НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ АГРОЕКОЛОГІЇ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ НААН
ІНСТИТУТ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ПОЛІССЯ НААН

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАХОДІВ З РЕАБІЛІТАЦІЇ КРИТИЧНИХ ЕКОСИСТЕМ РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ РЕГІОНІВ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ

Київ - 2015

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ АГРОЕКОЛОГІЇ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ІНСТИТУТ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ПОЛІССЯ

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАХОДІВ З РЕАБІЛІТАЦІЇ КРИТИЧНИХ ЕКОСИСТЕМ РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ РЕГІОНІВ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ

Київ – 2015

УДК 631.95: 631.438

Методичні рекомендації щодо заходів з реабілітації критичних екосистем радіоактивно забруднених регіонів Українського Полісся.

- К.,2015.- 30 с.

Викладено методичні рекомендації з реабілітації та відновлення агроекологічних функцій радіоактивно забруднених, дерново-підзолистих ґрунтів, виведених з господарського використання внаслідок забруднення радіонуклідами після аварії на Чорнобильській АЕС. Представлено теоретико-методологічне обґрунтування формування ресурсо- та енергозберігаючих моделей агроекосистем та запропоновані шляхи їх реалізації на практиці з урахуванням природно-ресурсного потенціалу земель які після реабілітації можуть бути залучені у сільськогосподарське виробництво, а також враховане при виборі його спеціалізації.

Рекомендації можуть бути використані в навчальному процесі при викладанні навчальних курсів "Радіоекологія в агросфері" та "Радіоекологія в біосфері" студентам освітньо-кваліфікаційних рівнів "Магістр" та "Доктор філософії".

Методичні рекомендації розробили:
В.П. Ландін – доктор с.-г. наук;
В.А. Проневич – доктор с.-г. наук;
М.Д. Кучма- доктор с.-г. наук;
Г.М. Чоботько- доктор біологічних наук, проф.;
Т.В. Ільєнко – кандидат с.-г. наук;
Л.А. Райчук – кандидат с.-г. наук;
І.К. Швиденко – завідувач сектору;
М.Ю. Тараріко – аспірант;
В.П. Фещенко –аспірант;
В.А. Захарчук –здобувач;
О.І.Гриник –науковий співробітник;
О.А. Білокінь – провідний фахівець;
(Інститут агроекології і природокористування НААН України)
А.О. Мельничук – кандидат с.-г. наук, с.н.с.
О.І. Савчук – кандидат с.-г. наук, с.н.с.;
К.М. Камінська – аспірант
(Інститут сільського господарства Полісся НААН)
О.В. Дробот – кандидат с.-г. наук
(Житомирський національний агроекологічний університет)
А.В. Полупан – кандидат економічних наук, с.н.с.;
О.І. Борисенко – науковий співробітник;
В.В. Богомолов – старший науковий співробітник
(Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького)

Науковий редактор:
академік НААН, д.с.-г.н., проф. Тараріко О.Г.

Рецензенти:
С.Ю. Булигін – доктор с.-г. наук, професор, академік НААН
Н.В. Палапа– доктор с.-г. наук, с.н.с.,завідувач лабораторії

Розглянуто і затверджено до друку рішенням Вченої ради Інституту агроекології та природокористування НААН (протокол № 9 від 14 вересня 2015 р.)

© 2015 Інститут агроекології і природокористування НААН

Зміст

		Вступ	**4**
1		Природна характеристика зони Полісся	**5**
	1.1	Клімат	**5**
	1.2	Рельєф	**6**
	1.3	Гідрологія	**7**
	1.4	Ґрунтовий покрив	**7**
	1.5	Радіоактивне забруднення ґрунтів та угідь	**8**
	1.6	Вплив змін клімату на природні умови Полісся	**8**
2		Реабілітація та відновлення продуктивної функції забруднених земель з метою їх повернення в господарське використання	**9**
	2.1	Традиційні й альтернативні системи відновлення продукційних функцій ґрунтів	**10**
	2.2	Баланс гумусу	**11**
	2.3	Баланс біогенних елементів	**11**
	2.4	Відтворення енергопотенціалу ґрунту як фактору сталого розвитку агроекосистем	**13**
3		Вплив традиційних і альтернативних систем землеробства на відновлення продуктивності радіоактивно забруднених земель та їх агроекономічна та енергетична ефективність	**14**
4		Моделі ресурсо - та енергозберігаючих систем ведення аграрного виробництва на радіоактивно забруднених землях, що повертаються в аграрне виробництво	**21**
5		Пропозиції до збалансованого розвитку радіоактивно забруднених земель	**28**

Вступ

Внаслідок Чорнобильської катастрофи близько 42 тис. км^2 території України, було забруднено радіонуклідами. Від радіоактивного забруднення найбільше постраждали сільськогосподарські угіддя Київської, Житомирської, Рівненської, Чернігівської та Волинської областей. На території Київської і Житомирської областей знаходиться найбільша кількість земель, виведених із сільськогосподарського обігу. Станом на 2014 р. в Україні площі земель забруднених ^{137}Cs щільністю більше 40 кБк/м^2 становлять 2,1 млн га, а забруднених ^{90}Sr щільністю більше 4 кБк/м^2 більше 2,2 млн. га. Донині в зонах безумовного (обов'язкового) відселення продовжує проживати 664 родини.

За період, що минув після Чорнобильської аварії, радіаційна ситуація на забруднених територіях істотно змінилась, а щільність забруднення ґрунтів зменшилася вдвічі. Насамперед, це відбулося завдяки природним процесам: фізичному розпаду радіонуклідів і міграцією їх за межі кореневмісного шару та іммобілізації ґрунтово-поглинальним комплексом, а також проведенню протирадіаційних заходів. Окрім сільськогосподарських угідь під радіоактивне забруднення потрапили і лісові землі. У 90-х роках минулого століття площі лісів, забруднені ^{137}Cs з щільністю більше 40 кБк/м^2, становили 0,83 млн. га, з яких понад 0,6 млн. га підлягають реабілітації з відновленням господарської діяльності. Тому значна частина виведених сільськогосподарських угідь може бути повернена до сільськогосподарського виробництва.

Але й досі залишається низка проблем, зумовлених зменшенням обсягів протирадіаційних заходів, тому в структурі загальної дози опромінення населення переважає внутрішнє опромінення внаслідок споживання харчових продуктів, що виробляються на радіоактивно забруднених територіях.

Через низьку природну родючість дерново-підзолистих ґрунтів і складну соціально економічну ситуацію значна частина поліських земель не використовується в сільськогосподарському виробництві, в тому числі й радіоактивно забруднені землі. За даними департаментів АПР обласних держадміністрацій станом на 01.01. 2012 року в Чернігівській, Житомирській, Рівненській, Волинській областях у сільськогосподарському виробництві не задіяно 1160,9 тис. га. у порівнянні із 1990 роком (відповідно по областях: 404,0; 404,1; 168,1; 184,7; тис. га).

Тому раціональне використання радіоактивно забруднених земель повинно здійснюватись відповідно до агроекологічного групування земель з урахуванням генетичних властивостей ґрунтів, щільності забруднення радіонуклідами, інтенсивності їх міграції в системі «ґрунт-рослина» та біологічних особливостей вирощуваних сільськогосподарських культур. Важливе значення у цьому відношенні має відновлення родючості ґрунтів які передбачається повернути у господарське використання, що забезпечить не тільки достатньо

високу продуктивність агроекосистем але й гарантуватиме отримання якісної та безпечної продукції.

1. Природна характеристика зони Полісся

Українське Полісся - це окрема природно-екологічна зона, що займає північну і північно-західну частину території України площею близько 9.7 млн. га, або 16,3 % від усієї території. До складу Полісся входять північні райони Сумської, Чернігівської, Київської, Житомирської, Хмельницької, Рівненської, Волинської, Тернопільської і Львівської областей.

1.1. Клімат

Кліматичні особливості Полісся визначаються насамперед її географічним положенням, напрямами руху повітря, характером рельєфу. Україна розташована на південному сході Європи у помірному кліматичному поясі. Для більшої частини її території характерний помірно континентальний клімат.

Середньорічна кількість опадів від 550 мм у східному та центральному Поліссі збільшується до 600–650 мм у західному напрямку, а в окремих південно-західних районах дещо перевищує 700 мм. Проте, спостерігаються роки із надмірною кількістю опадів до 850–950 мм та посушливі – коли річна кількість опадів не перевищує 300–400 мм. Як свідчать дані комплексної оцінки умов зволоження, гідротермічний коефіцієнт за вегетаційний період коливався в межах 0,9-1,9 при оптимальному 1,0–1,5.

Теплові ресурси зони Полісся за вегетаційний період визначаються сумами активних температур, тобто середніми добовими температурами вище 10°С. На Полісся сума активних температур дорівнює 2300–2600 °С. Унаслідок глобальних змін клімату сума активних температур збільшується в середньому за рік на 10-20 ^{0}С, що в цілому сприяє просування традиційно південних культур (кукурудза, соняшник, соя) в зону Полісся.

В останні роки середньомісячні температури протягом вегетаційного періоду на 0,3–0,7°С перевищували середньобагаторічні значення. На рис. 1 представлено підвищення середньорічної температури по Житомирській області за супутниковими даними за період з 1982 по 2014 р. Температура поверхні Землі за цей період закономірно підвищувалась, що позитивно впливало на рослинність, про що свідчить показник NDVI, який характеризує стан земної рослинності. Цей показник також закономірно покращувався синхронно з підвищенням у часі температури поверхні території Житомирської області. Якщо в подальшому збережеться аналогічна історичному періоду

темп підвищення температурних показників до 2025 року то зона Полісся, і зокрема Житомирська область за температурним критерієм будуть відповідати умовам зон Лісостепу (рис.1).

Отже актуальним у цьому відношенні раціонального чи ефективного використання додатково теплового ресурсу в т.ч. це відкриває нові можливості і доцільність залучення радіоактивного забруднених земель після їх реабілітації у виробниче використання.

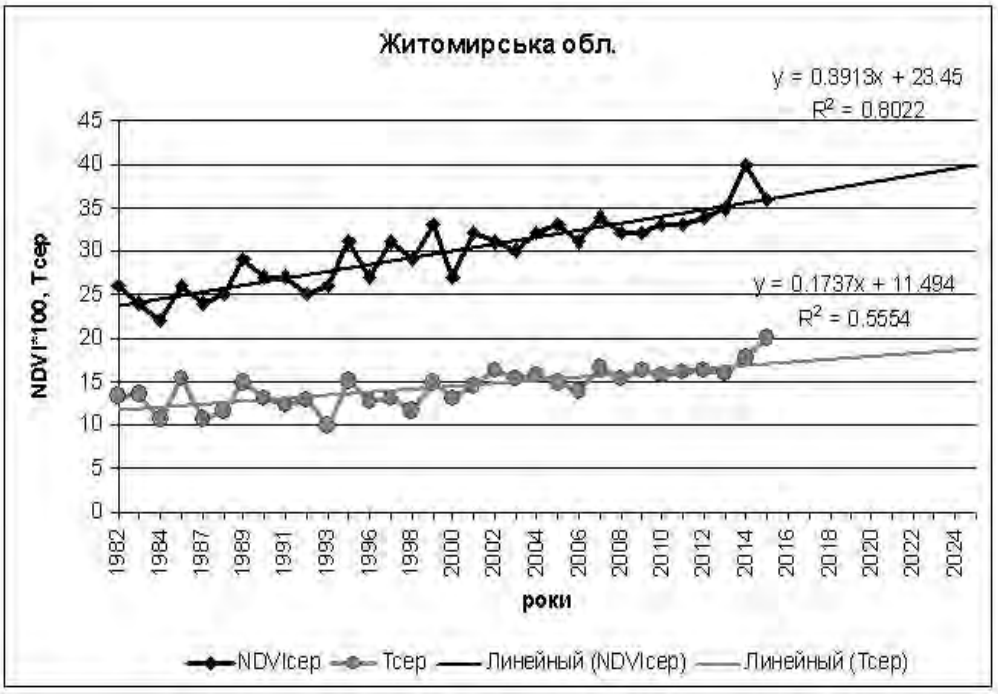

Рис.1. Тренд підвищення температури поверхні Житомирської області (Тсер) та стану рослинності (NDVI сер.) за період 1982-2014 за супутниковими даними

Пониженою температурою (на 0,5–3,3°С) повітря відзначалися 1991, 1993, 1987, 1984 роки. Досить вологими були 1986 з , 1988, 1991 роки, коли за період вегетації випало 511–538 мм, що значно перевищує норму. Як свідчать дані комплексної оцінки умов зволоження вегетаційного періоду, лише протягом восьми років вони відповідали оптимальним значенням, гідротермічний коефіцієнт був в межах 1,1–1,4. Впродовж інших років проведення досліджень спостерігались посушливі та досить вологі періоди (ГТК коливався в межах 0,9–1,9).

Для більшості таких культур, як кормові буряки, картопля, горох та інші, тепла вистачає, а забезпеченість кукурудзи тісно пов'язана з групами сортів різної скоростиглості. На півночі Полісся повної стиглості можуть досягати тільки ранні сорти кукурудзи.

1.2. Рельєф

Полісся являє собою слабохвилясту рівнину з великою кількістю мілких і великих заболочених знижень, яка в значній частині належить до терасової області р.Дніпра і його найбільших приток Прип'яті і Десни.

В геологічній будові поліської рівнини беруть участь різні за своїм віком і складом відклади: граніти, мергель крейдяного періоду, піски третинного періоду. Поверхневі ґрунтотвірні породи представлені водно-льодовиковими, давніми і сучасними алювіальними річковими відкладами (пісками, супісками і суглинками), мореною, карбонатними лесами легкого механічного складу і мергелями крейдяного періоду.

1.3. Гідрологія

Значення рельєфу для гідрологічного режиму виражається у впливі елементів мікрорельєфу на опади, температуру, випаровування.

Особливості кліматичних умов і рельєфу визначають гідрологічний режим території Полісся, яка відрізняється густою річковою мережею, великими запасами підземних вод і високим ступенем заболочення. Середня густота річкової мережі становить 0,29 км/км^2, найбільша вона в басейні р. Горинь (0,50 км/км^2), а найменша – в басейні р. Остер (0,16 км/км^2) .

Для водного режиму річок Полісся характерною є зимова межень та розтянутість весняної повені, яка супроводжується широкими розливами, а також літньо-осіння межень, що порушується лише невесокими дощовими повенями.

Полісся також багате на підземні води. Кількість водоносних горизонтів, глибина залягання і їх режим пов’язані з геологічною будовою, рельєфом місцевості. Підземні води, які виклинюються на денну поверхню частково живлять річки та сприяють утворенню боліт.

Зважаючи на специфічні особливості водного режиму території, в межах Поліської низовини склалися умови, сприятливі для болотоутворення. Виникнення боліт, їх формування та сучасний стан, крім життєдіяльності рослин та найпростіших тварин, обумовлюється рядом фізико-географічних факторів. Тут розповсюджені верхові, низинні та перехідні типи боліт. Розвиток болотоутворювального процесу в Поліссі пов'язаний з особливістю рельєфу, покривних порід та гідрологічних умов, що склалися.

1.4. Ґрунтовий покрив

Наявність різних ґрунтотворних порід, близьке залягання до поверхні ґрунтових вод і поєднання підзолистого, дернового і болотного процесів ґрунтотворення обумовили на Поліссі велику різноманітність ґрунтового покриву. Складність ґрунтового покриву в районах Полісся пояснюється не стільки великою різноманітністю ґрунтів, скільки частим чергуванням двох-трьох відмін на відносно невеликих ділянках. Найбільш поширені типи

ґрунтів: дерново-слабопідзолисті піщані і глинисто-піщані, дерново-середньопідзолисті супіскові, сірі опідзолені (лісові), торфово-болотні, перегнійно-карбонатні.

Найбільшу частку на Поліссі займають дерново-підзолисті ґрунти, площа яких становить близько 70 % від усієї території зони. Вони, як правило, утворилися, на піщаних, глинисто-піщаних і супіскових ґрунтотворних породах, які в значній мірі обумовлюють їх агровиробничі властивості. Такі ґрунти мають високу водопроникність і малу водозатримну здатність, належать до найменш зволожених серед інших ґрунтів Полісся, що частково обмежує їх сільськогосподарське використання. Ці ґрунти мають незначну кількість гумусу (1,3-2,0 %), невелику глибину гумусового шару (до 18 см), дуже низьку ємкість вбирання і низький ступінь насиченності основами, містять незначну кількість елементів живлення рослин. Як правило, такі ґрунти з метою раціонального використання відводяться під штучне залісення.

Агровиробничі властивості торфових ґрунтів різноманітні. Серед них є кислі, карбонатні і засолені, низинні, перехідні і верхові, гіпново-осокові, сфагнові, дерново-трав'яні залежно від ботанічного складу рослин - торфоутворювачів. Є торфові ґрунти малозольні (сфагнові) і високозольні, слабо, середньо і добре розкладені. Торф верховий і перехідний має низьку зольність, кислу реакцію, часто з накопиченням токсичних для рослин сірчанокислих сполук заліза. Торф низинних торфовищ має підвищену зольність, вищий ступінь мінералізації, нейтральну, або слаболужну реакцію ґрунтового розчину. Ці властивості типових торфовищ вказують на вищу потенційну їх родючість.

1.5. Радіоактивне забруднення ґрунтів та угідь

За даними Держагропрому України станом на 1 січня 1990 року, унаслідок аварії на ЧАЕС ^{137}Cs з щільністю вище 1 Кі/ км^2 (37 кБк/ м^2), було забруднено 2,5 млн. гектарів сільськогосподарських угідь, з яких більше 2 млн. га ріллі, 365 тисяч га природних сінокосів та пасовищ, 1,5 млн. гектарів лісів і багаторічних насаджень.

Найбільші щільності забруднення сільськогосподарських угідь (понад 80 Кі/ км^2) були виявлені в Київській і Житомирській областях, до 15 Кі/ км^2 - в Рівненській і Чернігівській, до 10 Кі/ км^2 в Черкаській. Інші області мали щільність забруднення ґрунтів і угідь не вище 2 Кі/ км^2 (74 кБк/м^2).

1.6. Вплив змін клімату на природні умови Полісся

Проблема зміни клімату виділена в перший ряд глобальних і довгострокових викликів 21-го століття та пріоритетів міжнародного порядку денного. Приповерхнева температура повітря у кожному з останніх трьох десятиріч 20-го століття була вищою за всі попередні, починаючи з 1850 р., а перше десятиріччя 21-го століття було найтеплішим.

Середня температура земної поверхні зросла на 0,75°С протягом періоду з 1880 по 2012 рік.

У зв'язку із нерівномірністю випадіння опадів та підвищення температури у вегетаційний період в ближній і віддаленій перспективі можна очікувати збільшення повторюваності посушливих явищ, в т.ч. з екстремально високими температурами. Це може привести до розширення зони ризикованого землеробстві в зоні Полісся.

2. Реабілітація та відновлення продуктивної функції забруднених земель з метою їх повернення в господарське використання

Аналіз та узагальнення даних радіологічного обстеження орних земель України встановили, що станом на 01.01.2013 р. забруднення ^{137}Cs вище 37 кБк/м^2 на сільськогосподарських угіддях України поширене на площі 461,7 тис. га, з них орних земель − 345,9 тис. га. Забруднені території розташовані в межах 12 областей, де було обстежено 8,8 млн. га. Найбільші площі угідь, забруднених ^{137}Cs, знаходяться в таких областях: Житомирській – 156 тис. га, Рівненській – 52 тис. га, Чернігівській – 52 тис. га. та Київській – 34 тис. гектарів.

За час, що минув після Чорнобильської аварії, за рахунок природнього розпаду радіонуклідів, поверхневого їх змиву і вертикальної міграції у грунти територія сільськогосподарських угідь забруднених радіонуклідами зменшилась до 50%. В основному зменшення відбулось за рахунок природного фізичного розпаду первинної кількості радіонуклідів.

Важливим в цьому відношенні також є те, що на площах які були відведені з сільськогосподарського використання, внаслідок їх високого забруднення радіонуклідами, ризик переходу радіонуклідів у сільськогосподарську продукцію за цей період значно знизився. Отже постало актуальне питання щодо відновлення продукційних функцій цих земель та повернення їх у безпечне сільськогосподарське використання.

У значній мірі неблагополучна екологічна ситуація на землях забруднених радіонуклідами обумовлена особливостями ґрунтово-кліматичних умов зони Полісся - низьким забезпеченням основними елементами живлення рослин, низьким вмістом гумусу, підвищеною кислотністю ґрунтів, що зумовлює високі коефіцієнти переходу радіонуклідів із ґрунту в рослини і міграції їх у суміжні середовища. Оптимізація їх продуктивних функцій в т.ч. фізика хімічних параметрів, вмісту гумусу та бездефіцитного балансу біогенних елементів, особливо калію.

У цій ситуації важливими заходами з реабілітації радіоактивно забруднених земель сільськогосподарського призначення є вапнування ґрунтів та застосування мінеральних

добрив, особливо калійних, що не тільки знижує накопичення радіонуклідів в сільськогосподарських культурах, але оптимізує продуктивні функції ґрунтів, збільшує врожаї що сприяє зниженню вмісту радіонуклідів на одиницю маси рослинницької продукції. Але в сучасних умовах обсяги внесення мінеральних добрив різко зменшились, а вапнування кислих ґрунтів практично призупинено. Тому актуальним є застосування не тільки традиційних заходів відновлення продуктивних функцій цих земель, але й розробка економічно та енергетично ефективнихтехнологій.

2.1. Традиційні й альтернативні системи відновлення продукційних функцій ґрунтів

Вирішення цієї проблеми досягається шляхом управління балансом органічної речовини в агроекосистемах як традиційними способами, тобто використання гною, так і альтернативних яки передбачають використання в якості органічних добрив побічної продукції рослинництва та біомаси сидеральних культур, наприклад люпину. Важливим в цьому відношенні є управління процесами гуміфікації та мінералізації органічної речовини шляхом оптимального співвідношення C:N. Відновлення родючості забруднених радіонуклідами земель у великій мірі залежить від системи удобрення культур у сівозміні. Досягнення економічно достатнього рівня урожайності культур і продуктивності сівозмін та підвищення стійкості посівів до несприятливих агрометеорологічних факторів безпосередньо залежить як від обраної спеціалізації агроекосистем так і обраної стратегії управління підтриманням фізико-хімічних параметрів ґрунту, балансу гумусу та основних біогенних елементів у них. На відміну від чорноземів, дерново-підзолисті ґрунти під впливом цих факторів швидше відновлюють продуктивні функції, що відповідно позначається на урожайності культур. У результаті добре окультурені дерново-підзолисті ґрунти в умовах більш стабільного режиму зволоження при однаковому рівні витрат на їх відновлення в багатьох випадках за продуктивністю здатні переважати навіть чорноземи.

Для реабілітації та відновлення продуктивних функцій забруднених радіонуклідами земель важливим є обрання найбільш екологічно та економічно обґрунтованих стратегій, яки б враховували сучасні економічні можливості виробничих структур та реалізацію політики ресурсо- та енергозбереження. Зокрема, традиційна система реабілітації і відновлення родючості радіоактивно забруднених земель яка передбачає насиченість сівозмінної площі органічними добривами до 10 т/га та мінеральними добривами до 150-200 кг. д.р. на 1 га. Основним принципом застосування мінеральних

добрив, особливо азотних, є "розумна достатність", яка забезпечує сталу продуктивність рослинництва та безпечний стан навколишнього природного середовища.

Альтернативні технології базуються на використанні в якості органічних добрив біомаси побічної продукції та сидератів разом з помірними дозами мінеральних добрив та вапнуванням.

Важливим при цьому є дотримання оптимального співвідношення органічних і мінеральних добрив у сівозміні, коли на 1 тонну органіки застосовується до 15 кг діючої речовини мінеральних добрив.

2.2. Баланс гумусу

Дослідження, проведені за останні десятиліття дали змогу зробити висновок про те, що гумусний стан ґрунту є інтегральним показником рівня його окультуреності та продуктивності на радіоактивно забруднених землях спостерігається тісна залежність між вмістом гумусу в ґрунті і продуктивністю посівів та рівнем надходження радіонуклідів в сільськогосподарську продукцію. Тому відтворення гумусного стану особливо забруднених ґрунтів після завершення виробничого циклу є одним з головних умов забезпечення сталого розвитку агроекосистем, систематичного підвищення їхньої продуктивності та незалежності від зовнішніх несприятливих факторів, зокрема, агрометеорологічних умов.

Після досягнення бездефіцитного балансу гумусу в сівозмінах можна ставити завдання підвищення його до оптимальних або максимальних значень, характерних для відповідних аналогів ґрунтів. З цією метою, знаючи заплановані розміри збільшення запасів гумусу, коефіцієнт гуміфікації органічних добрив, поживних решток тощо, та період часу, за який передбачається збільшити вміст гумусу, визначають можливості додаткового внесення органічних добрив або зміни структури посівних площ шляхом збільшення площі посіву багаторічних трав, сидератів чи відповідного зменшення просапних культур.

Дія добрив на баланс органічної речовини в сівозмінах подвійна. З одного боку, через позитивний вплив на врожайність культур завдяки збільшенню обсягів рослинних решток додатково поповнюються запаси органічного вуглецю в ґрунті. Загалом, запаси як загального, так і лабільного гумусу в ґрунті залежать від традиційних органічних добрив та надходження біомаси з кореневими і пожнивними рештками. Коефіцієнт кореляції між запасами органічного вуглецю в ґрунті і надходженням органічної біомаси в цілому по сівозміні становить r = 0,95.

2.3. Баланс біогенних елементів

Основними джерелами надходження макро- і мікроелементів у ґрунтовий розчин є мінеральні та органічні добрива, атмосферні опади, насіння і посадковий матеріал, симбіотична фіксація азоту бобовими культурами, несимбіотична фіксація азоту в ґрунті, біологічна трансформація фосфору і калію. Головними статтями витрат є винос поживних речовин з урожаєм культур, втрати їх з інфільтраційними водами, внаслідок ерозії та втрати азоту в газоподібній формі.

Узагальненням даних довготривалих агротехнічних стаціонарних дослідів було встановлено, що з метою виявлення ступеня порушення балансової рівноваги в окремих сівозмінах і агроекосистемах доцільно використовувати показник інтенсивності балансу, що визначають за формулою:

$$Ш = (Н/В) \times 100,$$

де Ш —інтенсивність балансу речовини, %;

Н — надходження поживних речовин у ґрунт, кг/га д.р.;

В — їх втрати, кг/га д.р.

Мінеральні системи удобрення не забезпечують оптимальної інтенсивності балансу азоту і калію та значно перевищують оптимальний рівень цього показника за фосфором.Одинарна норма гною не компенсує відчуження з ґрунту всіх елементів живлення, а рівень повернення азоту становить 76%, фосфору — 71 та калію — 59%. Доповненням гною мінеральними добривами досягається близька до оптимальної інтенсивність балансу за азотом і калієм та завищена за фосфором. Органічна система удобрення з внесенням 20 т/га сівозмінної площі гною з погляду рівня повернення елементів живлення виявилася найбільш близькою до оптимальної з інтенсивністю балансу азоту 97%, фосфору — 121% і калію — 95%.

В Україні за останні 10 років рівень внесення мінеральних добрив, у порівнянні з 90-и роками 20 сторіччя, зменшився в 15 разів. У землеробстві склався від'ємний баланс основних елементів живлення. За результатами агрохімічного обстеження, проведеного регіональними проектно-технологічними центрами охорони родючості ґрунтів і якості продукції, за останні 5 років відмічається зниження вмісту рухомого фосфору в орних землях, особливо в поліській та степовій зонах. В Україні вже нараховується майже 10% обстеженої площі з дуже низьким і низьким вмістом рухомого фосфору. Відмічається також подальше зменшення вмісту обмінного калію. Нині в зоні Полісся більше третини площ з дуже низьким і низьким вмістом обмінного калію.

Різке зменшення обсягів внесення органічних і мінеральних добрив призводить до зменшення загальної чисельності й активності мікроорганізмів у ґрунті. Тривалість цього процесу залежить від накопичених запасів елементів живлення та властивостей ґрунту.

При цьому рівень біогенності ґрунту може стати нижчим, ніж він був до введення його в обробіток.

Великої шкоди ґрунтам Полісся завдає підвищення кислотності ґрунтового розчину. Середній недобір рослинницької продукції у порівнянні з урожаєм, який можна одержати за оптимальної кислотності, сягає на сильнокислих ґрунтах 8–9 ц кормових одиниць з гектара, на середньокислих – 6–7, на слабокислих – 4–5 ц кормових одиниць.

Вапнування ґрунтів в поєднанні із внесенням органічних добрив дає змогу оптимізувати реакцію ґрунтового розчину, наблизити її до нейтральної, що сприяє підвищенню ефективності добрив і агротехнічних прийомів вирощування.

Нераціональне землекористування та систематичні порушення у застосуванні агротехнологій вже позначилися і на продуктивності сільськогосподарських угідь. Порівняння структури посівних площ та урожайності основних культур засвідчило значне скорочення площ під однорічними та багаторічними травами, які є стабілізуючим чинником агроландшафтів, а збільшення посівів соняшнику і ріпаку, вирощування яких пов’язане з певними екологічними ризиками, особливо за недотримання науково-обгрунтованих сівозмін.

Для поліпшення агроекологічної ситуації в Україні, що склалася внаслідок систематичного порушення основного закону землеробства, необхідним є термінове застосування заходів щодо оптимізації кругообігу речовин. Внесення органічних і мінеральних добрив у дозах, що повністю компенсують дефіцит гумусу і винос поживних елементів урожаями, сприятиме досягненню максимальної замкненості біотичного кругообігу речовин, підвищенню родючості ґрунтів та забезпеченню сталого функціонування агроекосистем.

Таким чином, регулюванням співвідношення в сівозміні просапних культур, зернових, багаторічних трав і сидератів можна істотно впливати на накопичення основних біогенних елементів. Максимальне насичення сівозмін польовими культурами з тривалим періодом вегетації також сприяє зниженню втрат вказаних елементів з інфільтраційними водами.

Вирощування енергетичних культур для зменшення використання викопних видів палива і, тим самим, зменшення викидів парникових газів, може бути доволі прибутковим видом бізнесу у сільськогосподарському виробництві. З цією метою під їх посіви можна відводити частину радіоактивно забруднених земель після їх реабілітації, що не повністю придатні для отримання безпечної продукції з точки зору її забруднення радіонуклідами.

2.4. Відтворення енергопотенціалу ґрунту як фактору сталого розвитку агроекосистем

Вивчення енергетичного потенціалу ґрунтів безумовно має важливе значення і виводить дані дослідження на вищий рівень – рівень енергетичного балансу екосистем у загалі. Енергія відіграє ключову роль у формуванні та розвитку лісових і лучних екосистем. Ґрунт має високу енергетичну ємність і завдяки цьому здатний забезпечувати стабілізацію екосистем. Встановлено, що чим менше поглинається енергії біотичною складовою екосистем – рослинністю, тим більше її акумулюється в ґрунті. Енергетичний потенціал ґрунту є важливим критерієм сталого функціонування агроекосистем який потрібно враховувати при реабілітації та відновленні продуктивності радіоактивно забруднених земель.

Найвищий позитивний вплив на гумусний та енергетичний стан, а також показники родючості ґрунту забезпечує органічно-мінеральна система удобрення з використанням як гною так і біомаси рослинних решток та сидератів. Тому, необхідно враховувати, що за альтернативної системи відновлення забруднених ґрунтів потребується підвищений контроль за фізико-хімічними параметрами ґрунтів. Ефективним заходом в цьому відношенні є застосування компенсуючого вапнування.

Агрокліматичні умови Полісся характеризуються здебільшого достатнім рівнем природного зволоження, однак рівень його використання рослинами обмежується високим ступенем вертикальної інфільтрації. Внаслідок інфільтрації опадів втрати нітратного азоту під просапними культурами можуть сягати до 70 кг/га, калію - 90, магнію - 25 і водорозчинного гумусу до 25 кг/га, В сівозмінах з багаторічними травами ці втрати знижуються майже у два рази. Тому науково обгрунтована сівозміна та застосування органо-мінеральної системи удобрення в зоні Полісся є основними засобами відновлення їх продукційного потенціалу особливо на радіоактивно забруднених ґрунтах які повертаються у виробниче використання.

3. Вплив традиційних і альтернативних систем землеробства на відновлення продуктивності радіоактивно забруднених земель та їх агроекономічна та енергетична ефективність

Упродовж усього періоду з дня Чорнобильської катастрофи науковими установами, що проводили дослідження на радіоактивно забруднених землях розроблено цілісні системи контрзаходів (агротехнічні, агрохімічні, організаційні), які направлені на отримання нормативно чистої продукції. Названі заходи стали складовою частиною існуючої система землеробства, яка не здатна в повній мірі покращити радіологічний стан довкілля та забезпечити вирощування безпечної сільськогосподарської продукції. Вона навпаки, створює можливість вторинного переносу шкідливих речовин і, як наслідок, сприяє поширенню уражених площ і відповідно забрудненню

урожаю культур, які зростають на суміжних ділянках з низькою щільністю забруднення.

Встановлено, що радіоцезій транспортується у сорбованій формі на дрібноземі по лінії поверхневого стоку, або пилотоку. Це тісно пов'язано з процесами водної ерозії на території зі складною геоморфологією та дефляції на рівнині. У одному і другому випадках активність цезію-137(^{137}Cs) в матеріалі, який переноситься, вища, ніж в ґрунті, що залишається. Інтенсивність позакореневого поглинання нуклідів з пилу, який осідає на листках рослин, перевищує вбирання їх коріннями з ґрунту.

Міграція шкідливих речовин суттєво залежить від виду угідь. Найбільший їх переніс відбувається на орних землях. На лукопасовищних угіддях спостерігається незначний перерозподіл продуктів ділення, а на ділянках, зайнятих лісом – взагалі відсутній. Тому для зниження інтенсивності міграції нуклідів особливого значення набуває екологічно оптимізована структура угідь. Саме вона має стати основою організації землекористування на уражених землях.

Вирішення цієї проблеми полягає в реформуванні системи землеробства на еколого-ландшафтній основі. Це практично означає перехід на адаптивно-ландшафтну систему землеробства, яка розроблена в Інституті сільського господарства Полісся НААН. Вона враховує відповідність вимог рослин до умов зростання і їх здатність до накопичення радіонуклідів, що дозволяє визначити екологічно придатну структуру посівної площі та розробити систему сівозмін, просторове розміщення яких направлено на одержання конкуренто спроможної якісної рослинницької продукції.

Якість продукції, в значній мірі, визначається складом сівозмін. Як відомо, поглинання цезію-137 зернобобовими культурами у 3-10 разів перевищує їх накопичення зерновими, а ярими зерновими у 2 рази більше, ніж озимими. Конюшина накопичує радіонуклідів більше, ніж люцерна, а коренеплоди – більше, ніж картопля. Тому шляхом підбору культур забрудненість рослинницької продукції можна знизити у 2-3 рази.

Враховуючи різну здатність культур до поглинання нуклідів, рекомендується при визначенні структури посівної площі та складу сівозмін розподіляти орні землі за щільністю забруднення на 5 агроекологічних груп: <1, 1-5, 5-10, 10-15 і >15,0 Кі/км^2 (табл. 1). Землі, які забруднені менш ніж на 1 Кі/км^2, використовуються під всі культури без обмежень. Рілля, що відноситься до другої групи, має деякі обмеження щодо вирощування люпину. На землях третьої групи ці застереження стосуються всіх бобових культур. На ділянках, забруднених щільністю 10-15 Кі/км^2 бажано зернобобові висівати лише в якості сидератів. Крім цього, тут не рекомендується висівати льон на волокно, картоплю та коренеплоди для продовольчих цілей. Використання земель п'ятої групи передбачає

виведення їх зі складу ріллі та розміщення на них насінницьких посівів багаторічних злакових і бобових культур.

Отже, відправною позицією розробки системи землеробства на забруднених землях має бути її адаптація до просторової структури ґрунтового покриву та його забруднення шкідливими речовинами. На цій основі є всі підстави для запровадження *моделей ресурсо - та енергозберігаючих систем ведення аграрного виробництва з найбільш ефективним заходом -- агрохімічного забезпечення.*

Останніми роками значне скорочення обсягів застосування органічних і мінеральних добрив та інтенсивне сільськогосподарське використання земель призвело до глобального поширення агрофізичної та агрохімічної деградації орних угідь.

Внесення мінеральних добрив – найефективніший засіб збереження родючості ґрунтів. Необхідною умовою збереження родючості ґрунтів, збільшення врожайності сільськогосподарських культур і покращення якості продукції є використання органо-мінеральних добрив, мікродобрив, бактеріальних препаратів (ризобофіт, ризогумін, діазобактерин, азотобактерин, агробактерин, фосфоентерин тощо).

У зерново-просапних сівозмінах для досягнення бездефіцитного балансу гумусу на чорноземах типових потреба в органічних добривах становить 10 т/га сівозмінної площі.

Для компенсації винесених урожаями з ґрунту поживних речовин, стабілізації основних показників родючості та підвищення продуктивності ґрунту альтернативи мінеральним добривам немає. Однак, слід підкреслити, що основою отримання більш високих врожаїв має бути зосередження уваги на відтворенні і збереженні родючості ґрунту, а не короткотерміновому зростанні врожайності за рахунок внесення мінеральних добрив.

При удобренні культур слід дотримуватися оптимального співвідношення органічних і мінеральних добрив у сівозміні, коли на 1 тонну органіки вноситься 15 кг діючої речовини мінеральних добрив. За результатами численних стаціонарних досліджень було встановлено, що для підтримання балансу вуглецю у бездефіцитному стані потрібно, щоб співвідношення між органічними та мінеральними добривами було дещо ширше, ніж 1/15 т/кг д. р., у протилежному випадку підсилюється дегуміфікація і навіть при високих нормах органічних добрив відбувається деградація ґрунтів.

На основі спостережень за накопиченням рослинами з ґрунту ^{137}Cs упродовж всього після аварійного періоду зроблено висновок, що головним фактором зниження накопичення радіонуклідів рослинами відіграють фізико-хімічні властивості ґрунтів в т.ч. вміст органічної речовини, pH, а також вміст біогенних елементів особливо калію.

Урожайність сільськогосподарських культур. Таким чином для реабілітації земель, забруднених радіонуклідами та одержання екологічно чистої продукції на радіоактивно забруднених землях основним фактором є застосування органо-мінеральної системи удобрення, управління органічною речовиною в сівозмінах та контроль втрати біогенів в процесі інфільтрації.

Таблиця 1. Оптимізації землекористування на території забрудненої радіонуклідами на основі адаптивно-ландшафтну систему землеробства (Інститут сільського господарства Полісся НААН).

№ групи	Назва групи і розподіл її на підгрупи за щільністю, Кі/км^2	Склад групи за ґрунтовими відмінами та їх використання в залежності від щільності забруднення радіонуклідами
1	2	3
I	Землі придатні під всі районовані культури	Дерново-підзолисті, ясно-сірі, сірі неоглеєні, глеюваті, поверхнево оглеєні супіщані та легкосуглинкові і глинисто-піщані на супіщаних відкладах, а також осушувані ґрунти з діючою осушувальною мережею
I а	до 5	Використовуються аналогічно незабрудненим землям
I б	5-10	Бобові культури висіваються лише для початкової стадії відгодівлі тварин
I в	10-15	Бобові культури висіваються на сидерат, картопля – для технічних цілей, льон – на насіння
I г	більше 15	Виводяться з інтенсивного обробітку з послідуючим вирощуванням багаторічних трав на насіння
II	Землі придатні під культури суцільного посіву	Дерново-підзолисті, ясно-сірі, сірі розташовані на схилах 3-5^o
II а	до 5	Використовуються аналогічно незабрудненим землям
II б	5-10	Бобові культури використовуються лише на початковій стадії відгодівлі тварин
II в	10-15	Бобові культури висіваються на сидерат, картопля – для технічних цілей, льон – на насіння
II г	більше 15	Виводяться з інтенсивного обробітку з послідуючим вирощуванням багаторічних трав на насіння

Продовження таблиці 1

1	2	3
III	Землі схилів, які потребують залуження	Сірі та ясно-сірі ґрунти, розташовані на схилах більше 5°
III а	до 5	Використовуються аналогічно незабрудненим землям
III б	5-10	У структурі травосумішок бобові трави займають не більше 10%
III в	10-15	Бобові трави вирощуються тільки на насіння
III г	більше 15	Бобові та злакові трави вирощуються тільки на насіння
IV	Землі сінокісного призначення за тваринницьким напрямком спеціалізації	Дерново-підзолисті глейові і сильно глейові, дернові глейові, лучні, торф'яно-болотні
IV а	до 5	Використовуються аналогічно незабрудненим землям
IV б	5-10	На мінеральних ґрунтах необхідно проводити поверхневе поліпшення, на органогенних – корінне
IV в	10-15	На мінеральних ґрунтах необхідне корінне поліпшення для виробництва кормів для всіх груп тварин, на органогенних – лише на початковій стадії відгодівлі
IV г	більше 15	Виводяться з с.-г. використання з послідуючим вирощуванням трав на насіння
V	Землі пасовищного призначення за тваринницьким напрямком спеціалізації	Дерново-підзолисті піщані і глинисто-піщані на пісках, дерново-підзолисті малорозвинені підстелені масивно-кристалічними породами
V а	до 5	Використовуються аналогічно незабрудненим
V б	5-10	Потребують поверхневого поліпшення
V в	10-15	Потребують корінного поліпшення
V г	більше 15	Виводяться з пасовищного використання з послідуючим вирощуванням трав на насіння
VI	Землі лісо господарського призначення	Дерново приховано-підзолисті, дерново-підзолисті слаборозвинені сильно кам'янисті

Органо-мінеральні системи удобрення, за умов забезпечення сприятливого водного режиму, істотно стабілізують рівень врожайності практично всіх культур у сівозмінах.

За результатами багатоваріантного моделювання сценаріїв міжгалузевого розвитку агроекосистем встановлено, що головною складовою забезпечення високої економічної ефективності аграрного виробництва в зоні Полісся є системне використання агроресурсного потенціалу рослинництва шляхом формування сівозмін з найбільш адаптованих і продуктивних культур, застосування органо-мінеральних систем удобрення, забезпечення оптимального водного режиму та адаптації до змін клімату.

Багаторічними дослідженнями продуктивності осушуваних земель встановлені середні та потенційні величини врожайності основних сільськогосподарських культур (табл.2).

Таблиця 2. Існуюча та потенційна урожайність сільськогосподарських культур в умовах Полісся

Культура	Урожайність, т/га			
	без добрив		органо-мінеральна система удобрення	
	існуюча	потенційна	існуюча	потенційна
Пшениця озима	2,0	4,0	3,5	6,0
Ячмінь	1,5	2,0	3,0	5,5
Жиго озиме	2,5	3,7	4,2	6,0
Овес	1,9	2,5	3,0	5,1
Кукурудза на силос	23,0	47,0	48,0	70,0
Картопля	15,0	18,0	32,0	45,0
Конюшина	21,0	32,0	36,0	48,0
Люпин	31,0	47,0	37,0	53,0

У процесі змін клімату в зоні Полісся з’явився додатковий ресурсний потенціал – потепління, який за історичного періоду знаходився в мінімуму, що не дозволяло реалізовувати умови достатнього зволоження. В таб. 1 наведено можливий потенціал традиційних для зони Полісся культур за нових кліматичних умов та оптимізації фізико-хімічних параметрів ґрунтів, що є особливо актуальним для радіоактивно забруднених земель які повертаються у сільськогосподарське використання.

Сучасні вимоги до розвитку аграрного виробництва на меліорованих землях гумідної зони потребують удосконалення існуючих систем землекористування, запровадження інноваційних технолгій відновлення енергетичного потенціалу ґрунтів, а також ресурсо- та енергозберігаючих технологій вирощування різних культур, які б

забезпечили не тільки отримання високого врожаю але й якісну продукцію, що особливо важливо для радіоактивно забруднених територій у віддалений післяаварійний період.

Для оцінки впливу агротехнологій на ефективність сільськогосподарських культур на землях Полісся обрано варіанти дослідів, які представляють найбільш поширені у виробництві системи удобрення: мінеральну та традиційну і альтернативну органо-мінеральну.

В результаті цих досліджень зроблено висновок що потенціал виробництва зерна пшениці озимої на дерново-підзолистих ґрунтах в зоні Полісся можна збільшити від 2,5 т/га, який моделює сучасну поширену практику аграрного виробництва, до 7,4 т/га за оптимізації фізико-хімічних параметрів ґрунту, зеленої маси кукурудзи на силос відповідно з 34 до 84 т/га, зерна ячменю — з 1,4 до 5,5 т/га, зеленої маси конюшини — з 25 до 46 т/га, зерна жита озимого — з 2,6 до 6 т/га, бульб картоплі — з 15 до 45 т/га, зерна вівса — з 2,2 до 5,4 т/га, зеленої маси люпину — з 31 до 52 т/га (табл. 1).

Кратність зростання врожайності культур під дією різних систем удобрення до контролю така: пшениця озима і кукурудза — 1,2-1,7 раза, ячмінь — 1,4-2,1 раза, конюшина — 1,1-1,5 раза, жито озиме — 1,2-1,6 раза, картопля — 1,3-2,1 раза, овес — 1,2-1,8 раза, люпин — 1,1-1,2 раза.

Тобто управління фізико-хімічними параметрами дерново-підзолистих ґрунтів у т.ч. радіоактивно забруднених за допомогою добрив дає змогу істотно стабілізувати продуктивність сівозмін стосовно змінних агрометеорологічних умов.

Природний продуктивний потенціал дерново-підзолистих ґрунтів найкраще використовує кукурудза, що у середньому за 20 років накопичує 70,4 ц к.од./га. На фоні тривалого застосування добрив перевагу має картопля — 90,7-143,6 ц к.од./га. Серед інших культур сівозміни за продуктивністю також виділяється конюшина, що дає на контролі (без добрив) 47,6 і за органо-мінеральної системи удобрення 69 ц к,од./га та пшениця озима — відповідно 40,3 і 69 ц к.од./га.

Таким чином, внесок окремих культур у продуктивність сівозміни помітно різниться. Відтак іншим дієвим заходом підвищення рівня реалізації агроресурсного потенціалу може бути оптимізація складу культур у сівозміні. Наприклад, частка кукурудзи і картоплі без добрив однакова і становить по 19%, за органо-мінеральної системи удобрення у загальній продуктивності сівозміни картопля займає 24, а кукурудза — 20%.

Значно менший внесок ранніх ярих культур: люпину, ячменю і вівса зумовлюється більш коротким періодом їх вегетації. У зв'язку з цим перехід до 4-пільної сівозміни:,

картопля, кукурудза, пшениця озима + конюшина, конюшина, і супроводжуватиметься зростанням продуктивності сівозміна на 27-32%.

Отже, для умов Лівобережного Полісся для дерново-підзолистих радіоактивно забруднених ґрунтів які повертаються у аграрне виробництво в процесі їх реабілітації можна рекомендувати 4-пільну сівозміну: зернові, багаторічні трави або люпин, кукурудза та картопля з продуктивністю за основною і побічною продукцією рослинницької спеціалізації 57-90 ц к.од./га, змішаної, тобто рослинницько-тваринницької, 80-100, суто тваринницької — 90 ц к.од./га. За 2-пільної сівозміни з кукурудзою і картоплею цей показник відповідно становитиме на рівні 70-115, 100-130 та 115 ц к.од./га.

Управління фізико-хімічними параметрами ґрунту та балансом біогенних елементів в сівозмінах дає змогу підвищити середньобагаторічну продуктивність зональної 8-пільної сівозміни мінімально у 1,2 раза при сидерації і максимально за органо-мінеральної системи удобрення в 1,7 раз. Перехід до 4-пільної сівозміни може супроводжуватись зростанням продуктивності ріллі відповідно до 1,5 та 2,3 раза, а 2-пільної сівозміни — у 2 і 3 рази. Вихід продукції за впровадження 2-пільної сівозміни зросте у 2,2 і у 4,2 раза і становитиме за сидерації 101 ц к.од./га та за органо-мінеральної системи удобрення з сидерацією — 188 ц к.од./га.

З систем удобрення найпродуктивнішою є органо-мінеральна з сидерацією. Однак у зв'язку з тим, що зелену масу більш вигідно використовувати на корм, ніж на добриво, пріоритет слід віддавати органо-мінеральній (1Гн+NPK) або органічній (2Гн) системі удобрення, які мають однаковий максимальний рівень потенціалу продуктивності — 170 ц к.од./га. У свою чергу, із вказаних варіантів перевагу має суто тваринницька спеціалізація з навантаженням на ріллю 2 ум. гол./га у зв'язку з відсутністю необхідності внесення мінеральних добрив та вищими обсягами виробництва більш цінної тваринницької продукції.

Таким чином, з погляду підвищення рівня використання агроресурсного потенціалу в т.ч. радіоактивно забруднених земель, які повертаються у виробництво, сівозмінний фактор дає змогу підвищити природний потенціал продуктивності 8-пільної сівозміни з 4,5 до 5,7 т к.од./га або на 21%, оптимізація водно-повітряного режиму до 6,2 т к.од./га або на 27%, застосування добрив — до 7,7 т к.од./га, або на 42%, а оптимізація усіх факторів — до 14,6 т к.од./га або у 3,2 раза.

4. Моделі ресурсо - та енергозберігаючих систем ведення аграрного виробництва на радіоактивно забруднених землях, що повертаються в аграрне виробництво

Науковим підґрунтям запропонованих моделей виробничих систем різної спеціалізації було обрано варіанти довгострокового агротехнічного досліду, закладеного в Інституті сільського господарства Полісся НААН, які відповідали рослинницької, змішаної рослинницько-тваринницької і вузько спеціалізованих агроекосистем (табл. 3).

В досліді протягом ряду років визначалась урожайність сільськогосподарських культур, зміна фізико-хімічних параметрів ґрунтів та вміст радіонуклідів.

Отримані результати дають можливість виконувати об'єктивну оцінку ефективності моделей ведення аграрного виробництва, як з точки зору продуктивності так і відновлення продуктивних функцій ґрунтів, ресурсо- та енергозберігання.

Такий підхід дає можливість обрати найбільш оптимальний варіант ведення господарської діяльності на радіоактивно забруднених ґрунтах після їх реабілітації з урахуванням наявних енергетичних, промислових та енергетичних ресурсів.

Таблиця 3. Варіанти системи удобрення, які забезпечують запровадження моделей вузької спеціалізації виробництва в умовах Полісся (стаціонарний дослід Інституту сільського господарства Полісся НААН, 2010 –2015 рр.)

Спеціалізація	Варіант досліду	Скорочення
1. Рослинницька	Контроль – (без добрив)	К
	Сидерація	Сд
	Мінеральні добрива - $N_{68}P_{64}K_{86}$	NPK
	Мінеральні добрива та сидерація	NPK+Сд
	Мінеральні добрива та вапнування	NPK+$CaCO_3$
2. Змішана рослинницько-тваринницька	Гній 10 т/га або 1 ум. гол./га	Гн
	Гній 10 т/га та мінеральні добрива (NPK)	Гн+NPK
	Гній 10 т/га, NPK та сидерація	Гн+NPK+Сд
3. Тваринницька	Гній 20 т/га або 2 ум. гол./га	2 Гн

* – сівозміна зерно-картопляна;

Отже варіанти удобрення які застосовані в досліді Інституту с.-г. Полісся формують три основні галузеві моделі спеціалізації виробництва:

1. рослинницька — контроль (без добрив), сидерація, мінеральні добрива;

2. рослинницько-тваринницька — Гн + NPK;

3. тваринницька — 2 Гн.

Отримані результати по урожайності в досліді різних систем відновлення продуційного потенціалу ґрунтів та сівозмін дають змогу кількісно встановити ефективність агроекосистем, що проектуються і відповідають різній спеціалізації аграрного виробництва в зоні Поліссі в т.ч. на радіоактивно забруднених землях після їх реабілітації.

Серед варіантів, що моделюють рослинницьку спеціалізацію найефективнішою є мінеральна система удобрення на фоні вапнування. Вона забезпечує додатково до контролю 25,1 ц к.од./га або зростання на 56,4%.

Такого самого рівня продуктивність забезпечує органічна система удобрення, що притаманна суто тваринницькій спеціалізації із внесенням до 20 т/га сівозміни гною.

Найефективнішою виявилася традиційна органо-мінеральна система удобрення, (Гн+ NPK+Сд), де додатково отримано 32,1 ц к.од/га , що більше ніж на контролі на 72,1%, що відповідає рослинницько-тваринницькій спеціалізації

Моделі агроекосистем на радіоактивно забруднених землях, які повертають в аграрне виробництво після їх реабілітації. Результатом аналізу експериментальних багаторічних даних, модельного стаціонарного досліду Інституту сільського господарства. Полісся можна зробити висновок щодо можливість в даних ґрунтово-кліматичних умовах переходу до 4-пільної сівозміни, за рослинницької спеціалізації аграрного виробництва з використанням на добриво біомаси побічної продукції та сидератів у поєднанні з мінеральними добривами і вапнуванням, за рослинницько-тваринницької — використовувати традиційну органо-мінеральну (Гн+NPK) і за суто тваринницької — органічну систему удобрення (Гн).

Потрібно також встановити необхідність відновлення в таких умовах осушувально-зволожувальних систем з метою досягнення максимальної продуктивності ріллі, шляхом оптимізації водно-повітряного режиму ґрунту.

Відповідно до цих результатів на інформативній базі досліду здійснено опрацювання різних сценаріїв розвитку агроекосистем на землях забруднених радіонуклідами які повертаються в аграрне виробництво після їх реабілітації з метою виявлення найбільш перспективних ресурсо- та енергозберігаючих, економічно ефективних та конкурентноздатних виробничих сільськогосподарських систем.

Модель № 1 "Сучасна практика (Контроль)". Варіант агротехнічного досліду контроль (без добрив) — імітує поширену сучасну практику спеціалізації без тваринництва і добрив. При моделюванні умов прийнята зерно-картопляна сівозміна площею 1000 га з культур з у рожайністю пшениці озимої і картоплі відповідно 2,5 і 15 т/га.

Модель № 3 "Біоенергетична (2Гн)". Вирощування зеленої маси кукурудзи на площі 1000 тис. га з наступною її переробкою на біоенергію. Як і з нормою гною 20 т/га сівозмінної площі з біогумусом (нерозкладеним залишком після вилучення з біомаси біогазу) у ґрунт повертаються усі винесені з врожаєм макро- і мікроелементи. Тому у цій моделі врожайність кукурудзи приймається як середньо-багаторічна на варіанті органічної системи удобрення — 52 т/га.

Модель № 4 "Тваринництво 1 ум. гол. на га (Гн+NPK+Сд). У сівозміні площею 1000 га найбільш продуктивні культури, що забезпечують збалансовану кормову базу галузі молочного скотарства з врожайністю на фоні органо-мінеральної системи удобрення: пшениця озима — 4,4, кукурудза — 58, картопля — 32 і люпин — 36 т/га. Продуктивність тварин по молоку сягає 3,8 тис. кг на рік з переробкою відходів тваринництва на біоенергію.

Модель № 5 "Тваринництво 2 ум. гол, на га (2Гн)". Сценарій передбачає збільшення поголів'я тварин у два рази тобто 2 ум. гол. на 1 га і врожайність культур сівозміни, що відповідає середньобагаторічному рівню при органічній системі удобрення — 20 т/га гною: пшениця озима — 3,7, кукурудза МВС — 52, картопля — 27 і люпин — 37 т/га. Продуктивність тварин по молоку 3,8 тис. кг на рік з переробкою відходів на енергію.

Таким чином, варіанти стаціонарного агротехнічного досліду дають змогу змоделювати велику кількість сценаріїв реалізації агроресурсного потенціалу дерново-підзолистих ґрунтів, в т.ч. забруднених радіонуклідами після їх реабілітації починаючи від сучасної найпоширенішої виробничої рослинницької практики отримання товарної продукції рослинництва з використанням головним чином природного ґрунтово-кліматичного потенціалу і завершуючи надзвичайно складними агроекосистемами з змішаної та вузькою тваринницькою, спеціалізацією з переробкою продукції, з метою досягнення максимальної продуктивності й економічної ефективності за рахунок створення замкнених циклів біогенних елементів в агроекосистемах.

В табл. 4 представлена інформація щодо продукції яка може бути отримана за різними моделями виробництва включаючи і біоенергію.

Аналіз інформаційної бази агротехнічного досліду, здійснений у попередніх розділах, дав змогу встановити культури, що дають найбільший внесок в продуктивність рекомендованої зональної сівозміни на всіх фонах удобрення: пшениця озима, кукурудза, картопля, конюшина або люпин. Однак, якщо моделювати сучасну поширену практику ведення аграрного виробництва без застосування добрив і без галузі тваринництва, (Модель №1), то за таких умов зелену масу кормових культур вирощувати недоцільно, відповідно залишаються лише культури, що дають товарну продукцію на реалізацію:

зернові і картопля. За такої спеціалізації сільськогосподарського підприємства з умовною площею 1 тис. га потрібно мати комплекс сільськогосподарської техніки, що дає змогу здійснити обробіток ґрунту, посів, догляд за посівами, збирання і транспортування отриманої продукції. Капітальні витрати за цією статтею приймаються як необхідна умова створення сільськогосподарського підприємства за всіма 5 Моделями (табл. 4). При цьому валове виробництво на 500 га ріллі становитиме: картоплі 7,5 тис. т і на 500 га пшениці — 1,3 тис. т (табл. 4).

Таблиця 4. Виробництво продукції на 1 тис. га за моделями аграрного виробництва

Продукція	Моделі				
	№1	№2	№3	№4	№5
Бульби, тис т	7,5	13,5	-	7,5	-
Зерно, тис. т	1,3	2,0	-	-	-
Електрика, млн кВт-год	-	-	12,6	6,3	4,9
Тепло, млн кВт-год	-	-	12,7	6,3	4,9
Економія мінеральних добрив, т*	-	-	234	771	779
М'ясо, т	-	-	-	80	183
Сири, т	-	-	-	335	795
Вершки, т	-	-	-	207	488

* – аміачна селітра, суперфосфат, калій хлористий.

Застосування мінеральних добрив є одним з потужних факторів підвищення продуктивності й ефективності аграрного виробництва. Їх систематичне застосування, особливо в поєднанні з регулярною сидерацією супроводжується збільшенням валових зборів пшениці озимої до 2,0 тис т, картоплі — до 13,5 тис. т (Модель № 2).

На сучасному етапі розвитку АПК України залишається дискусійним питання щодо перспектив використання сільськогосподарських угідь гумідної зони, забруднених радіонуклідами зокрема осушуваних земель. З одного боку, існує думка, що ці території мають підлягати суцільній ренатуралізації, тобто поверненню до природного стану, а з іншого, навпаки, доцільності відновлення повноцінного використання агроресурсного потенціалу меліорованих земель.

Саме для отримання відповіді на питання доцільності відтворення або будівництва в гумідній зоні меліоративних систем розглядається Модель № 3 за товарної рослинницької спеціалізації без добрив (табл. 5). Урожайність пшениці озимої і картоплі приймається максимальна, отримана на контролі без добрив в найсприятливіші для цих

культур роки, що імітує роботу осушувально-зволожувальної системи, відповідно 5 і 29 т/га з валовими зборами 8,9 і 2,5 тис. т. з площі 1000 га.

Із впровадженням системи державного стимулювання виробництва біоенергії, актуальним завданням є встановлення доцільності трансформації рослинної біомаси в енергетичні ресурси (Модель № 3), зокрема із залученням в інфраструктуру біогазових установок (БГУ) (табл. 4). З культур сівозміни стаціонарного досліду найбільшу кількість біомаси і відповідно сухої органічної речовини накопичує кукурудза на силос — від середньо-багаторічних 34 т/га на контролі (без добрив) до 84 т/га на фоні органічної системи удобрення у найсприятливіший за погодними умовами рік.

Таблиця 5. Створення інфраструктури за моделями агроекосистем та їх потужність

Показники	Моделі агроекосистем				
	№1	№2	№3	№4	№5
Елеватор, тис.т	-	-	-	1,1	1
Сховища для силосу, тис.т	-	-	52	29	27
Будівництво МТФ, тис.м^2	-	-	-	8	22
Закупка корів, тис.гол.	-	-	-	0,6	1,4
Переробка м’яса, т на рік	-	-	-	80	183
Переробка молока, тис.т	-	-	-	2,1	4,9
Склади для зберігання готової продукції, тис.т	-	-	-	150	370
Біоенергетичний комплекс, тис.т відходів	-	-	52	28	21
Сховище для органічних добрив, тис.т	-	-	5,5	2,7	2,1
Осушувально-зрошувальна система, на тис.га	-	-	-	-	-
Комплекс с.-г. техніки, на тис.га	1	1	1	1	1

Слід ураховувати, що з біогазом із рослинної біомаси вилучається лише вуглеці, водень і кисень у складі метану і вуглекислого газу. Біогенні макро- і мікроелементи, винесені з ґрунту врожаєм, концентруються в залишку органічної біомаси після газогенерації - біогумусі. Його маса становить приблизно половину вихідної сировини (силосу) та за кількістю повернення в ґрунт біогенних елементів на одиницю площі. За ефективністю це органічне добриво можна прирівняти до подвійної норми гною (2Гн). Ефективність розвитку цього напрямку потрібно встановити як за звичайних умов вирощування з середньобагаторічною врожайністю за систематичного застосування 2Гн на гектар сівозмінної площі — 52 т/га (Модель № 3). Потрібно також розглянути сценарій припинення дії "зеленого тарифу" через 10-річний період, що передбачено відповідним законодавчим актом.

Модель № 3, 4 ґрунтуються на варіантах досліду з органо-мінеральними і органічними системами удобрення, що моделюють змішану і суто тваринницьку

спеціалізацію. Для об'єктивного порівняння цих моделей продуктивність тварин по молоку приймалася однаковою 3,8 тис. л на рік на корову. Структура стада — на кожні 100 голів припадає 35 нетелів і 80 телят.

Оскільки вихід органічних добрив залежно від кормової бази, кількості підстилки та інших факторів приймається 10 т на 1 ум. гол. ВРХ на рік, то норма гною 10 т/га в досліді моделює навантаження тваринами 100-150 ум. гол. на 100 га ріллі і впровадження рослинницько-тваринницької спеціалізації аграрного виробництва. Максимальна продуктивність майже всіх культур сівозміни досягається за сумісного застосування 10 т/га гною, мінеральних добрив і сидерації.

Створення відповідної поголів'ю кормової бази передбачає впровадження 4-пільної сівозміни з найбільш продуктивних культур: пшениці озимої, картоплі, кукурудзи і люпину (конюшини). При цьому за органо-мінеральної системи удобрення з сидерацією середньобагаторічна їх врожайність відповідно становить 4,4, 32, 58 і 36 т/га, за органо-мінеральної з оптимізацією водно-повітряного режиму: 7,4, 45, 81 і 52 т/га. У разі доповнення такої структури рослинництва і тваринництва переробними модулями і біоенергетичним комплексом з утилізацією усіх відходів на БҐУ на виході із системи залежно від продуктивності сівозміни по можна отримувати для реалізації, крім картоплі і зерна, продукти переробки тваринництва: сир, вершки, м’ясо, а також значну кількість тепло- і електроенергії (табл. 5). Крім того, в замкнутий кругообіг з органічними добривами залучається більша частина винесених з урожаєм із ґрунту біогенних елементів, що завдяки новоствореній інфраструктурі дає змогу економити значні обсяги мінеральних добрив.

Загалом щільність ВРХ 100-150 ум. гол. на 100 га імітує найбільш поширену галузеву структуру сільського господарства України наприкінці 80-х років минулого століття. Яка визначалася плановою економікою. Всім сільськогосподарським підприємствам доводили планові показники виробничої діяльності, зокрема чисельність сільськогосподарських тварин. Але вагомий недолік такої системи — відсутність точної оцінки і врахування наявного потенціалу продуктивності сільськогосподарських угідь, можливостей його збільшення за рахунок застосування агротехнічних і меліоративних заходів. У результаті в багатьох випадках чисельність поголів'я не відповідала обсягам виробництва рослинної біомаси, що супроводжувалося неефективним її використанням, зокрема нетоварної частини врожаю. Ця невідповідність усувається не шляхом формування тваринницької галузі за зональними нормативами, а стосовно врахування локального ґрунтово-кліматичного потенціалу який встановлюється в багаторічних агротехнічних дослідах.

Таким чином в умовах Полісся на дерново-підзолистих ґрунтах забруднених радіонуклідами в процесі їх реабілітації і послідуючого залучення у сільськогосподарське виробництво за суто рослинницької спеціалізації найбільші обсяги виробництва товарної продукції рослинництва забезпечують пшениця озима і картопля. На природному фоні родючості (без добрив) за усередненими за 30 років урожайними даними можна отримувати на рівні 7,5 т бульб і 2,5 т зерна у 1 га сівозмінної площі 2-пільної зерно-картопляної сівозміни. Врегулювання поживного і водно-повітряного режиму ґрунту дає змогу збільшити ці показники відповідно до рівнів 13,5 і 2 та 8,9 і 5 т/га, а систематичне внесення мінеральних добрив осушувально-зволожувальної системи — до 22,5 та 3,3 т/га.

Вирощування кукурудзи на силос на фоні органічної системи удобрення з подальшою переробкою біомаси на енергетичній установці дає змогу генерувати на 1 га площі близько 25 тис. кВт-год тепло- і електроенергії, а оптимізація водно-повітряного режиму ґрунту за такої системи удобрення — більше 40 тис. кВт-год енергії. Створення і використання такої інфраструктури супроводжується формуванням замкнутих циклів макро- і мікроелементів і економією 110 і 180 кг д.р./га мінеральних добрив.

Інфраструктура з біоенергетичним комплексом, переробкою і зберіганням продукції, за впровадження 4-пільної сівозміни з кормовими культурами та за розвитку галузі тваринництва до рівня 100-150 ум. гол. ВРХ на 100 га ріллі на фоні органо-мінеральної системи удобрення залежно від наявності осушувально-зволожувальної системи дасть змогу одночасно отримувати з 1 га 7,5-11,4 т бульб картоплі, до 0,6 т зерна, 13-19 тис. кВт-год. енергії, 80 кг м'яса, 350 кг твердих сирів, більше 200 кг вершків. Економія мінеральних добрив становитиме 230-410 кг д.р./га.

За приведення чисельності тварин у відповідність до обсягів виробництва основної і побічної рослинної продукції за органічної системи удобрення при регулюванні водно-повітряного режиму ґрунту можна щорічно з 1 га отримувати 10-15 тис кВт-год енергії 180-280 кг м'яса, 800-1100 кг сиру і 500-700 кг вершків.

Таким чином на радіоактивно забруднених дерново-підзолистих ґрунтах після їх реабілітації можна вести успішне конкурентно здатне аграрне виробництво. Представлена інформація дає можливість формувати і реалізовувати різні моделі аграрного виробництва в залежності від фінансових ресурсів, умов кредитування, та можливості інвестицій у створення інфраструктури та державної підтримки ресурсо- та енергозберігаючих перспективних моделей виробництва в умовах зони Полісся.

5. Пропозиції до збалансованого розвитку радіоактивно забруднених земель

1. **Землекористування.** Оптимізація землекористування на радіоактивно забруднених землях повинна базуватися на засадах адаптивно-ландшафтної системи землеробства, яка має екологічні складові збалансованого розвитку і формується на трьох рівнях: ландшафтно-регіональному, агроландшафтно-локальному, грунтово-екосистемному. На першому рівні приводиться у відповідність до екологічних умов співвідношення природних і сільськогосподарських угідь. На другому – передбачається оптимізація структури агроландшафту та створення моделі екологічно безпечного землеробства, з цілісною системою контрзаходів щодо зниження забруднення ґрунту і рослинницької продукції. Третій рівень стосується покращення радіологічного стану конкретного поля шляхом відповідних способів: обробітку ґрунту, вирощування певних культур, екологічно доцільної системи удобрення.

Деградація, опустелювання, виснаження родючості земель, особливо сільськогосподарського призначення, негативно впливає на біосферні функції ґрунтів, здатність агроекосистем адаптуватись до змін клімату. Це підвищує ризики розвитку не тільки екосистем, але й сільських територій та сталого функціонування продовольчих систем.

Для вирішення зазначених проблем радіоактивно забруднених земель агросфери України необхідним є поетапне зменшення розораності сільськогосподарських угідь шляхом консервації ерозійно деградованих та малопродуктивних земель, відновлення природного стану малих річок, припинення водної і вітрової ерозії, дегуміфікації та виснаження родючості грунтів.

Першочерговими завданнями є:

- удосконалення зональних принципів землекористування, підтримання та відновлення біосферних і продуктивних функцій земель сільськогосподарського призначення як гаранти продовольчої безпеки та сталого соціально-економічного розвитку суспільства;
- запровадження інтегрального управління земельними, водними і біологічними ресурсами на основі басейнового принципу, особливо малих річок.

2. **Система землеробства (рослинництво).** Адаптація агротехнологій до змін клімату, ресурсо- та енергозбереження – ключові завдання сталого розвитку зональних систем землеробства.

Першочерговими завданнями є:

- розвиток органічних систем землеробства з отриманням конкурентної продукції високої якості;

- виробництво в агроекосистемах біоенергію шляхом конверсії відходів тваринництва і рослинництва на засадах створення замкнутих циклів органічної речовини, біогенних елементів і енергії;
- впровадження ефективного контролю та управління генетично модифікованими організмами та інвазійними видами рослинності та ентомофауни;
- розробка нових маловуглецевих агротехнологій адаптованих до змін клімату високопродуктивних посухостійких сортів і гібридів сільськогосподарських культур;
- створення регіональних інформаційно-консультативних центрів з метою швидкої передачі знань щодо формування сталих високопродуктивних низько вуглецевих агроекосистем, адаптованих до змін клімату;
- моніторинг посушливих та кризових явищ з метою своєчасного прийняття управлінських рішень та мінімалізації їх шкодочинної дії.

3. **Тваринництво.** Удосконалення галузевої структури агросфери України потребує постійної ліквідації асиметрії в розвитку аграрного виробництва шляхом надання переваги змішаному типу господарювання (спеціалізації) при якому розвиток галузей рослинництва і тваринництва був б оптимально збалансовані. Актуальним в цьому відношенні є розвиток органічного виробництва у тваринництві на основі мінімалізації застосування антибіотиків, стимуляторів та шкідливих для продукції тваринництва преміксів.

4. **Меліорація.** Значна частина сільськогосподарських угідь України розташована в зонах нестійкого та недостатнього зволоження. Разом з тим, в Україні, як і у більшості країн світу, все гострішою стає проблема виснаження водних ресурсів, в т.ч. для зрошення, що підсилює ризики сталого розвитку агроекосистем в умовах потепління, що є особливо актуальним при збалансованому веденні сільськогосподарського виробництва.

Сучасні вимоги до розвитку аграрного виробництва на меліорованих землях гумідної зони потребують удосконалення існуючих систем землеробства, запровадження нових, удосконалених технологій вирощування сільськогосподарських культур, які б забезпечили не лише отримання високого врожаю та якісної продукції, а одночасного і збереження та підвищення родючості ґрунтів, екологічної рівноваги довкілля.

Агрокліматичні умови Полісся характеризуються переважно достатнім рівнем природного зволоження, однак рівень її використання рослинами обмежується високим ступенем вертикальної інфільтрації, яка може сягати до 50% середньорічної суми опадів. Збалансоване використання земельних ресурсів в аграрному секторі можливе при

реалізації комплексу заходів на всіх рівнях управління: загальнодержавному, регіональному і місцевому.

За результатами багатоваріантного моделювання сценаріїв міжгалузевого розвитку агроекосистем гумідної зони встановлено, що головною складовою забезпечення високої економічної ефективності аграрного виробництва в даній зоні є системне використання агроресурсного потенціалу рослинництва шляхом формування сівозмін з найбільш адаптованих і продуктивних культур, застосування органічних або органо-мінеральних систем удобрення та реконструкція меліоративних систем для гарантованою забезпечення оптимального водного режиму. Тому сівозмінний фактор і система удобрення в цій зоні є основними засобами регулювання поживного і водного режиму ґрунту.

Підписано до друку 15.09.2015 р. Формат 60х84/16.
Ум. друк. арк. Наклад 100 прим.