

2. *Poliakova I* (2013), Evaluation of the protective properties of the container for storage of spent radiations sources. [Otsinka zahisnyh vlastivostej kontejnera dlja zberihanija vidpratsovanyh dzherel ionizujuchogo vyprominjuvanja], Collected papers Institute of Environmental Geochemistry. Issue 22, -8 p. (Ukr)
3. *Centre destockgedela Manche: Rapportannuel 2008*. -Beaumont -Hague: ANDRA, 2009 -41 p.
4. *Ormai P*. Surveil lanceofnon – radiological parameters: Planning ofthe post – closure surveillance of Disposal Facilities for Radioactive Waste: Cherbourg, France, 22-25 Sept., 2009.
5. *Report the radioactive waster epository "Radons" national importance radiation object control programe xecution (2009)* [Atskaite radioaktiv oatkritumug labatavas «Radons» valstsnozimesjonizeosastarojuma objekt u kontroles programma sizpilde 2008 gada]. - Riga, Latvia: BAPA -158 p. (Lt)
6. Norms of Radiation Safety of Ukraine. Publichygiene standards. [Normy radiatsijnoy bezpeky Ukrainy. Derzhavny gigienichni normatyvy], Komitet z pytan' gigienichnogo reglamentyvania Ministerstva Ohorony Zdorovja Ukrainy (1997) - 120 p. (Ukr)
7. *Report on the radiation monitoring and environmentalas sessment of radioactive waste disposal facilities, and stations of decontamination Statere gionals pecialized plants of the Ukrainian State Association «Radon»* [Otchet po radiac-iionnomy kontrolju I otsenke sostojanija okružhajushchej sredy punktov zahoronenija radioaktivnyh othodov I stantsyj dezaktivatsii Gosydarstvennogo mezhoblasnogo spetsializirovannogo kombinata Ukraintskogo Gosudarstvennogo objedinenija "Radon"], (1994), Kyiv, -55 p. (Rus)

УДК 631.89:631.6:691.311

ВИКОРИСТАННЯ ФОСФОГІПСУ В СТВОРЕННІ СКЛАДНИХ КОМПОСТІВ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

Іващенко Т.Г., Новосельська Л.П.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління,
вул. Митрополита Липківського, 35, 03035, Київ,
<http://dea.gov.ua/>

Створення складного компосту з використанням фосфогіпсу передбачає поліпшення багатьох позицій ґрунтового процесу - фізичних, хімічних і біологічних особливостей: утворенням сульфату амонію, формуванням активних еколого-трофічних груп мікроорганізмів, що підсилюють ферментативну активність у плані формування всього ґрунтового процесу. Фосфогіпс, при внесенні в складний компост, а потім в ґрунт, сприяє утворенню малорозчинних сполук із важкими металами виконує природоохоронну роль.

Аналізуючи досвід господарювання та трансформації земельних відносин за останні двадцять років на Україні, вчені дійшли висновку [1], що всі

економічні, технологічні, юридичні механізми, що застосовувалися для збереження родючості земель, не були достатньо ефективними. Втрата родючості земель в Україні набула і продовжує набувати глобального характеру.

Із проведених розрахунків [1] балансу поживних речовин та гумусу в ґрунтах України, можна зробити висновок, що сільгоспвиробниками із кожним роком не дотримується основний закон землеробства – винесення поживних речовин повинно компенсуватися шляхом їх повернення в ґрунт. Як наслідок, маємо від’ємний баланс поживних речовин та від’ємний баланс гумусу в ґрунтах.

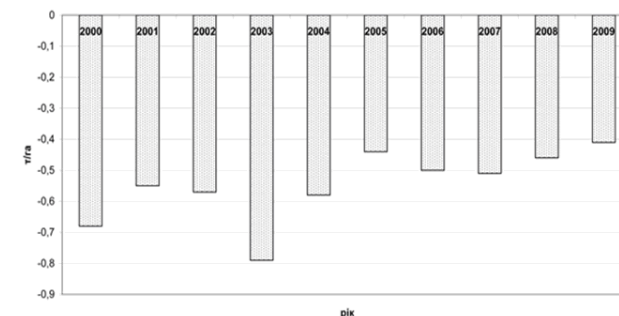


Рис.1. Баланс гумусу в ґрунтах України у 2000—2009 роках [1].

Із ґрунтів сільськогосподарських ландшафтів тільки при збиранні врожаю вносився велика кількість біогенних елементів у складі врожаю. Зокрема, з 1га ґрунту виносився разом із 1,9-4,3т зібраного зерна озимої пшениці майже 10кг азоту, 1,4 кг оксидів фосфору і до 2,0кг оксидів калію, а з соломною (4,5-7,0т/га) – відповідно 3,0кг, 0,4кг, 3,0кг. Із ґрунту виносився не тільки макро, а також мікроелементи: наприклад, із 1га з зерном і соломною разом узятих виносився 600г марганцю, 300г барію, 200г титану, 100г цинку, 30г міді. Значна біогенна міграція елементів відбувається при вивозі деревини: з 1га лісу - 100-600г біогенних елементів [2].

Виправлення цього стану можливе за рахунок впровадження в сільське господарство складних компостів. Створення складних компостів та їх застосування виникло також у відповідь на внесення великих норм мінеральних добрив, особливо азотних.

Складні компости при правильній їх заготівлі є самостійними ґрунтоподібними утвореннями, що створюються людиною на підтримку природних законів природи - захищати і зберігати родючість ґрунту. Вони представляють

собою штучне створення комплексних сумішей різних відходів, визначають збагачення верхнього шару ґрунту органічними і мінеральними дисперсними та колоїдними системами і вдосконалюють його екологічні функції, що є важливим направленням у розвитку практичної екології та землеробства.

Здатність мінеральних відходів зберігати високу стабільність при їх введенні в складний компост в дисперсному варіанті, повільно трансформуючись у органічно-мінеральні сполуки, є важливою і дуже цінною в практичному відношенні властивістю з підтримки сприятливих для живих організмів фізичних, хімічних і біологічних характеристик субстрату. Для агрономії в складному компості важливо мати лабільні і легко розчинні мінеральні сполуки, що швидко вивільнюються для розвитку живих організмів у великих кількостях (Са, S, Р та ін.). Мінеральною добавкою для створення складного компосту може бути фосфогіпс.

За дослідженнями автора [3], позитивна дія впливу гіпсу і фосфогіпсу на врожайність зерна ячменю спостерігалася протягом 14 років і представлена в табл.1.

Таблиця 1.

Врожайність зерна ячменю на лугово-чорноземних солонцях в залежності від меліоративних прийомів, ц/га (Цвей Я.П., 1999). [3]

Варіант досліджу	1976-1980 рр.	1982-1985 рр.	1987-1988 рр.	1976-1988 рр.
1. Контроль	9,2	12,0	11,0	10,5
2. Гіпс, 14,5 т/га під оранку (1974 р.)	12,4	18,9	19,4	16,0
3. Фосфогіпс, 14,5 т/га під оранку (1974 р.)	12,6	17,9	19,2	15,7
4. Фосфогіпс, 14,5 т/га (1974 р.) + 7,0 т/га в 1981 р.	-	17,3	19,2	-
Середня урожайність по фоні, ц/га	-	16,5	-	-

Вимоги до фосфогіпсу, як меліоранту в сільському господарстві, повинні відповідати ТУ 24 1-31980517-002:2005.

Таблиця 2.

Склад фосфогіпсу згідно ТУ 24 1-31980517-002:2005.

Найменування показників	Норма
Агрегатний стан, зовнішній вигляд, запах.	Вологий, розсипчастий продукт білого або від світло-сірого до темно-сірого та коричневого кольору
Масова частка сульфату кальцію ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), в перерахунку на сухий дигідрат, %, не менше	80
Масова частка гігроскопічної вологи, % не більше	26
Масова частка водорозчинних фтористих сполук (Na_2SiF_6 , K_2SiF_6 , та ін) в перерахунку на Fв.р., %, не більше	0,6
Масова частка загальних фосфатів (P_2O_5 заг.)%, не більше.	2

З'ясовано [5], що технологічний фосфогіпс з фосфоритної сировини, який є відходом виробництва фосфорної кислоти за теперішнім часом (свіжий) Дніпровського заводу мінеральних добрив відповідав марці ФГД-2 по ТУ У 26.5-30299063-007-2004 «Фосфогіпс дрібнодисперсний ФГД» і мав наступні фізико-хімічні показники:

- Вміст основної речовини ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) в перерахунку на осушений дигідрат сульфату кальцію – 90,8 % мас.;

- Вміст гігроскопічної (надкristалізаційної) вологи – 22,5 % мас.;

- Вміст загального фосфору в осушеному продукті (у перерахунку на P_2O_5) – 0,95 % мас.;

- Вміст водорозчинних фосфатів в осушеному продукті (у перерахунку на P_2O_5) – 0,1 % мас.

При порівнянні хімічного складу основних компонентів фосфогіпсу, отриманого ЗАТ „Дніпровський завод мінеральних добрив” (м.Дніпродзержинськ) з кольського апатиту і сирійських фосфоритів показано, що він відповідає вимогам ТУ 24 1-31980517-002:2005 і може використовуватися в сільському господарстві.

Таблиця 3.

Хімічний склад апатитового і фосфоритового фосфогіпсу (Іващенко Т.Г., 2010) [5].

Назва хімічної речовини в складі фосфогіпсів	Вміст хімічної речовини, % мас.	
	З кольського апатиту	З сирійських фосфоритів
Склад (у перерахунку на суху речовину):		
• $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	> 90	> 90
• F	0,3-0,4	0,2-1,3
• $(\text{P}_2\text{O}_5)_{\text{заг}}$	1,0-1,2	0,95
• $(\text{P}_2\text{O}_5)_{\text{вод}}$	0,5-0,6	0,1
Гігроскопічна (надкristалізаційна) вода	6-20	10-23

Одним із перспективних напрямів використання фосфогіпсу в сільському виробництві є його перероблення в комплексні мінеральні, органо-мінеральні добрива та складні компости.

Основна відмінність складного компосту - це його висока продуктивність біоценої системи, здатної значний період часу (протягом 4-6 років) підтримувати у верхньому шарі ґрунту систему високого життєзабезпечення різних організмів

Розрахункові дози добрив ні в якому разі не можна вважати сталими, оскільки потреба в поживних речовинах для запланованого врожаю є величиною змінною, яка залежить від родючості ґрунту і кліматичних умов, сортів, комплексу агротехнічних заходів тощо [2, 3, 4]. Тому одним із важливих етапів створення складних компостів є підбір основних видів відходів від 6 і більше. Від того, наскільки вдало будуть враховані особливості сполучення в цілому тих чи інших компонентів, визначиться успішність виконання поставленого завдання.

Компостування є одним із прикладів біологічного методу утилізування відходів. У його основі лежить здатність різних груп живих організмів у процесі своєї життєдіяльності розкладати і засвоювати з складних компостів поживні речовини, прискорюючи при цьому нейтралізацію органічних токсикантів, важких металів, створюючи запас азотних і фосфорних сполук. Процес біодеградації відбувається з помітною швидкістю при оптимальній температурі і вологості субстрату. Важливе значення має також рН середовища. Умови з нейтральною реакцією середовища є ідеальними для біо-

розкладу. Перемішування суміші сприяє активізації мікробіологічних процесів в компостах.

Формуванням складних компостів і вивченням їх фізико-хімічних та біологічних властивостей займалися вчені Кубанського державного аграрного університету [6-17].

Багатокомпонентний складний компост представляє собою гарне середовище для розвитку значного числа видів і популяцій живих організмів, які продукують ферменти, вітаміни та інші активні речовини. За хімічним і фізичним властивостям складні компости є гетерогенними і багатодисперсними тимчасовими системами, а по генофонду живих організмів являють собою багатий комплексний субстрат. Тому особливо відповідальним етапом у підготовці складних компостів є розвиток їх мікробних спільнот.

У складному компості біологічну основу його розвитку визначає саме поведінка прокаріотів, фізико-хімічна комбінація обмінних реакцій органічних і хімічних сполук, а також інші форми комбінаторних процесів. Продумана компановка різних відходів в складному компості (наприклад, лужна кислотність свинячого навозу і кисла реакція фосфогіпсу) вирівнює реакцію середовища до нейтральної складного комплексу на основі хімічної реакції нейтралізації в цілому усієї підбраної суміші. Формування специфічних мікробіоценозів йде за рахунок використання підлогувочих органічних складових - перегною ВРХ і свиней (підстилочного та рідкого), курячого посліду, осадів стічних вод, дефекату, рослинних залишків та інших відходів, а також істотно підкислюючих мінеральних субстратів -

фосфогіпсу, відходів калійних добрив і т.д.

Мікроорганізми складних компостів, що використовують як джерело енергії та харчування органічний вуглець, служать основним біотичним агентом трансформації органічної речовини, а їх біомаса є динамічним джерелом оновлення органічної речовини ґрунту. Розкладаючи і окислюючи органічні субстрати, мікроорганізми редукують складні з'єднання в більш прості, які реутилізуються або піддаються хімічній, фізико-хімічній переробці разом з мікробними метаболітами. У складних компостах формуються співтовариства мікроорганізмів із самими різними функціями. Живі організми в складному компості (бактерії, гриби, водорості одноклітинні, актиноміцети та ін.) умовно можна розділити на активні і неактивні, з яких активна група складає приблизно до 15%. Живі організми в складному компості в початковий період його формування розрізняються видовим і популяційним складом, а також по щільності розподілу їх таксонів: одні з них можуть розкладати органічну речовину, а інші - її стабілізувати. З'ясовано, що об'єднання в складні зближувалися, в основному, через місяць їх розвитку [8, 11, 12]. Особливо у формуванні складних компостів це стосувалося амоніфікуючих, амілолітичних і оліготрофних мікроорганізмів, що характеризувалися схожістю харчування. Істотно ці групи організмів різнилися в складних компостах в порівнянні з варіантами впливу мінеральних добрив [8]. При змішуванні різних відходів після закінчення одного-двох тижнів розвитку організми досить швидко об'єднуються в групи по функціональному використанню в

якості ресурсу органічної речовини і її трансформації в гумус (глинисто-гумусовий комплекс), а також в органічні кислоти, амінокислоти, ферменти та інші сполуки [11, 13].

У біомасі складного компосту при додаванні фосфогіпсу частка мікроорганізмів у складі органічної речовини доходить до досить значних величин, що істотно подовжує кругообіг вуглецю та азоту. Так, у складному компості, що включає напівперепрілий гній ВРХ, або свинячий гній, курячий послід з додаванням соломи ячменю, відходів годування і очищення зерна, лушпиння соняшника і залишків цукрового буряка, а також фосфогіпсу загальна чисельність мікроорганізмів на 30-й день після його змішування складала понад 240 млн клітин, а з одним напівперепрілим гноєм РКС - близько 107 млн клітин [14,15].

Введення мінеральних відходів у складний компост сприяє утворенню в ньому мікро- і макроагрегатів органо-мінерального комплексу. Агрегація органічних і мінеральних часток є досить важливою основою фізичної стабільності органічної речовини, а самі агрегати виконують роль головної зберігача в складному компості органічного вуглецю. Основним організатором агрегатного комплексу в складному компості є органічна речовина. При внесенні мінерального відходу, основу якого складає кальцій, ядром формування агрегатів виступають мінеральні частинки розміром менше 0,1мм, на які «наклеюється» маса органічних (гумінові речовини, білки тощо) і дрібних мінеральних часток (алюмосилікати) [16].

З'ясовано [15], що у складних компостах одні групи живих організмів

для свого розвитку використовують виділення інших груп - різні органічно-біологічно активні речовини: амінокислоти, вітаміни, ферменти, а також рухливі мінеральні елементи, такі як азот, фосфор, сірку та ін. Розкладаючи органічні сполуки, мікроорганізми поступово підсилюють дихання і на окремих етапах істотно прискорюють кругообіг речовин. Наприклад, розкладання органічної речовини, як правило, посилює денітрифікацію і, як наслідок, призводить до газоподібних втрат молекулярного азоту.

Актиноміцети - плісняві бактерії, або променисті гриби, є перехідною формою між бактеріями і грибами. Представники актиноміцетів - аероби, розмножуються в основному у верхньому шарі складного компосту. Актиноміцети утворюють найпростіший одноклітинний міцелій, частина якого завичай занурюється в органічні речовини, що розщиплюються, а інша розташовується на їх поверхні. Актиноміцети синтезують антибіотичні речовини, які пригнічують ріст і розвиток патогенних бактерій і грибів. Вони здатні співіснувати з фотосинтезуючими бактеріями; мають велике значення у формуванні родючості складного компосту, активно утворюють гумус і гумусоподібні речовини. Значна частина актиноміцетів синтезує бурий пігмент і різні біологічно активні речовини: антибіотики, гормони, вітаміни групи В, істотно оздоровлюють складний компост. Основна група актиноміцетів - гетеротрофи, в харчуванні використовують органічні речовини (целюлоза, різні вуглеводні нафти, феноли і т.д.) і автотрофи (мінеральні джерела). Актиноміцети поліморфні, екологічно мінливі, легко

мутують, для їх розвитку потрібні цинк і марганець.

Фотосинтезуючі бактерії представляють незалежну групу мікроорганізмів, що синтезують корисні речовини з виділень відходів рослин, органічних залишків і навіть шкідливих газів (у разі сірководню), що використовують сонячне світло і тепло субстрату (наприклад, кінський гній) в якості джерела енергії. Ця група бактерій виділяє амінокислоти, нуклеїнові кислоти, біологічно активні речовини і цукри, які сприяють зростанню організмів, поглинаються ними без перекладу в більш прості форми і одночасно використовуються в якості субстрату іншими корисними мікроорганізмами.

Дріжджі є складовою частиною співтовариства мікроорганізмів, синтезують корисні для росту рослин речовини з амінокислот і цукрів, продукують бактеріями і водоростями. Біологічно активні речовини типу гормонів і ферментів, вироблених дріжджами, стимулюють ростові процеси. Крім того, в результаті бродильних процесів, здійснюваних дріжджами, відбувається природне розпушення складного компосту і поліпшення його структури.

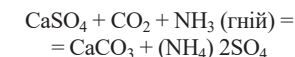
Ферментні гриби формуються в складному компості в значній кількості. Видовий склад їх дуже різноманітний і обумовлений умовами компостування. Широко представлені в складному компості цвілеві гриби, що утворюють розгалужений міцелій, який перешлітає масу органічних речовин. Гриби розкладають органічну речовину, продукують етиловий спирт, складні ефіри та антибіотичні речовини. Вони пригнічують запахи і запобігають зараженню складного компосту комахами і їх личинками. Фермента-

тивні гриби є важливими деструкторами залишків рослин, що важко розкладаються бактеріями. Комплекси різних грибів з іншими мікроорганізмами переробляють залишки рослин зі зміною грибних сукцесій; деякі види грибів споживають нафту і сприяють очищенню ґрунту. Ферментуючі гриби виділяють пігменти і антибіотики, які з'єднуються з іншими органічними сполуками, утворюють органо-мінеральні комплекси.

З'ясовано [13,14,16], що при додаванні фосфогіпсу в гній процеси структурирування в ґрунті помітно активуються. Найбільш ефективне застосування складного компосту проявилось з пошаровим розміщенням різних відходів. При чергуванні шарів окремих відходів відбувається поглинання аміаку у зв'язку з обміном катіонів, наприклад, у фосфогіпсі на іон амонію. У розрахунку на 100т напівперепрілого гною в складному компості за участю фосфогіпсу зберігається до 500кг азоту. Висока ємність катіонного обміну та органічних речовин визначає значне поглинання більшої частини амонію і його закріплення в гранулах. Сума поглинутих катіонів становить від 30 до 40мг-екв./100 г, що при заміщенні всього 30% ємності поглинання мінеральними катіонами фосфогіпсу буде збережено в компості сульфату амонію приблизно 10-12мг-екв./100 г субстрату або 100-120кг на 1т фосфогіпсу.

Процеси інтенсифікації розкладання органічної речовини мікроорганізмами, активації нітрифікації і денітрифікації помітно посилюються, тому що хімічні реакції між ППК ґрунту і хімічними сполуками, внесеними складним компостом, помітно зростають. Наприклад, при включенні в

складний компост фосфогіпсу з поданням напівперепрілого гною ВРХ, пташиним послідом, осадом стічних вод та іншими органічними відходами можна зареєструвати проходженням реакції:



При формуванні сприятливих умов (висока температура і вологість всередині компосту) така реакція протікає досить інтенсивно і кількість доступного рослинам азоту збільшується. Крім того, зниження денітрифікації уповільнює процес руйнування органічної речовини і зменшує втрати газоподібного азоту. Коагуляція органічних і мінеральних колоїдів істотно скорочує їх вимивання в ґрунтові води [6, 9,12, 13, 16].

Кисла реакція водного розчину фосфогіпсу і, особливо, наявність великої кількості фосфорних сполук, таких окислювачів, як фтор і хлор, хоча і в невеликих кількостях, а також його коагулюючі властивості, зумовили мацерацію верхніх тканин яєць різних паразитів і їх загибель за короткий термін[13].

З'ясовано [13,14,16], що при додаванні фосфогіпсу в гній процеси структурирування в ґрунті помітно активуються. Найбільш ефективне застосування складного компосту проявилось з пошаровим розміщенням різних відходів. При чергуванні шарів окремих відходів відбувається поглинання аміаку у зв'язку з обміном катіонів, наприклад, у фосфогіпсі на іон амонію. У розрахунку на 100т напівперепрілого гною в складному компості за участю фосфогіпсу зберігається до 500кг азоту. Висока ємність катіонного обміну та органічних речовин визначає

час значне поглинання більшої частини амонію і його закріплення в гранулах. Сума поглинених підстав становить від 30 до 40мг-екв./100 г, що при заміщенні всього 30% ємності поглинання мінеральними катіонами фосфогіпсу буде збережено в компості сульфату амонію приблизно 10-12мг-екв./100 г субстрату або 100-120кг на 1т фосфогіпсу.

Фосфогіпс та інші відходи, що містять мінеральні колоїди, які знаходяться в розчиненій формі в рідкій фазі, виступають «щільним екраном» для проникнення газоподібного аміаку та інших сполук азоту. Наприклад, фосфогіпс погано пропускає через себе рідину гною, його частинки набухають, поглинаючи вологу, в масі вона збільшується на 60-70%, не пропускаючи в підстильний ґрунт рідку частину напівперепрілого гною. Разом із азотними добривами фосфогіпсом затримуються також калій і вуглець в силу їх сильного агрегування з напівперепрілим гноєм. Чим сухіший фосфогіпс, тим вище позитивний ефект від його компостування із напівперепрілим навозом [16].

Складний компост, в якому регулюються кислотність та рівень органічних речовин за допомогою додавання у відповідній кількості навозу, рослинних залишків та фосфогіпсу, вноситься в ґрунт рано навесні або восени. Такий компост здатний підтримувати вологість у верхніх шарах ґрунту до 12% і вище, що відповідним чином впливає на перехід розчинних форм важких металів у важкодоступні [15,16,19].

Важливо відзначити також природоохоронну роль фосфогіпсу, при внесенні якого в складний компост, а по-

тім в ґрунт утворюються малорозчинні сполуки з важкими елементами. Підвищення в субстраті складного компосту кількості глинистих сполук і неорганічних речовин сприяє зниженню лужності і при нейтральній реакції сумішей (до рН 6,8-7,2) значна частина рухливих сполук важких металів переходить у важкодоступні для рослин речовини.

Кальцій, що надходить у складний компост в основному з твердими і рідкими мінеральними відходами, посилює водоспоживання нового утворення, визначає міцність структурних агрегатів, утворених в основному дисперсними і колоїдними мінеральними системами, знешкоджує токсичну дію багатьох солей важких металів.

Важкі метали шкідливо діють на рослини, використовуючи для цього багато "прийомів", серед яких, наприклад, такі:

- As, Au, Br, Cd, Cu, F, Hg, I і Pb порушують проникність клітинних мембран;

- As, Hg і Pb блокують у клітині реакції тіольних груп із катіонами;

- As, Sb, Se, Te, W і F конкурують із життєво важливими метаболітами;

- Al, Ba, Se, Hf і Ce впливають на фосфатні групи й активні центри АДФ (аденозиндіфосфорна кислота) і АТФ (аденозинтрифосфорна кислота);

- Cs, Li, Rb, Se і Sr заміщають життєво важливі макроелементи (Ca, Mg та ін.).

Найбільш загальними реакціями дії важких металів на біоструктуру клітини є реакції з SH-, NH₂- і COOH-групами білкових молекул. Зокрема, Hg, Pb, As, Cd безповоротно інактивують ферменти клітини, зв'язуючи вхідні до їхнього складу SH-групи цистину і цистеїну з утворенням меркаптідів.

Завдяки такій особливості, зазначені метали отримали назву *тіолових отрут*, токсичність котрих тим вище, чим міцніше вони зв'язуються із сіркою.

Катіони токсичних металів використовують і такий "прийом", як аглютинація (злипання) білкових ниток (міцелл), що знаходяться в цитоплазмі. Це відбувається завдяки здатності катіонів до нейтралізації негативного заряду міцел, які після цього втрача-

ють спроможність взаємно відштовхуватися (як будь-які однаково заряджені частинки) і починають злипатися. Тобто, відбувається дестабілізація колоїдних структур клітини [19].

Проведено [5] аналіз концентрації найбільш небезпечних домішок у фосфогіпсі ФГМ – важких металів (а також миш'яку) з урахуванням норм ГДК по ДСанПіН 2.2.7.029-99 (табл. 4).

Таблиця 4.

Вміст важких металів та As у фосфоритному фосфогіпсі [5]

Домішка	Валова концентрація, мг/кг		ГДК в ґрунті по ДСанПіН 2.2.7.029-99 (для валової форми)
	Атомно-адсорбційний полум'яний спектрофотометр Аас-Іп	Атомно-адсорбційний спектрофотометр «Сатурн»	
Свинець (Pb)	< 0,1	< 5	32,0
Кадмій (Cd)	< 0,1	0,4	-
Кобальт (З)		< 1,2	5,0
Нікель (Ni)	8,0 (< 0,1 [*])	< 2	4,0 [*]
Хром (Cr)	< 0,1 (< 0,1 [*])	4,8	6,0 [*]
Марганець (Mn)	< 0,1	< 0,5	1500
Ванадій (V)		< 25	100
Мідь (Cu)	70 (2,2 [*])	< 10	3,0 [*]
Олово (Sn)		< 70	-
Талій (Tl)		< 5	-
Ртуть (Hg)	< 0,1	< 5	5,0
Миш'як (As)**	5,24	3	10,0
Цинк (Zn)	67,8 (16,0 [*])		37,0 [*]

^{*} - для рухомої (водорозчинної) форми;

^{**} - аналіз виконувався фотометричним способом.

На підставі хімічного складу фосфогіпсу, а також вмісту в ньому небезпечних складових – важких металів, з урахуванням їх незначної рухливості в буферних середовищах і практичній нерозчинності у воді, фосфоритний фосфогіпс відповідно до токсикологічного висновку віднесений до малонебезпечних відходів (IV клас токсичності).

Дані щодо питомої активності окремих природних радіонуклідів у фосфогіпсі, а також кількісних показників переходу ізотопів з фосфориту у фосфогіпс, в процесі отримання екстракційної фосфорної кислоти, у відомій літературі представлені в недостатньому об'ємі. Тому було поставлено завдання детально вивчити ці питання.

Визначалася питома активність деяких природних радіонуклідів у сирійському фосфориті і отриманому з нього фосфогіпсі (табл.5). Дослідження проводилося в ТОВ «Центр радіоекологічного моніторингу» (м. Жовті

Води) на атестованих гамма-бета-спектрометричному комплексі «ПРО-ГРЕСС-БГ», альфа-спектрометрі «Прогрес-альфа» і гамма-спектрометрі з напівпровідниковим HPGe детектором фірми ORTEC (США).

Таблиця 5.

Питома активність природних радіонуклідів в сирійському фосфориті і в отриманому з нього фосфогіпсі [5]

	Питома активність природних радіонуклідів, Бк/кг								
	Ra-226	Th-232	K-40	U-234	U-235	U-238	Po-210	Pb-210	Th-230
Фосфорит сирійський	780 ±140	< 10	< 60	650 ±115	31,6 ±8,4	650 ±115	463 ±93	720 ±120	792 ±110
Фосфогіпс ФГМ	421 ±84	< 8	< 50	92 ±28	4,5 ±1,3	92 ±28	234 ±54	435 ±92	387 ±100
Відсоток переходу радіонукліда з фосфориту у фосфогіпс	54,0			14,2	14,2	14,2	50,5	60,4	48,9

Вміст торію-232 і калію-40 у фосфориті та фосфогіпсі незначний і знаходиться на межі чутливості методів вимірювань.

Ефективна питома активність природних радіонуклідів для негранульованого фосфоритного фосфогіпсу при використанні його в сільському господарстві для гіпсування ґрунтів розраховувалася відповідно до НРБУ-97 по формулі $A_{ef} = A_{Th-232} + A_{Th-230}$ і склала 800 Бк/кг при нормі 1900 Бк/кг, тобто близько 40 % від гранично допустимого значення. Тому такий фосфогіпс можна рекомендувати для створення складних компостів.

Внесення в ґрунт складного органічного компосту, що включає органічні речовини і полуторні окисли, при зниженні лужної реакції субстрату до рН 7,0-7,3 дозволяє за рік суттєво зменшити вміст рухомих форм важких металів (Cd, Co, Cu, Mg, Ni, Pb, Zn) на 60-70% - в основному шля-

хом переводу їх у важкодоступні для рослин з'єднання.

Джерелом кальцію в компості може бути фосфогіпс, доломіт, крейда, вапняна мука та інші природні мінерали, а також залишки сполук органічних утворень - зола деревних порід, кукурудзи, відходів лушпиння соняшника тощо.

Таким чином, створення складного компосту з використанням фосфогіпсу передбачає поліпшення багатьох позицій ґрунтового процесу - фізичних, хімічних і біологічних особливостей: утворенням сульфату амонію, формуванням активних еколого-трофічних груп мікроорганізмів, що підсилюють ферментативну активність у плані формування всього ґрунтового процесу.

Використання фосфогіпсу при вирощуванні їстівних грибів.

В теперішній час виробництво їсти-

вних грибів відбувається за участю сучасних інтенсивних технологій у великих спеціалізованих комплексах.

Будучи сапрофітами, їстівні гриби успішно ростуть на штучному субстраті, Основним вихідним матеріалом для приготування субстрату для їстівних грибів є кінський гній [20]. Субстрат, що приготовлений на основі кінського гною називається *натуральним*. Поряд з натуральним субстратом господарства широко впроваджують використання *напівсинтетичного*, який може готуватись із гною інших тварин (рогатої худоби, овець, кіз, свиней) і соломи, та *синтетичного субстрату*, що готується на основі лише соломи і курячого посліду.

Другим компонентом за величиною використання при створенні субстрату є пшенична або житня солома - постачальник вуглеводів, менше використовується ячмінна, вівсяна або рисова. Слід зауважити, що для приготування субстрату варто використовувати тільки свіжу солому, що має золотистожовте забарвлення. Гнилу, прілу, чорну солому використовувати для культивування печериць заборонено.

Третю складову становлять мінеральні добавки: гіпс (надає необхідну структуру і збагачує субстрат на кальцій), крейда, аміачна селітра, сечовина, доломітове борошно та інші матеріали. Вода використовується для зволоження всіх перерахованих компонентів.

Для приготування якісного субстрату необхідно знати першочергову вологість компонентів, вміст азоту, фосфору, калію, кальцію для розрахунку необхідної кількості мінеральних добавок. Враховуючи оптимальний вміст поживних елементів рекомендуються деякі рецептури субстратів для

печериць фермерських господарств[20].

Таблиця №6.

Класичний натуральний субстрат на основі кінського гною.

Компоненти	Кількість, кг
1. Кінський гній (свіжий)	2000
2. Солома	50
3. Сечовина	5
4. Сульфат амонію	5
5. Суперфосфат	5
6. Крейда	7,5
7. Гіпс	60

Таблиця №7

Напівсинтетичний субстрат з використанням гною свійських тварин

Компоненти	Кількість, кг
1. Пшенична солома	2000
2. Кукурудзяні початки (змелені)	340
3. Гній ВРХ середньосоломянистий	3200
4. Курячий послід	2000
5. Сечовина	100
6. Аміачна селітра	400
7. Гіпс	200

Таблиця №8.

Синтетичний субстрат без використання кінського гною

Компоненти	Кількість, кг
а)	
1. Солома	2000
2. Курячий послід	2000
3. Сечовина	50
4. Гіпс	170
5. Суперфосфат	40
6. Крейда	100
б)	
1. Солома	2000
2. Курячий послід	2000
3. Гіпс	120

Гіпс відіграє важливу роль в приготуванні компосту. Хоча його використовують всього біля 60кг на 1 тону

соломи. Він відіграє вирішальну роль у формуванні структури і кислотності компосту. Кислотність, в свою чергу визначає форму вмісту азоту в компості. Це дуже важливий показник для харчування міцелію печериць, які засвоюють органічний азот, але вони можуть використати також аміачний азот. При високих показниках рН, аміачний азот переходить у вільний, газоподібний аміак, який є токсичним для міцелію печериць. Тому одним із найважливіших показників якості компосту є повна відсутність запаху аміаку.

Для регулювання кислотності компосту можна використовувати фосфогіпс

Фосфогіпс не тільки регулює кислотність компосту, він є також поставачальником макро- та мікроелементів для розвитку мікроорганізмів та приймає участь в створенні структури

гумусу. *Норма внесення фосфогіпсу в компост становить в середньому - 40 кг на тону соломи. Кількість внесення гіпсу або фосфогіпсу розраховується індивідуально, виходячи з якості та кількості органічної сировини, що використовується для створення складного компосту. Після вирошування грибів ґрунт можна використовувати як органічне добриво в сільському господарстві [20].*

Висновки

Використовувати фосфогіпсу як мінерального компоненту разом з органічними відходами тваринництва та птахівництва дає можливість створювати якісні складні компости як повноцінні добрива для формування гумусу і всього ґрунтового процесу, а також вирішенню важливої проблеми - утилізації відходів сільського господарства та хімічної промисловості.

Літературні джерела.

1. Бойко А.В. Формування економічного механізму збереження потенціалу родючості земель. - Агросвіт № 1, 2012.-с.8-10
2. Корабльова А.І. Основи екології та екологічні засади ефективного управління у галузі природокористування / А.І.Корабльова, Г.Г.Шматков, Т.Г.Іващенко, Л.П.Новосельська.- Навч. посібник. - Херсон, 2014.-417с.
3. З.Цвей Я. П., Іваніна В.В. Солонцеві ґрунти та рекомендації по їх меліорації. - Київ -1999 р.,43с.
4. Брошак І.С. Основні вимоги до встановлення оптимальної кислотності ґрунтів Тернопільської області /І.С. Брошак, О.Я.Майструк. В науковому збірнику «Охорона родючості ґрунтів».-Київ, 2010.-вип 6, с.2-10.09.07.2010 р.
5. Іващенко Т.Г.Екологічно безпечні процеси утилізації фосфогіпсу і конверторного шлаку/ Т.Г.Іващенко. Автореф. канд дис. Хмельницький, 2010.-23с.
6. Муравьев Е.И., Добрыднєв Е.П., Белоченко И.С. Перспективы использования фосфогипса в сельском хозяйстве // Экол. Вестник Сев.Кавказа, 2007. Т.4. № 1. С. 107-115.
7. Белоченко И.С. Влияние фосфогипса на трансформацию азота в черноземе обыкновенном степной зоны Кубани // Экол. Вестник Сев. Кавказа. 2008. - Т. 4. - № 2. - С. 144-147.
8. Белоченко И.С. Сложный компост и его роль в улучшении почв // Экол. Вестник Сев. Кавказа. - 2012а. - Т. 8. - № 2. - С. 75-86.
9. Белоченко И.С., Муравьев Е.И. Коллоидный состав и коагуляционные свойства дисперсных систем почвы и некоторых отходов промышленности и животноводства // Тр. КубГАУ. 2008. № 11. С. 177-182.
10. Белоченко И.С. К вопросу о механизмах управления развитием сложных компостов // Экол. Вестник Сев. Кавказа, 2012в. - Т. 8. - № 3. - С. 88-111.

11. Байбеков Р.Ф. Научно-практические рекомендации по применению фосфогипса нейтрализованного в качестве химического мелиоранта и серного удобрения./Р.Ф.Байбеков, И.А.Шильников, Н.И.Аканова. - М:ВНИИА, 2012.- 42 с.
12. Муравьев, Е.И. Фосфогипс и проблемы его использования в сельском хозяйстве / И.С. Белоченко, Е.П. Добрыднєв, Е.И. Муравьев, О.А. Мельник, Д.А. Славгородская, Е.В. Терещенко, В.В. Гукалов // 1-й Международный аграрный конгресс «ЮГАГРО». – Краснодар, 2008. – С. 29.
13. Белоченко И.С. Использование отходов быта и производства для создания сложных компостов с целью повышения плодородия почв // Тр. / Куб ГАУ, 2012 б. - Т. 1. - № 38.- С. 68-72.
14. Белоченко И.С. Применение органических и минеральных отходов для подготовки сложных компостов с целью повышения плодородия почв // Тр. / Куб ГАУ, 2012г. - Т. 1. - № 39. - С. 63-68.
15. Муравьев, Е.И. Источники поступления и распространения тяжелых металлов в агроландшафтах / Е.И. Муравьев, Л.Б. Попок, Е.В. Попок, В.Н. Гукалов // Экологический Вестник Северного Кавказа. - 2008. - Т. 4. - № 1. - С. 25-30.
16. Белоченко И. С. Влияние сложного компоста на физические свойства земельного покрова / И.С. Белоченко. Научный журнал КубГАУБ №95(01), 2014 г.
17. Бушуев Н.Н. Физико-химические основы влияния примесей фосфатного сырья в технологиях фосфорсодержащих минеральных удобрений и чистых веществ /Н.Н.Бушуев. Докт. дис. Москва. - 2001, 238с.
18. Бондарь А.И. Особенности почвообразования осушенных почв мелководий Кременчугского водохранилища / А.И.Бондарь. Канд дисс.,-1985, 260с.
- 19.Корабльова А.І. Вступ до екологічної токсикології: А.І. Корабльова, Л.Г. Чесанов, А.Г.Шапар.Навч. посібник.-Дніпропетровськ: Поліграфіст,2003.-372 с.
20. Вдовенко С.А. Вирошування їстихних грибів / С.А. Вдовенко.- Навч. посіб., 2010.- 120с.