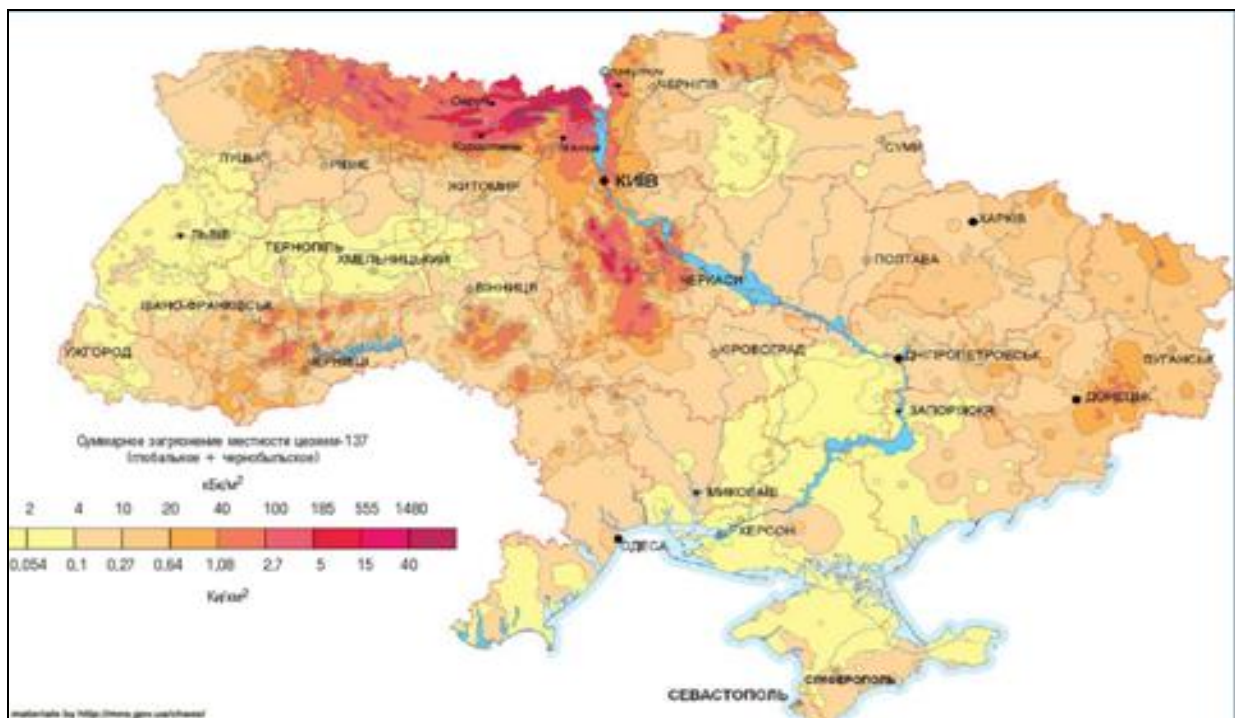


НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ПОЛІССЯ



НАУКОВО-МЕТОДОЛОГІЧНЕ
ОБґРУНТУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ
СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА
НА РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ
ТА МЕЛІОРОВАНИХ ЗЕМЛЯХ ПОЛІССЯ
У ВІДДАЛЕНИЙ
ПІСЛЯЧОРНОБИЛЬСЬКИЙ ПЕРІОД
(2025-2030 РР.)

(Науково-методичні рекомендації)



ЖИТОМИР - 2024

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ПОЛІССЯ



**НАУКОВО-МЕТОДОЛОГІЧНЕ
ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ
СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА
НА РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ
ТА МЕЛІОРОВАНИХ ЗЕМЛЯХ ПОЛІССЯ
У ВІДДАЛЕНИЙ
ПІСЛЯЧОРНОБИЛЬСЬКИЙ ПЕРІОД
(2025-2030 РР.)**

(Науково-методичні рекомендації)

ЖИТОМИР – 2024

УДК 631.8:631.153.3

Авторський колектив:

Рижук С.М., д.с.-г.н., Надточій П.П., д.с.-г.н., Савчук О.І., к.с.-г.н., Ратошнюк В.І., д.с.-г., Ратошнюк Т.М., к.ек.н., Приймачук Т.Ю., к.ек.н., Штанько Т.А.

Рецензенти: Балаєв А.Д., д.с.-г.н., професор кафедри ґрунтознавства і охорони ґрунтів Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Савчук І.М., д.с.-г.н., заступник директора з наукової роботи Інституту сільського господарства Полісся НААН України

*Друкується за рішенням вченої ради
Інституту сільського господарства Полісся НААН України,
протокол № 7 від 12 листопада 2024 року*

Н 34

Науково-методологічне обґрунтування перспективних систем землеробства на радіоактивно забруднених та меліорованих землях Полісся у віддалений післячорнобильський період. Науково-методичні рекомендації. Рижук С.М., Надточій П.П., Савчук О.І. – Київ: ННЦ «ІАЕ», 2024. 72 с.

ISBN 978-966-669-612-3

ISBN 978-966-669-612-3

**© Рижук С.М., Надточій П.П.,
Савчук О.І. та ін., 2024**

ЗМІСТ

ВСТУП.	5
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ ЗОНИ ПОЛІССЯ	7
2 СУЧАСНИЙ СТАН ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ МЕЛІОРОВАНИХ ОСУШУВАНИХ ЗЕМЕЛЬ	10
3 ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА НА РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ ТА ОСУШУВАНИХ ЗЕМЛЯХ .	17
3.1 Оптимізація структури посівних площ.	17
3.1.1 Сівозміни	17
3.1.2 Біологізація сівозмін	21
3.1.3 Наукові принципи організації сівозмін на осушуваних ґрунтах	24
3.1.4 Ефективність сівозміни за умови оптимізації поживного та водного режиму ґрунтів в лізиметричному досліді.	32
3.1.5 Формування сівозмін на радіоактивно забруднених землях	36
3.2 Обробіток ґрунту	39
3.3 Система удобрення.	45
3.4 Хімічна меліорація кислих ґрунтів, забруднених радіонуклідами	53
4 ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ХІМІЧНОЇ МЕЛІОРАЦІЇ ҐРУНТІВ В ГОСПОДАРСТВАХ РІЗНИХ ФОРМ ВЛАСНОСТІ.	57
4.1 Внесення вапна в польових і кормових сівозмінах.	59

4.2 Вапнування ґрунту в господарствах приватного сектора та на приса- дибних ділянках	62
ВИСНОВКИ	66
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.	67

ВСТУП

За віддалений післячорнобильський період (1986–2024 рр.) радіаційний стан на території Полісся значно поліпшився. Покращенню ситуації сприяли природні процеси розпаду як короткоживучих радіонуклідів, так і основних забруднювачів (^{137}Cs і ^{90}Sr), проведення дезактиваційних робіт, а також подолання наслідків аварії в сільськогосподарському виробництві шляхом проведення агрохімічних і агротехнічних заходів. Запроваджені заходи призвели до зниження рівнів опромінення жителів населених пунктів, що розташовані в зоні впливу аварії. Нині на порівняно невеликій території в зоні добровільного гарантованого відселення рівень сумарної середньорічної ефективної дози опромінення населення дещо перевищують допустимий рівень — 1 мЗв.

За післячорнобильський період більше ніж удвічі скоротилася площа території України, де щільність забруднення ^{137}Cs перевищує 10 кБк/м², що має принципове значення для перегляду сучасних меж зон забруднення. У Житомирській області площа зони безумовного (обов'язкового) відселення скоротилася на 0,31 тис. км², а зони гарантованого добровільного відселення – на 0,6 тис. км².

На виведених із використання колишніх сільськогосподарських угіддях відбулося заліснення, забур'янення, а подекуди навіть і заболочення, мало місце значне підкислення ґрунту, що призвело до втрати ефективної його родючості. Проте альтернативи поверненню безпечних у радіаційному відношенні територій, а точніше земельних ресурсів до аграрної сфери, наразі немає. Необхідні зусилля аграріїв, щоб нормалізувати умови безпечного проживання сільських мешканців на радіоактивно забруднених територіях.

Реабілітація забруднених територій, як процес введення колишніх радіоактивно забруднених земель в агропромислове виробництво, виявилася однією з складних після чорнобильських проблем. Її вирішення одночасно передбачає комплексне відновлення порушених при зміні радіологічної ситуації виробничих, економічних, соціально-психологічних та інших відносин, забезпечення тривалого проживання і праці населення у традиційному режимі.

Основна проблема ліквідації наслідків аварії у віддалений період в агропромисловому виробництві на Поліссі пов'язана з вирішенням питання про максимально можливе зниження рівня негативного впливу радіації на населення і тварин, що zostалися на забрудненій території і які проводять різного роду господарську діяльність. Наразі більше 90 % потенційного опромінення населення джерелами чорнобильського походження викликане внутрішнім бета- та гамма-опроміненнями за рахунок споживання продуктів харчування та води, що містять радіонукліди цезію і частково стронцію. Безумовно, провідна роль у опроміненні людей, що проживають на радіоактивно забруднених територіях, нині

належить ^{137}Cs .

Автори з розробки рекомендацій врахували попередній досвід науковців різних установ, працівників агрохімічних і зооінженерних служб країни. В основу роботи покладені наукові дослідження, проведені на дерново-підзолистих ґрунтах в довготривалих дослідах співробітниками Інституту сільського господарства Полісся НААН.

У роботі особлива увага зосереджена на показниках агроекологічного стану дерново-підзолистих ґрунтів і оптимізації їх поживного режиму шляхом запровадження економічно обґрунтованих систем удобрення в сівозміні, а також агроеліоративних заходів, спрямованих на відтворення родючості. У зв'язку зі зміною погодно-кліматичних умов в бік потепління, на меліорованих землях з незадовільною роботою гідромеліоративних систем, обґрунтована можливість введення в структуру посівних площ не традиційних для зони Полісся культур – соняшнику, ріпаку, сої, люцерни тощо. Показано, що одержання рослинницької продукції з мінімальним вмістом ^{137}Cs і ^{90}Sr на радіоактивних забруднених землях у віддалений післячорнобильський період, складається з організаційних, агротехнічних, агрохімічних і агроеліоративних заходів, об'єднаних в технологію вирощування певних сільськогосподарських культур.

Наразі найефективнішими запобіжними заходами, що знижують надходження ^{137}Cs і ^{90}Sr у рослинницьку продукцію, вважається запровадження екологічно безпечних, енергоощадних технологій вирощування високопродуктивних адаптованих культур, основою яких є науково-обґрунтована система удобрення і обробітку ґрунту.

Запропоновані науково-методичні рекомендації дозволять спеціалістам-аграріям, що працюють в господарствах різних форм власності, знизити ризик надходження радіонуклідів у рослинну продукцію і підвищити продуктивність агроценозів на порівняно бідних ґрунтах Полісся за одночасного збереження і відтворення їх родючості.

Автори сподіваються, що дане видання буде корисним широкому загалу читачів, які не байдужі до виробництва екологічно безпечної продукції в агропромисловій сфері країни.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ ЗОНИ ПОЛІССЯ

У північній частині України за особливостями просторово-ландшафтної диференціації виділено шість фізико-хімічних областей: Волинське Полісся, Житомирське Полісся, Київське Полісся, Чернігівське Полісся, Новгород-Сіверське Полісся і Мале Полісся [1].

Серед вище зазначених фізико-географічних областей найбільш радіаційно забрудненим внаслідок аварії на ЧАЕС виявилася територія Житомирського Полісся, яка знаходиться в межах частин територій Житомирської та Рівненської областей.

У геоструктурному відношенні регіон пов'язаний з північно-західною частиною Українського кристалічного щита. Територія характеризується підвищеною поверхні з розвинутими вузькими і глибоко врізаними річковими долинами, наявністю великих лесових «островів» і незначною заболоченістю. Ландшафтну структуру фізико-географічної області становлять місцевості: рівнинно-зандрові на кристалічній основі з переважанням дерново-слабопідзолистих ґрунтів під борами та суборами (площа понад 3,6 тис. км²); долинно-зандрові частково заболочені з переважанням дерново-слабопідзолистих глеюватих ґрунтів (площа понад 3,5 тис. км²); денудаційні хвилясто-рівнинні на кристалічних породах з дерново-слабопідзолистими щебнюватими ґрунтами; долинно-терасні піщано-хвилясті; заплавні лучно-болотні; давньодолинно-лучні та давньоозерні з чорноземно-лучними карбонатними ґрунтами; лесових «островів» з сірими лісовими ґрунтами.

Сучасний рельєф Полісся досить різноманітний і залежить, головним чином, від характеру поверхневих (четвертинних) відкладів, які піддаються дії різноманітних екзогенних факторів, переважно флювіальних та еолових.

Територія Житомирського Полісся прорізана густою сіткою річкових долин, які вповнені алювієм терас. Найбільш великі з них – долини рік Тетерів, Случ, Уборть, Уж, Ірша, Словечна, Ірпінь та інші з багатьма їхніми притоками. Оскільки абсолютні висоти території Полісся зменшуються з півдня на північ і північний схід від 200–250 до 150–180 м над рівнем моря, то усі річки течуть

за цим загальним ухилом, впадаючи переважно в басейни Прип'яті та Дніпра. Ріки Полісся слабо врізані завдяки рівнинній місцевості і незначному ухилу, а також наявному твердому (кристалічному) дну. Весною вони розливаються, затоплюючи широкі території, що сприяє розвитку процесів поверхневого заболочування ґрунтів.

Рельєф загалом рівнинний, утворений моренними і моренно-зандровими рівнинами, серед яких зустрічаються досить значні підвищення. Це переважно моренні гряди (ози), рідше друмлини та ками, а також лесові острови «останці» третьої тераси р. Прип'яті та багато більш мілких лесових «островків» еолового та водно-льодовикового походження.

Одним із великих підвищень у рельєфі північної частини Житомирського Полісся є Словечансько-Овруцький кряж, який простягається з заходу від с. Словечно на схід до м. Овруча та має довжину біля 50 км, із максимальною висотою 316 м над рівнем моря.

При слабо виявленому макрорельєфі Житомирське Полісся характеризується добре розвинутим мезорельєфом, який має чітко виражений ерозійно-аккумулятивний характер. Усі нерівності утворені нерівномірним відкладом льодовикових осадів. Велике значення в утворенні поліського мезорельєфу мала також інтенсивна діяльність вітрів постльодовикової епохи, яка призвела до утворення бугристих пісків з досить глибокими зниженнями, широкими рівнинами – зандрами.

Найбільш розчленованим, завдяки легкому розмиву лесу та підвищеному положенню, є рельєф у межах підвищених лесових островів, схили яких, особливо в межах Словечансько-Овруцького кряжу порізані густою сіткою глибоких ярів та балок.

Ґрунтовий покрив регіону сформувався в порівняно сприятливих кліматичних умовах, проте характеризується низькими агроекологічними показниками. До основних факторів, що знижують його родючість, відносять просторову неоднорідність та мозаїчність ґрунтових відмін: укорочений гумусовий горизонт і бідність його на органо-мінеральний колоїдний комплекс, катіонну-поглинальну здатність та біогенні елементи; низький ступінь буферної здатнос-

ті в кислотному інтервалі; високу частку глейових та кислих ґрунтів з поганими водно-фізичними, фізико-хімічними властивостями; низький рівень біогенності та мікробіологічної активності; наявність радіоактивного забруднення внаслідок аварії на ЧАЕС.

Згідно даних Інституту охорони ґрунтів [2, 3], лише в Житомирській і Рівненській областях площі кислих ґрунтів сільськогосподарських угідь становлять 461,9 і 233,4 тис. га відповідно, в тому числі сумарна кількість сильно кислих відмін ($\text{pH}_{\text{КС1}} < 4,5$) – понад 98 тис га.

У Житомирській області за період з 2000 по 2023 роки провапновані площі збільшилася в 4,3 рази і досягли 15,1 тис. га, але при цьому норма їх внесення зменшилася в 4,3 рази і становила лише 1,51 т/га. Першочергового вапнування потребують забруднені радіонуклідами кислі ґрунти сільськогосподарських угідь.

Необхідність хімічної меліорації кислих ґрунтів поліського регіону шляхом вапнування є очевидною. Проте, з початку проведення земельної реформи в Україні (1991 р.) і до теперішнього часу, зазначений агроекологічний захід через відсутність фінансової підтримки з боку держави став енергозатратним для господарств різних форм власності.

2 СУЧАСНИЙ СТАН ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ МЕЛІОРОВАНИХ ОСУШУВАНИХ ЗЕМЕЛЬ

Сільське господарство в зоні Полісся має свої особливості, які зумовлені ґрунтово-кліматичними умовами та нестабільністю виробництва. Із врахуванням усіх об'єктивних процесів, на сьогодні важливим є питання оцінки стану осушуваних земель. На території України гідроморфні (перезволожені) ґрунти займають 3,7 млн. га, які розміщені в основному в поліській частині. Це дерново-підзолисті, дернові, лучні мінеральні ґрунти та торфоболотні (органогенні). Процеси оглеєння спричинили близьке залягання підґрунтових вод. За природними властивостями глейові ґрунти (перезволожені) не придатні для більшості сільськогосподарських культур. Вони мають несприятливий водно повітряний режим, щільний глейовий горизонт, що зумовлює поверхнєве розміщення кореневої системи. У посушливі роки це призводить до загибелі рослин, а в перезволожені – до вимокання. Ці ґрунти повільно прогріваються та пізніше досягають фізичної стиглості. Через кислу реакцію ґрунтового розчину вони мають надлишок алюмінію і водню, що згубно впливає на рослини. У 70–80-ті роки минулого століття майже на 90 % території таких перезволожених земель було проведено меліоративні роботи. Зокрема, в Житомирській області – 425 тис. га, більше половини із них гончарним дренажем та сіткою відкритих каналів [4].

За умови підтримання всіх гідротехнічних споруд і водорегулюючих систем у робочому стані, спеціалістами надавалася гарантія строку їх експлуатації 60 років. Проте уже через 25 років після початку проведення осушувальних меліорацій в Україні виникли небезпечні екологічні зміни водного балансу території та порушення режиму підземних вод. Наразі меліоративний комплекс не здатен виконувати свою роль через низький рівень використання наявного меліоративного фонду. За останніми даними, фактично водорегулювання здійснювалось на площі, що становить менше 10 % осушуваних земель [5].

Нині на меліорованих землях створена велика кількість землевласників, відбулося фрагментарне порушення існуючої організації території, що негативно вплинуло на структуру угідь і посилило екологічний дисбаланс їх співвідношення. Реформування аграрного сектора та розпаювання осушуваних земель

суттєво знизило їх роль у продовольчому і ресурсному забезпеченні держави. Негативний вплив на формування водного режиму відіграє застарілість меліоративних мереж, які неспроможні вчасно відводити надлишкову вологу в перезволожені роки та низька здатність зволожувати угіддя в посушливі періоди року. За результатами обстежень встановлено, що більше 70 % осушуваних земель за водним режимом не відповідають вимогам сільськогосподарських культур. У посушливі роки рівень ґрунтових вод опускається нижче закладки дрен, що призводить до пересушування земель. Прогноз на наступні десятиріччя вказує на те, що руйнація осушувальної мережі буде продовжуватися значними темпами. Аналіз гідромеліоративного стану угідь засвідчує, що дренажні системи потребують підвищення технічного рівня та модернізації, тобто комплексної реконструкції, яку необхідно провести локально з урахуванням господарської та природної значимості окремих меліоративних територій [6].

За останні два десятиліття спостерігається поступова деградація осушуваних земель. У міждощовий період, через відсутність шлюзів, меліоративна система не може утримати ту мінімальну кількість води, що надходить з опадами. На сьогоднішній день це є головною проблемою осушуваних земель, яка ще більше посилює прояв ґрунтової посухи.

Нами проведений аналіз вологозапасів на осушуваному дерново-підзолистому ґрунті (в 0–100 см шарі) за останні вісім років (рис. 1), упродовж яких випадало за вегетаційний період 211–342 мм (середньобагаторічний показник – 350 мм).

У вегетаційні періоди середня температура повітря була на 0,7–2,9 °С більше встановленої норми, а ГТК за норми 1,2 становив 0,67–1,01, тобто всі роки були посушливими (за винятком 2021 р.: ГТК = 1,15). Найбільші запаси вологи в ґрунті накопичуються на початок весни, що обумовлено атмосферними опадами протягом зимового періоду та вологою, що поступала від сніготанення. Тому впродовж усіх років характерним була підвищена вологість ґрунту на початку вегетації (130–220 мм). В умовах промивного типу дерново-підзолистих ґрунтів через одностороннє регулювання, волога через ґрунтово-

повітряну посуху в літні місяці швидко сходила з поля і часто наближалась до критичних значень (60–70 мм).

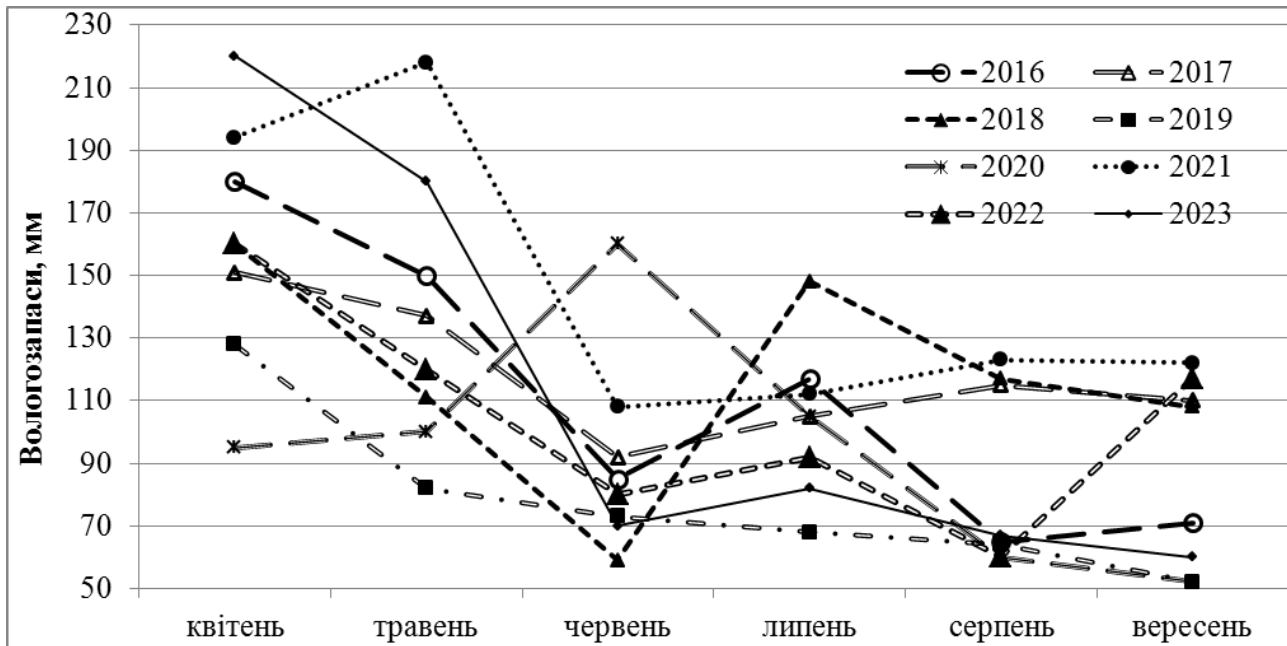


Рис.1 Запаси продуктивної вологи в 0–100 см шарі осушуваного дерново-підзолистого ґрунту у вегетаційні періоди 2016–2023 рр.

У результаті відведення гравітаційної вологи з агроландшафту посилюються елювіально-глеєві процеси та підвищується кислотність ґрунтового розчину. Основними причинами є відсутність гарантованих водних джерел для зволоження кореневмісного шару ґрунту в посушливі періоди через незадовільний стан, а також вихід із ладу дренажно-колекторної мережі. Канали замулені, заросли кущами, деревами та болотною рослинністю. Через неефективну роботу гідротехнічних споруд у перезволожені роки рівень ґрунтових вод повертається до свого попереднього стану, тобто спостерігається повторне заболочування території.

За даними наших спостережень, ґрунтові води у весняні періоди тримаються на оптимальному рівні, близько до закладки дрен (110 см) (рис. 2). Тобто, витратна частина вологи в агроландшафті з початку відновлення вегетації озимих і посіву ярих культур балансує з кількістю опадів. Близьке залягання рівня ґрунтових вод (до 0,5 м) відмічалось у весняний період 2023 р.,

коли спостерігалось підтоплення посівів озимих культур та запізнення посівної компанії.

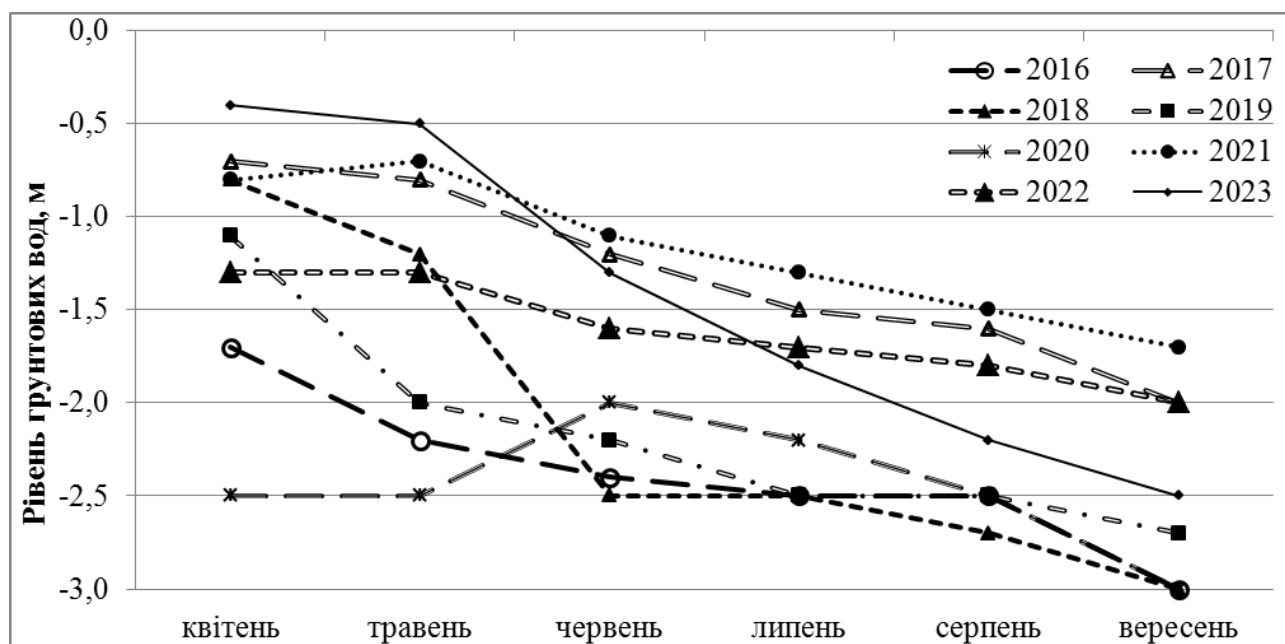


Рис. 2 Динаміка рівня ґрунтових вод протягом вегетаційних періодів 2021-2023 рр., м

З настанням посушливого періоду найвищі вологозатрати (гравітаційна волога) з агроландшафту відбуваються за рахунок вологовідведення осушуваною мережею односторонньої дії. Протягом літнього періоду витратна частина вологи в агроландшафті поступово нарощує свій дефіцит. Спостерігаються несприятливо глибокі (більше 1,5 м) залягання рівнів ґрунтових вод, які опускаються до 2,5 м і більше від поверхні землі, що є результатом незадовільної роботи меліоративної мережі. Основною проблемою мінеральних осушуваних ґрунтів в умовах зміни кліматичних чинників, є дефіцит вологи впродовж вегетаційного періоду росту і розвитку сільськогосподарських культур. Тому модернізація та реконструкція меліоративних систем і гідротехнічних споруд повинна бути направлена на накопичення і збереження надлишкової води у природних та штучних водозборах.

Нині актуальним є питання використання осушених земель з врахуванням всіх об'єктивних і суб'єктивних чинників, що відбувалися на протязі останніх

років. Підвищення рівня агропромислового виробництва в зоні Полісся в перспективі значною мірою буде залежати від створення економічних засад, організації інноваційного виробництва сільськогосподарської продукції на осушуваних землях, які б відповідали сучасним ринковим умовам. Для ефективного ведення землеробства на меліорованих землях, важливим є розробка теоретичних засад і розширення сучасних підходів щодо подальшого їх використання за умови сприятливого збереження довкілля. Наукові підходи до сільськогосподарського використання осушуваних ґрунтів полягають у максимальній оптимізації водно-повітряного, поживного, фізичного та біологічного їх режимів.

Осушувані землі залишаються важливим чинником ведення сталого та ефективного сільськогосподарського виробництва, передумовою розвитку тваринництва, сировинної бази для промисловості, а також виробництва біоенергії. Від ефективності їх використання значною мірою залежить економічна, екологічна та соціальна стабільність регіонів Полісся. У зв'язку зі змінами клімату, за ринкових умов найбільший рівень рентабельності забезпечує рослинницька спеціалізація, перспективним і економічно ефективним напрямком використання осушуваних земель є вирощування на них комерційно привабливих культур (соя, соняшник, ріпак, кукурудза, пшениця). Отже, враховуючи кліматичні зміни, меліоровані землі слід вважати страховим фондом держави [7].

Результати прогностичних досліджень щодо змін клімату на території України свідчать про те, що і в подальшому збережеться стійка тенденція до підвищення температурного режиму і до дефіциту вологи, що в кінцевому результаті спричинить погіршення умов природного вологозабезпечення та розвитку процесів опустелювання. Внаслідок цього значення водорегулювання з допомогою систем дренажу у виробництві сільськогосподарської продукції з часом лише зростатиме і за умови збереження існуючих тенденцій змін клімату ведення аграрного виробництва на більшості території України без штучного вологозабезпечення стане неможливим [8].

У ринкових умовах господарювання попит на окремий вид сільськогосподарської продукції формує відповідну пропозицію, що створює певні проблеми у розробці науково-обґрунтованої структури посівних площ як в окре-

мому господарстві, регіоні, так і в цілому по Україні. Нині виробники сільсько-господарської продукції орієнтовані на експортно прибуткові культури. Практично зупинити рослинницький напрямок спеціалізації, що відбувся, досить важко. Його можливо лише привести у відповідність згідно вимог законодавства.

Використання меліорованих земель можливе за двома напрямками: здійснення ремонту й реконструкції осушуваних мереж, що в сучасних соціально-економічних умовах практично неможливо, та використання цих земель у такому стані, в якому вони є [9]. За іншим напрямком, враховуючи всі екологічні проблеми, науковцями розроблено дві моделі розвитку та функціонування оптимізованого землекористування на осушуваних землях.

Перша – сформована на адаптивно-ландшафтних засадах, що передбачає спеціалізацію виробництва за тваринницьким напрямком. За незадовільної роботи осушувальних систем глейові ґрунти придатні за своїми природними властивостями до формування стійких високопродуктивних сіножатей та пасовищ. Багаторічні трави, які рекомендовані до поширення в поліській зоні, досить різноманітні за біологічними особливостями та вимогами до умов вирощування. Кожна з них в оптимізованому агроландшафті займає свою нішу. На оглеєних дернових та дерново-підзолистих ґрунтах нами розроблені технології вирощування таких багаторічних бобових культур як люцерна синьогібридна, лядвенець рогатий та еспарцет піщаний як у чистому посіві, так і в сумішках зі злаковими травами, які забезпечують отримання сухої речовини на рівні 9,4–14,5 т/га.

Друга модель оптимізованого землекористування – розвиток рослинництва. Вона дозволяє використовувати у складі ріллі глеюваті дерново-підзолисті ґрунти, у яких фізична стиглість досягається в першій декаді травня. Реалізуватися вона може лише за присутності у структурі посівних площ культур, у яких мінімум біологічних температур повітря на початку їх росту становить 8–10°C. За такого розподілу земель господарники на ґрунтах з середнім і високим агрохімічним забезпеченням та задовільною роботою меліоративної мережі, можуть реалізувати різні моделі сівозмін, інноваційних технологій вирощування сіль-

ськогосподарських культур, з врахуванням попиту на ринку як рослинницької, так і тваринницької продукції. Економічно виправдане й екологічно безпечне використання осушуваних земель повинно базуватися на адаптивно ландшафтних принципах, які дозволяють формувати структуру посівних площ залежно від гранулометричного складу поліських ґрунтів [10].

Для призупинення деградаційних процесів в агроландшафтах Полісся основна увага суб'єктів господарювання повинна бути зосереджена на поступальному відновленню водорегулюючої здатності осушуваних меліоративних систем, хімічної меліорації, внесення рекомендованих норм мінеральних добрив з обов'язковим використанням побічної продукції на добриво. Використання адаптованих високопродуктивних сортів і гібридів, сучасної ґрунтообробної, посівної техніки з обов'язковим проведенням заходів по захисту культур від шкідників, хвороб і бур'янів. Зазначені заходи забезпечать високий рівень рентабельності виробництва та отримання продукції, що відповідає екологічно нормативним показникам.

3 ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА НА РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ ТА ОСУШУВАНИХ ЗЕМЛЯХ

Сучасні перспективні системи землеробства — як комплекс взаємозв'язаних організаційно-економічних, технологічних, меліоративних, ґрунтозахисних заходів, направлених на ефективне використання землі, агрокліматичних ресурсів, біологічного потенціалу рослин, на підвищення родючості ґрунту, а також одержання високих і стійких врожаїв сільськогосподарських культур.

В умовах змін кліматичних чинників в бік потепління актуалізується завдання науковців щодо розробки теоретико-методологічних та прикладних основ і механізмів функціонування інноваційних систем землеробства в зоні Полісся. Вирішення питання досягається шляхом удосконалення ґрунтозахисних енергозберігаючих систем обробітку ґрунту, сівозмін різної ротації, ефективних прийомів та методів контролювання сегетальної рослинності у посівах польових культур, систем хімічної меліорації та мінерального живлення рослин із залученням відновлюваних ресурсів, що забезпечують стале зростання обсягів виробництва сільськогосподарської продукції за збереження і відтворення продуктивних функцій ґрунтів.

3.1 Оптимізація структури посівних площ

3.1.1 Сівозміни

Сільськогосподарська наука розглядає сівозміну як науково обґрунтоване чергування культур у часі й просторі, яке передбачає правильний підбір попередників та оптимальне насичення одновидовими культурами, що враховує допустиму періодичність вирощування їх у полях. Залежно від агровиробничих завдань господарюючих у сільському господарстві суб'єктів розрізняють такі типи сівозмін:

1) *польова* — сівозміна призначена в основному для виробництва зерна, технічних культур та картоплі;

2) *кормова* – сівозміна призначена переважно для виробництва соковитих та грубих кормів;

3) *прифермська* – кормова сівозміна, яка розміщена поблизу тваринницьких ферм і призначена для виробництва соковитих та зелених кормів;

4) *спеціальна* – сівозміна, в якій вирощуються культури, що потребують спеціальних умов та агротехніки їх вирощування;

5) *сінокісно-пасовищна* – кормова сівозміна, в якій в основному вирощуються багаторічні та однорічні трави для сінокосіння та випасання худоби.

У свою чергу за співвідношенням сільськогосподарських культур і парів сівозміни поділяються на зернопарові, зернопаропросапні, зернопросапні, зернотрав'яні, плодозмінні, травопільні, просапні, трав'янопросапні, овочеві, міжгосподарські, сидеральні та ґрунтозахисні.

Отже, сівозміна має багатоаспектну правову природу. Застосування сівозміни слід розглядати не тільки як ґрунтоохоронний, а й як виробничий, агробізнесовий захід, покликаний забезпечити вирощування певних сільськогосподарських культур відповідно до кон'юнктури аграрного ринку. Тому право вибору та головна роль у розробленні сівозміни мають належати сільськогосподарським товаровиробникам.

Багаторічними дослідженнями вчені різних науково-дослідних установ НААН України довели, що науково обґрунтована сівозміна є основою землеробства, запорукою його стабільності. Вона істотно впливає на водний, поживний, біологічний режими ґрунту, на швидкість детоксикації шкідливих речовин, які надходять у ґрунт при його сільськогосподарському використанні. Науковцями розроблено й удосконалено системи сівозмін, що ґрунтуються на зональному принципі розвитку землеробства в Україні. Ці системи різноротаційних сівозмін пройшли тривалий термін випробування і розраховані на різноманітну спеціалізацію господарств.

Тривалість ротації сівозміни визначає культура з найбільшим періодом повернення на попереднє місце вирощування. Комфортні умови для культур забезпечує розміщення їх після кращих попередників. При складанні схем чергування культур доцільно враховувати їх реакцію на повторне вирощування у сівозміні:

– дуже чутливі – цукрові буряки, люпин, пшениця озима, горох, просо, багаторічні бобові трави, які в повторних посівах або при частому поверненні на попереднє місце різко знижують урожайність;

– середньо чутливі – жито озиме, ярий ячмінь, овес, гірчиця, які в повторних посівах урожай знижують незначно;

– мало чутливі – кукурудза та картопля, здатні забезпечувати досить високу врожайність протягом декількох років [11].

Сівозміна у комплексі заходів боротьби з бур'янами відіграє першорядне значення. Окремі культури можуть самі добре протистояти бур'янам. Це, насамперед, культури суцільної сівби з інтенсивним ростом на початку вегетаційного періоду, зокрема озимі зернові (жито, тритикале), ріпак, а з ярих – овес, гречка, редька олійна. У боротьбі зі шкідниками та хворобами потужними культурами-санітарами є овес, конюшина, редька олійна, гірчиця та кукурудза, які очищають ґрунт від хвороб, мають фітосанітарну здатність у подоланні ґрунтовтоми.

Значні площі сільськогосподарських посівів знижують свою продуктивність унаслідок деградації земель, через що розпорошується, змивається, видувається ґрунтовий покрив і забруднюються його продуктами водою. Відповідно деградаційні процеси завдають великої еколого-економічної шкоди. Один із шляхів розв'язання цієї проблеми – *ґрунтозахисні сівозміни*, які є дійовим механізмом запобігання деградації агроландшафтів. Тому потреба в запровадженні їх очевидна, оскільки еколого-економічна ефективність сівозмін беззаперечна.

Згідно контурно-меліоративного землеробства в ерозійно небезпечних районах ґрунтозахисні сівозміни вводяться на схилах більше 3°. Розміщення на таких землях просапних культур виключається. У зерно-трав'яних сівозмінах частка багаторічних трав сягає 30-40 %, а в травопільних – від 40 до 80 %. Для підвищення протиерозійної стабільності сівозмін вводяться післяжнивні, поукісні посіви, які сприяють тому, що більшу частину вегетаційного періоду рілля вкрита рослинами, а значить, зменшується змив ґрунту і його дефляція.

Розробка структури посівних площ має здійснюватись з набором відповідних культур, що дозволяє забезпечити необхідне їх чергування при організації сівозмін. Залежно від спеціалізації, вона може мати насичення зерновими культурами до 65-75 % і 25-35 % – кормовими і технічними, або ж 20-50 % зерновими і 50-80 % – кормовими культурами.

Науково обґрунтована структура посівної площі розробляється, виходячи з граничної площі культур, господарських потреб щодо кожної культури і дотримання правил побудови сівозміни. При плануванні структури посівних площ слід визначитись з набором основних культур з дотриманням граничної площі їх посівів і підбором для них відповідних попередників, що необхідно для відтворення родючості ґрунту і створення оптимальних фітосанітарних умов для вирощування основних культур [12].

З цією метою науковцями Інституту сільського господарства Полісся НААН запропоновано формулу, яка дає можливість визначити граничну присутність сільськогосподарської культури (%) у структурі посівних площ за умови дотримання оптимального терміну її повернення на попереднє місце вирощування [13]:

$$(1) \quad P_{don} = \frac{100}{T+1}, \text{ де;}$$

P_{don} – гранична площа посіву сільськогосподарської культури у структурі посівних площ, %;

100 – коефіцієнт для отримання результату у відсотках;

T – термін повернення культури на попереднє місце в сівозміні.

Так, максимальний відсоток озимих (жито, ячмінь), ярих (ячмінь, овес, гречка) культур у структурі посівних площ не повинен перевищувати ≤ 50 %, пшениці озимої, проса – $\leq 33,3$ %, багаторічних бобових трав, зернобобових культур (крім люпину), буряка цукрового та кормового, ріпаку озимого та ярого – ≤ 25 %, льону – $\leq 16,7$ %, люпину – $\leq 14,3$ %, соняшника – $\leq 12,5$ %.

Крім того, встановлено екологічний оптимум посіву для провідних культур, які характеризуються значним терміном повернення на попереднє місце. Крім цього, змінюючи показники у вказаній формулі, можна визначити і площу посіву окремо взятої культури, з обов'язковим посиланням на її термін повернення на постійне місце вирощування.

$$(2) \quad P_{don} = \frac{s}{T}, \text{ де;}$$

P_{don} – гранична площа посіву сільськогосподарської культури у структурі посівних площ, га;

S – площа сільськогосподарських угідь, га;

T – термін повернення культури на попереднє місце в сівозміні.

Наприклад. У господарстві з площею ріллі 400 га гранична площа льону-довгунця має бути не більше 67 га (400 га : 6 років = 67 га); конюшини лучної – не більше 80 га (400 га : 5 років = 80 га); ріпаку озимого не більше як 100 га (400 га : 4 роки = 100 га); соняшника – 57,1 га (400 : 7 років) і т.д.

Останнім часом у зв'язку з розвитком ринкових відносин, в сільськогосподарських підприємствах стало типовим явище нехтування сівозмінами і вирощування сільськогосподарських культур із грубим порушенням законів їхнього чергування, або навіть у беззмінних посівах. Зазначені обставини здебільшого пов'язані з кон'юнктурою ринку, яка вимагає виробництва в першу чергу «прибуткових» сільськогосподарських культур за будь-яких умов. Такий процес, якщо його не обмежити рамками закону, може набути стихійного характеру і призвести до повного хаосу в землеробстві [14].

3.1.2 Біологізація сівозмін

Складні економічні умови, в яких перебуває нині сільськогосподарське виробництво, дуже негативно вплинули на стан родючості ґрунтів. Загострилась проблема з балансом поживних речовин, зростає кислотність ґрунтового розчину, знижується вміст гумусу. Проявляються чітко виражені признаки ґрунтовтоми.

Для вирішення питання забезпечення рослин азотом як найбільш дефіцитного елемента в ґрунтах, особливо дерново-підзолистих, необхідно максимально насичувати сівозміни бобовими культурами. Конюшина залишається провідною кормовою і азотофіксуючою культурою на Поліссі, але її вирощування стало проблематичним через періодичні весняні або літні ґрунтово-повітряні посухи, що призводять до її загибелі. Тому з успіхом конюшину можна замінювати на люцерну або лядвенець – за умови проведення вапнування. За наявності ведення тваринництва в господарствах у структурі посівів ці культури повинні займати не менше 20-25 % [12].

За відсутності тваринницької галузі для біологізації сівозмін слід висівати зернобобові культури. Окрім традиційних для зони люпину, пелюшки, вики наразі однією з основних зернобобових є соя. Вказані культури на 60-80 % забезпечують потребу в азоті, залишають у ґрунті до 100 кг/га цього елемента, тому є добрими попередниками в сівозмінах.

В умовах дефіциту гною одним із перспективних способів збільшення внесення органіки і підвищення вмісту гумусу в ґрунті є використання побічної продукції. В якості добрив використовується солома зернових, зернобобових, олійних культур, листостеблова маса соняшнику і кукурудзи. Слід зазначити, що у відтворенні гумусу роль соломи практично рівнозначна з рештками багаторічних трав.

Надійним і доступним джерелом органіки повинно стати зелене добриво проміжних культур. Це екологічно чисті добрива, санітари ґрунту. Сидерати є досить ефективним засобом підвищення родючості ґрунту. Під впливом зеленого добрива знижується кислотність ґрунту, зменшується вміст рухомого алюмінію, різко підвищується мікробіологічна діяльність. Сидеральні добрива позитивно впливають на властивості ґрунту та продуктивність культур, але цей вплив набагато слабший порівняно з підстилковим гноєм. Вони швидко мінералізуються, тому ефект від їх застосування спостерігається головним чином у перший рік дії, тому сидерати в сівозміні повинні використовуватися щорічно в якості післяжнивних посівів.

У результаті багаторічних досліджень найбільш придатними сидератами для таких умов є бобові: *люпин*, *серадела*, *пелюшка*, *вика*. Вони забезпечують ґрунт азотом, підвищують його мікробіологічну діяльність і сприяють переходу фосфору з важкодоступних сполук в легкодоступні. Добрі результати дають посіви сидератів як в чистому вигляді, так і в суміші з вівсом. Результати досліджень, які отримані науковцями Інституту сільського господарства Полісся НААН, підтверджують перевагу *люпину* як зеленого добрива. При заорюванні зеленої маси люпину в ґрунт поступає 120-180 кг/га біологічного азоту.

Позитивний вплив на родючість ґрунту має однорічна бобова культура – *серадела*. Вона добре росте на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах, але дуже чутлива до підвищеної кислотності ґрунту та перезволоження. В основному використовується як підсівна культура, рано навесні підсівають її під озимі зернові культури. Після збирання озимих, *серадела* досить швидко нарощує зелену масу, яку пізно восени придисковують важкою бороною.

Хорошим сидератом є *фацелія* – трав'яниста культура, багата азотом і калієм, невибаглива до посухи, росте на всіх ґрунтах. Виконує потужну фітосанітарну функцію, має природні інсектицидні властивості, впливає на покращення водо- і повітропроникність ґрунту, понижує рівень кислотності. Висівається на сидерат після збирання основної культури або навіть під зиму. Скошується у період формування бутонів.

Ефективними в сидеральному парі є *хрестоцвітні культури* – *гірчиця біла, редька олійна, ріпаки*. Вони мають розгалужену кореневу систему, яка бере вологу з глибоких шарів ґрунту. Їх коріння дістає фосфор з підорного шару, перетворює важкодоступні фосфати у легкозасвоювані форми. Ці культури швидко нарощують біомасу, яка з легкістю розкладається, даючи велике число корисних мікроорганізмів та біологічно активних сполук, які знезаражують землю та пригнічують збудники різних хвороб. На оглеєних ґрунтах, за використання сидеральних хрестоцвітних культур, покращуються їх фізичні властивості, підвищується врожайність наступних культур. Проміжні культури виконують роль плодозміни у сівозмінах короткої ротації.

Ефективним заходом є поєднання бобових сидератів з побічною продукцією. Багата азотом маса пожнивних зелених добрив при використанні її з соломною компенсує нестачу азоту в ґрунті і робить поєднання цих двох видів органічних добрив високоефективним.

Висока вартість мінеральних добрив та дефіцит гною у виробництві, спонукає до застосування альтернативних джерел надходження поживних речовин у ґрунт за рахунок мікробіологічних добрив, стимуляторів росту рослин та засобів захисту біологічного походження. Створення нового покоління препаратів з посиленням функцій біологічної активності за внесення їх у період вегетації рослин, є одним із шляхів зниження хімічного навантаження на довкілля. Як свідчить вітчизняна і зарубіжна практика, біопрепарати стають альтернативою агрохімікатам. Внесення їх у незначних дозах дає змогу не лише отримати істотні прирости врожаїв, а й виростити продукцію високої якості. Тобто, біологізація сівозмін не тільки основний фактор збереження і підвищення родючості ґрунту, але і створення екологічно безпечного агроландшафту.

Науковцями Інституту сільського господарства Полісся розроблена система землеробства «Древлянська». Вона передбачає впровадження сівозмін з короткими ротаціями (2–4-пільні) та їх насичення (до 50 %) однорічними

бобовими культурами, що сприяє біологічному відновленню родючості ґрунтів. Такі скорочені біологізовані сівозміни є динамічними та високо екологічними. Серед зернобобових на дерново-підзолистих ґрунтах можуть бути пелюшка, люпин, вика, горох, а на більш родючих (сірі, чорноземи опідзолені) – соя, боби, нут тощо. Насичення сівозмін зернобобовими культурами дає можливість постачати азот як найдефіцитніший елемент у ґрунтах, усувати загрозу ґрунтовтоми, підвищити мікробіологічну активність ґрунту [15].

Взявши за основу підхід до побудови такої біологізованої сівозміни, ми її застосували на осушуваному дерново-підзолистому ґрунті за органічного способу вирощування культур [16]. Вивчено ефективність короткоротаційної зернової сівозміни: пелюшка – овес – вика – ячмінь. В умовах дефіциту гною оптимізація системи живлення здійснювалася за рахунок побічної продукції зернових і зернобобових культур, сидерату редьки олійної, застосування біопрепаратів, у тому числі на фоні мінеральних добрив, дозволених в органічному виробництві. Встановлено, що на дерново-підзолистому ґрунті з низьким рівнем родючості у біологізованій короткоротаційній сівозміні з 50 %-м насиченням зернобобовими культурами (пелюшка і вика), використанням у кожному полі побічної продукції та післяжнивної редьки олійної в якості органічних добрив, досягається бездефіцитний (урівноважений) баланс гумусу та поживних речовин у ґрунті. Позакореневий обробіток посівів препаратами біологічного походження збільшують урожайність зерна на 12-26 % та підвищують рівень рентабельності вирощування зернобобових культур на 5,3-15,1 %.

3.1.3 Наукові принципи організації сівозмін на осушуваних ґрунтах

В умовах низького вологозабезпечення на фоні підвищеної температури повітря, що спричинено глобальними змінами клімату, в зоні Полісся стало можливим вирощування не типових для цього регіону комерційно привабливих культур, таких як соя, соняшник, ріпак, кукурудза на зерно, пшениця. У зв'язку з цим виникла потреба в розробці й удосконаленні різносхемних сівозмін з оптимальним поєднанням різних рівнів інтенсифікації.

Наразі, сівозміни довгої ротації виправдали себе, і вони необхідні у великих господарствах, оскільки забезпечували повну маневреність щодо розміщення культур, повніше використовували ґрунтово-кліматичний потенціал місцевості. Для невеликих за площею господарств виникла необхідність розроблення оптимальної форми організації території землекористування на основі запровадження вузькоспеціалізованих сівозмін короткої ротації. Побудову таких сівозмін необхідно здійснювати за науково обґрунтованими принципами, головний з яких – розміщення і чергування культур за законами плодозміни [17].

Важливим завданням сьогодення є розробка та впровадження високопродуктивних сівозмін із невеликим набором культур, які користуються великим попитом на ринку, відповідають оптимальній структурі посівних площ та не знижують родючості ґрунту. У короткоротаційних дво- і трипільних сівозмінах, для послаблення явища ґрунтовтоми, алелопатії та покращення фітосанітарного стану, слід максимально запроваджувати проміжні сидеральні посіви бобових, хрестоцвітих культур з врахуванням терміну повернення їх на попереднє місце вирощування.

Для досягнення оптимального співвідношення культур у сівозмінах необхідне збільшення площі зернобобових культур [2]. *Люпин* добре росте на кислих дерново-підзолистих та малородючих ґрунтах. Має найвищу з усіх зернобобових культур азотфіксуючу здатність, тому є добрим попередником культур у сівозміні. Але потрібно враховувати термін повернення його на попереднє місце у сівозміні (4–5 років).

Селекціонери створили нове покоління скоростиглих сортів *сої* з коротким вегетаційним періодом. Через високі темпи росту соя належить до провідних культур українського Полісся, маючи хороші перспективи подальшого нарощування її виробництва. Завдяки високій азотофіксуючій здатності, соя на 60–80 % забезпечує потребу в азоті, залишає у ґрунті до 80 кг/га цього елемента, тому є добрим попередником і продуцентом найдешевшого рослинного білка.

Неабияке значення має правильне розташування у сівозміні *соняшнику*. Його беззмінне вирощування неможливе, як і його часте повернення на попереднє місце розміщення. Цей інтервал науковці оцінюють по різному, він коливається від 4 до 8 років. Як серед науковців, так і виробників щодо оптимальної тривалості цього інтервалу, а отже, і відносно максимального

насичення сівозмін соняшником, єдиної однозначної думки немає. Хоча сучасні гібриди і сорти соняшнику мають 100 відсоткову панцерність, високу стійкість до вовчка та хвороб.

Кукурудза на зерно на Поліссі, як і в інших регіонах країни, стала головною фуражною та енергетичною культурою, з високим потенціалом урожайності. Розширення її площі в сівозмінах дає можливість збільшити виробництво зерна без істотного зниження врожаю інших зернових культур, що спостерігається при зростанні їх частки в структурі посівних площ. За останні два десятиліття у землеробстві відбулися зміни пріоритетності сільськогосподарських культур, де озимі зернові культури поступилися кукурудзі. Зміни кліматичних умов та ґрунти достатньою мірою відповідають біологічним потребам цієї культури. В структурі посівних площ сільськогосподарських підприємств поліської зони кукурудза займає близько 20 %, що не перевищує науково-обґрунтовані нормативи.

Економічно привабливою культурою на Поліссі є **ріпак**. Перевагою його є те, що він покращує його фізико-хімічні, агрономічні властивості, є добрим попередником та фітосанітаром проти корневих гнилей зернових культур, збільшує запаси органічних речовин і розчинних форм фосфору. Але при його вирощуванні присутні певні ризики зниження урожайності як через вибагливість цієї культури щодо погодних умов, зокрема вимерзання посівів озимого ріпаку, так і за порушення окремих елементів технології, що призводить до зрідження посівів, а в окремих випадках і до повної їх загибелі. Тому великі масиви ріпаку у структурі посівних площ є недоцільними.

Оптимальна тривалість ротації коротких сівозмін має бути 4-пільна (при варіюванні від 3 до 5-пільної). Це зумовлено вимогами до розміщення культур після відповідних попередників і дотримання періоду повернення культур на попереднє місце вирощування, який для більшості з них становить 3–4 роки. Але є культури (льон, люпин, соняшник), які можуть повертатися в сівозміні на попереднє місце вирощування не раніше, ніж через 5–8 років. Недотримання цих нормативів при побудові сівозмін призводить до накопичення інфекції в ґрунті і посівах, розповсюдження шкідників та хвороб. Тому в

короткоротаційних сівозмінах поле, на якому такі культури вирощуватимуться, слід ділити на дві частини і поперемінно на кожній з них висівати ці культури.

Тут може бути й інший варіант, особливо це стосується соняшнику. Якщо у господарстві є кілька сівозмін з короткою ротацією, то цю культуру слід вирощувати поперемінно в одній сівозміні протягом однієї ротації, а потім в іншій.

За законом плодозміни сівозміна має бути насиченою на 50 % зерновими колосовими, на 25 – бобовими (кормовими) і зернобобовими, на 25 % просапними культурами. Це означає, що на окремих полях короткоротаційних сівозмін можна вирощувати декілька культур, близьких між собою за біологічними властивостями.

На кислих, малородючих дерново-підзолистих ґрунтах основною зерновою культурою повинно бути *жито озиме* з часткою до 80 %. Це традиційна, найбільш цінна поліська культура, зерно якої має високі харчові властивості. Проте вітчизняний титул «житниці Європи» стрімко втрачає свою популярність – площі посівів продовжують скорочуватись, понижаючи планку «антирекордних» обсягів виробництва. Негативна динаміка пояснюється, в першу чергу, порівняно низьким рівнем рентабельності, відповідно, більшість виробників культури не спеціалізуються на ній, відводячи площі під посів за залишковим принципом, після пшениці та кукурудзи. На зовнішньому ринку основна проблема експорту жита – нестабільність.

Слід відмітити, що у зв'язку зі щорічним підкисленням ґрунтів, доцільно збільшити посіви *тритикале*, яке теж забезпечує високу продуктивність. І лише на більш родючих ґрунтах доцільно висівати *пшеницю озиму*, яка в поліському регіоні залишається економічно привабливою культурою, що приносить суттєві грошові надходження до бюджету.

Структура посівних площ і схеми сівозмін, окрім кон'юнктурного, базуються на двох основних принципах: по характеру ґрунтового покриву та наявності тваринництва в господарствах. У випадку відсутності худоби в господарстві, дефіцит гною спонукає будувати сівозміни так, щоб забезпечити позитивний баланс гумусу. А для цього обов'язковим є використання соломи та проміжних посівів у якості добрив.

Пропонуємо приклади таких короткоротаційних сівозмін на оглеєних дерново-підзолистих осушуваних ґрунтах, рекомендованими науковцями Інституту сільського господарства Полісся (табл. 1). Запропоновані сівозміни

можуть бути оптимальними в умовах економічної кризи і звуження попиту на сільськогосподарську продукцію.

Запропоновані зернобобові культури – соя, люпин (пелюшка і вика висіваються з підтримуючою культурою – вівсом), можуть замінювати одна одну, залежно від кон'юнктури ринку та внутрішніх потреб. Так же само замінюються і озимі зернові культури, можна вводити ярі зернові. Слід уникати чергування попередників, близьких між собою за біологією. Не рекомендується розміщувати колосові зернові після колосових, бобові після бобових. Ідеальних динамічних сівозмін не буває. Польові культури не завжди вдається розміщувати по найкращих попередниках, адже часто виникає необхідність у їх розміщенні по допустимих та навіть недопустимих попередниках.

1. Експериментальні схеми сівозмін

Сівозміна			
I	II	III	IV
1. Пелюшка 2. Тритикале озиме 3. Кукурудза	1. Соя 2. Кукурудза 3. Кукурудза	1. Люпин 2. Ріпак озимий 3. Жито озиме 4. Кукурудза	1. Вика 2. Пшениця озима 3. Соняшник 4. Гречка

Зернобобові в першому полі нагромаджують азот у ґрунті, покращують структуру за рахунок розвиненої кореневої системи і повернення в ґрунт побічної продукції в якості значної кількості органіки. Це найкращі попередники для озимих зернових і ріпаку та кукурудзи.

Озимі жито, пшениця, тритикале та ріпак не забур'янюють поля. Солому при збиранні зерна подрібнюють, розстеляють на полі і придисковують. На сидерат можна висівати гірчицю, редьку, люпин, сераделу, зелену масу яких разом з соломною приорюють пізно восени. Таким чином, очищається поле від бур'янів і теж повертається у ґрунт органіка.

На наступному полі доцільно висівати соняшник або кукурудза, подрібнена побічна продукція яких повертається в ґрунт і допомагає вирішити проблему бездефіцитного балансу гумусу.

Після соняшника наступне поле може бути зайняте ярими зерновими або круп'яними культурами. Солому з цього поля можна використати на корм худобі або ж заробити в ґрунт. Великою проблемою після соняшника є засміченість поля падалицею, яка ліквідується гербіцидами.

Що стосується культур із великим терміном повернення на попереднє місце в сівозміні, як люпин і соняшник, то перший у другій ротації можна

замінити іншою зернобобовою культурою, а соняшник поміняти місцями, наприклад із кукурудзою в чотирьохсівозмінних сівозмінах.

Зазначені універсальні динамічні сівозміни в умовах економічної кризи дозволяють підтримувати баланс гумусу без внесення гною, боротися з шкідливими організмами без пестицидів, зменшити норму мінеральних добрив і одержувати екологічно чисту високоякісну продукцію за менших затрат матеріальних ресурсів.

Результати проведеного аналізу, який зведений в таблиці 2, дозволяє провести об'єктивне оцінювання наведених сівозмін, а при необхідності визначитися з однією із них за тими чи іншими критеріями.

Із одержаних даних можна стверджувати, що за продуктивністю 1 га сівозмінної площі найкращі показники, як правило, відмічені в другій сівозміні: соя – кукурудза – кукурудза – до 6,05 т/га зернових одиниць.

За здатністю до накопичення гумусу або з точки зору екологічності, кращими показниками характеризується перша сівозміна: пелюшка – тритикале озиме – кукурудза, під культурами якої за умови загортання побічної продукції на фоні мінеральних добрив найбільше синтезується гумусу (480–630 кг/га), що забезпечує розширене відтворення та підвищення родючості ґрунту.

Стосовно балансу поживних речовин, зокрема азоту (так як він є основним лімітованим елементом у зоні Полісся), встановлено, що у випадку використання підстилкового гною на фоні рекомендованої норми NPK, під культурами всіх сівозмін забезпечується позитивний його баланс. У трьох сівозмінах застосування підвищеної норми мінеральних добрив сприяло бездефіцитному або врівноваженому балансу азоту, а за рекомендованої норми – незначного його дефіциту.

2. Узагальнені показники оцінки сівозмін на 1 га сівозмінної площі

Показники	Норми внесення добрив				
	контроль	побічна продукція	N ₄₂ P ₅₇ K ₆₀ + гній 10 тон	N ₄₂ P ₅₇ K ₆₀ + побічна продукція	N ₆₂ P ₈₆ K ₉₀ + побічна продукція
Сівозміна I: пелюшка – тритикале озиме – кукурудза					
Збір з.о., т	2,43	2,82	4,32	3,96	4,52
Баланс гумусу, кг	-520	90	220	480	630
Баланс азоту, кг	-50	-13	10	-3	0
Рентабельність, %	23,6	42,3	27,9	30,1	29,4
Сівозміна II: соя – кукурудза – кукурудза					
Збір з.о., т/га	3,14	3,78	5,76	5,23	6,05
Баланс гумусу, т/га	-830	20	50	310	540
Баланс азоту, кг/га	-75	-39	4	-20	-15

Рентабельність, %	21,9	39,6	25,4	27,9	29,8
Сівозміна III: люпин – ріпак озимий – жито озиме – кукурудза					
Збір з.о., т/га	2,57	2,3	4,0	3,73	4,23
Баланс гумусу, т/га	-550	40	60	310	440
Баланс азоту, кг/га	-50	-23	16	-2	0
Рентабельність, %	46,0	55,2	30,7	32,8	31,0
Сівозміна IV: вика – пшениця озима – соняшник – кукурудза					
Збір з.о., т/га	2,11	2,33	2,98	2,92	3,2
Баланс гумусу, т/га	-430	40	100	210	350
Баланс азоту, кг/га	-48	-28	27	-7	6
Рентабельність, %	47,0	56,4	28,7	36,5	31,0

Найвищий рівень рентабельності у всіх сівозмінах відмічено за біологічної системи із загортанням побічної продукції. Але без мінеральних добрив знижується родючість ґрунту та отримується низький вал продукції.

Щодо вибору системи удобрення з мінеральними добривами, то кожна сама по собі може бути прийнятною, залежно від економічної спроможності господарства. За відсутності тваринницької галузі в господарствах, альтернативою гною є використання побічної продукції всіх культур сівозміни, що не знижує продуктивність культур, рівень рентабельності та підвищує родючість ґрунту.

Виділити якусь окрему сівозміну, яка би була найкращою за всіма визначеними критеріями, неможливо, тому і пояснюється їх динамічність, тобто можливість заміни однієї культури іншою.

Структура сівозмін, що запроваджуються в господарствах, повинна враховувати не лише властивості ґрунтового покриву, а і наявність тваринництва. Для цього обов'язковим є введення багаторічних трав, у тому числі з метою збільшення надходження органічної речовини в ґрунт. Для господарств з розвиненим тваринництвом, залежно від спеціалізації та фінансових можливостей, пропонується вводити в структуру посівів різні просапні та технічні культури.

Науковцями Інституту рекомендовані схеми сівозмін для господарств різних форм власності з розвинутою галуззю тваринництва і врахуванням агроґрунтових умов вирощування сільськогосподарських культур [9]:

I. Ґрунти – дерново-підзолисті оглеєні осушувані, глинисто-піщані, супіщані та легкосуглинкові (меліоративний стан осушуваних угідь добрий або задовільний)

А. 1 – картопля, 2 – жито озиме + післяжнивна пелюшко-вівсяна сумішка.

Б. 1 – картопля, 2 – овес, 3 – жито озиме + післяжнивна пелюшко-вівсяна сумішка.

В. 1 – конюшина, 2 – жито озиме + післяжнивна пелюшко-вівсяна сумішка, 3 – картопля, буряк кормовий, 4 – овес з підсівом конюшини.

Г. 1. – конюшина, 2 – жито озиме + післяжнивна пелюшко-вівсяна сумішка, 3 – кукурудза на зелену масу, 4 – овес з підсівом конюшини.

Д. 1 – люпин, 2 – жито, 3 – картопля, 4 – кукурудза на зелений корм, 5 – жито, 6 – кукурудза на зерно, 7 – овес.

II. Ґрунти – дерново-підзолисті глеюваті, поверхнево-оглеєні та неоглеєні супіщані та легкосуглинкові

А. 1 – картопля, 2 – овес, ячмінь, 3 – пшениця, жито озимі + післяжнивна пелюшко-вівсяна сумішка.

Б. 1 – конюшина, 2 – пшениця озима + післяжнивний люпин, 3 – кукурудза на зелену масу, 4 – овес, ячмінь з підсівом конюшини.

В. 1 – конюшина, 2 – ріпак озимий, 3 – пшениця, жито озимі + післяжнивний люпин, 4 – картопля, буряк кормовий, 5 – овес, ячмінь з підсівом конюшини.

Г. 1 – конюшина, 2 – льон довгунець, 3 – жито озиме, пшениця озима + післяжнивний люпин, 4 – картопля, буряк кормовий, 5 – вика, пелюшка (2/3) + овес (1/3) + післяжнивні хрестоцвітні, 6 – овес з підсівом конюшини.

Д. 1 – люпин, 2 – жито, 3 – картопля, 4 – кукурудза на зелений корм, 5 – жито; 1 – конюшина, 2 – пшениця озима, 3 – льон-довгунець, 4 – кукурудза на зелену масу, 5 – жито + сидерат, 6 – картопля, 7 – ярі з підсівом конюшини.

Є. 1 – люпин, 2 – жито + післяжнивні хрестоцвітні, 3 – картопля, 4 – овес з підсівом конюшини, 5 – конюшина, 6 – льон, 7 – пшениця озима + сидерат, 8 – кукурудза на силос, 9 – гречка.

III. Ґрунти – дерново-підзолисті глеюваті, поверхнево оглеєні та неоглеєні глинисто-піщані

А. 1 – конюшина, 2 – жито озиме, тритикале + люпин післяжнивний, 3 – картопля, 4 – овес з підсівом конюшини.

Б. 1 – люпин, 2 – жито озиме, тритикале з підсівом серадели, 3 – картопля, буряк кормовий, 4 – овес + післяжнивні хрестоцвітні.

В. 1 – багаторічні бобові трави (конюшина, тимофіївка) 1-го року, 2 – багаторічні бобові трави (конюшина, тимофіївка) 2-го року, 3 – озиме жито, 4 – кукурудза на силос, 5 – овес з підсівом багаторічних трав.

Заміна однієї культури іншою в рамках агроекологічної групи земель не є порушенням сівозміни, адже в ринкових умовах останні повинні бути динамічними, де одну культуру, яка втратила конкурентоздатність, можна замінити одновидовою, попит на яку зростає. При цьому потрібно враховувати їх фітосанітарну функцію, закони плодозміни і збереження родючості ґрунту.

3.1.4 Ефективність сівозміни за умови оптимізації

поживного та водного режимів ґрунту

в лізіметричному досліді

З врахуванням кон'юнктури ринку, в інституті було запропоновано сучасну модель 5-пільної короткоротаційної сівозміни для освоєння на осушувальному дерново-підзолистому ґрунті, яка передбачає вирощування високопродуктивних комерційно привабливих культур і забезпечує підвищення прибутковості сільгосп підприємств [18]. Сівозміна має рослинницьку спеціалізацію та ринкове спрямування:

1. Кукурудза	2. Соя	3. Соняшник	4. Кукурудза	5. Люпин
Зернові (кукурудза) – 40 %				
Зернобобові (соя, люпин) – 40 %				
Технічні (соняшник) – 20 %				

Дослідження проведені в класичному стаціонарному досліді на балансово-лізиметричній станції. Лізиметричний метод дає змогу моделювати різні умови вологозабезпечення кореневмісного шару ґрунту протягом вегетації культур, тобто імітувати роботу меліоративної системи двосторонньої дії. Використовувалися металеві лізиметри-збирачі (імітують роботу дрени меліоративної системи без регулювання водного режиму) і лізиметри-випаровувачі (встановлюють і підтримують потрібний рівень ґрунтових вод водорегулюючими пристроями). Лізиметри циліндричної форми, діаметром 100 см, глибина 70 см з площею поверхні 0,8 м².

Ґрунт у лізиметрах дерново-середньопідзолистий супіщаний на моренному суглинку характеризується низькою природною родючістю: має низький вміст гумусу та обмінного калію в орному шарі та середньо забезпечений фосфором. Формування врожайності культур проходило за оптимальних умов зволоження у лізиметрах-випаровувачах протягом вегетаційного періоду при підтриманні рівня ґрунтових вод на глибині 110 см від поверхні.

Результати проведених досліджень свідчать про те, що в умовах Полісся на дерново-підзолістому ґрунті формування величини врожаю вирощуваних комерційно привабливих культур та загальної продуктивності сівозміни знаходиться в чіткій залежності від системи удобрення, яка зумовлює наявність елементів живлення в доступній для рослин формі. Продуктивність культур сівозміни формується не лише під впливом прямої дії добрив, але і їх післядії за рахунок акумулювання поживних речовин у ґрунті.

Експериментально встановлено, що без регулювання водного режиму, за рекомендованої для зони Полісся норми мінеральних добрив (на 1 га сівозмінної площі – N₆₂P₆₀K₇₈), урожайність зерна кукурудзи становила 6,4 т/га, сої – 1,83, соняшнику і люпину – по 1,95 т/га, продуктивність загальної сівозміни – 6,94 т кормових одиниць з 1 га ріллі (табл. 3). За проведення штучного регулювання рівня ґрунтових вод ці показники збільшилися на 12-26 %.

За оптимізації контрольованих факторів у технології вирощування інтенсивних культур, зокрема водного режиму ґрунту в умовах досконалої роботи меліоративної системи двобічного регулювання і процесу живлення рослин внаслі-

док поєднання мінеральних добрив ($N_{62}P_{60}K_{78}$), побічної продукції, сидерату і нанодобрив нового покоління Нано-Мінераліс РК і Nagro, отримано врожайність зерна кукурудзи на рівні 10,15-10,35 т/га, сої – 2,54-2,62, соняшнику – 2,70-2,73 т/га, люпину вузьколистого – 2,79-2,83 т/га, що на 18–24 % перевищує мінеральну систему удобрення. Такі прирости врожаю є суттєвими, що вказує на доцільність застосування альтернативних джерел органічної речовини (використання побічної продукції попередника у поєднанні з сидеральною масою) – це один із раціональних і ефективних шляхів заміни дефіцитних традиційних органічних добрив. Аналіз продуктивності культур сівозміни засвідчив пріоритетність кукурудзи як найбільш урожайної зернової культури на дерново-підзолистих ґрунтах Полісся.

Серед досліджуваних нанодобрив перевагу мало Нано-Мінераліс РК, так як приріст урожаю культур від його застосування порівняно до мінеральної системи удобрення за оптимальних умов зволоження осушуваного ґрунту становив 13,1-25,5 %, тоді як при застосуванні Nagro – 7,7-18,2 %. Отримані результати доводять, що на осушуваному ґрунті спільна дія макро- і нанодобрив оптимізує мінеральне живлення рослин, зменшує ризики недобору врожаю, пов'язані з негативною дією кліматичних факторів, створює передумови для підвищення врожайності.

Рослини отримують користь від листового живлення двома шляхами: інтенсивним поглинанням поживних елементів безпосередньо з робочого розчину, яким обприскують рослини та збільшенням обсягу поглинання поживних речовин із ґрунту. Позакореневе підживлення слід розглядати як доповнення до системи ґрунтового живлення, а не як основне удобрення. Отже, за отриманими результатами в лізіметричних дослідженнях доведено, що моделювання оптимального водного режиму для росту і розвитку культур протягом вегетації, при застосуванні мінеральної, органо-мінеральної та альтернативної систем удобрення, підвищує продуктивність сівозміни на 16-20 % порівняно з умовами без водорегулювання, що пояснюється збільшенням пористості ґрунту, поліпшенням повітряного і теплового режимів та мікроклімату в агроценозах.

3. Урожайність культур та продуктивність сівозміни на осушуваному дерново-підзолистому ґрунті (2016–2020 рр.), т/га

№ вар.	Система удобрення, на 1 га сіво-зміної площі	кукурудза	соя	соняшник	кукурудза	люпин	Збір кормових одиниць з 1 га сівозміної площі, т/га
На фоні без регулювання водного режиму ґрунту							
1	Без добрив (контроль)	3,5	1,40	1,12	3,65	1,13	4,13
2	N ₆₂ P ₆₀ K ₇₈ + 12 т/га гною	10,0	2,17	2,25	7,30	2,32	9,21
3	N ₆₂ P ₆₀ K ₇₈	6,4	1,83	1,95	6,05	1,95	6,94
4	N ₆₂ P ₆₀ K ₇₈ + Нано-Мінераліс РК	7,32	2,05	2,20	6,78	2,22	7,84
6	N ₆₂ P ₆₀ K ₇₈ + Nagro	7,20	1,96	2,10	6,60	2,15	7,64
8	N ₃₁ P ₆₀ K ₇₈ під сидерат + п/п + N ₃₁ під культуру + Нано-Мінераліс РК	8,90	2,11	2,37	7,13	2,39	8,75
9	N ₃₁ P ₆₀ K ₇₈ під сидерат + п/п + N ₃₁ під культуру + Nagro	8,70	2,08	2,34	7,03	2,36	8,60
На фоні з регулюванням водного режиму ґрунту							
1	Без добрив (контроль)	4,00	1,68	1,27	4,20	1,33	4,77
2	N ₆₂ P ₆₀ K ₇₈ + 12 т/га гною	11,50	2,65	2,62	8,75	2,80	10,84
3	N ₆₂ P ₆₀ K ₇₈	7,36	2,22	2,20	7,13	2,30	8,09
4	N ₆₂ P ₆₀ K ₇₈ + Нано-Мінераліс РК	9,07	2,51	2,51	8,08	2,62	9,47
6	N ₆₂ P ₆₀ K ₇₈ + Nagro	8,64	2,39	2,39	7,85	2,54	9,09
8	N ₃₁ P ₆₀ K ₇₈ під сидерат + п/п + N ₃₁ під культуру + Нано-Мінераліс РК	10,32	2,62	2,73	8,53	2,83	10,33
9	N ₃₁ P ₆₀ K ₇₈ під сидерат + п/п + N ₃₁ під культуру + Nagro	10,15	2,54	2,70	8,45	2,79	10,18

Примітка: нанодобриво Нано-Мінераліс РК (0,1 л/га) та Nagro (0,8 л/га) використовувалися для позакореневого підживлення культур.

3.1.5 Формування сівозмін на радіоактивно забруднених землях

На забруднених радіонуклідами землях, крім руйнації ґрунтового покриву, існує ймовірність одержання небезпечної сільськогосподарської продукції. Багаторічними дослідженнями вітчизняних і зарубіжних вчених встановлено, що головною умовою досягнення безпеки землеробства є оптимізація агроландшафту, в основу якої покладено ґрунтово-екологічний потенціал території і враховані закони екології.

Сучасна система землеробства практично не враховує характер просторового розташування нуклідів. Структура сільськогосподарських угідь, посівної площі, ніяким чином не залежить від розміщення радіоактивних речовин. Статичні сівозміни, які є основою організації землекористування, включають поля і навіть ділянки на одному полі, щільність забруднення яких коливається від 37 до 555 кБк/м² (1 – 15 Ки/км²). Це практично не дозволяє контролювати рух нуклідів як в просторі, так і в трофічному ланцюгу. Отже, постає необхідність корінної зміни системи землеробства на забруднених землях.

Вирішення цієї проблеми полягає в реформуванні системи землеробства на еколого-ландшафтній основі [19]. Це практично означає перехід на адаптивно-ландшафтну систему землеробства. Вона по-перше, враховує відповідність вимог рослин до умов зростання і їх здатність до накопичення радіонуклідів, що дозволяє визначити екологічно придатну структуру посівної площі і розробити систему сівозмін, просторове розміщення яких направлено на одержання конкурентно 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. Коношина накопичує радіонуклідів більше, ніж люцерна, а коренеплоди – більше, ніж картопля. Тому, шляхом підбору культур, забрудненість рослинницької продукції можна знизити в 2-3 рази.

Науковцями Інституту сільського господарства Полісся, враховуючи різну здатність культур до поглинання нуклідів, рекомендовано при визначенні

структури посівної площі та складу сівозмін розподіляти орні землі за щільністю забруднення на 5 агроекологічних груп: <37; 37–185; 185–370; 370–555 і >555 кБк/м² (<1; 1–5; 5–10; 10–15 і >15,0 Кі/км²).

Землі, які забруднені ≤ 37 кБк/м², використовуються під всі культури без обмежень. Рілля, що відноситься до другої групи, має деякі обмеження до вирощування люпину. На землях третьої групи ці застереження стосуються всіх бобових культур. На ділянках, забруднених щільністю 370–555 кБк/м², бажано зернобобові висівати лише в якості сидератів. Крім цього, тут не рекомендується висівати льон на волокно, картоплю та коренеплоди для продовольчих цілей. Землі п'ятої групи рекомендується вивести із складу ріллі.

Відправною позицією розробки системи землеробства на радіоактивних землях, має бути її адаптація до просторової структури ґрунтового покриву та його забруднення шкідливими речовинами.

Наступним етапом розробки системи є її адаптація до соціально-економічних умов господарства з урахуванням ринку сільськогосподарської продукції. Крім цього, система землеробства повинна враховувати вимоги щодо охорони природи. Головними з них є: відтворення родючості ґрунтового покриву і обмеження техногенезу шляхом розробки відповідних нормативів на технології обробітку ґрунту, норми мінеральних добрив, застосування препаратів для захисту рослин від шкідників, хвороб та бур'янів.

Таким чином, методологічною основою екологічно безпечної системи землеробства на землях забруднених радіонуклідами є наукові положення про:

- необхідність відповідності просторової структури агроландшафту до структури ґрунтового покриву як за його генетичними ознаками, так і за ступенем забруднення нуклідами;
- вимоги сільськогосподарських культур до властивостей ґрунтового покриву і здатності їх накопичувати радіоактивний цезій в урожаї;
- адаптацію системи землеробства до вимог охорони і соціально-економічних потреб суспільства;
- збереження та відтворення родючості ґрунтового покриву.

На орних радіоактивно забруднених землях забезпечення високої продуктивності галузі рослинництва і одержання екологічно безпечного врожаю можливе за умови впровадження та освоєння сівозмін, де розміщення культур проводиться з урахуванням водно-фізичних і агрохімічних властивостей ґрунту,

щільності його радіонуклідного забруднення, а також біологічних особливостей культур. Традиційними культурами для цієї зони є озимі жито і пшениця, картопля, льон-довгунець, просо, гречка, кормові коренеплоди, зернобобові культури (горох, вика, люпин), багаторічні та однорічні трави. В умовах глобального потепління клімату певного розповсюдження набуло також вирощування ріпаку, сої, соняшника та навіть люцерни.

Дерново-підзолисті піщані ґрунти при щільності забруднення ^{137}Cs у межах 370–555 кБк/м² – зона добровільного гарантованого відселення, рекомендується залужити або заліснити.

На супіщаних відмінах науковцями рекомендовано запроваджувати чотиріпільну сівозміну: 1 – озимі на загальний корм + післяукісна кукурудза або вико-вівсяна сумішка на зелений корм; 2 – озиме жито + післяжнивний посів редьки олійної на сидерат; 3 – картопля; 4 – овес.

Пропонується варіант шестипільної сівозміни: 1 – багаторічні трави (злаково-бобова сумішка); 2 – багаторічні трави; 3 – озима пшениця або жито + післяжнивний посів гірчиці або редьки на зелене добриво; 4 – кукурудза на зелену масу + післяжнивний посів люпину гіркого на сидерат; 5 – картопля, кормові коренеплоди; 6 – ярі зернові з підсівом багаторічних трав.

На сірих ґрунтах та чорноземах опідзолених зі щільністю їх забруднення по ^{137}Cs від 37 до 185 кБк/м², обмежень щодо видового набору і чергування культур у сівозмінах немає. Ці ґрунти більш родючі, характеризуються відносно високим умістом гумусу та обмінних форм калію і кальцію, що гальмує надходження радіонуклідів в урожай. Крім вищевказаних культур, на них успішно можна вирощувати зернобобові, гречку, тобто ті культури, в яких коефіцієнти переходу (K_n) ^{137}Cs і ^{90}Sr в рослини з ґрунту порівняно невисокі.

Рекомендується великим приватним господарствам запроваджувати дев'ятипільну сівозміну: 1. Конюшина на два укуси; 2. Озима пшениця + хрестоцвітні на сидерат; 3. Цукрові буряки; 4. Яра пшениця + конюшина; 5. Конюшина на два укуси; 6. Озима пшениця + післяжнивний посів на сидерат; 7. Просапні культури (цукрові і кормові буряки, картопля та кукурудза); 8. Горох, кормові боби, гречка; 9. Ячмінь + конюшина.

Фермерським та іншим відносно невеликим господарствам різних форм власності рекомендовано використовувати такі короткоротаційні сівозміни:

I: 1. Конюшина на зелений корм і сіно; 2. Озима і яра пшениця; 3. Коренеплоди (буряки, морква тощо); 4. Ярі зернові з підсівом конюшини.

II: 1. Багаторічні і однорічні трави чи озимі зернові культури; 2. Озима пшениця або горох та інші зернові культури; 3. Просапні культури, гречка; 4. Ярі зернові + багаторічні трави або без них.

III: 1. Озима пшениця + середела або вика; 2. Овес чи горох; 3. Круп'яні; 4. Ярі зернові або зернобобові культури.

З урахуванням досвіду Інституту сільського господарства Полісся та інших наукових установ можливі й інші варіанти сівозмін, але важливо, щоб рослинницька продукція регулярно проходила радіоекологічний контроль і відповідала нині діючим Державним гігієнічним нормативам (ДР-2006).

3.2 Обробіток ґрунту

Сучасні зональні диференційовані системи обробітку ґрунту базуються на використанні традиційного полицевого і безполицевого його способів. Залежно від ґрунтово-кліматичних умов регіону і вирощуваних культур, технології обробітку розрізняються за глибиною, кількістю операцій і набором знарядь. У поліській зоні глибина полицевого обробітку не повинна перевищувати 18 см. Певні особливості є і в способах обробітку під культури, які потребують спеціальних видів підготовки ґрунту (плантажна, гребенева оранка тощо). Результати численних досліджень засвідчили, що зазначені системи обробітку ґрунту мають як позитивні, так і негативні сторони. Обробіток ґрунту формує орний шар, який сприяє оптимальному розвитку кореневої системи та ефективному використанню поживних речовин і вологи, забезпечує загортання органічних добрив, обумовлює високий коефіцієнт їх гуміфікації, а за умови дотримання технології сприяє очищенню полів від бур'янів. Суттєвими недоліками цих систем є: знеструктурення та ерозія ґрунту, підвищені втрати органічної речовини через надмірну аерацію верхнього шару. Застосування таких систем призводить також до значних енергозатрат. Найбільш економічно вигідним є безполицевий обробіток, який дозволяє скоротити витрати пального в 2–4 рази, мінеральних

добрив – у 2 рази, пестицидів – у 5–8 разів, робочого часу – в 3 рази і отримати вологонакопичувальний ефект – до 50 мм продуктивної вологи.

Нові сільськогосподарські машини, проводять обробіток ґрунту з меншими енерговитратами при відмінних показниках продуктивності та якості роботи. За прогнозами вчених, найближчим часом оранка і безполицевий обробіток ґрунту будуть застосовуватися в межах зональних диференційованих систем у приблизно рівних пропорціях. Для окремих регіонів із різними ґрунтами, рельєфом, структурою посівних площ необхідно мати набір машин і знарядь для безполицевого обробітку ґрунту (табл. 4).

4. Основні впливові елементи витрат при вирощуванні озимої пшениці після кукурудзи на силос за різних технологічних умов

Найменування робіт	Силова техніка	Причіпне знаряддя	Робоча ширина, м	Витрати		Загальні витрати, грн./га
				мото-год.	пальне, л/га	
1	2	3	4	5	6	7
Традиційна технологія з використанням вітчизняної техніки						
Дискування дворазове	Т-150	БД-10	10	0,21	3,1	50,19
Внесення мінеральних добрив	Т-150	ПРТ-10	18	0,12	2,8	18,50
Оранка з коткуванням	Т-150	ПЛН-5-35 +3ККШ-1	1,75	1,43	23,0	2057,57
Передпосівне культивування з боронуванням	Т-150	2КПС- 4+8БЗСС	8	0,26	6,3	82,89
Сівба	Т-150	3СЗ-3,6	10,8	0,26	4,8	74,57
Післяпосівне коткування	МТЗ-80	3ККШ-6	6	0,30	1,6	6,89
Весняне підживлення посівів	Т-150	3СЗ-3,6	10,8	0,12	4,8	22,37
Обробіток страховим гербіцидом	МТЗ-80	ОП-2000	11	0,19	0,8	16,43
Обробіток інсектицидами	МТЗ-80	ОП-2000	11	0,19	0,8	16,43
Пряме комбайнування	Дон-1500	Жатка 6м	6	0,29	11,2	132,66
Всього за період			9,2	3,35	56,4	2478,5
Ґрунтозахисна технологія з використанням середньозхватної імпортової техніки						
Культивування	Case 7240	Horsh FG7,5	7,5	0,17	4,0	58,67
Внесення мінеральних добрив	Valmet 8400	Amazone Z 12000	36	0,05	0,39	3,44
Передпосівна культивування	Case 7240	Horsh FG7,5	7,5	0,17	4,0	58,67
Сівба з внесенням мінеральних добрив	Case 7240	Horsh FG7,5	6	0,23	6,25	137,91
Весняне підживлення	Valmet	Amazone Z	36	0,05	0,39	3,44

1	2	3	4	5	6	7
посівів	8400	12000				
Обробіток страховим гербіцидом	Valmet 8400	Amazone UG 3000	18	0,1	0,89	12,24
Обробіток інсектицидами	Valmet 8400	Amazone UG 3000	18	0,1	0,89	12,24
Пряме комбайнування з розвантаженням	Case 1680AF	Жатка 6м	6	0,3	8,02	173,58
Всього за період			16,9	1,16	24,8	460,90
Ґрунтозахисна технологія з використанням широкозахватної імпоротної техніки						
Культивуація з внесенням аміачної води	Cat 95E	Horsh-FG-18	18	0,07	3,61	21,20
Сівба з внесенням мінеральних добрив	Cat 95E	Horsh-FG-18	18	0,1	3,61	30,24
Досходове боронування	Case 7240	Sammers	35	0,04	0,86	3,02
Післясходове боронування	Case 7240	Sammers	35	0,07	1,71	10,56
Повторне післясходове боронування	Case 7240	Sammers	35	0,05	1,22	5,72
Обробіток інсектицидами	Valmet 8400	Amazone UG 3000	18	0,1	0,89	12,24
Пряме комбайнування з розвантаженням	Lexion 480	Жатка 11м	11	0,14	3,59	51,04
Всього за період			22,9	0,66	17,81	152,99

Плоскорізні знаряддя краще працюють на легких і середніх за гранулометричним складом ґрунтах. На важких та перезволожених ґрунтах вони працюють гірше, можуть перекошуватися, вглиблюватися, утворювати брили. Ці дві обставини і зумовлюють застосування плоскорізів у посушливій зоні. В районах недостатнього і нестійкого зволоження, на супіщаних і суглинкових ґрунтах, а також у підзоні достатнього зволоження на піщаних і супіщаних ґрунтах Полісся з його надмірним зволоженням і поверхневим оглеєнням ґрунтів, плоскорізи також використовуються ефективно. Порівняльні показники роботи ґрунтообробних агрегатів представлені в таблиці 5.

Підготовку ґрунту до посіву слід розпочинати без розриву в часі, після збирання попередника. Потрібно пам'ятати, що утримання поля чистим від бур'янів і сходів падалиці після збирання попередника, наприклад до сівби пшениці, є важливим заходом боротьби з багатьма шкідниками і хворобами. В господарствах, де ставка робиться на вітчизняну техніку, поле після збирання

соняшника дискують боронами БДТ-7, БД-10 у двох напрямках, щоб подрібнити післяжнивні рештки і рівномірно розподілити їх по площі та спровокувати проростання бур'янів. Після стерньових попередників, якщо переважають однорічні бур'яни, поле двічі дискують лушильниками на глибину 6–8 і 8–10 см. Якщо переважають багаторічні бур'яни, перше лушення проводять на глибину 8–10, друге, а по можливості і третє – на глибину 10–12 та 12–14 см, використовуючи знаряддя КПШ-9, КПЭ-3.8, ОПТ-3-5, КТС-10, або чизельний культиватор ЧКУ-4, обладнаний стрілчастими лапами. Через 2 тижні після останнього лушення, коли проростуть бур'яни, проводять оранку на глибину орного шару, або глибокий плоскорізний обробіток.

5. Порівняльні показники роботи ґрунтообробних агрегатів

Показники	Склад агрегату з трактором МТЗ-82		
	АГД-2,3	ПН-3-35	БДТ-3
Глибина обробітку (см)	12,5	20,2	9,0
Робоча ширина (м)	2,3	1,05	3,0
Продуктивність (га/год.)	1,4	0,88	2,1
Витрати палива (кг/га)	6–7	17–18	7–9
Питомі енерговитрати (кВт/год./га)	21,4	34,8	22,3
Якість кришення ґрунту, %	71,5–86,5	72–94	94
Загортання рослинних решток, %	50–95	100	56,7
Гребеністість поля (см)	1,7–3,5	3,6–5,0	4,1

В умовах достатнього зволоження, після збирання ранньостиглих культур, проводять лушення стерні та оранку плугами з передплужниками в агрегаті з секціями кільчасто-шпорових котків і боронами. Глибина оранки 20–22 см, а після багаторічних трав – 25–27 см. На дерново-підзолистих ґрунтах – на глибину орного шару 16–18 або 18–20 см.

Після кукурудзи, особливо якщо вона збирається не раніше, як за 20 днів до сівби пшениці, слід проводити поверхневий обробіток ґрунту на глибину 8–12 см дисковими, голчастими або плоскорізними знаряддями. Він ефективний після всіх попередників у роки з посушливою погодою під час підготовки ґрунту і сівби на чистих полях та при пізньому збиранні попередника. Після гороху проводять аналогічний обробіток.

Після зернових попередників в умовах Лісостепу ґрунт під ярі культури рекомендується обробляти за типом *поліпшеного зябу*. Стерню лушать на глибину 6–8 см лушильниками ЛДГ-10 чи ЛДГ-15, або на глибину 10–12 см дисковими боронами БДТ-3, БДТ-7 чи лемішними лушильниками. Зяблеву оранку проводять у ранні строки, з появою сходів бур'янів на глибину орного шару 20–22 см і 25–27 см.

Більшу ефективність в очищенні верхнього шару ґрунту від бур'янів, особливо в Поліссі, забезпечує *напівпаровий спосіб*. Суть його полягає у проведенні оранки з одночасним боронуванням (у суху погоду – коткуванням) відразу після збирання попередника – не пізніше 15 серпня. Для рівномірного розподілу і загортання дернини передплужники встановлюють на 32–34 см попереду основних корпусів плуга. Глибина оранки не повинна перевищувати глибини орного шару. Під час оранки важливо не вивернути підзол (неродючий шар ґрунту) на поверхню ґрунту, тому що навіть незначна його кількість в орному шарі зменшує польову схожість насіння, густоту стеблостою і сприяє захворюванню рослин фузаріозом.

У міру проростання бур'янів, ґрунт 2–3 рази культивують за допомогою КПС-4 з одночасним боронуванням. Першу культивацію проводять на глибину 10–12 см, другу – на 8–10 см, третю – на 6–8 см. Насіння бур'янів проростає з верхнього шару ґрунту і знищується наступною культивацією. На поверхню вигортається нове насіння, яке теж проростає і знищується. Одночасно таким обробітком виснажуються та знищуються вегетативні органи кореневищних та коренепаросткових бур'янів. Останню культивацію проводять за 2–3 тижні до настання морозів, щоб вигорнуте з нижніх шарів ґрунту насіння бур'янів встигло прорости і сходи були знищені морозами.

Плоскорізний напівпар відрізняється від полицевого тим, що основне рихлення на глибину 18–20 см виконується пізно восени, а перед цим, відразу після лушення, проводять 2–3 культивації по мірі проростання бур'янів з поглибленням від 8–10 см до 10–12 см.

При розміщенні культур після картоплі або коренеплодів, поле орють на зяб без попереднього лушення або обмежуються поверхневим мілким обробітком ґрунту.

Загортання побічної продукції в ґрунт повною мірою забезпечує сучасний парк ґрунтообробної техніки завдяки поєднанню операцій, що виконуються в певній послідовності для створення оптимальних умов росту й розвитку рослин. У системі обробітку ґрунту на зяб після збирання врожаю, застосовують такі ґрунтообробні знаряддя: культиватор широкозахватний КШН-5,6 «Резидент», агрегат ґрунтообробний ротаційний «Агро-3», культиватор для передпосівного обробітку ґрунту ККП-6 «Кардинал», борону глибокого розпушування БГР-4,2 «Солоха» тощо. Вони одночасно і якісно виконують такі операції: інтенсивно розпушують ґрунт, рівномірно вирівнюють поверхню поля, загортають подрібнену та стоячу соломку в ґрунт на глибину майже 20 см. Особливості цієї технології в тому, що для основного обробітку в зазначених вище ґрунтообробних знаряддях застосовують кілька типів принципово нових робочих органів, які призначено для роботи на ущільнених ґрунтах різного гранулометричного складу та розробки задернілих скиб після оранки. При цьому верхній шар ґрунту підрізується на глибину 10–12 см, частково подрібнюється і одночасно з рослинними рештками обертається, порушуючи при цьому капілярне підняття вологи з нижніх шарів ґрунту, що створює кращі умови для зменшення її втрат, а поглинання опадів при цьому поліпшується. Одночасно знищується й переважна більшість вегетуючих бур'янів та зменшується надходження у верхній шар ґрунту їхнього дозрілого насіння.

У разі високої стерні (20 см і більше) або потужних валків соломи, застосовують глибоке дискування (до 16 см) важкими дисковими боронами або дисковим ґрунтообробним агрегатом АГД-2,3. В усіх випадках після дискування доцільно провести одночасне боронування й прикотковування поля котками КП-10/6, що сприяє кращому контакту насіння бур'янів із ґрунтом та його проростанню.

Кукурудза, соя, соняшник – це попередники, які пізно збирають або перед сівбою озимих, або в посівний період. Вологість ґрунту в цю пору часто низька, а щільність висока. Тому його обробіток ускладнений і спричиняє втрату залишкових запасів вологи. Мінімальних втрат вологи досягають завдяки високій якості обробітку й нерозривності всього комплексу робіт. Перше дискування важкими дисковими боронами «Деметра» ДМТ-2, ДМТ-4, ДМТ-6 тощо, треба виконувати після збирання попередника під кутом до напрямку рядків. Друге дискування виконують під кутом до напрямку сівби і першого дискування з

обов'язковим загортанням основної маси стерні та подрібнених стебел у верхній шар ґрунту. Якщо ширина зібраної загінки достатня, дискування проводять упоперек напрямку сівби попередника.

Після збирання сої іноді достатньо дискового луцення в один слід та передпосівної культивуації. Залежно від кількості пожнивних решток, які залишилися не загорнутими в ґрунт і стану ґрунту після двох дискувань, його доводять до посівного стану широкозахватними культиваторами КШН-5,6 «Резидент» або дисковими культиваторами ККП-3,6, чи комбінованим культиватором КНК-6,0 «Славутич», або КОМБІ-3900-1, виконуючи розпушування на глибину 6–10 см.

3.3 Система удобрення

Система удобрення представляє собою багаторічний план використання добрив у сівозміні з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов, біологічних особливостей культур, складу і властивостей наявних добрив в господарстві та передбачає вирішення наступних завдань:

- збільшення врожайності сільськогосподарських культур і одержання екологічно безпечної продукції;
- мінімізація надходження радіонуклідів у рослинну продукцію на радіаційно забруднених землях;
- збереження та відтворення родючості ґрунту;
- раціональне використання добрив і охорона навколишнього середовища.

Основою для розробки системи удобрення слугують планово-картографічні матеріали господарства – карта ґрунтів господарства, картограма агро виробничих груп ґрунтів, матеріали моніторингу ґрунтів сільськогосподарських угідь, картограми забруднення ґрунтів радіонуклідами ^{137}Cs і ^{90}Sr , фактична урожайність культур за останні п'ять років та норми використання органічних і мінеральних добрив, а також фінансово-господарська звітність господарства. Система удобрення в сівозмінах на радіоактивно забруднених ґрунтах має свої особливості, адже різні форми мінеральних добрив мають неоднаковий вплив на надходження ^{137}Cs і ^{90}Sr в рослини.

Внесення органічних і мінеральних добрив спричиняє різноплановий ефект щодо надходження радіонуклідів в сільськогосподарську продукцію. Азотні добрива, внесені в надмірних кількостях, сприяють підвищенню вмісту ^{137}Cs у врожаї. З метою максимального зниження надходження до урожаю радіонуклідів на ґрунтах піщаного і супіщаного гранулометричного складу із щільністю їх забруднення по ^{137}Cs від 185 до 555 кБк/м² (від 5 до 15 Кі/км²) і ^{90}Sr від 3,7 до 111 кБк/м² (від 0,10 до 3,0 Кі/км²), норми внесення фосфорних і калійних добрив під окремі культури сівозміни (кукурудза на силос, вико-вівсяна суміш на зелений корм, буряки кормові) слід збільшити, відповідно, в 1,5 і 2 рази. Фосфорні добрива на менш радіоактивно забруднених ґрунтах практично не впливають на накопичення ^{137}Cs , або незначно знижують його надходження до рослин. У цілому мають місце чотири сприятливі ефекти від внесення добрив:

1. Зменшується питома активність радіонуклідів у продукції рослинництва за рахунок більш інтенсивного накопичення біомаси, що призводить до зниження рівня забруднення продукції в результаті підвищення врожайності культур під впливом добрив.

2. Хімічні елементи, що входять до складу добрив (калій, фосфор, кальцій, магній, залізо та ін.), пригнічують надходження в рослини тих радіонуклідів, для котрих вони є хімічними аналогами. Кальцій, що входить до складу добрив чи вапна, пригнічує, наприклад, надходження в рослини лужноземельного ^{90}Sr .

3. Мінеральні добрива сприяють осадку радіонуклідів із ґрунтових розчинів і переходу їх у тверду фазу. Прикладом може бути ізоморфне доосадження ^{90}Sr за внесення фосфорних добрив у ґрунт, багатий кальцієм.

4. Ефективне зниження переходу радіонуклідів із ґрунту в рослини відбувається і при локальному способі внесення добрив за рахунок підвищення кореневого поглинання та зменшення загального ефективного об'єму, із якого відбувається кореневе живлення рослин.

Органічні добрива, внесені в ґрунт, також сприяють зменшенню надходження радіонуклідів у рослинну продукцію. Особливо ефективні вони на бідних слабо окультурених ґрунтах, що потрібно враховувати при розробленні системи добрив для конкретної сівозміни.

Основні дані щодо агроекологічного стану ґрунтів, зосереджені в конкретному агрохімічному паспорті поля господарства, що розробляються обласними філіями ДУ «Інституту охорони ґрунтів України». В ньому також зосереджена інформація щодо забруднення ґрунту радіонуклідами. В першу чергу, для складання системи удобрення слід використовувати такі агроекологічні показники ґрунту: обмінну кислотність (pH_{KCl}), гідролітичну кислотність (мг-екв/100 г), суму увібраних основ ($Ca^{++} Mg^{++}$, мг-екв/100 г), вміст в орному шарі ґрунту гумусу (%), елементів мінерального живлення (мг/кг) – азоту, що легко гідролізується, рухомих сполук фосфору та обмінного калію (мг/кг). Дані щодо обмінної кислотності, вмісту рухомих сполук фосфору та обмінного калію в матеріалах моніторингу представлені у вигляді окремих картограм для ґрунтів сільськогосподарських угідь із зазначенням групування їх площ за встановленими градаціями.

Розрахунок системи добрив починається зі встановлення норм внесення добрив під окремі культури сівозміни з урахуванням фінансово-економічних можливостей господарства, ступеня забруднення ґрунту радіонуклідами ^{137}Cs і ^{90}Sr , а також можливостей господарства щодо виробництва органічних добрив. Цей розрахунок проводиться в такій послідовності.

1. Планують чи уточнюють чергування культур в сівозміні на кожному полі по роках, а також по окремих полях сівозміни та врожаї на рік освоєння сівозміни.

2. Визначають по кожній сівозміні площі кислих ґрунтів, які потребують вапнування та розраховують щорічну потребу в хімічних меліорантах у цілому по господарству.

3. Розраховують вихід гною і можливу кількість інших органічних добрив. Слід враховувати, що для бездефіцитного балансу гумусу на супіщаних відмінах дерново-підзолистих ґрунтів необхідно щорічно вносити на 1 га сівозмінної площі в середньому не менше 10 т/га органічних добрив у перерахунку на гній.

4. Проводять розподіл мінеральних добрив під окремі культури сівозміни, виходячи із величини планової врожайності чи забезпеченості мінеральними добривами.

Якщо в господарствах різних форм власності існує декілька сівозмін, то для кожної розробляється окрема система удобрення з урахуванням біологічних вимог тієї чи іншої культури до ґрунтових умов. На радіоактивно забруднених ґрунтах важливого значення набуває використання органічних добрив.

Основна вимога щодо збільшення виробництва високоякісних органічних добрив – відтворення в господарствах поголів'я ВРХ і використання 4–6 кг на

одну голову за добу соломи чи торфу у вигляді підстилки. В якості підстилкового матеріалу доцільно використовувати подрібнену солому або висушений торф. У спеціалізованих господарствах по виробництву молока, відгодівлі ВРХ і свиней рекомендується безпідстилке утримання тварин із гідровилученням гною, подальшим його зберіганням, знезараженням і гомогенізацією. Напіврідкий гній використовують для приготування компосту.

Поширені методи визначення норм мінеральних добрив під культури сівозміни: 1) на запланований урожай (метод елементарного балансу); 2) з використанням нормативного балансу поживних речовин за сівозміну (метод нормативного балансу); 3) комплексний метод.

Визначення потреби в поживних речовинах запланованим урожаєм культур сівозміни встановлюють на основі господарського виносу елементів живлення в розрахунку на 1 т основної продукції з урахуванням відповідної кількості побічної (табл. 6).

6. Орієнтовний винос N, P₂O₅ і K₂O на 1 т урожаю культур, кг

Культура	Основна продукція	Винос основною продукцією з врахуванням побічної		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пшениця озима	Зерно	35	12	26
Ячмінь озимий		30	12	28
Овес		30	13	29
Ярі зернові		25	10	21
Кукурудза на зерно		34	12	37
Кукурудза на силос	Зелена маса	3,2	1,1	4,2
Цукрові буряки	Коренеплоди	5,9	1,8	7,5
Кормові буряки		4,9	1,5	6,7
Картопля рання	Бульби	5,0	1,5	7,0
Картопля пізня		6,0	2,0	9,0
Соняшник	Насіння	60	26	180
Льон	Волокно	80	40	70
Просо	Зерно	33	10	34
Гречка		30	15	40
Горох		30	16	20
Люпин		26,6	11,7	25,0
Соя		92	17	45
Ріпак	Насіння	65	24	45
Вика	Зерно	30	14	16
Однорічні бобово-злакові трави	Сіно	18,8	5,0	23,3
Люцерна		29,8	5,7	20,0
Багаторічні бобово-злакові трави		20,9	4,4	20,6
Конюшина		18,4	5,4	18,9
Люпин на силос	Зелена маса	2,3	0,6	1,8

Багаторічними дослідженнями, проведеними в Інституті сільського господарства Полісся, встановлено, що на дерново-підзолистих ґрунтах за внесення на кожний гектар сівозмінної площі по 10–12 т підстилкового гною разом із мінеральними добривами в кількості $N_{30}P_{20}K_{35}$, середньорічна врожайність зернових культур склала 28–35 ц/га, картоплі – 220–260, сіна конюшини – 80–90, льоноволокна – 8–11 ц/га. Проте, економічно вигідною і екологічно безпечною в науково-обґрунтованій сівозміні є така система удобрення, за якої на 1 га сівозмінної площі вноситься 4–5 т/га підстилкового гною + $N_{25}P_{20}K_{30}$.

Зміна погодно-кліматичних умов в Поліссі в бік аридизації теплового режиму, дає можливість підвищити продуктивність агроценозів шляхом більш ефективного використання сонячної радіації. В структуру посівних площ господарств різних форм власності активно впроваджуються посіви ріпаку, соняшнику і сої, а для потреб тваринництва – багаторічних бобових трав, у тому числі люцерни.

При розробленні системи удобрення слід враховувати біологічні особливості певної культури сівозміни. Так, у **озимої пшениці й озимого жита** відмічені два максимуми споживання елементів живлення. Перший настає в фазу осіннього кущення, коли рослини засвоюють від 40 до 60 % всієї кількості азоту, фосфору і калію. Другий період максимуму споживання припадає на фазу виходу рослин у трубку. Потреба рослин у фосфорі і калії задовольняється за рахунок основного внесення добрив, внесення азотних добрив проводиться весною по мерзлоталому ґрунту та шляхом позакореневого підживлення.

У системі удобрення **картоплі** на дерново-підзолистих ґрунтах першочергове місце належить органічним добривам. Приріст врожаю бульб від внесення 30–40 т/га складає від 0,5 до 0,9 т/га. Органічні, а також фосфорні і калійні добрива, краще вносити під зяблеву оранку. Серед фосфорних добрив на кислих ґрунтах ($pH_{КС1} \leq 5,0$) високоефективним є внесення фосфоритного борошна. На раніше провапнованих кислих ґрунтах картопля позитивно відзивається на внесення борвмісних мінеральних добрив.

Кукурудза відносно вимоглива культура до вмісту поживних речовин в ґрунті. Внесення 20 т/га гною може забезпечувати приріст врожаю зерна до 1,4 т/га. На фоні гною найвищий приріст забезпечує внесення азотних добрив,

значно менший – калійних.

Льон-довгунець – рослина, вимоглива до наявності в ґрунті достатньої кількості поживних речовин у легкодоступній формі. Фосфорні і калійні добрива доцільно вносити під льон восени під зяблеву оранку, а азотні – навесні, під передпосівний обробіток ґрунту. Оптимальними дозами мінеральних добрив на середньо-окультурених дерново-підзолистих ґрунтах супіщаного гранулометричного складу вважається внесення в діючій речовині на 1 га (кг): N – 30–40, P₂O₅ – 50–60 і K₂O – 60–90.

Ріпак в умовах Полісся перевагу слід надавати озимій формі. З кожною тонною насіння і відповідною кількістю побічної продукції ріпак виносить 60–65 кг N, 24–30 – P₂O₅, 45–60 – K₂O, 20–25 – CaO, 12–15 – S, 8–10 кг Mg та по 0,2 кг Zn і Mn. Рослини ріпаку позитивно реагують на вапнування, особливо якщо рН_{KCl} менше 6,5. Вапно слід вносити під попередник. Кращий урожай в умовах Полісся (2,0–2,5 т/га) отримують на ґрунтах супіщаного і легкосуглинкового гранулометричного складу.

Соя – культура, що має підвищені вимоги до ґрунтово-кліматичних умов вирощування (забезпечення вологою, елементами живлення і теплом). Оптимальне значення рН ґрунтового розчину для цієї культури становить 6,7–7,5. На формування 1 т зерна соя потребує 92–95 кг N, 13–17 – P₂O₅, 40–45 – K₂O, 8–9 – CaO, 10–12 – S, 4–7 кг MgO. Причому, основну частину цих елементів соя засвоює у період після початку бутонізації і до періоду наливу зерна. Саме в цей період рослини поглинають близько 80 % макроелементів, тоді як у період після отримання сходів культура засвоює лише 18–20 % фосфору та калію. Близько 80 % азоту надходить у рослини за рахунок фіксації з повітря бульбочковими бактеріями. Перевагу надають безхлорним добривам, оскільки іон хлору інгібує нітрогеназну систему і, відповідно, симбіотичну фіксацію азоту. Доцільно під зяблеву оранку вносити по 45–60 кг діючої речовини фосфору і калію. Азот в дозі 20–30 діючої речовини пропонується вносити під культивування на ґрунтах із низьким його вмістом та після неудобрених попередників. Насіння перед сівбою рекомендується обробляти мікроелементами, які містять цинк, бор і молібден. Органічні добрива доцільніше вносити під попередник.

Соняшник поживні речовини засвоює майже протягом усього вегетаційного періоду. На утворення 1 т насіння і відповідної кількості вегетативних органів, він виносить 50–70 кг азоту, 25–28 – фосфору і 16–19 кг

калію. Оптимальна реакція ґрунтового середовища (pH_{H_2O}) – 6,2–7,0. Під соняшник слід застосовувати повне мінеральне добриво. Рекомендується вносити мінеральні добрива (NPK) восени під зяблеву оранку, а навесні проводити підживлення ($N_{10}P_{20}$) культиваторами-рослинопідживлювачами, обладнаними туковисівними локально-стрічковими агрегатами, з відстанню між ними 35–40 см на глибину 10–12 см.

Люцерна вважається найбільш цінною бобовою культурою завдяки своїм винятковим корисним біологічним властивостям і позитивним кормовим якостям. Проте, як багаторічна високопродуктивна культура, вона потребує особливих ґрунтових умов вирощування. У зоні Полісся практикують її розміщення в кормових сівозмінах на супіщаних і легкосуглинкових добре дренованих дерново-підзолистих і сірих лісових ґрунтах з реакцією ґрунтового розчину ($pH_{KCl} \geq 6,0$). Високі врожаї цієї культури отримують на попередньо провапнованих ґрунтах. Норма внесення вапнякових матеріалів залежить від реакції ґрунтового розчину і може варіювати в межах від 5 до 8 т/га $CaCO_3$. Крім того, внесення вапна значно знижує надходження радіоактивного стронцію в рослини люцерни на радіоактивно забруднених ґрунтах. Дози фосфорних і калійних добрив залежать від забезпеченості ґрунту цими елементами живлення і варіюють в межах 45–60 P_2O_5 і 50–90 кг/га K_2O . На дерново-підзолистих ґрунтах люцерна позитивно відзивається й на внесення магнієвих і молібденових мікродобрив. Норму насіння доцільно обробляти молібденовокислим амонієм (50 % Мо) в розрахунку 50–75 г д.р., або вносити в ґрунт з мінеральними добривами в дозі 1,5–2,0 кг д.р. мікроелементу.

Люпин. На малопродуктивних дерново-підзолистих ґрунтах під люпин слід вносити мінеральні добрива у нормі $N_{30}P_{60}K_{60}$ в поєднанні з двома позакореневими підживленнями водорозчинними комплексними добривами з мікроелементами (0,25 % водним розчином добрив у нормі 250 л/га) у фазі бутонізації і початку наливу насіння. У свою чергу, на середньозабезпечених елементами живлення дерново-підзолистих ґрунтах, необхідно вносити мінеральні добрива у нормі $P_{60}K_{60}$ у поєднанні з позакореневими підживленнями.

Пропонуємо розрахунки розподілу добрив під сільськогосподарські культури в польовій та кормовій сівозмінах (таблиці 7 і 8).

7. Схема розподілу добрив у семипільній польовій сівозміні
(грунт – дерново-підзолистий супіщаний)

п/п	Культура сівозміни	Спосіб внесення добрив	Вид добрив	
			гній, т/га	НРК
1	Конюшина	Основне підживлення	–	–
2	Пшениця озима	Основне підживлення	–	N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ N ₃₀
3	Кукурудза на зерно	основне підживлення	30	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ N ₂₀
4	Люпин вузьколистий	основне припосівне	–	P ₆₀ K ₆₀ N ₃₀
5	Жито озиме	основне підживлення	–	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ N ₃₀
6	Картопля	основне підживлення	30	N ₃₀ P ₈₀ K ₈₀
7	Ячмінь з підсівом конюшини	основне підживлення	–	N ₅₀ P ₄₀ K ₄₀ N ₃₀
Насиченість добривами за ротацію сівозміни на 1 га		Гній, т/га N, кг/га P ₂ O ₅ , кг/га K ₂ O, кг/га	8,6	55,0 51,4 51,4

8. Приблизна схема розподілу добрив в п'ятипільній кормовій сівозміні
(грунт – дерново-підзолистий піщаний)

п/п	Культура сівозміни	Спосіб внесення добрив	Вид добрив	
			гній, т/га	НРК
1	Багаторічні трави	основне підживлення	–	N ₃₀
2	Багаторічні трави	основне підживлення	–	N ₃₀
3	Озиме жито	основне підживлення	–	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ N ₃₀
4	Кукурудза на силос	основне підживлення	20	P ₆₀ K ₆₀ N ₃₀
5	Овес з підсівом багаторічних трав	основне підживлення	–	P ₆₀ K ₆₀ N ₃₀
Насиченість добривами за ротацію сівозміни на 1 га		Гній, т/га N, кг/га P ₂ O ₅ , кг/га K ₂ O, кг/га	4	42 36 36

З метою підвищення продуктивності кормових культур на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах із введенням у сівозміну люцерни рекомендуємо схему розподілу добрив з обов'язковим проведенням вапнування і додатковим внесенням молібденових мікродобрив (табл. 9).

9. Схема розподілу добрив у п'ятипільній кормовій сівозміні (грунт – дерново-підзолистий супіщаний) [20]

Культура сівозміни	Спосіб внесення добрив	Гній, т/га	Вапняковий матеріал, т/га)		Мінеральні добрива, кг/га діючої речовини			Молибденово-кислий амоній, кг/га
			(CaCO ₃ +MgCO ₃)		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Люцерна 1-го року	Основне	–	8,0		30	30	30	2,0
Люцерна 2-го року	Підживлення	–	–		20	0-	-	–
Люцерна 3-го року		–	–		15	15	15	–
Кукурудза на силос	Основне	20	–	–	30	45	45	–
	Підживлення		–	–	30	–	–	
Озима пшениця	Основне Підживлення	-	–	–	30	45	45	2,0
Внесено на 1 га сівозмінної площі		4,0	CaO	MgO	38	27	27	Mo
			896	43				0,4

Господарствам із розвинутим тваринництвом рекомендується висівати повноцінні, високобілкові три- та чотирикомпонентні травосумішки з люпином, зокрема, овес (100 кг/га) + горох польовий (77 кг/га) + люпин вузьколистий (80 кг/га); овес (100 кг/га) + горох польовий (77 кг/га) + вика яра (35 кг/га) + люпин вузьколистий (80 кг/га). Впровадження змішаних посівів люпину вузьколистого (0,9–1,2 млн. насінин/га) із зернофуражними культурами (2,5 млн. насінин/га вівса) на фоні внесення P₆₀K₆₀ сприяє зменшенню вмісту радіонуклідів у кормах на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах.

3.4 Хімічна меліорація кислих ґрунтів, забруднених радіонуклідами

Проведення хімічної меліорації шляхом вапнування кислих радіонуклідно забруднених ґрунтів передбачає одночасне вирішення завдань:

- усунення шкідливої для рослин кислотності ґрунтового розчину;
- зменшення надходження ⁹⁰Sr і ¹³⁷Cs в рослинницьку продукцію.

Зазначені радіонукліди, що потрапили в ґрунт внаслідок аварії на ЧАЕС, є хімічними аналогами важливих у біологічному відношенні кальцію і магнію. Підвищена кислотність ґрунтів сприяє міграції радіонуклідів за ґрунтовым профілем, погіршує їх фізичні і фізико-хімічні властивості, що, в свою чергу, зумовлює зни-

ження родючості і, в кінцевому підсумку, призводить до підвищення рівня радіоактивного забруднення сільськогосподарської продукції [21, 22].

Позитивний вплив вапнування на ефективність фізіологічно кислих форм мінеральних добрив (сульфат амонію, натрієва селітра, калійні солі) значною мірою проявляється на таких культурах як цукрові буряки, кукурудза, пшениця, овес, конюшина, люцерна. У провапнованих ґрунтах підвищується ефективність внесення суперфосфату. Проте, вапнякові матеріали і фосфоритне борошно рекомендується вносити у різні строки, щоб не знижувати розчинність останнього. Доцільним є попереднє компостування фосфоритного борошна з гноєм при внесенні його на провапнованих ґрунтах.

Кальцієвмісні сполуки, що вносяться в ґрунт, як в прямій дії, так і в післядії позитивно впливають на якість продукції сільськогосподарських культур - підвищують цукристість коренеплодів у цукрових буряків, сприяють збільшенню білковості зерна пшениці, вмісту протеїну в сіні конюшини і люцерни.

При вапнуванні слід враховувати відповідність вапнякового матеріалу технічним умовам щодо його фракційного складу. Найбільшою ефективністю володіють частинки розміром 0,25 – 0,30 мм, а часточки розміром 1–3 мм значно поступаються більш дрібним. Вапнування кислих ґрунтів слід проводити через 4 – 5 років таким чином, щоб у першу чергу його вплив проявився при вирощуванні цукрових буряків, зернових культур, конюшини чи інших багаторічних трав. Максимальний ефект від проведення вапнування настає на другий-третій рік. На кислих піщаних і супіщаних ґрунтах, які в орному шарі містять менше 15 % фізичної глини, високоефективним заходом є внесення доломітового борошна, що містить магній.

У залежності від наявності аналітичних даних щодо фізико-хімічного стану ґрунтового покриву і рівня його радіонуклідного забруднення, можна використати один із методів розрахунку норм внесення меліоранту, описаних раніше. При можливості перевагу слід надавати більш точному методу – розрахунку норм внесення меліоранта за показниками рН буферності.

За високої щільності забруднення ґрунту ($185\text{--}555\text{ кБк/м}^2$ за ^{137}Cs і $5,55\text{--}111\text{ кБк/м}^2$ за ^{90}Sr), а також за високої його кислотності ($\text{pH}_{\text{KCl}} < 4,5$) вапнування рекомендується проводити у подвійній чи полуторній дозі, розрахованій за гідролітичною кислотністю [23]. Проте, необхідно обережно підходити до внесення високих норм вапнякових матеріалів, щоб різко не підвищити рН ґрунтового розчину. Особливо це стосується ґрунтів піщаного і супіщаного гранулометричного складу з низькою буферною ємністю в межах кислотного інтервалу. Важливо також пам'ятати, що більшість сільськогосподарських культур, які вирощуються в умовах Полісся, пристосовані до діапазону рН ґрунтового розчину в межах $5,2\text{--}6,2$ (див. табл. 1). Крім того, внесення високих норм вапна сприяє посиленню розвитку шкідливих мікроорганізмів, таких як збудник парші у картоплі та фузаріозу у льону. При цьому слід також враховувати можливість іммобілізації мікроелементів (Mo, Cu, B та ін.), якими і так бідні ґрунти Полісся [24].

Вапнування в нормах за полуторною і навіть повною гідролітичною кислотністю значно знижує активність іонів калію, а, отже, й співвідношення K^+ і Ca^{2+} у ґрунтовому розчині. При цьому виникає необхідність у збільшенні оптимальних норм внесення калійних добрив до 30 % під культури, які йдуть у сівозміні на другий і третій рік після проведення вапнування. Внесення агро меліорантів для усунення шкідливої кислотності, як правило, проводять після збирання врожаю культури, в будь-яку пору року окрім зими.

На орних радіоактивно забруднених землях Поліської зони забезпечення високої продуктивності рослинництва і одержання екологічно безпечного врожаю можливе за умови впровадження та освоєння сівозмін з обов'язковим проведенням вапнування, де розміщення сільськогосподарських культур проводиться з урахуванням водно-фізичних і агрохімічних властивостей ґрунту, щільності його радіонуклідного забруднення, а також біологічних особливостей рослин. Традиційними культурами для цієї зони є озиме жито і озима пшениця, картопля, льондовгунець, просо, гречка, кормові коренеплоди, зернобобові культури (горох, вика, люпин), багаторічні та однорічні трави. У зв'язку зі зміною погоднокліматичних умов внаслідок глобального потепління певного розповсюдження

набуло також вирощування ріпаку, сої, соняшника та люцерни. Вапнування ґрунту потрібно здійснювати під попередник озимої пшениці, багаторічних трав, а також сої чи соняшнику. Норми внесення вапнякових матеріалів бажано встановлювати за показниками кислотно-основної буферності орного шару ґрунту, або за іншими методами, що описані раніше.

На дерново-підзолистих піщаних ґрунтах (при щільності забруднення ^{137}Cs у межах 370–555 кБк/м² (зона гарантованого добровільного відселення)) рекомендується запроваджувати чотирипільну сівозміну: поле 1 – озимі на зелений корм + післяукісна кукурудза або вико-вівсяна сумішка на зелений корм; поле 2 – озиме жито + післяжнивний посів редьки олійної на зелене добриво; поле 3 – картопля; поле 4 – овес.

На більш родючих супіщаних відмінах дерново-підзолистих ґрунтів доцільно мати шестипільну сівозміну: поле 1 – багаторічні трави (злаково-бобова сумішка); поле 2 – озима пшениця або озиме жито + післяжнивний посів гірчиці або редьки олійної на зелене добриво; поле 3 – кукурудза на зелену масу; поле 4 – озиме жито або озима пшениця + післяжнивний посів люпину гіркого на зелене добриво; поле 5 – картопля чи кормові коренеплоди; поле 6 – ярі зернові з підсівом багаторічних трав.

4 ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ХІМІЧНОЇ МЕЛІОРАЦІЇ ҐРУНТІВ В ГОСПОДАРСТВАХ РІЗНИХ ФОРМ ВЛАСНОСТІ

Одним із завдань вапнування кислих ґрунтів вважається запобігання декальцинуванню орного шару, а отже підтримка додатного сальдо балансу кальцію. Додатній баланс кальцію на кислих ґрунтах дозволяє систематично покращувати їх якість і створювати умови для більш ефективного використання внесених мінеральних добрив. Крім того, вапнування підвищує ефективність фізіологічно кислих мінеральних добрив, особливо аміачних і калійних. Усуваючи шкідливу для рослин кислотність, вапнування різнобічно впливає на властивості ґрунту, створюючи сприятливе середовище для росту рослин і життєдіяльності корисних мікроорганізмів. Кальцій, що вноситься з вапном, коагулює ґрунтові колоїди, покращує структуру ґрунту і підвищує її водостійкість. Під впливом вапна покращується також водопроникність і аерація ґрунтів. Зменшується можливість утворення кірки і полегшується обробіток середньо- і важко суглинкових різновидів ґрунту [25, 26, 27].

При вапнуванні посилюється мобілізація сполук фосфору ґрунту, а отже покращується режим живлення рослин, що спричиняється підвищенням життєдіяльності бактерій, які мінералізують органічні фосфати. Калій із важкорозчинних мінералів також переходить у більш рухомі форми. Внесення вапнякових добрив (наприклад, доломітової муки) сприяє збагаченню ґрунту магнієм, який конче необхідний рослинам як елемент живлення. В ґрунті основна частина кальцію і магнію знаходиться в формі важкодоступних мінеральних сполук, карбонатів, сульфатів, фосфатів, силікатних і алюмосилікатних мінералів. Лише обмінні поглинуті катіони кальцію і магнію є основним джерелом живлення рослин цими елементами. Вапнування впливає на рухомість в ґрунті мікроелементів: сполуки Mo після внесення вапна переходять у більш доступні форми; сполуки B і Mn — навпаки

стають менш рухомими. Таким чином, внесення борних мікродобрив підвищує ефективність вапнування і усуває негативний вплив високих доз вапна на врожай льону і картоплі.

Значення вапнування кислих ґрунтів підвищується в умовах глобальних змін клімату, у зв'язку з чим в зоні Полісся стали вирощувати такі нетрадиційні для неї сільськогосподарські культури як соняшник, сою, ріпак, люцерну та ін.

Вапнування ґрунтів може проводитися в різні пори року. Проте з організаційних причин, не завжди вдається здійснити вапнування влітку чи ранньої осені. Допускається також внесення вапна взимку по зябу чи неораному полю на рівнинних за рельєфом площах. Не рекомендується проводити вапнування взимку на землях, які затоплюються навесні, а також у період відлиги. Вчені рекомендують використовувати такий календар робіт із вапнування (табл. 10).

10. Орієнтовний календар робіт із вапнування кислих ґрунтів

Місяць	Місце проведення робіт
Квітень – травень	Під культури ярого посіву, а також під покрив багаторічних трав
Червень – серпень	Після збирання парозаймаючих культур і трав першого та другого років використання під озимі
Вересень – жовтень	Після збирання озимих, ярих і просапних культур
Листопад – березень	По мерзлому ґрунту або снігу на рівних за рельєфом полях під усі ярі культури (крім льону і картоплі) на вперше освоєних землях, луках та пасовищах

За традиційною технологією, яка застосовувалась в Україні впродовж 60-80-х років минулого століття, коли сільськогосподарські угіддя знаходилися в колективній власності, розрахунок доз вапна проводився лише за гідролітичною кислотністю. Науково-виробничими підрозділами системи «Укragрохім» для колективних господарств розроблялися плани меліорації кислих ґрунтів, які ними ж і реалізовувалися. Орієнтовно на слабо кислих ґрунтах вносилося 3–4 т/га вапна (в розрахунку на CaCO_3), на середньо кислих – 5–6 т/га і на сильно кислих – 7–9 т/га. Меліорант вносився на поверхню ґрунту з подальшим його заорюванням. Після проведення вапнування вирощувалися найбільш чутливі до кислотності культури – цукрові буряки, конюшина, люцерна, соя, ячмінь, озима пшениця.

ННЦ «Інститут ґрунтознавства і агрохімії ім. О. Н. Соколовського» запропонував технологію локального окультурювання (меліорації) кислих ґрунтів [28], згідно з якою не передбачається зміни кислотно-основної природи ґрунту у всьому об'ємі орного шару. Пропонується на межі оброблюваного (орного) і необроблюваного (підорного) шарів ґрунту створювати локальні (комфортні) для розвитку кореневої системи рослин мікрозони діаметром 7–10 см з міжсмуговими відстанями 35 см. Такі високородючі мікрозони пропонується створювати за допомогою внесення спеціально підготовленого добрива–меліоранту з високими адсорбційно-десорбційними оптимальними буферними характеристиками (суміш торфу, сапропелю або фосфоритів, аміачних форм азотних добрив, калімагнезії з вапняком). Запровадження зазначеної технології потребує використання спеціальної техніки з внесення органо-мінерального добрива меліоранту.

На кислих радіоактивно забруднених ґрунтах Житомирського Полісся і на даний час доцільно вносити місцеві меліоранти з Білокоровицького родовища на поверхню ґрунту з подальшим їх заорюванням.

4.1 Внесення вапна в польових і кормових сівозмінах

В сучасних умовах ведення агропромислового виробництва, коли переважна частина сільськогосподарських угідь (понад 85 % земельних ділянок) знаходиться в приватній власності, держава практично втратила контроль за проведенням хімічної меліорації кислих ґрунтів. Власники земельних ділянок чи землекористувачі повинні володіти певними знаннями щодо агроекологічного стану їх ґрунтового покриву, зокрема й щодо рівня кислотності ґрунту. Оптимальним варіантом вирішення проблеми усунення шкідливої кислотності вважається замовлення землевласником чи землекористувачем проекту меліорації ґрунтового покриву в організаціях, які мають ліцензію на виконання такого виду робіт. Переведення проекту в натуру дасть можливість покращити родючість ґрунту, а отже й підвищити продуктивність вирощуваних сільськогосподарських культур [29, 30].

Ефективність внесеного в ґрунт меліоранта залежить від багатьох чинників – доз і прийомів його внесення, видів і якості вапнякових матеріалів, чутливості

культур до їх внесення, властивостей ґрунту, а також поєднання вапнування з використанням органічних і мінеральних добрив.

При внесенні вапна його необхідно рівномірно розподіляти по поверхні поля з наступним заорюванням. Сухі вапнякові матеріали рекомендується розсівати різними туковисіваючими агрегатами. Внесення меліоранта можливе й разом з органічними добривами. Проте через втрати аміаку (NH_3), не рекомендується сумісне внесення гною з гашеним ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), або не гашеним (CaO) вапном. Не рекомендується також вносити фосфоритне і кісткове борошно разом із вапном.

На легких за гранулометричним складом ґрунтах (піщаних і супіщаних) доцільно використовувати доломітове борошно, яке окрім кальцію вміщує ще й магній, оскільки піщані і супіщані різновиди ґрунтів у 5–6 разів бідніші на кальцій і в 15–20 разів – на магній, ніж суглинисті і глинисті. Вносити доломітове борошно рекомендується за рН-буферністю (0,5–0,7 від розрахункової дози).

Внесені в ґрунт вапнякові матеріали забезпечують нейтралізацію не лише шкідливої кислотності, але й фізіологічно кислих мінеральних добрив ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, K_2SO_4 , KCl та ін.). При цьому значно підвищується їх ефективність. Використання високих доз мінеральних добрив під сільськогосподарські культури потребує проведення обов'язкового вапнування ґрунту. Необхідність повторного вапнування в залежності від ґрунтових умов і біологічних особливостей культур може варіювати від 3-х до 5 – 6 років. Ефективність вапнування значно підвищується, якщо цей меліоративний захід проводиться в сівозмінах з науково-обґрунтованою системою удобрення.

У таблиці 11 подана схема розміщення культур у типовій 9-пільній польовій сівозміні зони Полісся та орієнтовні норми добрив і меліорантів, які рекомендуються для внесення в середньокислий дерново-підзолистий супіщаний ґрунт (з pH_{KCl} 5,1–5,5). Зазначену сівозміну і систему внесення добрив та меліорантів доцільно запроваджувати в сільськогосподарських підприємствах, які володіють площами сільськогосподарських угідь понад 3 тис га.

11. Схема розміщення культур в 9-пільній польовій сівозміні та норми внесення добрив і меліорантів

Культура	Удобрення	
	основне	підживлення
Овес + пелюшка	$N_{30}P_{30}K_{30} + 5$ т/га $CaCO_3$ після збирання врожаю	—
Тритікале яре	$N_{45}P_{60}K_{60}$	—
Соя	$N_{15}P_{30}K_{30}$	—
Жито озиме	$N_{30}P_{45}K_{45}$	N_{30}
Картопля	20 т/га гною + $N_{30}P_{40}K_{40}$ + 3 т/га соломи + 12 т/га зеленої маси сидерату	$P_{20}K_{20}$
Пшениця яра	$N_{30}P_{30}K_{30} + 4$ т/га $CaCO_3$ після збирання врожаю пшениці	—
Конюшина (сіно)	$P_{30}K_{30}$	—
Пшениця озима	$N_{30}P_{45}K_{45}$	N_{30}
Кукурудза (зелена маса)	20 т/га гною + $N_{30}P_{60}K_{60}$ + 3 т/га соломи + 12 т/га зеленої маси сидерату	N_{30}
Всього за ротацію	40 т гною + 6 т соломи + 24 т зеленого сидерату + 9 т $CaCO_3$ + $N_{330}P_{350}K_{390}$	
На 1 га сівозмінної площі	4,4 т/га гною + 0,7 т/га соломи + 2,7 т/га зеленої маси сидерату + $N_{37}P_{39}K_{43}$	

Фермерські та інші відносно невеликі за площею сільськогосподарські господарства за наявності тваринництва, можуть використовувати такі короткоротаційні сівозміни:

I: 1. Конюшина на зелений корм і сіно; 2. Озима і яра пшениця; 3. Коренеплоди (буряки, морква тощо); 4. Ярі зернові з підсівом конюшини;

II: 1. Багаторічні і однорічні трави чи озимі зернові культури; 2. Озима пшениця або горох та інші зернові культури; 3. Просапні культури, гречка; 4. Ярі зернові + багаторічні трави або без них;

III: 1. Озима пшениця + вика; 2. Овес чи горох; 3. Овес на зелений корм; 4. Ярі зернові, чи зернобобові та круп'яні культури.

Варіанти системи удобрення в зазначених сівозмінах залежать від економічних можливостей господарств. Вапнякові меліоранти доцільно вносити під попередники коренеплодів, багаторічних трав або зернових культур. Норму їх внесення можна розраховувати залежно від кислотності ґрунтового розчину, за одним із раніше описаних методів, проте за можливості перевагу слід надавати методу, заснованому на рН-буферності.

З урахуванням досвіду регіональних радіологічних центрів Поліського регіону та Інституту сільського господарства Полісся НААН можливі й інші варіанти

сівозмін, але важливо, щоб рослинницька продукція регулярно проходила радіоекологічний контроль і відповідала нині діючим Державним гігієнічним нормативам (ДР-2006). Обов'язковим при цьому залишається проведення вапнування радіонуклідно забруднених ґрунтів, на яких вирощується сільськогосподарська продукція.

З метою підвищення продуктивності кормових культур сільськогосподарським підприємствам із розвинутим тваринництвом на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах, науковцями ІСГП рекомендується введення у кормову сівозміну люцерни. Система удобрення розподілу добрив в такій сівозміні з обов'язковим проведенням вапнування, а також додатковим внесенням молібденових мікродобрив наведена в табл. 12. Вапняковий матеріал Білокоровицького родовища, що вноситься в ґрунт в нормі 8,0 т/га CaCO_3 , в розрахунку на 1 га сівозмінної площі становить 896 кг CaO і 43 кг MgO .

12. Система удобрення п'ятипільної кормової сівозміни

Культура сівозміни	Спосіб внесення добрив	Гній, т/га	Вапняковий матеріал, т/га)		Мінеральні добрива, кг/га д.р., кг/га				
			$\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$	N	P_2O_5	K_2O	MoO		
Люцерна 1-го року	1	–	8,0	30	30	30	2,0		
Люцерна 2-го року	2	–	–	20	–	–	–		
Люцерна 3-го року				15	15	15	–		
Кукурудза на силос	1	20	–	30	45	45	–		
	2			30	–	–	–		
Озима пшениця	1	-	–	30	45	45	2,0		
	2			30	–	–	–		
Внесено на 1 га сівозмінної площі		4,0		CaO	MgO	37	27	27	Mo
				896	43				0,4

Примітка: 1 – основне удобрення; 2 – підживлення.

Для встановлення більш точних норм вапна і строків проведення вапнування з урахуванням вимог культур сівозміни і системи удобрення, необхідне проведення подальших спеціальних польових дослідів в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

4.2 Вапнування ґрунту в господарствах приватного сектору та на присадибних ділянках

У зв'язку з розпаюванням земель колективної власності сільськогосподарських підприємств в Україні з'явилися приватні сільськогосподарські підприємства з

обмеженою площею сільськогосподарських угідь (до 100–150 га). В таких умовах не завжди з'являється можливість запровадження науково-обґрунтованих сівозмін. Зазначені господарства можуть спеціалізуватися на вирощуванні певної групи сільськогосподарських культур. Деякі із них практикують також одночасно і ведення тваринництва [21].

Керівник приватного сільськогосподарського підприємства, а також кожен власник земельної ділянки сільськогосподарського призначення, в тому числі тієї, що передана в оренду, з метою контролю якості ґрунту повинен замовити виготовлення агрохімічного паспорта полів (земельної ділянки). Вказаний документ є результатом агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення, яка проводиться з метою оцінки родючості ґрунтів і встановлення їхнього потенціалу для сільськогосподарського використання; планування раціонального внесення добрив і розробки агротехнічних заходів; встановлення оптимальних режимів обробітки і зрошення земель; розроблення земельного кадастру та регулювання земельних відносин. Роботи, пов'язані з проведенням агрохімічного обстеження ґрунтового покриву сільськогосподарських угідь, а отже і виготовленням паспортів займаються переважно обласні філії ДУ «Інститут охорони ґрунтів». Відомості щодо рівнів забезпечення поживними речовинами ґрунтів та забруднення токсичними речовинами і радіонуклідами вносяться до агрохімічного паспорта поля, земельної ділянки кожні 5 років .

Агрохімічний паспорт поля, земельної ділянки використовується при розрахунку нормативів гранично допустимого забруднення ґрунтів, якісного стану ґрунтів, показників деградації земель та ґрунтів, оптимального співвідношення культур у сівозмінах у різних природно-сільськогосподарських регіонах, які встановлюються для досягнення високих і стабільних урожаїв та запобігання виснаженню і втраті родючості ґрунтів унаслідок ґрунтовоми, а також в інших випадках, передбачених чинним законодавством.

Керівникам сільськогосподарських підприємств (агрономам) обов'язково слід звертати увагу на такі показники фізико-хімічного стану ґрунту конкретного поля чи земельної ділянки: гідролітична кислотність (Нг), рН_{КСЬ}, сума поглинутих основ (S), ступінь насичення ґрунту основами (V), а також щільність забруднення ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr. Якщо ґрунти зазначених ділянок мають кислу реакцію їх слід вапнувати у відповідності з вище описаними вказівками.

Агроекологічний моніторинг повинен здійснюватися також і стосовно ґрунтового покриву присадибних ділянок, особливо тих, що знаходяться в приміських зонах. Крім підвищеної кислотності, ґрунти тут можуть бути забруднені важкими металами, насамперед такими як свинець (Pb), кадмій (Cd), ртуть (Hg), мідь (Cu), цинк (Zn), нікель (Ni), арсен (As) та ін.

У таблиці 13 подані граничнодопустимі концентрації валових і рухомих форм важких металів в ґрунті.

Найбільшу небезпеку являють рухомі форми важких металів, які є легко доступними для рослин. Їх рухомість істотно залежить від ряду агрохімічних і фізико-хімічних показників (вміст органічної речовини, рН ґрунтового розчину), а також від гранулометричного складу ґрунту (відсоток вмісту мулистій фракції). Виходячи з цього, перспективним напрямком детоксикації забруднених важкими металами ґрунтів є розроблення заходів, спрямованих на зниження рухомості політантив, закріплення їх у ґрунті, що в свою чергу, призводить до зниження доступності токсикантів для рослин та їх накопичення в продукції агроценозів. Одним із таких заходів є вапнування, яке призводить до зниження рухомості важких металів за рахунок утворення важкорозчинних комплексних сполук, а також сорбції їх оксидами і гідрооксидами феруму і мангану. Внесення вапнякових матеріалів крім того збагачує ґрунт кальцієм, покращує його структуру, усуває шкідливу для рослин кислотність ґрунтового розчину, активує процеси окислення тощо.

13. Граничнодопустимі концентрації важких металів у ґрунті.

Елемент	Кларк за Виноградним	ГДК валових форм	ГДК рухомих форм
	мг/кг ґрунту		
Cu	20	55	3,0
Pb	10	32	6,0
Cd	-	3	0,7
Zn	50	100	23,0
Ni	40	85	4,0
Co	8	-	5,0

Власники присадибних ділянок можуть звернутися до обласних філій ДУ «Інститут охорони ґрунтів» або в Інститут сільського господарства Полісся НААН з проханням провести визначення реакції ґрунтового розчину орного шару ґрунту, рН-буферності та вмісту важких металів. Дози CaCO₃ слід розраховувати за одним

із вище описаних методів і диференціювати залежно від ступеня забруднення ґрунту важкими металами, оскільки наразі не існує нормативів щодо обсягів внесення вапнякових матеріалів в ґрунт саме з метою його детоксикації.

Детоксикацію забрудненого міддю, цинком і свинцем дерново-підзолистого глеюватого супіщаного ґрунту на водно-льодовикових відкладах, що має такі агрохімічні показники: вміст гумусу – 1,12 %; азоту лужно гідролізованого – 72 мг/кг ґрунту; рухомого фосфору – 270 мг/кг; обмінного калію – 130 мг/кг; pH_{KCl} – 5,1, доцільно проводити шляхом застосування вапнякових добрив, розрахованих за pH -буферністю (табл. 14).

14. Норми внесення вапнякових матеріалів у дерново-підзолистий ґрунт залежно від рівня забруднення його цинком, міддю і свинцем.

Рівень забруднення частках ГДК валових форм елемента	Кратність норми внесення вапнякових матеріалів	Фізична маса внесення вапнякового матеріалу в розрахунку на $CaCO_3$, т/га
1 ГДК	1,0	3,78
5 ГДК	1,5	5,67
10 ГДК	2,0	7,56
15 ГДК	2,5	9,45

Примітка: Коефіцієнт перерахунку внесення фізичної маси $CaCO_3$ із т/га в kg/m^2 становить 0,10.

Зазначений агрозахід, залежно від рівня забруднення ґрунту валовими формами елемента і кількості внесеного $CaCO_3$, забезпечує зниження вмісту рухомих форм міді на 20–67 %, цинку – на 10–64 %, свинцю – на 10–72 % порівняно з ґрунтом, на якому детоксикація не проводилась.

Варто зауважити, що будь який спосіб закріплення важких металів у ґрунті, у тому числі й вапнування, має свій термін дії. З часом частина забруднювачів починає надходити в ґрунтовий розчин, а звідти за посередництва рослин – у організм тварин і людини. Таким чином, виникає необхідність повторного проведення вапнування ґрунтів, забруднених важкими металами. Залежно від фізико-хімічних і агрохімічних властивостей ґрунту і його забруднення, термін ефективної дії вапна може становити не більше 3–5 років.

ВИСНОВКИ

Сучасні деградаційні процеси ґрунтового покриву зони Полісся під впливом антропогенних чинників, основою яких є кислотні навантаження і обробіток, спричиняють руйнування органо-мінеральної частини ґрунту, активізують процеси опідзолення, накопичення кремнезему та вільних півтораоксидів. Також має місце вимивання катіонів кальцію і магнію, важких металів та радіонуклідів Чорнобильського походження у підґрунтові води.

Під впливом осушення перезволожених земель, яке відбувалося в другій половині минулого століття, а також в результаті значного потепління клімату за останнє півстоліття (підвищення суми активних температур $> 10^{\circ}\text{C}$), Житомирське Полісся за природно-кліматичними характеристиками наблизилося до Лісостепової зони. В господарствах аграрного сектору почали вирощувати нетрадиційні для зони Полісся культури, такі як соя, соняшник, кукурудза, пшениця, люцерна та ін. Зазначені культури для продуктивного розвитку потребують близької до нейтральної реакції ґрунтового розчину, а також підвищеного рівня мінерального живлення.

Збалансоване і екологічно обґрунтоване на науковій основі використання кислих ґрунтів, які домінують в структурі земельних угідь Житомирського Полісся, в рекомендаціях розглядається як вагомий резерв для розвитку аграрного виробництва регіону. Їх хімічна меліорація шляхом вапнування є однією із обов'язкових складових сучасних агротехнологій вирощування сільськогосподарських культур.

Дотримання викладених в рекомендаціях настанов і порад дозволить працівникам аграрного сектору створити сприятливий для вирощування сільськогосподарських культур кислотно-основний режим ґрунту, а в комплексі з іншими заходами з підвищення ґрунтової родючості (раціональна система удобрення, екологічно заощадливий обробіток ґрунту, сівозміни та ін.) – необхідні умови для надійного забезпечення продуктової безпеки.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Географічна енциклопедія України. /Під ред. О.М. Маренича./ К.: Українська енциклопедія ім. М. П. Бажана, 1989–1993. Т. 3: П–Я. 480 с.
2. Атлас агроекологічного стану ґрунтового покриву Житомирської області /В.А. Трембіцький, Т.М. Мислива., Ю.А. Білявський, О.М. Мартенюк та ін. Житомир: ПТЦ «Облдержродючість», 2011. 56 с.
3. Програма охорони родючості ґрунтів у Житомирській області на 2014–2020 роки. Житомир, 2014. 60 с.
4. Рижук С.М., Савчук О.І. Стан вологозабезпечення осушуваного дерново-підзолистого ґрунту в умовах зміни кліматичних чинників. Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти: збірник матеріалів VII Міжнародної науково-практичної конференції, 27 березня 2024 р. Науково-методичний центр ВФПО. Київ, 2024. 172 с. С.93–97.
5. Ромащенко М.І., Балюк С.А., Вергунов В.А. та ін. Сталий розвиток меліорації земель в Україні в умовах змін клімату. Аграрні інновації. 2020. №3. С. 59–64. 6. Меліорація та облаштування українського Полісся. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. 854 с.
7. Тараріко Ю.О. Агроресурсний потенціал меліорованих земель гумідної зони України. Вісник аграрної науки. 2018. №1. С.13–19.
8. Рижук С.М., Мельничук А.О., Савчук О.І. Кліматичні зміни в агроценозах Центральної частини Правобережного Полісся. Збірник тез IV Міжнародної науково-практичної конференції «Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти». Київ, 2021. С. 142–147.
9. Мельничук А.О., Савчук О.І., Дребот О.В., Данкевич Є.М. Оптимізація землекористування сільськогосподарських угідь Житомирської області. Агропромислове виробництво Полісся. Зб. наук. праць. Житомир, 2014. №7. С.7–10.
10. Савчук О.І., Гуреля В.В., Кошицька Н.А. Використання осушених дернових ґрунтів зони Полісся в якості кормових угідь. Збірник статей Науково-практичної конференції "Сучасний стан і перспективи ефективного викорис-

тання земельних ресурсів Полісся" 26 березня 2020 року. Житомир: Вид-во ЕЦ «Укрекобіокон», 2020. С.46–49.

11. Землеробство: [підручник] / В.О. Єщенко, П.Г. Копитко, А.П. Бутило, В.П. Опришко; за ред. В.О. Єщенка. К.: Лазурит-Поліграф, 2013. 376 с.

12. Савчук О.І., Мельничук А.О., Кочик Г.М. Наукові основи структури сівозмін на засадах біологізації та оптимізації мінерального живлення для забезпечення високої продуктивності культур і відтворення родючості осушуваних ґрунтів Полісся. *Науково-методичні рекомендації*. Житомир, вид-во ПП «Рута». 2020. 92 с.

13. Рудик Р.І., Кочик Г.М., Мельничук А.О. Концептуальні підходи і стратегічні аспекти формування та освоєння сучасних сівозмін в зоні Полісся. *Науково-методичні рекомендації*. Житомир: вид-во ПП «Рута». 2017. 48 с.

14. Чудак Л.К. Перспективи контролю дотримання сівозмін як фактора забезпечення раціонального використання земель сільськогосподарського призначення. *Економіка. Фінанси. Менеджмент*: актуальні питання науки і практики. 2018. № 1. С.111–124.

15. Іванюк В.О. Система землеробства «Древлянська» дозволяє відмовитись від пестицидів та мінеральних добрив. *Суперагроном*. 2017.

16. Савчук О.І., Приймачук Т.Ю., Дребот О.В., Кудрик А.П., Цуман Н.В. Агроекологічна та економічна оцінка органічної сівозміни в зоні Полісся. *Агроекологічний журнал*. 2024. №2. С. 166–173.

17. Бойко П.І., Літвінов Д.В., Цимбал Я.С., Кудря С.О. Принципи розроблення систем різноротаційних сівозмін в Україні. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2018. № 1. С. 1–14.

18. Кочик Г.М., Мельничук А.О., Кучер Г.А. Формування систем удобрення осушеного дерново-підзолистого ґрунту в сучасних умовах господарювання. *Науково-методичні рекомендації*. Житомир, вид-во ПП «Рута». 2020. 136 с.

19. Мельничук А.О., Бовсуновський А.М., Савчук О.І., Дребот О.В. Методологія оптимізації землекористування на території, забрудненій радіонукліда-

ми. *Агропромислове виробництво Полісся*. Зб. наук. праць. Житомир: Інститут сільського господарства Полісся, 2011. №4. С. 11–15.

20. Агроекологічне обґрунтування способів обробітку дерново-підзолистого ґрунту та систем удобрення польових культур в зоні радіоактивного забруднення Житомирського Полісся: монографія / П. П. Надточій, В. І. Ратошнюк І. Ю. Ратошнюк [та ін.]; за заг. ред. П. П. Надточія і С. М. Рижуга. Житомир: Вид. ПП «Рута», 2020. 204 с.

21. Ведення сільськогосподарського виробництва у приватному секторі в умовах посиленого антропогенного впливу на навколишнє середовище (рекомендації) / [Т.М. Мислива, П.П. Надточій, Л.О. Герасимчук та ін.]. Житомир, 2011. 52 с.

22. Пристер Б. С. Основы сельскохозяйственной радиологии / Б. С. Пристер, Н. А. Лошилов, О. Ф. Немец [и др.]. К.: Урожай, 1991. 47 с.

23. Рекомендації по веденню сільського господарства в умовах радіоактивного забруднення території України в результаті аварії на Чорнобильській АЕС на період 1996–1998 рр. / Під. ред. Б. С. Пристера. К.: Вид-во МСГП, 1996. С. 12–13.

24. Агрохімія: підручник // М.М. Городній, С.І. Мельник, А.С. Малиновський [та ін.]. Київ: ТОВ «Алефа», 2003. 778 с.

25. Мазур Г. А. Вміст і співвідношення форм кальцію і магнію в дерново-підзолистих ґрунтах Українського Полісся / Г.А. Мазур // Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Спец. вип. Кн. 1. Харків, 2018. С. 78–87.

26. Надточій П. П. Кислотно-основна буферність і проблеми вапнування кислих ґрунтів Полісся: актуальні проблеми агроекології / П.П. Надточій, В.А. Трембіцький // Вісник державного агроекологічного університету. 2003. №2. С. 3–17.

27. Технологія відтворення родючості ґрунтів у сучасних умовах / За ред. С. М. Рижуга і В. В. Медведєва. Харків, 2003. 214 с.

28. Сучасна концепція хімічної меліорації кислих і солонцевих ґрунтів.
– Харків: ННЦ ІГА імені О. Н. Соколовського, 2008. 100 с.
29. Хімічна меліорація ґрунтового покриву земель сільськогосподарського призначення Житомирського Полісся (науково-методичні рекомендації) /
За ред. П.П. Надточія. Житомир: Вид. ПП «Рута», 2023. 68 с.
30. Методика агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення; за ред. С.М. Рижука, М.В. Лісового, Д.М. Бенцеровського. К.,
2003. 64 с.