахунок прискорення біохімічних та фізико-хімічних процесів ґрунтів, що забезпечує активацію самоочищення ґрунтів різних буферних властивостей щодо ВМ за різних рівнів поліелементного забруднення Cd, Pb, Ni, Cr, Zn в районах інтенсивного впливу сталих джерел техногенних емісій;

- за використання сумішей детоксикантів, спосіб забезпечує подовженість їхньої дії, зменшення технологічних витрат завдяки можливості спрощення та скорочення технологічного циклу внесення у забруднений ґрунт необхідного об'єму всього спектру детоксикантів;

- спосіб забезпечує ефективність застосування гумату натрію та комбінацій детоксикантів на забруднених ґрунтах у зоні Лісостепу та Степу України;

- спосіб забезпечує зниження ресурсовитратності на проведення ремедіації за сприяння відновленню природних властивостей ґрунту, підвищенню стійкості рослин до забруднення, відновленню їхньої продуктивності.

Розроблений спосіб ремедіації ґрунту, техногенно забрудненого ВМ, доцільно використовувати в агроекології, екотоксикології ґрунтів, екологічній експертизі; за екологічного контролю техногенно забруднених ґрунтів земельних ділянок різного призначення і використання; у науково-дослідній практиці за розробки заходів ремедіації забруднених територій як комплексу технологічних, фізико-хімічних заходів щодо екологічної реабілітації забруднених ґрунтів і, як наслідок, для зниження інтенсивності процесів деградації ґрунтів за впливу хімічного техногенного забруднення, за створення умов для покращення екологічного стану ґрунту і запобігання зниження рівня продуктивності рослин та погіршення їхньої якості.

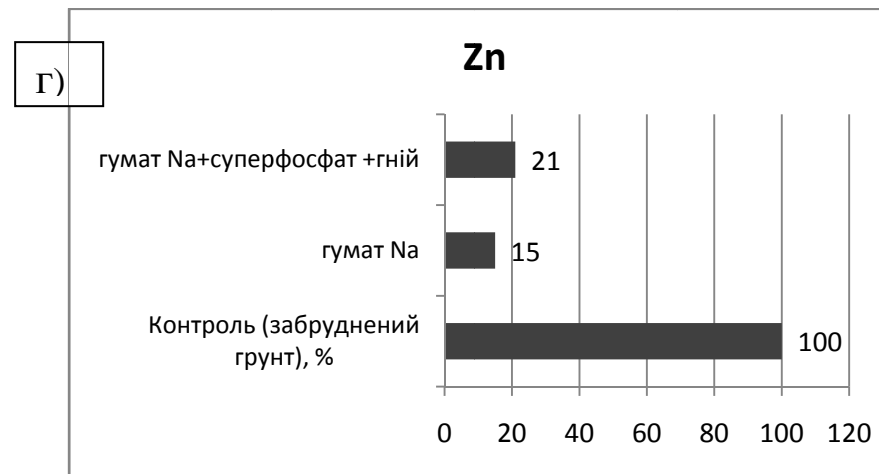
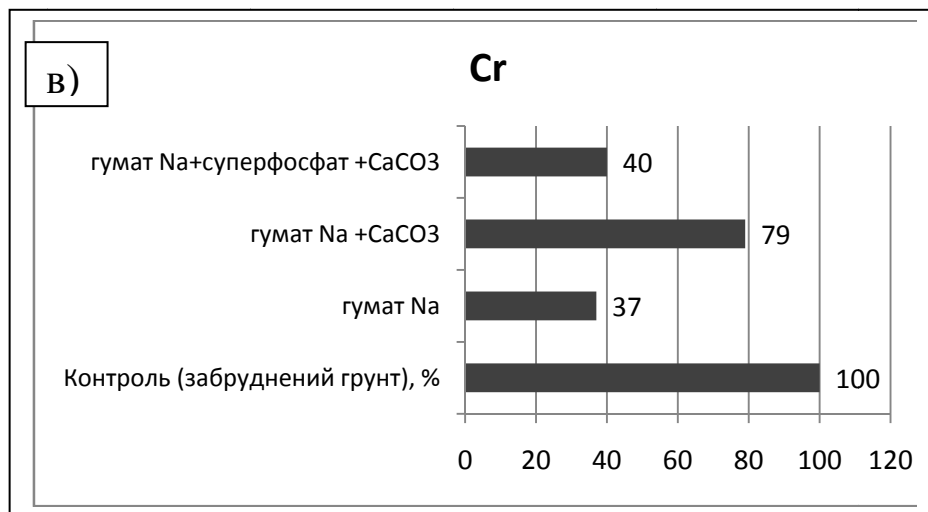
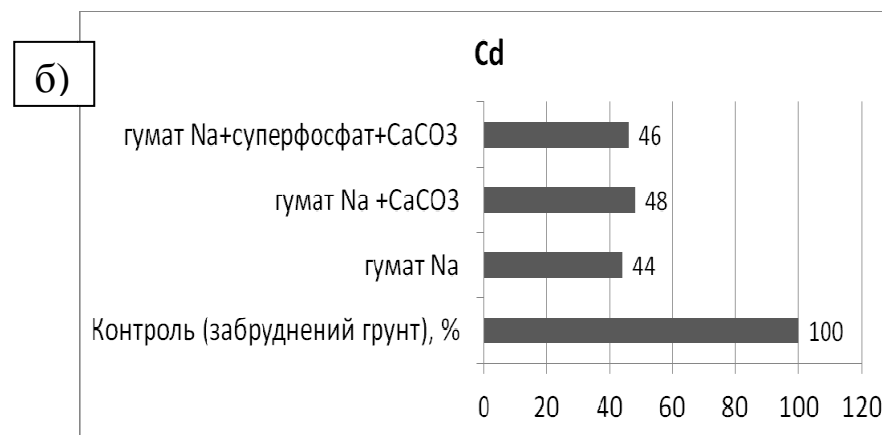
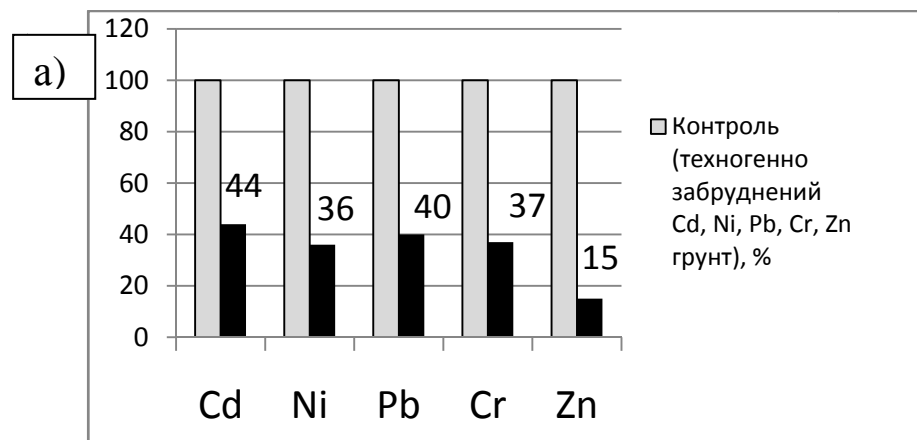
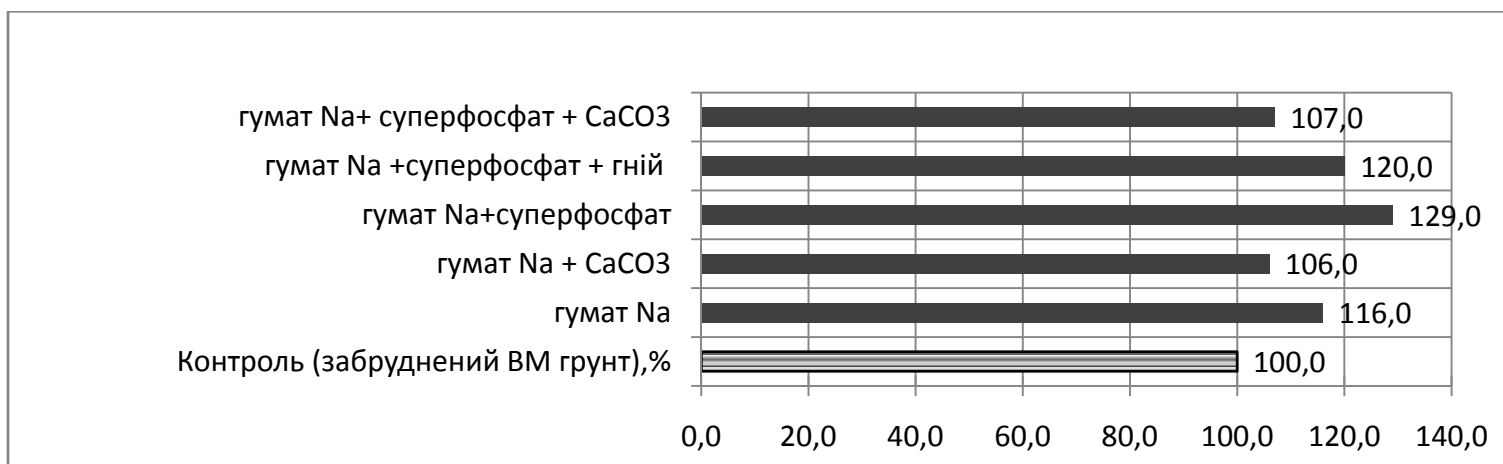


Рис.1. Вплив заходів ремедіації на ступінь очищення ґрунту від елементів – забруднювачів

Таблиця 1. Ефективність ремедіаційних заходів за їх впливу на біохімічну активність чорнозему звичайного

Варіанти ремедіації	Дегідрогеназа, мг ТФФ в 100 г ґрунту за 24 години	Інвертаза, мг глюкози в 1г ґрунту за 24 години	Поліфенолоксидаза, мг 1,4-п-бензохінона в 10г за годину	Целюлозолітичн а активність, %	Емісія CO ₂ ґрунтом, мг/м ² ·годину
Контроль (техногенно забруднений ВМ ґрунт)	210,5	15,5	640	15,2	138,43
гумат Na	355,1	25,5	810	26,6	186,07
CaCO ₃ + гумат Na	346,7	24,7	782	23,8	199,66
Ca(H ₂ PO ₄) ₂ + гумат Na	315,9	20,5	774	22,8	209,59
Ca(H ₂ PO ₄) ₂ + гумат Na + гній	358,7	23,4	829	25,5	185,48
Ca(H ₂ PO ₄) ₂ + CaCO ₃ + гумат Na	299,9	22,1	804	20,4	205,01
<i>HIP₀₁</i>	3,62	1,7	18,85	2,52	15,06

**Рис.2. Вплив заходів ремедіації на продуктивність тест-рослин озимої пшениці**

Список використаної літератури

1. *Фатеев А.И.* Регламентация химического загрязнения почв и использование техногенно загрязненных земель / *А.И. Фатеев, Н.Н. Мирошниченко, Я.В. Пащенко, В.Л. Самохвалова, Е.В. Панасенко.* // Межрегиональные проблемы экологической безопасности "МПЭБ – 2003": Сб. трудов симпозиума, 17-20 сентября 2003г., г. Сумы /Под ред. акад. МАНЕБ А.М. Царенко, акад. МАНЕБ Л.Г. Филатова. - Сумы: Довкілля, 2003. – С.120-125
2. *Фатеев А.И.* Регламентация землекористування в зонах техногенного забруднення / *А.И. Фатеев, М.М. Мирошниченко, Я.В. Пащенко, В.Л. Самохвалова* // Мат. міжнар. конф. "Наукові основи раціонального використання земель, виведених з обробітку", Чабани, 11-13 червня 2002р. - Київ: Фітосоціоцентр, 2003. – С.115-117
3. *Samokhvalova V.L.* Technogenic polluted soils in Ukraine: heavy metals migration, translocation and methods of contaminated soils detoxication / *V.L. Samokhvalova A.I. Fateev* // Assessment of the quality of Contaminated Soils and Sites in Central and Eastern European Countries (CEE) and New Independent States (NIS) //International Workshop on Contaminated Soils and Sites / Sofia, Bulgaria, September, 30-October, 3, 2001.- P.46-51
4. *Самохвалова В.Л.* Екологічна безпека та рівень техногенного забруднення довкілля / *В.Л. Самохвалова* // Вісник ХДАУ: Ґрунтознавство, агрохімія, лісове господарство. - 2002. - №2. – С.128-133
5. *ДП на винахід 55960 UA*, Спосіб зниження вмісту рухомих форм ВМ в техногенно забрудненому ґрунті / *Крамарьов С.М., Нейковський С.І., Яковишина Т.Ф.*; опубл. 15.04.2003, Бюл. №4
6. *Пат. на винахід 77871 UA*, Спосіб зниження вмісту рухомих форм ВМ в техногенно забрудненому ґрунті / *Крамарьов С.М., Лебідь Є.М., Деркачов Е.А.* та ін.; опубл. 15.01.2007, Бюл. № 1
7. *Пат. на корисну модель 20299 UA*, Спосіб детоксикації важких металів у системі ґрунт – рослина / *Фатеев А.И., Самохвалова В.Л.*; опубл. 15.01.2007, Бюл. №1
8. *Пат. на винахід 88016 UA*, Спосіб відновлення родючості ґрунту після його очищення від важких металів / *Ніковська Г.М., Ульберг З.Р., Калініченко К.В., Стріжак Н. П.*; опубл. 10.09.2009, Бюл. № 17
9. *Пат. на винахід 73479 UA*, Спосіб запобігання нагромадженню рухомих форм важких металів в рослинах кормових культур при вирощуванні в зонах техногенного забруднення / *Курляк І.М.*; опубл. 25.09.2012, Бюл. № 18
10. *Пат. на винахід 79802 UA*, Спосіб зниження токсичності ґрунту / *Горова А.І., Колесник В.Є., Лапицький В.М.* та ін.; опубл. 25.07.2007, Бюл. №11
11. *ДП на винахід 4726 UA*, Спосіб очищення техногенно забруднених ґрунтів від важких металів / *Дронь М.М., Чмиленко Ф.О., Смітюк Н.М.*; опубл. 15.02.2005, Бюл. № 2
12. *Пат. на корисну модель 76416 UA*, ФітореMediaційний спосіб очищення ґрунтів від важких металів / *Корж О.П., Савченко І.Г., Гура Н.О.*; опубл. 10.01.2013, Бюл. № 1
13. *Пат. на винахід 85458 UA*, Спосіб видалення важких металів із ґрунту / *Міщук Н.О., Лисенко Л.Л.*; опубл. 26.01.2009, Бюл. № 2
14. *Пат. на полезную модель 2031095 RU*, Водорастворимые гуминовые кислоты, способ их получения и способ детоксикации земель и рекультивации почв с.-х. назначения, осуществляемый с помощью этих водорастворимых соединений / *Шульгин А.И.*; опубл. 20.03.1995
15. *Бессонова В.П.* Клеточный анализ роста корней *Lathyrus odoratus L.* при действии тяжелых металлов / *В.П. Бессонова* // Цитология и генетика. - 1991.- Т.25, №5. - С.18-22
16. *Shah K.* Cadmium elevates level of protein, amino acids and alters activity of proteolytic enzymes in germinating rice seeds/ *K. Shah, R.S.Dubey* // Acta Physiol. Plant. 1998. V.20, №2. P. 189-196
17. *Уоринг Ф.* Рост растений и дифференцировка/ *Ф.Уоринг, И. Филлипс* / Пер. с англ. -М.: Мир, 1984. - 512 с.
18. *Grant C.A.* Cadmium accumulation in crops/ *Grant C.A. Buckley W.T., Bailey L.D., Selles F.* // Can. J. Plant Sci. 1998. V.78. P.1-17
19. *Тарчевский И.А.* Катаболизм и стресс у растений / *И.А. Тарчевский* - М.: Наука. - 1993. - 80 с.
20. *Методические рекомендации по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве.* - М., 1982. – 57 с.
21. *Довідник агронома по удобренню* //За ред. П.А.Власюка, П.О.Дмитренка - Київ: Держсільгоспвидав, 1962. - 680 с.

Стаття надійшла до редколегії 21.06.2013

METHOD OF SOILS TECHNOGENIC POLLUTION BY HEAVY METALS REMEDIATION

V.L. Samokhvalova, A.I. Fateev, S.G. Zuza, V.O. Zuza

NSC "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky"
(v.samokhvalova@mail.ru)

A method of soil remediation with technogenic pollution by heavy metals is substantiated, wherein using of a mixture of sodium humate with the addition of superphosphate, lime or organic matter according to the nature and type of soil pollution, it is being provided efficient remediation of technologically contaminated soils, it is being increased plants resistance to pollution and restoring their productivity. The technical result of the designed method is the acceleration of the biochemical and physic-chemical processes in chemically contaminated soils along with the processes of restoration of its natural properties. Simultaneously, improving of the ecological conditions of the environment due to expansion of the soil improvers range by introducing additional detoxifier mixture of organic and inorganic nature, and combinations thereof.

Key words: heavy metals, technogenic pollution of soils, method, remediation.

УДК 631.43:631.83

ПАРАМЕТРЫ ПРОТИВОЭРОЗИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО В ПОЛЕВОМ СЕВООБОРОТЕ

В.А. Белолипский

**Луганская государственная сельскохозяйственная опытная станция Института
растениеводства им. В.Я. Юрьева НААН, Украина, Луганская область,
Славяносербский район, пос. Металлист; (liap_t@rambler.ru)**

Изучено влияние разных агротехнологий на фоне вспашки и поверхностной безотвальной обработки в 5-польном севообороте и разных систем удобрения на потери почвы (разбрызгивание). Разработана комплексная эмпирическая модель потерь почвы с учетом агрофизических и гидрологических факторов.

Ключевые слова: противоэрозионная устойчивость, системы удобрения, обработка почвы, севооборот

Введение. В связи с экономическими проблемами в сельскохозяйственном производстве упрощаются схемы севооборотов, сокращается внесение минеральных и исключается внесение органических удобрений, что влечет за собой снижение устойчивости почвенного покрова к разрушению. Это обуславливает необходимость проведения анализа противоэрозионной устойчивости почв в севооборотах в зональном аспекте.

В Украине вопросу проявления эрозии почв при разных агротехнических мероприятиях посвящены работы Н.К. Шикеры [1], Ю.А. Тарарико [2], С.Ю. Булыгина [3], В.А. Белолипского [4, 5, 6], С.Г. Черного [7], М.В. Шевченко [8] и других. Для защиты почв от эрозии в северной части Степи Украины рекомендованы, по данным стационарных опытов, почвозащитные системы земледелия, которые базируются на использовании системных агротехнологий с учетом генетического статуса и плодородия почв [2, 5, 9, 10].

Цель и задачи исследований. В наше время в исследованиях, касающихся применения системы удобрений в севооборотах, первоочередное внимание уделяется оценке их продуктивности [2, 10], а исследования, связанные с оценкой и способами повышения противоэрозионной устойчивости черноземных почв не проводятся. Поэтому возникает необходимость поиска путей совершенствования