НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Є.М. Бережняк

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВОДНО-ЕРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ НА ҐРУНТАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ



М о н о г р а ф і я





КИЇВ - 2014

УДК 502.6:631.459:631.4
ББК

Євгеній Михайлович Бережняк

Рецензенти:

БУЛИГІН С.Ю. – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН України (Національна академія аграрних наук України);

ВЕЛИЧКО В.А. – доктор сільськогосподарських наук, професор, головний редактор наукового журналу НААН України «Вісник аграрної науки», м. Київ);

ЧАЙКА В.М. – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри екології агросфери та екологічного контролю, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ)

Рекомендовано до друку Вченою радою Національного університету біоресурсів і природокористування України протокол № 4 від «26» листопада 2014 р.

Екологічна оцінка водно-ерозійних процесів на ґрунтах Правобережного Лісостепу України: Монографія. – Національний університет біоресурсів і природокористування України. – К.: _____, 2014. – 280 с.

ISBN _____

У монографії наведено результати досліджень з вивчення протиерозійної стійкості чорноземів типових та сірих лісових ґрунтів на схилових агроландшафтах Правобережного Лісостепу України, а також прояви водної ерозії на певній території лісової екосистеми Голосієва. Охарактеризовано напрями мінімізації водно-ерозійних процесів за допомогою агротехнічних і гідротехнічних споруд. Показано еколого-економічні збитки внаслідок дії водної ерозії на зазначених об'єктах.

Монографія може бути корисною для наукових працівників, студентів, аспірантів та фахівців агрономічного та екологічного профілю.

УДК 502.6:631.459:631.4
ББК

ISBN

© Є.М. Бережняк, 2014
© НУБіП УКраїни, 2014

ЗМІСТ

		Перелік умовних позначень	6
		Передмова	7
1.		**ІСТОРІЯ ВИВЧЕННЯ ЕРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ .....**	10
	1.1.	Перші історичні згадки щодо ерозії ґрунтів	10
	1.2.	Вивчення ерозійних процесів ґрунтового покриву за часів проведення досліджень В.В. Докучаєва	15
	1.3.	Дослідження ерозії ґрунтів за радянських часів	19
	1.4.	Вивчення ерозійних процесів в Україні	21
2.		**ПРИРОДНІ ФАКТОРИ І УМОВИ, ЩО ОБУМОВЛЮЮТЬ ВОДНУ ЕРОЗІЮ .....**	23
	2.1.	Вплив кліматичних умов на ерозію ґрунту.....	24
	2.2.	Кліматичні показники ерозії за танення снігу у схиловому стоці	25
	2.3.	Вплив рельєфу на формування водної ерозії	27
	2.4.	Залежність ерозії від експозиції схилів	29
	2.5.	Характер рослинного покриву	31
3.		**МАСШТАБИ ПРОЯВУ ВОДНОЇ ЕРОЗІЇ, ЕКОЛОГІЧНІ Й ЕКОНОМІЧНІ ПРОБЛЕМИ .....**	38
4.		**МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ІНТЕНСИВНОСТІ ЕРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ҐРУНТОВОГО ВКРИТТЯ .....**	46
	4.1.	Фізичне моделювання прояву ерозійних процесів	47
	4.2.	Характеристика методу дослідження втрат ґрунту від водної ерозії за стоковими майданчиками	53
	4.3.	Метод обліку змиву ґрунту за об'ємом водорівчаків за Соболєвим	57
	4.4.	Методи дистанційного зондування як інструмент визначення складових ерозійної небезпеки земель	59
	4.5.	Створення картограми потенційної ерозійної небезпеки території на основі різночасових космічних знімків	62
5.		**ПРОТИЕРОЗІЙНА СТІЙКІСТЬ ҐРУНТІВ ТА ФАКТОРИ, ЩО ЇЇ ОБУМОВЛЮЮТЬ .....**	66
	5.1.	Властивості, що впливають на протиерозійну стійкість ґрунтів	66
	5.2.	Вплив агротехнічних заходів на протиерозійну стійкість ґрунту	72
	5.3.	Лісомеліоративні заходи	83
6.		**ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ НАОРНИХ ВАЛІВ-ТЕРАС НА ЗМЕНШЕННЯ ЕРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ НА СІРИХ ЛІСОВИХ ҐРУНТАХ .....**	88

	6.1.	Характеристика об'єкту дослідження із наорними валами-терасами……..	88
	6.1.1.	Геоморфологічна будова об'єкту досліджень ……..	89
	6.1.2.	Історична пам'ятка про об'єкт досліджень……..	91
	6.1.3.	Природно-кліматичні умови……..	91
	6.1.4.	Програма досліджень……	94
	6.2.	Дослідження процесів стоку і змиву на сірих лісових ґрунтах в системі валів-терас……..	95
	6.3.	Вплив наорних валів-терас на водний режим ґрунту….	96
	6.4.	Фізичні властивості сірого лісового ґрунту……..	100
	6.5.	Фізико-хімічні властивості……..	105
	6.6.	Видовий і кількісний склад мезофауни в еродованих ґрунтах……	107
	6.7.	Фенологічні спостереження за травостаном на варіантах досліду……	110
	6.8.	Еколого-економічна ефективність створення наорних валів-терас на ерозійно-небезпечних ландшафтах……..	111
7.		**ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЕРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ НА СХИЛОВИХ ЛІСОВИХ ЛАНДШАФТАХ ГОЛОСІЄВА……..**	118
	7.1.	Визначення потенційної небезпеки прояву ерозійних процесів в натурних умовах на схилах Голосієво……..	119
	7.2.	Облік реального змиву ґрунту за об'ємом водорівчаків за методом І.О. Соболєва……..	122
	7.3.	Екологічний стан водойм Голосіївського регіону……..	126
	7.4.	Заходи з покращення екологічного стану лісових екосистем Голосієва……	128
8.		**ВПЛИВ АГРОТЕХНІЧНИХ ЗАХОДІВ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ЕРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ НА ЧОРНОЗЕМАХ……**	131
	8.1.	Характеристика об'єктів дослідження……	133
	8.1.1.	Перший об'єкт досліджень – еродовані чорноземи Обухівського району……	133
	8.1.2.	Геоморфологічна характеристика об'єкту досліджень..	135
	8.1.3.	Другий об'єкт дослідження – чорнозем типовий малогумусний слабкоеродований мулувато-крупнопилувато середньосуглинковий на лесі……..	136
	8.1.4.	Схема досліду……	138
	8.1.5.	Геоморфологічна характеристика регіону проведення досліджень……..	139
	8.1.6.	Агрометеорологічні умови в роки проведення досліджень……..	141

	8.2.	Вплив агротехнічних заходів на протиерозійну стійкість та властивості ґрунтів……..	143
	8.2.1	Агрофізичні властивості……..	143
	8.2.1.1	*Гранулометричний і мікроагрегатний склад……*	143
	8.2.1.2	*Структурно-агрегатний склад……..*	151
	8.2.1.3	*Щільність складення……..*	163
	8.2.1.4	*Водопроникність……..*	168
	8.2.2.	Фізико-хімічні показники……	175
	8.2.2.1	*Обмінні катіони……*	175
	8.2.2.2.	*Гумус……*	176
	8.3.	Значення біологічного чинника у формуванні протиерозійної стійкості ґрунту……..	181
	8.3.1	Характеристика поверхні та її вплив на прояв водної ерозії……..	181
	8.3.2	Значення надземної і підземної біомаси рослин у підвищенні протиерозійної стійкості ґрунту……..	184
	8.3.3	Вплив агротехнічних заходів на розвиток мезофауни ґрунту……...	189
	8.4.	Інтегральна оцінка протиерозійної стійкості ґрунту….	196
	8.4.1	Ґрунтозахисна ефективність елементів агротехнологій	197
	8.4.2	Уплив мульчування поверхні ґрунту на протиерозійну стійкість……..	203
	8.4.3	Математико-статистичне відображення прояву ерозійних процесів при дощуванні……...	206
	8.5.	Еколого-економічна оцінка ефективності агротехнічних заходів……..	214
	8.5.1	Еколого-біоенергетична оцінка……...	214
	8.5.2	Оцінка агротехнічних заходів за врожайністю сільськогосподарських культур та їх економічна ефективність……..	217
		ВИСНОВКИ ……..	225
		РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ……..	227
		ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……..	228
		ДОДАТКИ……..	259

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВП НУБіП – відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України;

ВРК – вологість розриву капілярів;

ГВК – ґрунтово-вбирний комплекс;

ГТК – гідротермічний коефіцієнт;

ДЗ – дистанційне зондування;

ЕТГ – еколого-технологічні групи.

МКО – місткість катіонного обміну;

НААНУ – національна академія аграрних наук України;

НВ – найменша вологоємність;

НВО – науково-виробниче об’єднання;

НДГ – навчально-дослідне господарство;

ПНЕ – потенційна небезпека ерозії;

СРСР – союз Радянських соціалістичних республік;

ЦМР– цифрова модель рельєфу;

GSSI – Geophysical Survey Systems (США);

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration (Національне управління океанічних і атмосферних досліджень);

RUSLE – Revised Universal Soil Loss Equation (універсальне рівняння втрат ґрунту)

ПЕРЕДМОВА

Поверхня земної суші постійно знаходиться під дією двох груп протилежних природних процесів: **ендогенних** до яких відноситься гороутворення, неотектоніка, вулканізм та **екзогенних,** які відбуваються під дією сили тяжіння-гравітації, води і повітря. Останню групу процесів називають термінами «денудація» чи «екзогенез». Можна стверджувати, що це глобальні процеси, які є вічними і завжди були притаманні нашій планеті. Тому результати їх прояву неоднаково відбуваються у різних регіонах залежно від великого і складного комплексу причин *(І.А. Крупеніков, 1977).* Одним із найпоширеніших видів денудації ґрунтової поверхні є ерозія, що проявляється у руйнуванні ґрунтів і гірських порід під дією води і вітру.

Водна ерозія **–** це процес змивання або вимивання найбільш гумусованих, родючих і екологічно цінних генетичних горизонтів та частинок ґрунту зі схилів й ґрунтових порід талими або ж зливовими водами. Вона супроводжується порушенням ґрунту водою, переносом і відкладанням дрібнозему у підніжжях і на шлейфах схилів, прилягаючих ярах і балках. Ерозія проявляється в результаті сумісного протікання трьох процесів: руйнування ґрунтів (ерозії структурних окремостей), переміщення наносів (транспорту) і їх відкладання (акумуляції). Водна ерозія може бути **поверхневою (площинною)** і **яружною**.

Поверхнева ерозія проявляється головним чином на пологих схилах у поступовому, віддалено непомітному, більш-менш рівномірному видаленню з поверхні схилу дрібнозему ґрунту під дією потоків води. Під впливом стоку води відбувається втрата верхнього шару ґрунту, який багатий на гумус. Ця ерозія небезпечна тим, що на початкових стадіях вона мало помітна і проявляється лише в незначних змінах кольору ґрунту.

Яружна ерозія – це форма ерозії, яка найшвидше розвивається. Швидкість утворення ярів залежить від крутизни схилів, характеру ґрунтів і природно-кліматичних умов. Середньою швидкістю формування водорівчаків вважається 1–3 м в рік. Однак в деяких місцях яри утворюються із швидкістю 8 і навіть 25 м в рік і більше. При яружній ерозії відбувається концентрування стоку і розмив ґрунту у вертикальному напрямку. Внаслідок розмиву поверхні виникають промоїни, які при подальшому надходженні води із водозбірної площі перетворюються на

яр. Межа переходу площинної ерозії у лінійну досить умовна. Вважається, що якщо сліди ерозії на полі вдається зарівняти обробітком ґрунту, то це – площинна ерозія, а якщо не вдається – яружна (лінійна) *(М.К. Шикула, О.Ф. Гнатенко, Л.Р. Петренко, М.В. Капштик., 2001).*

Площа ярів на території України досягає 320 тис. га. Широкий розвиток їх зумовлений наявністю лесових порід, що легко розмиваються, показниками розмивання та його чинниками в нинішніх умовах є глибина і густота ерозійного розчленування земної поверхні. На 80% території України переважає вертикальне розчленування в середньому від 10 до 70 м, на 10% території вона незначна (до 10 м), а на решті – перевищує 70 м. Найбільш інтенсивно ерозійні процеси розвиваються в Українських Карпатах і Гірському Криму, на Волинській, Подільській та Приазовській височинах. Малим розчленуванням характеризується Поліська, Придніпровська та Причорноморська низовини.

Кількісну оцінку процесів ерозії здійснюють за інтенсивністю втрат ґрунту з одиниці площі за одиницю часу, тобто в т/га за рік або мм/рік. У цих же одиницях вимірюють і швидкість процесів ґрунтоутворення. Порівнюючи між собою інтенсивність втрат ґрунту із швидкістю ґрунтоутворення можна судити про міру небезпеки водної ерозії.

Таке уявлення про ерозію покладено в основу поділу її на **нормальну** та **прискорену**. **Нормальна (геологічна) ерозія** відбувається під природною рослинністю, не зміненою дією людини (цілинні степи, ліси луки). Ця ерозія є дуже повільною і, здебільшого, не призводить до утворення еродованих ґрунтів, тому втрати ґрунту протягом року повністю компенсуються процесами його утворення.

Прискорена (антропогенна) ерозія розвивається там, де внаслідок господарської діяльності людини природну рослинність знищено, а територія використовується без урахування її природних властивостей. У цьому випадку втрати ґрунту набагато перевищують його новоутворення, що призводить до суттєвого зниження родючості.

Виділяють також і так звану **іригаційну ерозію**, яка є різновидом водної. Вона виникає в результаті неправильного і надмірного поливу при зрошуваному землеробстві. Таких площ ґрунтів є багато на півдні України. Надмірне випасання худобою природних кормових угідь обумовлює розвиток пасовищної ерозії, виникає в результаті збільшення поголів'я худоби на певних площах, коли молоді рослини худоба поїдає значно

швидше, ніж завершується нормальний цикл відновлення пасовищ. Поряд із цією причиною, худоба, яка утримується на обмежених ділянках, знищує рослинний покрив, зрізуючи рослини біля самої основи гострими копитами. При цьому розбивається дернина, ґрунт переміщується по схилу під дією копит тварин, а це призводить до підсилення, як водної, так і вітрової ерозії. Характерно, що рослинність поступово зникає на шляхах перегону худоби, а також біля водопою. Через деякий час в цих місцях починаються ерозійні процеси.

У нашій роботі досліджено і охарактеризовано прояви ерозійних процесів, як у природних ландшафтах, так і антропогенно-змінених. Монографія складається із 8 розділів. Перший розділ присвячений історії вивчення ерозійних процесів від сивої давнини до теперішнього часу, у другому – приведено вплив природних факторів на інтенсивність ерозійних процесів, детально охарактеризовано роль кліматичних чинників, форм рельєфу та фактору рослинного покриву, особливо на розораних ґрунтах. У третьому розділі пояснюються причини інтенсивності водно-ерозійних процесів в окремих регіонах та характеризуються екологічні і економічні проблеми, що при цьому виникають. За літературними даними і власними дослідженнями наводиться низка методів експериментального визначення змиву ґрунту та стоку води в польових умовах, методи фізичного моделювання водно-ерозійних процесів і їх діагностика за допомогою ДЗЗ, картографування еродованих ландшафтів за аналізом космічних знімків.

В наступних розділах роботи приводяться дослідження еколого-економічної ефективності впливу наорних валів-терас на сірих лісових ґрунтах схилів різної крутизни. Цікавими з екологічної точки зору є вивчення водно-ерозійних процесів на природних схилових ландшафтах Голосіївської лісопаркової зони, які добре ілюстровані і описані екологічні наслідки цих процесів. У восьмому розділі теоретично обґрунтовано і експериментально досліджено напрями управління протиерозійною стійкістю оброблюваних чорноземів Правобережного Лісостепу, показано вплив агротехнічних заходів у зменшенні інтенсивності водної ерозії.

Матеріали монографії можуть бути корисними для студентів, аспірантів, викладачів, агрономів, землевпорядників, екологів та інших фахівців, діяльність яких пов’язана із вивченням і використанням ґрунтового покриву України.

1. ІСТОРІЯ ВИВЧЕННЯ ЕРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ

1.1. Перші історичні згадки щодо ерозії ґрунтів

Проблема охорони ґрунтів від водної ерозії є однією з актуальних у сучасному ґрунтознавстві і агрономії. Україна вважається країною давнього землеробства. Внаслідок розчленованого рельєфу, континентального клімату процеси ерозії протікали і протікають достатньо інтенсивно.

Перші свідчення про ерозію знаходимо у Геродота (484–425 рр. до нашої ери). Описуючи річки Скіфії, Геродот відмічав, що всі вони мають мутну воду, окрім Борисфену (Дніпра). Відомо, що мутні ріки бувають лише серед розораних, піддатливих ерозії земель. За ступенем мутності рік судять про інтенсивність ерозійних процесів.

У початковому літопису Русі неодноразово зустрічаються вказівки на явища природи, у тому числі і на лихоліття, що завдаються ерозією, а також описуються окремі яри.

У книзі Великого креслення можна знайти перші вказівки на змив ґрунту у м. Бєлгород. Відомо, що здавна кочівники, а потім і осілі землероби ранньою весною, а також взимку виганяли скот на вітроударні схили, де сніговий покрив був тоншим, раніше розтавав і трава була доступна для скоту. Тому перегини випуклих схилів, на яких рослинність ставала зрідженою, а місцями і знищувалася внаслідок надмірного випасання, в першу чергу (навіть на нерозораних цілинних землях) порушувалися ерозією.

Змив ґрунтів місцями приносив великі збитки сільському господарству ще за Івана Грозного: в документі 1581 р. вказано, що село Шолом’янське на Двині «лежит впусте, пашенную землю вешнею водою смыло».., потому налогов «платить не в мочь и не с чего». Там же еродовані ґрунти називають спеціальним терміном «смойными землями» (Русская историческая библиотека, т. XIV, ч. II, стр. 1193–1194).

Таким чином, уже в літописах стародавньої Русі описані пилові бурі, яри і їх утворення умістах. У багатотомних письмових книгах XV–XVII століття подано детальні повітні описи земельних наділів із деталізацією ярів, пісків, тощо. Із ряду історичних актів дізнаємося, що еродовані ґрунти ще у XVI столітті отримали спеціальну назву «смойных

земель», а за правління Івана Грозного уже було відоме водоохоронне і ґрунтозахисне значення лісів, внаслідок чого уже на той час заповідалися ліси обабіч річок, що протікають.

Все це вказує на те, що ще допетровська Русь знала, що таке водна і вітрова ерозія, розрізняла яружну ерозію і змив ґрунтів, а також застосовувала окремі заходи боротьби з нею.

Вивчення ерозійних процесів і боротьба з ними в період правління Петра І і до реформи 1861 р. полягали в наступному. Реформи Петра І – відміна земельних аналогів, введення податку на душу населення і рекрутських наборів незалежно від розміру і якості землеробства – зробили непотрібними письмові книги. Влада замість обліку земельних фондів, із обліком якості ґрунтів, займалося обліком кріпосних селян (ревізією). За кількістю ревізорських душ, а не за розмірами і якістю землі обліковувались багатства, визначалися державні податки і військова повинність. У зв’язку із чим понад півстоліття спостерігався повний занепад цікавості до ґрунту і ґрунтової ерозії *(С.С. Соболєв, 1945).*

Однак відміна земельних податків і кріпосне право сприяли посиленому розорюванню центральних, нечорноземних областей Росії. Розорювання зумовило розвиток ерозії. Порушення доріг ярами, втрата родючості на орних землях, що знаходяться на схилах, суховії, пилові бурі, тривалі неврожаї – все це поступово почало знову привертати увагу – спочатку вчених-академіків, а згодом увагу деяких практичних діячів і, зрештою, влади.

На початку XVIII століття Академії Наук належало провідне місце у вивченні процесів ерозії. Класичні роботи М.В. Ломоносова, а потім багаточисленні, хоча і супутні спостереження природознавців-академіків епохи Катерини II надали цікавий матеріал щодо пізнання та розприділення процесів водної і вітрової ерозії у XVIII столітті. При складанні військово-топографічних карт і планів генерального межування, розпочатого у 1766 р. *(С.С. Соболєв, 1945),* наносилися елементи ґрунтового і рослинного покровів, ярів, розбитих пісків. Ці карти дали точні дані про поширення ярів і порушених вітровою ерозією пісків.

М.В. Ломоносов був першим російським вченим, який поклав початок вивчення як водної, так і вітрової ерозії. У «Слове первом о пользе химии, говоренном сентября 6 дня 1751 года» М.В. Ломоносов вказує, що

«проливаются там часто великие дожди… умягчают и размывают землю и легкой ил сносят, оставляя тяжкие минералы…».

В 1763 році М.В. Ломоносов більш детально зупиняється на процесах водної ерозії. «Дожди, а особенно долговременные каковы бывают вешние и осенние в нашем климате… промочив глубоко земную поверхность, смывают и открывают ее внутренность. Кроме сих густые тучи с наводняющими ливнями… на подобие как реки течением не токмо верхний слой земли смывают, но и камни тяжкие с мест далече переваливают на другие… прорывают борозды и новые протоки. Сие есть причиною, что многие легковерные люди думают, якобы на некоторые места падают иногда из туч камни, не рассудя того, что им ближе дорога из земли быть силою густого ливня вымытым». М.В. Ломоносов погоджується, що в окремих випадках можливе переміщення каміння при грозах, «однако, – пишет он, – сему не так часто и способно случиться можно, как камням быть из земли вымытым дождевым действием…».

Ще більш детальніше М.В. Ломоносов відмічає сортуючу дію ґрунтової ерозії у своєму нарисі про походження чорноземів: «…где на низких и покатых местах вымывает легкие черноземные частицы дождями и в даль сносит, а песок валясь скорее на дно остается удобнее на старом месте…»

Описання ярів, пісків, пилових бур знаходимо у працях знаменитих мандрівників природознавців кінця XVIII століття. П.С. Паллас, котрий мандрував по Росії у 1769-1773 рр., вказує на наявність ярів у м. Мурома на р. Ока, у м. Самари на р. Волзі, по р. Сурі поблизу м. Пензи, по р. Білій в м. Уфа. Також дослідник відмічає здування снігу у яри поблизу м. Сталінграду (Царицин), внаслідок чого у степах буває немає снігу і описує пилову бурю у цілинному степу. П.С. Паллас дає практичні рекомендації, яким чином боротися із річковою ерозією. Він рекомендує береги р. Оки поблизу Мурома укріпити шляхом насадження верб.

Перший російський професор землеробства М.І. Афонін у 1771 р. із кафедри Московського університету пропонував на полях проводити часті «водяные борозды», щоб стікаючі води не могли «так скоро смыть и свести жирность». Це, напевне, вперше було запропоновано боронування полів із метою боротьби з ерозією *(С.С. Соболев, 1948).*

У 1773 р. Сергій Друковцев писав про недопустимість оранки по довжині схилу; він пропонував «на горах пахать и делать полосы поперек горы, а вдоль горы не пахать за тем, что сок навозный будет стекать…».

У журналі «Экономический магазин» за 1779 р. А.Т. Болотов під псевдонімом «Сельский житель», рекомендує укріплювати береги ставків і дамби вербами, обсаджуючи їх також *Acorus calamus.* Це захищає береги від розмивання.

Актуальна на той час стаття цього автора вийшла під назвою «Мысль о водорыинах», що була надрукована у журналі «Экономический магазин» за 1781 р. У статті описуються негаразди спричиненими утвореннями ярів і методи укріплення їх дна і вершин плетінню із «затаптыванием соломою и навозом», яка широко застосовувалася за Катерини II. Пропонується новий спосіб укріплення вершин шляхом зрізу обриву вершин у вигляді пологого відкосу, який засівається травою, переважно бобовими і перетворюється у сінокісні угіддя. Автор пропонує застосовувати водовідвідні канави, щоб вода не поступала у всі вершини яру, а лише в укріплені місця. У такому випадку вершина не буде порушуватися водою і швидше зарасте травою. Водорівчаки і водовідвідні канави автор пропонує укріплювати дерниною.

На початку XIX століття знову виникає цікавість до степового лісорозведення. Ліси насаджують з метою закріплення порушених вітровою ерозією «летучих» пісків і для поліпшення клімату степової смуги, для захисту полів від суховіїв, чорних бур, засухи.

Особливої уваги у цей період заслуговує класична робота В.Я. Ломіковського «Разведение леса в сельце Трудолюбе», котрий за свої заняття лісовим господарством отримав золоту нагороду спільноти Лісового господарства. Зокрема він писав «я обрабатывал каждое место отдельно в таком виде, как требовало самое естественное свойство места.. Непроходимые болота осушены широкими каналами и местами обсажены рощами; в одних местах заведены тенистые площади, в других открыты светлые долины и пастбища; для удобных переездов сделаны гати и устроены широкие плотины. Нагорные места, крутизны, пологие скаты, равнины и впадины, смотря по приличию и выгодам, украшены садами, рощами, купами и одинокими деревьями. Все дороги и некоторые плотины расширены, выровнены, отделаны пешеходными насыпями,

обсажены разновидными и отчасти плодовыми деревьями и кустарниками».

В першій половині XIX століття описані заходи з регулювання поверхневого стоку на полях. Перші дослідження в цьому напрямі на орних землях належать Н.Н. Шишке, який у 1840 р. у помісті Долиси Невельського Вітебської губернії проводив своєрідне боронування полів по напрямку горизонталей і хрестоподібно. Ці канави, за Н. Арнольдом, повинні перешкоджати змиву добрив вниз по схилу, затримуючи вологу літніх дощів, сприяти накопиченню снігу для захисту озимини від вимерзання і поліпшувати фізичні властивості (розрихлювати) змиті ґрунти на пригорках, де «хлеб всегда почти плохо родится, всегда редок и низок…».

У цей період питання змиву ґрунтів привертають все більше уваги, і її вважали одну із причин неврожаїв в Росії. «Яри – як вказує Киприянов – утворюються всюди там, де на рівнині постійно накопичується вода на одному і тому місці, поблизу краю схилу, по якому стікає в річку чи струмок. Починаючи з цієї точки, вода скочуючись по схилу, розриває порости трави, дернину і розмиває оголені шари ґрунту. Таким чином спочатку на схилі утворюється промивина, вода, що утворилася продовжує поступово проникати по промоїні у нижні шари і розмивати їх. Ця ритвина далі вже продовжує поглиблюватися знизу (від пониженої точки) обривами і обвалами, що йдуть у зворотному напрямку відносно стоку води».

Завершуючи огляд найголовніших робіт за період з 1698 по 1861 р. відмічаємо, що за ці півтора століття були закладені основи науки про ерозію ґрунтів. У роботах цього періоду почали розмежовувати поняття основних типів ерозії: водної і вітрової; описується змив ґрунтів від злив і зовнішніх талих вод, відмічається сортуюча дія площинної ерозії-змиву, яка виражається у перенесенні більш цінного дрібнозему і «чорноземних часточок», у зростанні на поверхні ріллі кількості каміння і щебеню. Саме у ці роки вперше встановлюється механізм зародження і росту ярів, описуються етапи розвитку ярів і трансформацію їх у балки, також описуються пилові бурі і порушення піщаних ґрунтів, намічається ряд агротехнічних, лісогосподарських і гідротехнічних заходів боротьби зі змивом ґрунтів, зростанням ярів і вітровою ерозією. Створюється концепція «древопольного хозяйства» і закладається перше зразкове

(дослідне) степове Велико-Анадольське лісництво для поліпшення клімату степів. У досліджуваний період складаються ряд ґрунтових карт, які показують також і поширення окремих процесів ерозії (розбиті піски, кам'янисті і змиті ґрунти і т.д.), а також створюються роботи, які вперше розглядають деякі закономірності в географічному поширенні ерозійних процесів.

1.2. Вивчення ерозійних процесів ґрунтового покриву за часів проведення досліджень В.В. Докучаєва

Після реформи 1861 р., яка ліквідувала кріпосне право, часті неврожаї, голод у селах, обміління річок, бурний розвиток ерозійних процесів на самих цінних землях країни, чорноземах – все це сприяло підвищенню цікавості окремих вчених, наукових співтовариств, практичних діячів, земств і правлячих установ до природних умов країни і, особливо, до пилових бур, ярів, пісків, змиву ґрунту.

У кінці XIX століття були проведені експедиційні дослідження В.В. Докучаєва у Нижньоновгородській і Полтавській губерніях, які дали багато корисного матеріалу для пізнання процесів ерозії. Так, В.В. Докучаєв у статті «Овраги и их значение» (1877), в магістерській дисертації «Способы образования речных долин Европейской России» (1878), а згодом в докторській дисертації «Русский чернозем» (1883) і нижньогородських роботах (1882–1884) установив ряд закономірностей в розвитку процесів ерозії.

Розглядаючи процеси яроутворення у європейській Росії Докучаєв виділяє два основних фактори: пухкість поверхневих гірських порід і велику глибину річних долин, низьке положення місцевих базисів ерозії. У багатьох випадках яри розвиваються, минаючи першу стадію – стадію промивини або ритвини. В.В. Докучаєв (1877) вірно вказував, що один із найпоширеніших способів початку яроутворення є «есть, конечно, тот, когда маленькие бороздки или просто трещины в земле появляются в нижнем обрыве данного склона, там, где он обрезывается, например, рекой; отсюда уже борозда, удлиняясь своей вершиной и в то же время все более и более расширяясь, хотя иногда и медленно, но всегда упорно продвигается к вершине соседнего ската».

Н.М. Сибірцев відмічав, що в армазаському повіті у рухляках яри швидко ростуть, мають круті високі стінки і не запливають; навпаки, в області кварцових і глинистих пісків яри осипаються, часто заносяться і вирівнюються; тільки там, де піски перемішуються із глинистими породами, яри швидко ростуть.

П.А. Костичев (1886) розробив подальшу теорію розвитку вершини ярів, враховуючи велику стійкість проти ерозії верхніх ґрунтових горизонтів, які збагачені органічною речовиною і скріплені до того ж корінням рослин і малу стійкість підґрунтя. П.А. Костичев писав, що у ярах «размывание вершины происходит вследствие того, что вода, притекающая к верховью оврага, если не вся, то по крайней мере частью стекает по стенке, а не льется в виде водопада. Это-то именно часть воды, стекающая по стенке оврага, и производит собственно размывание. Верхние слои земли, связанные корнями и содержащие органические вещества, которые со своей стороны сильно связывают зернистые частицы, обыкновенно не размываются. Нижние слои, особенно содержащие в значительном количестве песок, напротив, размываются несравненно легче, и поэтому весной, при действии воды верховье оврага является как бы подкопанным, но вода вследствие прилипания все-таки льется в значительном количестве по такой подкопанной стенке и подтачивает ее дальше, пока, наконец, верхний слой почвы обрушится вниз от собственной тяжести. Затем то же действие идет дальше и дальше».

Спостереження В.В. Докучаєва, його учнів і сучасників (особливо П.А. Костичева), які були проведені у XIX столітті стали справедливими не лише для території Європейської частини СРСР, але також і для США, що підтвердилося дослідженнями Айрленда, Шарпа та інших (1939).

І. Леваковський (1890) сформулював ряд умов, необхідних для утворення схилів: «…первое место занимает известная крутизна склонов, при которой стекающие воды приобретают скорость и силу, достаточные для быстрого разрушения больших масс горных пород. Это видно из того, что овраги врезываются, главным образом, в высокие склоны долин и балок. Вообще можно сказать, что значительнее высота и крутизна склонов, тем овраги глубже, а при известных условиях и длиннее» (І. Леваковський, 1890).

Керівник експедиції А.С. Козменко підтвердив ряд установлених раніше закономірностей. Він підкреслив важливе значення для утворення ярів глибини місцевого базису ерозії.

Питання змиву ґрунтів і акумуляції продуктів ерозії були розглянуті у класичній праці В.В. Докучаєва (1883). Він розглядав сортуючу дію змиву ґрунтів на ґрунтоутворення, а також розприділення процесів ерозії і акумуляції залежно від рельєфу чи відносної висоти місцевості. «На верхних частях более или менее крутых склонов – писал В.В. Докучаєв – на окраинах плато и особенно на выпуклых вершинах холмов, мы обыкновенно встречаем почвы перемытые (IV класс), обедненные перегноем, глиной и вообще мелкоземом, почвы более грубые, более скелетные и каменистые, а нередко мы находим здесь и прямо лысины подпочвы – глины, известняки и прочие. Зато на нижней трети таких склонов, и особенно при их основании, преобладают почвы мелкоземистые (V класс), обогащенные мелкоземом и нередко слоистые; в подобных местах чернозем достигает мощности до сажени и более». За наведеними цитатами видно, що В.В. Докучаєв розрізняв верхню частину схилів, яка підлягає ерозії, нижню частину схилів і основу схилу, де ерозія змінюється акумуляцією, а також виділяв випуклі вершини, як найбільш піддатливі до ерозії.

Велике значення питанням вивчення ерозії, як водної, так і вітрової приділяв В.В. Докучаєв і в більш пізній період своєї діяльності – при складанні програм і керівництві роботами. Він вірно оцінив протиерозійне значення зернистої структури цілинних ґрунтів. «Пашни – писав В.В. Докучаєв – занимающие теперь обыкновенно до 90% общей площади, уничтожив свойственную целинному черноземy и наиболее благоприятную для удержания почвенной влаги зернистую структуру, сделали его легким достоянием ветра и смывающей деятельности всевозможных вод» *(В.В. Докучаєв і Н.М. Сибірцев, 1894).*

П.А. Костичев надавав найбільше значення розмиву і змиву ґрунтів. Вимивання, за спостереженнями автора, має менше значення, так як за відмучування поверхня покривається захисним шаром більш крупніших часток. Він відмічає роль дощових крапель, які механічно розбивають часточки і допомагають відмучуванню. Особливо це стосується захисної дії рослинного покриву. П.А. Костичев зробив вірні висновки, що на цілині

відсутня прискорена ерозія, а ґрунт, що заріс травою, не розмивається. Натомість ерозія розвивається лише на розораних землях.

А.П. Павлов перший експериментально вивчав процеси ерозії і акумуляції на моделях плато і схилів в лабораторії за штучного дощування. Особливо це стосується процесів акумуляції продуктів ерозії на схилах, де він відокремив новий тип континентальних відкладів – делювій, від слова – *deluo* змиваю (А.П. Павлов). Цей вчений детально розібрав механізм акумуляції продуктів ерозії і відмітив значення в цьому процесі зменшення крутизни схилів і вбирання води у ґрунт.

Процеси змиву і акумуляції відображені у 1902 році В.Р. Вільямсом. Він відзначав, що чим крутіший схил ґрунту, тим сильніше буде рухатися по ньому атмосферна вода, що випадає на його поверхню, і чим крутіший схил, тим відносно більша кількість води буде стікати з його поверхні, не встигнувши проникнути у товщу ґрунту. В.Р. Вільямс провів ряд експериментальних робіт з вивчення здатності ґрунтових агрегатів чинити супротив розвиваючій дії води (міцність структури) і сконструював прилад для дослідження цієї здатності. Також цей вчений вивчав протиерозійну стійкість структур староорних ґрунтів Полтавської, Тульської і Московської губернії і спів ставив їх із стійкістю структури цілинних ґрунтів заливних луків. Виявилося, що ґрунт селянських наділів починав розмиватися через 15–30 хв., а ґрунт заливних луків лише через 7–14 і навіть 20 діб.

Картографічні роботи, що показують розподіл змитих, еродованих ґрунтів також були початі у досліджуваному періоді у роботах В.В. Докучаєва. На схематичній карті чорноземної смуги Європейської Росії у 1883 р. В.В. Докучаєв виділив менш гумусова ні, еродовані ґрунти «ближайших побережий всех главнейших рек».

С.Н. Нікітін особливо рекомендував фітомеліоративні заходи боротьби із ярами, вважаючи їх більш ефективними, ніж вартісні інженерні споруди. Натомість ботанік Н.І. Кузнєцов рекомендував поряд із облісненням ярів також застосовувати задерніння їх лучно-степовими травами.

А.Н. Шишкін відмічав, що для кращого затримання вологи необхідно розорювати ґрунти поперек схилів, а для затримання зливових опадів проводити поперек схилів відкриті канали.

Таким чином, період після реформи 1861 року був пов'язаний із іменем В.В. Докучаєва та його учнів, оскільки саме в цей час швидкого розвитку набули теоретичні і практичні роботи з вивчення процесів ерозії і боротьба з ними. В.В. Докучаєв, його учні і сучасники створили оригінальну російську науку про ґрунти, про походження степів, про природу водної і вітрової ерозії, розробили нову агротехніку, виходячи із природи чорнозему, створили систему заходів із впорядкування водного господарства у степах, по боротьбі із суховіями, чорними бурями, регулюванню поверхневого стоку талих і дощових вод, укріпленню ярів і дали початок правильному, відповідно до природно-історичних і господарських умов, організованій дослідній справі.

1.3. Дослідження ерозії ґрунтів за радянських часів

Вивчення ерозії ґрунтів у тридцяті роки XX століття пов’язані із іменем А.М. Панкова, який створив у Інституті ґрунтів Академії Наук СРСР першу в Союзі лабораторію ерозії ґрунтів, провів при Інституті І-у Радянську нараду по боротьбі з ерозією ґрунтів і розгорнув пропаганду необхідності боротьби з нею.

Вивчення географічного розподілу процесів водної ерозії, особливо яружної, було продовжено А.Н. Костяковим (1925), який склав за статистичними даними для держплану картограму поширення ярів у Європейській частині Росії. А.М. Розов (1927) склав таку ж картограму для України. Експедиційні ерозійні дослідження були розпочаті у зв’язку і з будовою Дніпровської греблі і проблемою Великого Дніпра Українським науково-дослідним лісомеліоративним Інститутом *(Г.Н. Висоцький, М.М. Дрюченко, А.В. Гурський, А.П. Квецинський та ін., 1993).* Ці дослідження дали можливість врахувати розвиток яружної ерозії і змив ґрунту по правому берегу Дніпра і його приток. За завданням того ж Інституту було розроблено і опубліковано ґрунтово-ерозійне районування України із серією карт ерозійного рельєфу *(С.С. Соболєв, 1936, 1937).*

Маршрути експедиції 1939, 1940 і 1941 років були пройдені С.С. Соболєвим за участю І.П. Герасимова, Н.Ф. Комарова, Є.М. Лавренко, К.К. Маркова і Г.Д. Ріхтера. Для ґрунтово-ерозійної карти використані матеріали ґрунтово-меліоративних досліджень С.С. Соболєва проведених у 1935 і 1936 рр. в Прикаспійській низовині, загальною протяжністю

близько 2000 км, а також матеріали детальних ґрунтово-меліоративних досліджень С.С. Соболєва на території УССР, в Криму і на Північному Кавказі (1928–1937).

Дослідженню процесів змиву ґрунтів були присвячені роботи *С.І. Небольсіна (1924–1926), А.Н. Костякова (1927, 1938), І. Путиліна (1933), А.М. Панкова (1934–1938), А.С. Козменко (1928–1945), Д.Г. Віленського (1938, 1945), В.Б. Гуссака (1938, 1941), С.І. Сільвестрова (1938), С.С. Соболєва (1937–1947).*

Роботи Інституту ґрунтів Академії Наук *(Б.Б. Полинов, А.М. Панков, І.П. Герасимов, С.С. Соболєв та інші (1934–1942))* полягали у розробці ряду теоретичних питань, у тому числі у встановленні основних закономірностей у розвитку і розприділенні процесів змиву ґрунту залежно від форм рельєфу, ґрунтового покриву і характеру господарської діяльності людини. Згодом була розроблена методика кількісного обліку твердого стоку при сніготаненні і сконструйований для цієї мети переносний водозлив із рейкою *(С.С. Соболєв)*. Однак виявилося, що цей метод є непоганим для вивчення сніготанення і непридатним для широких експедиційних досліджень. Найліпшим виявився метод кількісного обліку інтенсивності процесів ерозії за об'ємом водорівчаків С.С. Соболєва, який почали широко застосовувати при маршрутних і детальних ґрунтово-ерозійних досліджень.

В СРСР розвивалися також експериментальні дослідження процесів ерозії і протиерозійної стійкості ґрунтів. Особливо вони були присвячені вивченню стійкості структури різних типів ґрунтів по відношенню до розвиваючої дії води. Сюди можемо віднести роботи *Д.Г. Віленського (1935–1945)* який вивчав стійкість агрегатів ґрунтів і ґрунтових монолітів проти розвиваючої дії води. *Роботи акад. А.Н. Соколовського (1919, 1923, 1934),* який заклав основи вивчення фізико-хімічних факторів протиерозійної стійкості структури ґрунтів (значення активного гумусу і мулу, а також кальцію в структуроутворенні). Роботи *А.С. Вознесенського і А.Б. Арцруні (1938, 1940); І.М. Горькової (1939, 1940), В.П. Козлова (1947)* й інших були присвячені вивченню фізичних і фізико-хімічних основ водостійкості структури. Дослідження змиву ґрунтів на монолітах проводили за оригінальною методикою *Н.Ф. Созикіна (1939),* а С.С. Соболєв, В.П. Козлов і інші показали, що найбільшою стійкістю

відрізняються чорноземи, які в результаті тривалого розорювання знизили водостійкість структури орного шару в десятки разів.

Загалом для цього періоду характерні комплексні географічні дослідження процесів ерозії із складанням загальних ґрунтово-ерозійних карт, із поглибленими стаціонарними і експериментальними дослідженнями і спостереженнями, що дають можливість вивчити сутність ерозійних процесів і як вірно регулювати цей процес.

1.4. Вивчення ерозійних процесів в Україні

Що стосується України, то у 20–60 рр. XX століття систематичні дослідження у галузі ерозієзнавства не проводилися. Однак уже були відомі окремі роботи О.С. Скородумова, К.Л. Холуп'яка, М.К. Шикули та інших українських вчених з оцінки ерозійної ситуації в республіці та вивчення ефективності окремих ґрунтоохоронних заходів.

Починаючи із 60-их років XX століття інтенсивність землеробства в країні почала поступово зростати. Масове розорювання земель, впровадження просапних культур у сівозміни, зокрема, і на схилових землях, призвели до масштабного поширення процесів водної ерозії і дефляції. Втрата гумусу з орного шару чорноземних ґрунтів набула серйозного характеру, оскільки загрожувала втратою чорнозему – головного ґрунтового багатства України. Саме в цей період – 50-ті–80-ті роки було зруйновано найбільше площ орних ґрунтів ерозією і щорічно становила в межах 7–24 т/га *(С.Г. Чорний, 2003).*

Першим поштовхом у розвитку ерозієзнавства в Україні була Постанова ЦК КПРС та Ради Міністрів СРСР «Про невідкладні заходи щодо захисту ґрунтів від вітрової та водної ерозії» (1967). Збільшення державного фінансування на наукові дослідження у галузі охорони ґрунтів сприяло утворенню в Україні кількох наукових центрів, які вирішували проблему охорони ґрунтів від ерозії. В Україні розквіт цієї справи припадає на 70–80-ті роки XX століття. Так, у 1974 р. в Луганську було створено Український науково-дослідницький інститут захисту ґрунтів від ерозії, який займався проблемами ґрунтозахисного землеробства, зокрема формуванням ерозійно-стійких поверхонь ґрунтів, розробкою і впровадженням контурно-меліоративного землеробства (М.М. Шелякін, В.О. Білоліпський, Н.Х. Грабак, О.Р. Зубов та ін.), прогнозуванням ерозійних

процесів та районуванням території України за їх інтенсивністю (А.Б. Лавровський), еколого-економічною оцінкою протиерозійних заходів (Н.В. Медведєв, В.Л. Дмитренко).

В Національному-науковому центрі «Інститут землеробства НААН» України вивчали ґрунтозахисні технології вирощування сільськогосподарських культур (О.С. Скородумов), контурно-меліоративну систему землеробства (О.Г. Тараріко, В.В. Вергунов, І.П. Шевченко та ін.).

Ґрунтові аспекти ерозійних процесів вивчали також і в Національному центрі «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.М. Соколовського». Особливу увагу науковці цього наукового закладу приділяли математичному моделюванню ерозійних процесів, дистанційним методам діагностики еродованих ґрунтів, просторовим і часовим змінам протиерозійної стійкості ґрунтів, тощо (С.Ю. Булигін, В.І. Бураков, А.В. Шатохін, С.Р. Трускавецький).

З початку 70-х років XX століття стаціонарні і експериментальні польові дослідження ерозійно-акумулятивного процесу в різних ланках басейнових геоморфосистем (утому числі і на схилах площинного змиву та яружної ерозії) проводяться у західному регіоні України науковцями географічного факультету Львівського національного університету ім. І. Франка (О.І. Болюх, М.Г. Кіт, І.П. Ковальчук, Я.С. Кравчук та ін.).

Потужна наукова школа, яка займалася проблемами ерозії 70-х і 80-х років XX століття на півдні України. Вченими теоретично обґрунтовані головні підходи щодо математичного моделювання водної ерозії ґрунтів, оптимізації землекористування на ерозійно-небезпечних територіях, використання сучасних комп'ютерних технологій при проектуванні ґрунтоохоронних заходів. Була створена математична модель водної ерозії, проведено вивчення процесів ґрунтоутворення та визначення допустимих норм ерозії, проведено впровадження геоінформаційних технологій в ерозієзнавство, вивчені особливості ерозійних процесів на зрошуваних землях, просторові та часові аспекти протиерозійної стійкості ґрунтів (Г.І. Швебс, О.О. Світличний, С.Г. Чорний, Ф.М. Лисецький, М.І. Ігошин). Окремі аспекти ґрунтозахисних технологій в Україні (протиерозійний обробіток ґрунту, смугове розміщення с.-г. культур, використання добрив у системах ґрунтозахисного землеробства, тощо) вивчалися у Національному аграрному університеті (М.К. Шикула, О.Ф. Гнатенко), Інституті землеустрою НААН (Д.С. Добряк, С.А. Осипчук).

2. ПРИРОДНІ ФАКТОРИ І УМОВИ, ЩО ОБУМОВЛЮЮТЬ ВОДНУ ЕРОЗІЮ

Оскільки ерозія є частиною процесу денудації, яка пов'язана із руйнуванням ґрунтів та гірських порід краплями дощу, водою, яка стікає та переміщенням й акумуляцією продуктів такого руйнування, очевидно, що такий складний процес буде визначатися великою кількістю факторів.

Існує декілька підходів щодо класифікації факторів ерозії. Зокрема, американські вчені Г. Конке і А. Бертран (1962) до факторів, які визначають відокремлення частинок ґрунту від основної його маси, відносили:

- енергію дощових крапель;
- інтенсивність поверхневого стоку води разом із об'єктами, які переносяться водою (крига, каміння, пісок, тощо);
- природні процеси, які впливають на фізичний стан ґрунтових колоїдів та водопроникність ґрунту (зволоження, висихання, замерзання, танення);
- антропогенні процеси (витоптування сільськогосподарськими тваринами, обробіток ґрунту, тощо, що призводить до прямого руйнування ґрунтових часточок та до втрати ґрунтом головної цементуючої речовини – гумусу.

Іншою групою факторів, які визначаються цими авторами, є фактори, що обумовлюють транспортування ґрунту. До них належать:

- енергія поверхневого стоку та (одночасно) енергія падаючих крапель, що «проникає через тонкий шар води та відокремлює ґрунт»;
- власне енергія крапель без формування поверхневого стоку, яка падає на поверхню із ухилом;
- гранулометричний та гумусний склад ґрунту, що впливає на величини частинок ґрунту, які підлягають ефективному транспортуванню потоком води.

В даний час найпоширенішим є компонентне визначення груп факторів ерозії: зокрема, **кліматичних умов, рельєфу, власне властивостей ґрунту і його порід, наявності проективного укриття на поверхні**. Вважається, що ці природні фактори є лише передумовами, а не чинниками ерозійних процесів. Головною причиною інтенсивної ерозії є лише один фактор – **антропогенний** (господарська діяльність людини).

2.1. Вплив кліматичних умов на ерозію ґрунту

Кліматичні умови мають прямий і непрямий вплив на процеси водної ерозії. Так, до кліматичних факторів ерозії, які прямо визначають її інтенсивність відносять шар, режим, характер та інтенсивність дощів, енергію падаючих крапель, шар снігу, вміст у ньому води, інтенсивність танення снігу, глибину промерзання ґрунту, тощо (рис. 2.1). Варто зазначити, що між кількістю опадів та величиною ерозії не існує прямого зв'язку, тому що ерозійна робота виконується не стільки опадами, скільки за допомогою сил поверхневого стоку, величина яких залежить не тільки від характеристик опадів, але і від водопроникності ґрунту.

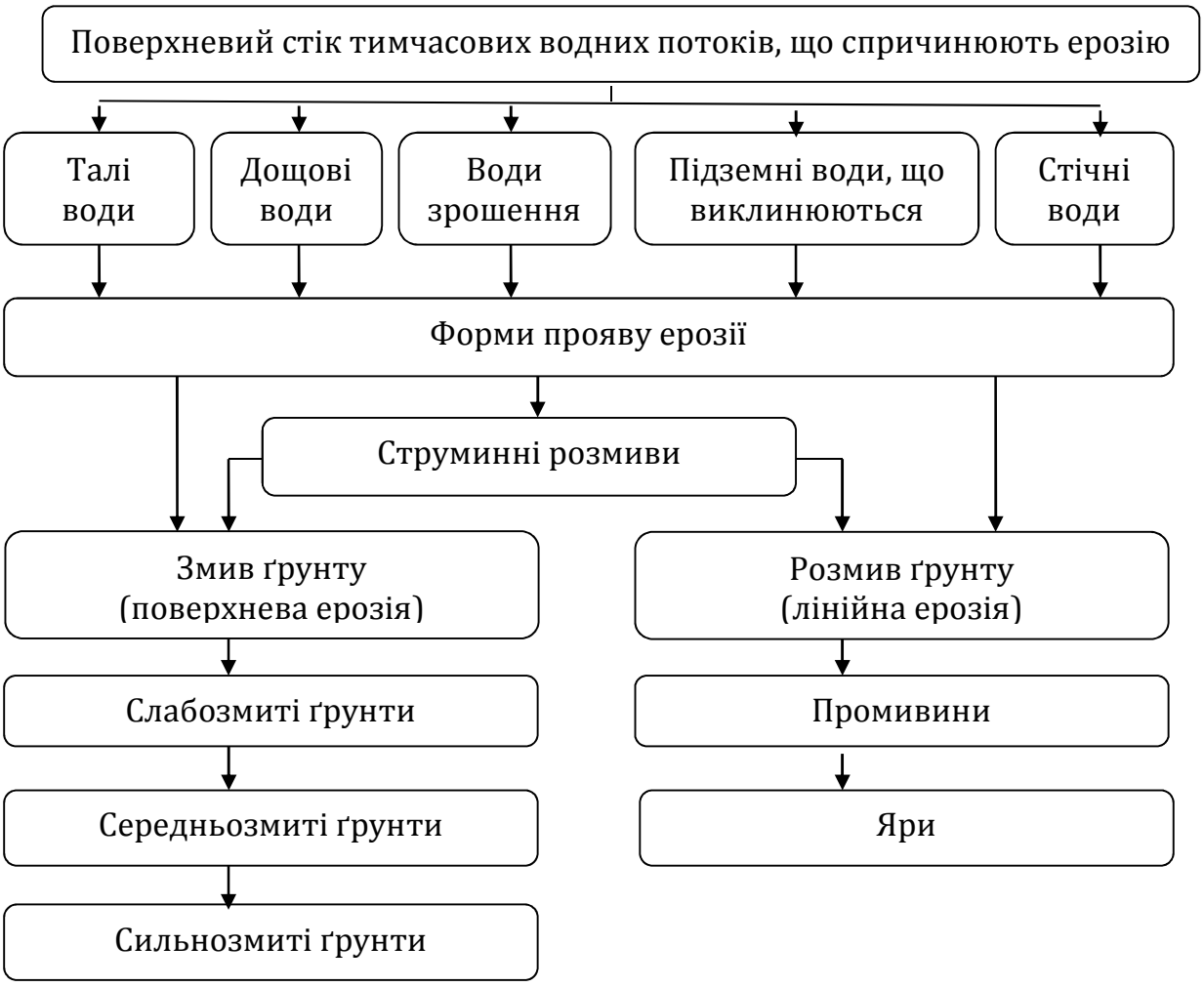


Рис. 2.1. **Класифікація ерозії ґрунтів** ***(за М.М. Заславським, 1972)***

Також кліматичні чинники можуть впливати на утворення ерозії ґрунтів опосередковано. Протиерозійні властивості рослинності є значною мірою функціями від загальної зволоженості ґрунту, а тому за інших

рівних умов має існувати деякий ерозійний «мінімум», коли кількість опадів не така велика, щоб викликати інтенсивні ерозійні процеси, але і не мала, щоб забезпечити повноцінні протиерозійні характеристики рослинності. Вірогідніше, що такий мінімум в Україні припадає на зону Полісся, де випадають більше 600 мм опадів на рік. У той же час максимально ерозія проявляється у Південному Лісостепу і північному Степу, де порівняно значна кількість опадів в межах 500–550 мм/рік, що не дозволяє рослинності забезпечувати ефективний захист ґрунту. Другий мінімум припадає на зону Сухого Степу, де кількість опадів досягає свого мінімуму для території України близько 400–450 мм. Варто зазначити, що пояс максимальної ерозії в південному Лісостепу і північному Степу збігається із найбільш ерозійно-небезпечними для рівнинної України умовами рельєфу та зоною найінтенсивнішого ведення землеробства *(Г.І. Швебс, 1974; С.Ю. Булыгин, М. Неаринг, 1999).*

Окрім ґрунтозахисних характеристик рослинності, непрямою дією клімату на ерозійні процеси є його вплив на протиерозійні властивості ґрунту. По-перше, клімат як ґрунтоутворюючий фактор обумовлює певні властивості-якості ґрунту, що визначають його протиерозійні властивості. Коли кількість опадів та вологи, що випаровується, приблизно дорівнюють одне одному, розподіл опадів протягом року спричиняє наявність сухого періоду влітку, що сприяє формуванню у ґрунті стійких гумусових речовин. Наявність таких речовин визначає непересічні протиерозійні властивості чорноземів типових та звичайних.

По-друге, деякі погодні умови, які характерні для певного типу клімату, можуть призводити до змін у протиерозійній стійкості конкретного періоду року. Так, наприклад, нестійкі за температурними характеристиками зими, притаманні південним районам України, багатократні переходи температури ґрунту через 0°С викликають руйнування водотривких агрегатів та зменшення протиерозійної стійкості ґрунтів *(О.О. Світличний, С.Г. Чорний, 2007).*

2.2. Кліматичні показники ерозії за танення снігу у схиловому стоці

Відомо, що втрати ґрунту від ерозії залежать також і від таких кліматичних параметрів, як **запаси води в снігу** на початок його танення

та **інтенсивність водовіддачі із снігу**. У деяких розрахункових моделях фігурує лише перший параметр або середній багаторічний шар весняного стоку *(Г.П. Сурмач, 1979).*

На значних територіях для оцінки кліматичного параметра з точки зору ерозійної проблематики зручно використовувати середні багаторічні запаси води в снігу на початок його танення. При великомасштабних дослідженнях необхідно враховувати ще й перерозподіл снігу на схилах внаслідок завірюх. Певне уявлення про перерозподіл снігу можна отримати, вивчаючи вітровий режим, однак точних кількісних закономірностей поки що не виявлено.

Сніговий покрив на підвищених ділянках місцевості нагромаджує енергетичну силу, яка при сніготаненні спричинює руйнування ґрунтового покриву. Виходить, що чим вище інтенсивність сніготанення, тим вища потенційна небезпека руйнування ґрунтів внаслідок ерозії. За умов глибокого шару снігового покриву зростає потенційна небезпека руйнування ґрунтів внаслідок ерозії. Ця швидкість починає зростати із підвищенням температури повітря. За значного підвищення температури поверхневий стік і ерозійне руйнування ґрунту може бути істотним.

Щоб від запасів води в снігу перейти до шару стоку талої води, яка виконує ерозійну роботу, необхідно знати коефіцієнти стоку, що залежать від властивостей ґрунтів, погодних умов конкретного року, вологості ґрунту на початок холодного періоду року та кількості відлиг. Так, у розрахункових схемах базової версії логіко-математичної моделі поверхнево-схилової ерозії зимово-весняного періоду *(Г.І. Швебс, 1974)* наводяться середньорічні максимальні запаси перед весняним сніготаненням та середні коефіцієнти стоку.

У визначенні кліматичних параметрів ерозії, що виникає при таненні снігу, є гідрометеорологічний фактор весняного змиву із модифікованого варіанту логіко-математичної моделі ерозії *(В.С. Прокопенко, 1986).*

$$К_{ГМВ}=10^{-5}\gamma \cdot \rho \qquad (2.1)$$

де γ – середньорічний шар весняного стоку, мм; ρ – середня річна концентрація наносів у силовому стоці в період сніготанення, г/см^3.

Аналізуючи кліматичні параметри ерозії при таненні снігу, слід враховувати також фактори від яких ерозійні процеси залежать не прямо,

але є сприятливими щодо їх проходження. Для районів із континентальним кліматом це кількість циклів танення та замерзання ґрунту за холодний період року, що впливає на протиерозійну стійкість ґрунтів.

2.3. Вплив рельєфу на формування водної ерозії

Велике значення у формуванні поверхневого змиву ґрунту має рельєф місцевості. Відомо, що з будь якої горизонтальної поверхні поверхневий стік і змив ґрунту буде відсутній. Однак із збільшенням схилу зростає горизонтальна складова сили тяжіння, і збільшується швидкість потоку та його руйнівна щодо ґрунту сила. Окрім ухилу (крутизни) схилу інтенсивність ерозії залежить також і від довжини схилу, його форми повздовжніх і поперечних профілів, а також експозиції.

Помітний вплив на протиерозійну стійкість ґрунту також має і рельєф. Відомо, що існує чіткий зворотній зв'язок між довжиною схилу і відсотком еродованих ґрунтів, а саме, із збільшенням довжини схилів площа змитих ґрунтів зменшується. Так, схили довжиною до 100 м еродовані на 71,4%, 101–200 м – 58,6%, більше 1000 м – 20,8% *(А.Г. Рожков, Н.М. Шелякин, А.Ф. Нестеренко, 1980).* Ерозія в допустимих межах (до 5 т/га в рік) проявляється на схилах до 1º, коли їх довжина складає 180–200 м, на схилах до 2º, коли довжина не перевищує 100 м.

За зростання довжини і крутизни схилу через потужніше накопичення води і підвищення швидкості її стікання ерозія ґрунту різко збільшується, особливо під просапними культурами *(И.А. Пабат, 1982; Е.А. Гаршинев, 1980; В.В. Медведєв, 1992)*. Встановлено, що схилові землі крутизною > 3º еродовані на 83%, а втрати ґрунту досягають 10 т/га в рік (Н.М. Шелякин, В.А. Белолипский, И.Н. Головченко, 1990). За даними В.А. Джамаля, Н.М. Шелякіна, Н.В. Медведєва (1984), із збільшенням крутизни схилу збільшується і коефіцієнт еродованості ґрунтового покриву.

За морфометричними (цифровими) показниками рельєфу складена комплексна оціночна шкала (табл. 2.2).

Інтенсивність ерозійних процесів на схилах прямопропорційна величині його ухилу. На підставі досліджень установлено, що залежність

ця нелінійна і для її опису використовується ступенева функція вигляду *(О.О. Світличний, С.Г. Чорний, 2007):*

$$F_1(I) = I^m \qquad (2.2)$$

де $f_1(I)$ – функція, що описує вплив на інтенсивність змиву ґрунту ухилу поверхні *I;* m – показник ступеня.



Таким чином, на схилах крутизною 1-3º слабко-еродованими відмінами представлено в середньому 45% площі ґрунтового покриву, а на схилах 3-5º – відповідно 60% площі. Із збільшенням крутизни схилу процент середньо- і сильнозмитих ґрунтів зростає до 57–63% Звідси випливає висновок, що зменшення крутизни схилу, навіть при збільшенні довжини, веде до зменшення інтенсивності змиву *(В.Д. Иванов, 1983; В.С. Федотов, 1981).*

Рис. 2.2. **Фрагмент площинної водної ерозії в зоні Лісостепу**

Таблиця 2.1. **Оціночна шкала морфометричних показників рельєфу за ступенем прояву ерозії ґрунтів**

Ступінь прояву ерозії	Гідро-графічна мережа, км/км^2	Глибина місцевих базисів ерозії, м	Середня довжина схилів, м	Частка (%) площі з ухилом у градусах	
				2–6	більше 6
Незначна	0,3	менше 50	менше 300	20	5
Слабка	0,3–0,5	50–70	300–500	20–40	5–10
Середня	0,5–0,6	70–100	500–700	40–50	10–20
Сильна	0,6–0,7	100–150	700–1000	50–70	20–25
Дуже сильна	більше 0,7	більше 150	більше 1000	більше 70	більше 25

Величина показника ступеня *m,* що визначає швидкість зростання інтенсивності змиву із зростанням ухилу, для пару (зябу) у середньому становить 1,3–1,5, тобто при збільшенні ухилу удвічі інтенсивність змиву збільшується у 2,5–2,8 рази. За наявності сільськогосподарських культур величина показника ступеня *m* зменшується пропорційно протиерозійній ефективності культур – до 1,2–0,9 для густо покривних культур і 0,8–0,7 для багаторічних трав і природних травостоїв *(Г.І. Швебс, 1981; Г.П. Сурмач, 1979).*

2.4. Залежність ерозії від експозиції схилів

Експозиція схилів визначає кількість сонячної радіації, що надходить на поверхню схилів і впливає на змив ґрунту талими водами. Вплив експозиції на змив талими водами виявляється і через нагромадження снігу на схилі і через інтенсивність процесів сніготанення і формування поверхневого стоку. Відомо, що схили південної експозиції прогріваються сильніше. На них швидко протікає весняне сніготанення, що підсилює ерозію. Схили північної експозиції опівдні отримують 68% сонячної радіації, а південної – 128%. Особливо чітко ця різниця проявляється навесні. У зв'язку із цим, сніготанення на північних схилах відбувається на 6–8 днів пізніше, ніж на південних і на 3–5 днів, ніж на західних і східних *(М.Н. Заславський, 1983).* На північних і східних схилах сумарні втрати ґрунту є меншими. Висока амплітуда температурних коливань на південних схилах влітку, менший вміст гумусу, гірший фізичний стан ґрунтів погіршують умови росту і розвитку рослин, що також збільшує інтенсивність ерозії. Щорічно повторюване підсилення (на південних) і гальмування (на північних експозиціях схилів) ерозії призводить до утворення відповідного поздовжнього профілю схилів. Південні схили, як правило, більш стрімкі і мають поздовжньо-пряму і поздовжньо-увігнуту форму.

Деякі автори відмічають вплив експозиції схилів на накопичення в них снігу. Зокрема у зоні Північного Степу на південних і південно-східних схилах як віброударних акумулювалось снігу на 15–20%, а в окремі роки – до 30–35% менше, ніж на північних і західних. У результаті чого сніготанення відбувалося швидко й інтенсивно, формувався стік і

розвивалися ерозійні процеси, ґрунт був мерзлий або відталий на 8–10 см *(Н.М. Шелякин, 1986).*

Для оцінки впливу експозиції схилу на весняний змив ґрунту на схилах різної крутизни може бути рекомендований вираз, що був отриманий *Г.І. Швебсом (1974)* на основі аналізу надходження сонячної радіації на схили різних експозицій:

$$C_{\text{е}} = 1 + 1{,}75 \cdot (\frac{S_0}{S_c} - 1) \qquad (2.3)$$

де $C_{\text{е}}$ – коефіцієнт, що враховує вплив експозиції на змив ґрунту талими водами (безрозмірний); S_0 – потік прямої сонячної радіації на горизонтальну поверхню; S_c – те саме на схил. При цьому:

$$S_c = \frac{S_0}{sinh_0}(sinh_0 \cdot cos\alpha - cosh_0 \cdot sin\alpha \cdot cosa_c) \qquad (2.4)$$

де – h_0 – висота сонця, α – кут нахилу схилу; a_c – азимут (експозиція) схилу.

На зливовий змив ґрунту вплив експозиції виявляється через вологість ґрунту, що досить істотно варіює в межах невеликої території.

Для оцінки небезпеки розвитку лінійної ерозії велике значення має глибина місцевих базисів ерозії та розчленованість території яружно-балковою і гідрографічною мережею. Глибина місцевих базисів ерозії визначає енергетичну силу води на схилах. Чим більша ця глибина, тим більша енергетична сила опадів і тим більшого руйнування зазнає ґрунт.

Глибина місцевого базису ерозії є різницею висот між вододілом та гідрографічною мережею і вона визначає ерозійну енергію рельєфу, яку *С.І. Сільвестров (1955)* виразив формулою:

$$\text{КЕ} = \frac{\text{Н}}{\text{Р}} \qquad (2.5)$$

де КЕ – коефіцієнт ерозійної енергії рельєфу; Н – глибина місцевих базисів ерозії, м; Р – площа водозбору, га.

Місцевий базис ерозії впливає на її інтенсивність через крутість та довжину схилу. Чим більша глибина місцевого базису ерозії та менша

відстань між вододілом та найближчою ланкою гідрографічної мережі, тим більші крутість схилів та руйнівна сила стоку.

2.5. Характер рослинного покриву

Істотно впливає на процеси ерозії і наявність рослинного покриву на поверхні ґрунту. До біологічних чинників ерозії відносять здатність рослин та їх відмерлих решток протидіяти руйнівній дії води на ґрунт, оскільки наземна маса рослин зменшує енергетичну дію падаючих крапель. Чим густіші посіви і більша біомаса врожаю, тим вища ґрунтозахисна ефективність сільськогосподарських культур. За суцільної зімкнутості рослинного покриву для низькорослих рослин (висотою 0,2–0,3 м) енергетичний вплив крапель дощу на ґрунт практично відсутній, а для високостебельних (висотою 2,0–2,5 м) становить близько 30–40% від впливу на незахищений ґрунт за рахунок вторинних крапель, що падають із листя *(О.О. Світличний, С.Г. Чорний, 2007).* Варто відзначити, що надземна частина рослинного покриву істотно впливає на швидкість водного потоку, яка залежить від проективного його покриття через густоту рослинності, розчленовуючи його на безліч дрібних струменів.

За дослідженнями *М.І. Полупана та ін. (2011)* встановлено, що втрати ґрунту із днищ папілярів стоку після літніх злив залежать від типу сільськогосподарських культур та стану їх розвитку. На багаторічних травах, як і під час сніготанення, втрат не спостерігається. Зернові колосові культури, починаючи із фази виходу у трубку, досить надійно захищають ґрунт при поверхневому стоці в папілярах стоку. Подібне явище спостерігається і в посівах соняшнику. Натомість інші просапні культури подібного ефекту не мають. Так, цукрові буряки до фази змикання листя в рядках не забезпечують достатнього захисту ґрунту. Вчені відмічають, що за інтенсивної зливи втрати ґрунту із днищ папілярів стоку становили 50–111 кг/м, а при змиканні – 5–15 кг/м.

Кукурудза на зерно в усі фази розвитку практично не стримувала руйнівну силу водних потоків після зливи. Відмічено, що втрати ґрунту на кукурудзяному фоні у фазу викидання волоті досягали від 35 до 80 кг/м із днища папілярів стоку. При цьому у верхній частині вони становили 4–7, а у нижній – 17–80 кг/м. Значні втрати ґрунту спостерігали також і на агрофоні чорного пару – 75–100 кг/м *(М.І. Полупан, С.А. Балюк та ін., 2011).*

Кореневі системи рослин також відіграють важливу ґрунтозахисну роль, оскільки вони переплітаючи ґрунт підвищують його опір до змиву та розмиву. Проникаючи у глибокі горизонти і залишаючись у них після відмирання, корені рослин збільшують пористість, оструктуреність та водопроникність ґрунту, що підвищує його родючість та протиерозійну стійкість.

Відомо, що бобові та культури суцільного посіву більшою мірою захищають поверхню ґрунту від руйнування опадами, ніж просапні. Тому вчені-ерозієоністи на чолі з М.М. Заславським запровадили відповідні коефіцієнти: ерозійної небезпеки і протиерозійної ефективності (табл. 2.2).

Таблиця 2.2. **Показники ерозійної небезпеки та протиерозійної ефективності сільськогосподарських культур та агрофонів** ***(О.П. Вервейко, 1971)***

Культура, агрофон	Коефіцієнт ерозійної небезпеки, за О.П. Вервейком	Коефіцієнт протиерозійної ефективності, за М.М. Заславським
Чорний пар	1	0
Зайнятий пар (вико-овес)	0,50	0,50
Кукурудза:		
на зелений корм	0,75	0,25
на силос	0,60	0,40
на зерно	0,85	0,15
Цукрові буряки	0,85	0,15
Картопля	0,75	0,25
Соняшник	0,75	0,25
Ярі зернові	0,50	0,50
Горох	0,35	0,65
Озимі зернові	0,30	0,70
Багаторічні трави:		
першого року	0,08	0,92
другого року	0,03	0,97

Ґрунтозахисна ефективність сільськогосподарських культур та агрофонів залежить від крутості схилів: із збільшенням крутості вона зменшується. Також ефективно захищає поверхню ґрунту від змиву і наявність мульчі соломи та інших пожнивних решток. Мульча гасить енергетичну силу дощових крапель, зменшує стік, попереджує інтенсивні втрати вологи через випаровування.

Як уже було зазначено, рослинний покрив відіграє важливу роль не лише в підвищенні родючості ґрунту і стабілізації умісту поживних речовин, а також значною мірою захищає ґрунтову товщу від небажаного змиву *(Н.И. Волкова, В.К. Жучкова, В.А. Николаев, 1990; Г.П. Сурмач, 1971; Н.П. Калиниченко, 1986; И.Г. Зыков, 1986; В.К. Пестряков, 1977; Г.В. Бастраков, 1975).* Протиерозійна роль рослинності досить вагома і, насамперед, проявляється у зменшенні ударної сили крапель дощу. Багато вчених займалися вивченням цього питання [168, 169, 170].

За *Г.А. Ларіоновим (1993),* виділяють наступні чинники ґрунтозахисної ролі рослин:

- ❖ затримання опадів надземними частинами рослин;
- ❖ захист поверхні ґрунту від безпосереднього впливу дощових крапель;
- ❖ зниження швидкості стікання води;
- ❖ механічне скріплення ґрунту коренями;
- ❖ вплив на хімічні і фізичні властивості ґрунту, що визначають його протиерозійну стійкість.

За наявності рослинного покриву підвищується інфільтраційна здатність та зростає протиерозійна стійкість ґрунту внаслідок того, що коренева система рослин скріплює („армує”) ґрунт, а також при цьому знижується швидкість поверхневого стоку завдяки створенню супротиву руху води стеблами рослин. Вегетативна маса вирощуваних культур на поверхні ґрунту, у свою чергу, не лише зменшує інтенсивність водної ерозії, але й сприяє підвищенню коефіцієнту шорсткості поверхні завдяки зниженню швидкості течії схилового стоку, зумовлює підвищення стійкості ґрунтів до ерозії *(Г.А. Ларионов, 1993).*

Важливим протиерозійним заходом можна вважати насадження протиерозійних смуг, які починають здійснюваати свої захисні функції вже на 4-ий рік після їх закладання. Вони виконують дві головні функції:

стокорегулюючу – що направлена на затримання частини стоку та на надання незатриманої частини руху в потрібному напрямку скидів у гідрографічну мережу через гідротехнічні споруди і залужені водозбори *(Волощук М.Д., 1986, 1990)* та **водопоглинальну** і **кольматуючу**, яка полягає у поглинанні стікаючої води грунтом смуги, затриманні (кольматажу) твердих наносів, при якому суттєву роль відіграє ширина і густота смуг, їх породний склад, потужність підстилки, фізичні властивості грунту, його агрегованість і водопроникність.

Протиерозійні смуги закладають поперек схилу, а на гофрованих частинах схилу смуги можуть мати звивистий характер. На чорноземних грунтах, а також їх еродованих відмінах із середнім ступенем еродованості найліпшими породами є кущові рослини – бірючина, терен, малина, ожина. На еродованих грунтах ефективно також висаджувати акацію білу, лох, тополю. Протиерозійні смуги із цих рослин на площі 1 км ^{2} за 30 хвилин можуть поглинути 250 літрів стоку, що є досить суттєво. Окрім того, у щільних смугах із кущів, завдяки підстилці, активно йде кольматаж твердих наносів, при цьому більша їх частина відкладається на відстань 1,5–2,5 м від верхньої межі смуги, що визначає ширину смуг не більше 5 м.

Велику ґрунтозахисну роль відіграють культури агроценозів, ерозійний індекс яких залежить як від виду культури, так і її фази вегетації. Так, дослідження М.Н. Заславського та ін. (1987) показують, що найкращий ерозійний індекс відмічається у низькорослих просапних культур 0,012 в період з 18 по 20 вересня, та в озимих зернових – 1,014 (III декада липня). Найбільший ґрунтозахисний ефект (70–90%) спостерігається у фазу цвітіння-дозрівання.

Дослідженнями *А.П. Кудрика (2002),* проведеними на постійно протягом 30 років) залужених схилах, встановлено, що в природному стані під суцільним трав'яним покривом змиті чорноземи типові мають високу захисну здатність протидіяти ерозії і відновлювати свою ефективну родючість. При цьому спостерігалось підвищення умісту гумусу в гумусоакумулятивних горизонтах середньозмитих ґрунтів від 2,19 до 2,33%, сильнозмитих – від 1,77 до 1,90%. За отриманими результатами можна зробити висновок, що еродовані чорноземи мають генетичну здатність до відновлення і стабілізації родючості.

На водостійкість структурних агрегатів значно впливає ступінь укриття поля культурами, зокрема, їх густота стояння та спосіб

висадження. Слід відмітити, що короткостебельні зернові культури краще захищають ґрунт, ніж крупностебельні. Гірсько-лучні ґрунти під природною рослинністю мають добру структуру. Масове розорювання природних територій призводить до розпилення і зменшення у 2,3 рази вмісту крупних фракцій за одночасного зростання умісту пилової фракції до 4,4 разів. Вирощування багаторічних трав у сівозміні сприяє покращанню структурно-агрегатного складу орних земель. При цьому між оструктуреністю і водопроникністю ґрунту відмічено тісний кореляційний зв'язок (r = 0,96) *(Э.Д. Адиньев, 2004).*

Д.М. Рошкованом (1988) відмічено, що захисна роль від змиву грунту посівів польових культур залежить від їх виду, площі поверхні листя і стебел, а також кількості опадів. Ґрунтозахисний вплив рослинного покриву полягає, насамперед, у розсіюванні кінетичної енергії дощових крапель. За вирощування щільнопокривних культур майже повністю покривається поверхня ґрунту і опади безпосередньо не спричинюють своєї руйнівної дії. Завдяки цьому інфільтраційна здатність чорноземного грунту досягає максимального значення, а підвищення руйнівної здатності схилових потоків у результаті ударів крапель дощу, не відбувається. Суттєва роль в захисті ґрунтів від ерозії належить також відмерлим частинам рослин, які в достатній кількості концентруються на полях.

Г.А. Ларіоновим (1993) встановлено, що починаючи з проективного укриття рослинами 50% і нижче спостерігається залежність між швидкістю руху води і глибиною стоку. Відмічається, чим вищий ступінь проективного укриття, тим кращий протиерозійний ефект воно створює, зменшуючи при цьому швидкість стікання води до величини, за якої відривання ґрунтових часток за рахунок енергії потоків неможливе. Подібних поглядів притримуються також і американські вчені, які стверджують, що збалансовані швидкості змиву і ґрунтоутворювального процесу досягаються за проективного укриття рослинами 50–75% *(R.D. Lang, L.A. McCaffrey (1984).*

Окрім трав'янистих рослин, певною мірою захищають ґрунтовий покрив від ерозійної небезпеки мохи та лишайники. При цьому абсолютна величина затримання опадів визначається кількістю надземної рослинної маси та її решток і, в меншій мірі, власне діяльністю дощу. Згідно досліджень *Н.Ф. Созикіна (1948),* лісова підстилка затримує 1,4–7,9 мм

опадів за 10-хвилинної тривалості дощування та 2,5–25 мм за 20-годинної тривалості змочування. Укриття поверхні рослинними рештками в кількості 2–3 т/га повністю унеможливлює прояв водної ерозії ґрунту за дощів менше 25 мм і зменшує стік і змив за більш значних опадів *(C.A. Onstad, M.A. Otterby, (1979).* Нові тенденції в обґрунтуванні ролі рослинності та систем обробітку ґрунту у зменшенні ерозійних процесів з'явилися після впровадження моделі WEPP, розробленої американськими ерозієністами Неарінгом і Фланаганом *(D.C. Flanagan, J.E. Ferris and L.J. Lane, 1991; D.C. Flanagan, J.M. Laflen, 1993; D.C. Flanagan, M.A. Nearing, 1995).*

Суттєвий ґрунтозахисний ефект справляють також кореневі системи трав'янистих рослин, особливо дрібні корені. Вони здатні проникати у ґрунтові часточки (агрегати), механічно перешкоджаючи їх відриванню від цілісної ґрунтової маси. Якщо загальна частка коренів перевищує 0,2% від маси ґрунту, то вони помітно впливають і на змив дрібнозему. Кількість дрібних коренів у ґрунті визначається загальною біомасою рослин та її видовим складом. Тому для чорноземів за сприятливих ґрунтово-кліматичних умов ґрунтозахисна роль кореневих систем вища, ніж за несприятливих. За інших рівних умов більш суттєве протиерозійне значення матимуть рослини з мичкуватою кореневою системою, ніж з стрижневою. Тому злакові культури за рівної біомаси ефективніші в ґрунтозахисному відношенні, ніж бобові *(М.С. Кузнецов, 1976).* Однак існують також інші наукові погляди, зокрема *Г.Н. Лисак (1981)* відмічав, що багаторічні трави підвищують протиерозійну стійкість чорноземів звичайних, у той час як вирощування однорічних культур погіршує фізичні властивості ґрунту.

Коренева маса поряд з іншими рослинними рештками є джерелом поповнення грунту органічною речовиною, яка, трансформуючись на кінцевому етапі, перетворюється у гумус, що є важливим для оструктурювання ґрунту. Оскільки в однорічних культур коренева маса менша, ніж у природної багаторічної рослинності, відповідно зменшується загальний уміст гумусу, знижується водостійкість і протиерозійна стійкість ґрунту орних земель. Характерно, що водостійкість структури орних ґрунтів значно нижча, ніж на цілинних землях, але при вирощуванні багаторічних трав зростає. За даними *П.В. Вершиніна (1958),* у суглинкових чорноземах уміст водостійких агрегатів за умов оранки менший на 31,1%, ніж на цілині. Отже, враховуючи низьку частку природних флористичних

комплексів у структурі ландшафтів лісостепової зони України, необхідним завданням є оптимізація співвідношення цих комплексів з антропогеннимиагроекосистемами. Це дасть змогу поліпшити родючість малопродуктивних земель та попередити неминучі втрати ґрунту через прояв ерозійних процесів *(Б.Є. Якубенко, 2002).*

Оскільки рослинному покриву належить основна ґрунтозахисна роль то його параметри використовують при створенні математичної моделі прогнозу ерозійних процесів. Кожна складова моделі повинна мати відповідну кількісну оцінку, тому з цією метою *Ц.Є. Мірцхулава (1960)* запропонував спеціальний коефіцієнт, що дорівнює одиниці для свіжообробленого ґрунту. Таким чином наявність рослинного покриву на поверхні ґрунту є важливим чинником у зменшенні втрат ґрунту.

За даними модельних досліджень *К.М. Яловицького і І.С. Константинова (1979)* із мульчування ґрунту соломою і подрібненими стеблами кукурудзи на стокових майданчиках було встановлено ґрунтозахисну ефективність мульчування. Так, укриття поверхні ґрунту солом'яною січкою в дозі 2 т/гана схилі крутістю 2° знижувало стік у 19, а змив ґрунту – у 80 разів, а на схилі 5° стік було зменшено у 6 разів, а змив ґрунту майже у 118 разів. Застосування більш високих доз мульчі майже повністю гасить стік опадів та змив ґрунту на всіх досліджуваних схилах.

3. МАСШТАБИ ПРОЯВУ ВОДНОЇ ЕРОЗІЇ, ЕКОЛОГІЧНІ Й ЕКОНОМІЧНІ ПРОБЛЕМИ

Стан та ефективність використання земельних ресурсів відіграє вирішальну роль для збалансованого розвитку народногосподарського комплексу, природокористування, а також екологічної та продовольчої безпеки України. Екологічний стан сучасних агроландшафтів України характеризується масштабними загрозливими проявами ерозії, яка знижує продуктивність земельних ресурсів, урожайність сільськогосподарських культур, негативно впливає на навколишнє природне середовище.

Нині існують думки, що за інтенсивністю ерозійних процесів Україна посідає одне із перших місць у Європі, а масштаби ерозії такі, що про це слід говорити, як про національне лихо. З економічної точки зору щорічні збитки від ерозії і дефляції досягають 10–15 млрд. гривень *(Г.І. Швебс, та ін., 2003).*

Про масштаби прояву ерозійних процесів в Україні за даними державного обліку, проведеного Державним комітетом із земельних ресурсів свідчать такі дані: нині налічується 13,9 млн. га еродованих сільськогосподарських угідь (33,2% від загальної площі), у тому числі 12,6 млн. га орних земель. При цьому площа еродованих земель в Україні щорічно зростає на 80 тис. га *(С.Ю. Булигін, 2005).* Для значних масивів земель характерна яружна ерозія, а кількість ярів досягає 600 тис. зальною площею понад 157 тис. га *(М.Д. Волощук, 2010).* За розрахунками різних авторів, щорічно від ерозії втрачається від 300–400 до 500–600 млн. т ґрунту. З продуктами ерозії щорічно виноситься до 9–15 млн. т гумусу, 0,3–0,9 млн. т азоту, 700–900 тис. т. фосфору та 9–12 млн. т калію, що значно перевищує їхнє внесення з добривами.

Нині в Україні розорюється близько 80% сільськогосподарських угідь, а в деяких районах в межах 90–95%. При цьому обробітку підлягають землі гідрографічного фонду, схили, водоохоронні зони, заплавні луки, тощо. За останні 40 років площа еродованих земель зросла на 2,5 млн. га. Наприкінці XX століття загальна їх площа складала по Україні 15 млн. га (28%), з них слабоеродованих – 10 млн. га, середньо- та сильноеродованих – 5 млн. га. Ярами порушено понад 500 тисяч га родючих земель. Характерно, що за відсутності у сучасних умовах екологічно обґрунтованих

протиерозійних заходів спостерігається інтенсивний перехід земель із слабозмитих у середньозмиті, а далі у сильнозмиті, а це впливає на родючість ґрунтів і екологічний стан водозборів річок і водойм *(Г.І. Швебс та ін. 2003).*

За даними Національної доповіді (2010) розораність території України становить 53,9% від загальної території і 78,1% від площі сільськогосподарських угідь. У деяких областях частка розораних земель досягає 85–90% (табл. 3.1) *(С.А. Балюк, В.В. Медведєв, А.Д. Балаєв, 2010).*

Таблиця 3.1. **Області України із найбільшим ступенем розораності сільськогосподарських угідь** *(Національна доповідь про стан родючості ґрунтів, 2010)*

Область	Розораність, %	Область	Розораність, %
Вінницька	85,7	Миколаївська	84,5
Донецька	81,0	Одеська	79,7
Запорізька	84,8	Тернопільська	81,4
Кіровоградська	86,4	Херсонська	90,2
Луганська	66,4	Черкаська	87,6

Внаслідок високої розораності території, еродованість сільськогосподарських угідь становить 38,4, ріллі – 40%, що в абсолютних цифрах становить 15,9 млн. га угідь, у тому числі – 12,9 млн. га ріллі *(С.А. Балюк, В.В. Медведєв, А.Д. Балаєв, 2010).* У деяких областях відсоток еродованих земель значно вищий від загальнодержавного показника (табл. 3.2). В регіональному аспекті особливе занепокоєння викликає зона Степу, де ступінь еродованості катастрофічно зростає.

Українськими вченими давно доведено необхідність вилучення із ріллі 8–10 млн. га еродованих земель (від 24 до 33% ріллі). Фактично із 1991 до 2009 р. вилучено лише 0,96 млн. га, що становить 2,9% від площі ріллі, у тому числі у степовій зоні – 0,07 млн. га (0,4%). У зв’язку із цим подальше інтенсивне використання еродованих земель може мати негативні наслідки для України.

Ерозійні процеси, руйнуючи ґрунти, впливають на забезпеченість їх органічною речовиною. Так, уміст гумусу в слабо еродованих чорноземах зменшується на 5–10%, середньоеродованих – 25–30%, сильно еродованих – 35–40%, порівняно із їх повнопрофільними аналогами.

Таблиця 3.2. **Площі еродованих земель України в розрізі областей та природних зон, тис. га** *(Національна доповідь про стан родючості ґрунтів, 2010)*

Область	Сільсько-госпо-дарські угіддя	У тому числі рілля	Еродовані землі		У тому числі рілля	
			всього	% від с.-г. угідь	всього	% від загальної площі ріллі
Полісся*	**7941,8**	**5200,6**	**1552,8**	**19,6**	**1077,6**	**20,7**
Волинська	1051,4	674,3	362,4	34,5	225,4	33,4
Житомирська	1526,9	1092,8	87,8	5,8	60,7	5,6
Закарпатська	452,2	200,6	39,6	8,7	35,5	17,7
Івано-Франківська	631,9	381,6	133,7	21,2	98,4	25,8
Львівська	*1267,8*	*797,2*	*525,0*	*41,4*	*380,1*	*47,7*
Рівненська	933,9	658	323,3	34,6	224,2	34,1
Чернігівська	2076,7	1396,1	81,0	3,9	53,3	3,8
Лісостеп	**14522,2**	**11732,1**	**3987,7**	**27,5**	**3225,9**	**27,5**
Вінницька	2017,1	1729	687,5	34,1	593,1	34,3
Київська	1668,4	1360,6	157,9	9,5	128,8	9,5
Полтавська	2175,7	1768,8	517,7	23,8	420,3	23,8
Сумська	1701,6	1232,8	305,1	17,9	176,3	14,3
Тернопільська	1049,7	854,0	244,0	23,2	239,7	28,1
Харківська	*2418,7*	*1926,6*	*996,3*	*41,2*	*791,2*	*41,1*
Хмельницька	1568,4	1254,8	628,4	40,1	501,9	40,0
Черкаська	1451,4	1271,6	326,6	22,5	286,1	22,5
Чернівецька	471,2	333,9	124,2	26,4	88,5	26,5
Степ	**19131,1**	**15528,7**	**10413,4**	**54,4**	**86,36,8**	**55,6**
Республіка Крим	*1798,4*	*1265,6*	*999,3*	*55,6*	*919,3*	*72,6*
Дніпропетровська	*2514,3*	*2125,0*	*1104,8*	*43,9*	*914,7*	*43,0*
Донецька	*2045,2*	*1656,0*	*1757,4*	*85,9*	*1080,0*	*65,2*
Запорізька	*2247,7*	*1906,7*	*1212,5*	*53,9*	*640,8*	*33,6*
Кіровоградська	*2039,9*	*1762,4*	*1102,4*	*54,0*	*886,7*	*50,3*
Луганська	*1911,1*	*1269,7*	*1372,3*	*71,8*	*1237,9*	*97,5*
Миколаївська	*2010,0*	*1698,1*	*964,5*	*48,0*	*914,8*	*53,9*
Одеська	*2593,4*	*2067,6*	*1214,0*	*46,8*	*1081,6*	*52,3*
Херсонська	*1971,1*	*1777,6*	*686,2*	*34,8*	*961,0*	*54,1*
Всього по Україні	**41595,1**	**32461,4**	**15953,9**	**38,4**	**12940,3**	**39,9**

* - курсивом виділено області із еродованістю, вищою від загальнодержавної

Сучасні ерозійні втрати ґрунтів за розрахунками *Г.І. Швебса (2003)* становлять по Україні в середньому 10–15 т/га в рік, а сумарні середньорічні втрати ґрунтів при зливах оцінюються величиною понад 180 млн. т.

За орієнтованими розрахунками повні річні збитки ґрунтів від водної ерозії (при зливах і сніготаненні) та дефляції становлять майже 260 млн. т. Причому, у складі річних втрат від водної ерозії при зливах – 85–90%, а при сніготаненні – 15–10%. У Лісостеповій зоні інтенсивність ерозійного руйнування характеризується в середньому величиною 10–20 т/га, на півдні Степової зони – 5–10 т/га, на півночі – 10–15 т/га, а в Поліссі від 0 до 2–5 т/га рік.

Урожайність сільськогосподарських культур на еродованих ґрунтах на 20–60% нижче, ніж на нееродованих. Втрати продукції землеробства від ерозії, за експертними оцінками, перевищують 9–12 млн. т зернових одиниць за рік, а еколого-економічні збитки перевищують 10 млрд. дол. США в рік.

Основною причиною поширення ерозійних процесів на території України є сформована радянська структура посівних площ, у яких суттєво переважає частка ріллі, понад 54,1% до загальної площі країни. Окрім високої розораності території інтенсифікації водно-ерозійних процесів сприяло неефективне використання коштів, які спрямовуються на боротьбу із ерозією ґрунтів, недосконалість організації території та ігнорування найпростіших агротехнічних протиерозійних заходів, особливо структури сівозмін та напрямку обробітку ґрунту.

Згідно із фізико-географічним районуванням територію України поділяють на три природні зони: широколистяних і змішаних лісів (Полісся), Лісостепу і Степу. Також виділяють Карпатські і Кримські гори. Для кожної із цих зон характерне певне співвідношення кліматичних, геоморфологічних і ґрунтових факторів, а також свій специфічний характер використання земель, що визначає рівень інтенсивності водно-ерозійних процесів.

Українське Полісся займає 22% території України (10,4 млн. га) і характеризується перевагою опадів над випаровуванням, що може спричинювати поверхневий стік і змив ґрунту. Схилові землі становлять 61% усіх сільськогосподарських угідь, де переважають схили менше 5°. Ерозійні процеси тут відбуваються завдяки сніготаненню, оскільки

навесні не зайнято рослинністю близько 70% площі ріллі. Зокрема водної ерозії зазнає близько 10% усієї площі Полісся (1 млн. га).

Небезпечною в ерозійному відношенні є зона Лісостепу України (рис. 3.1). Це пов'язано із тим, що тут активно проявляється ерозія при таненні снігів та проходженні сильних злив. Все це відбувається завдяки високій розораності території (до 70%) та наявності у сівозмінах частки просапних культур, а також у південних і східних районах чистих парів. Для цієї зони характерна висока ерозійна розчленованість території, де глибина базису ерозії досягає 100–125 м та наявна густа яружно-балкова мережа. Зокрема схилові землі із крутизною більше 1° становлять 76% території Лісостепу, із яких еродовано близько 30%. Сучасними водно-ерозійними процесами тут охоплено майже 4 млн. га. Особливо небезпечні ці процеси відбуваються на Правобережжі Дніпра, а також на території Подільської і Придніпровської височин. Ще у свій час відомим вченим *Г.І. Швебсом (1974)* південна частина Лісостепу і північна Степу була виділена як пояс максимальної водної ерозії.

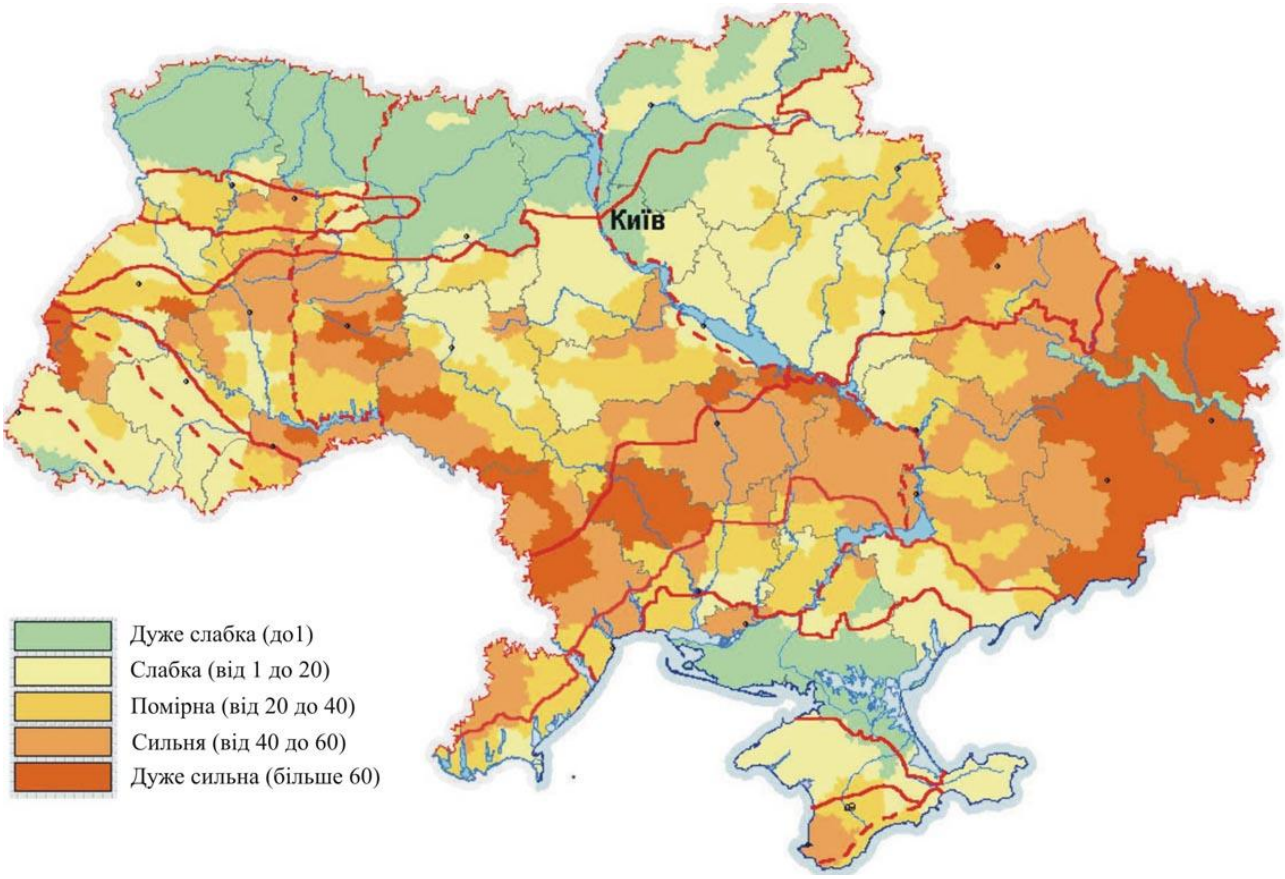


Рис. 3.1. **Карта еродованості ґрунтів території України (% від орних ґрунтів)**

Степова зона України охоплює 40% території країни (25 млн. га). Схилові землі становлять 47%, з яких вже еродовані більше 38%, тобто 11 млн. га. Характерно, що ці землі зазнають також впливу і вітрової ерозії. Найінтенсивніше ерозійні процеси відбуваються завдяки зливовим опадам. До основних чинників прояву ерозії варто віднести високу розораність території, велику зливову активність, несприятливу структуру посівних площ. Оскільки Степ є основним районом поширення зрошуваних земель, то це сприяє розвитку іригаційної ерозії ґрунтів. Найінтенсивніше ерозійні процеси в Степу проявляються на Донецькому кряжі, Приазовській височині, у межиріччях Дніпра і Південного Бугу, Південного Бугу і Дністра, а також на південних і східних відрогах Подільської та Придніпровської височин.

Еродовані ґрунти поширені майже в усіх природних зонах України в більшості областей як на сході, так і на заході. Значні площі ерозійно-порушених ґрунтів знаходяться у Лісостеповій зоні, гірській частині Карпат.

У Західному Лісостепу на Івано-Франківщині процесами змиву зруйновано 139 тис. га сільськогосподарських угідь, з яких 99 тис. га ріллі *(О.Ю. Турак, 2005).* Щороку в регіоні змивається до 3 млн. тонн дрібнозему, в якому міститься 68 тис. гумусу. Це призводить до недобору врожаю, який становить на сильнозмитих ґрунтах – 25–80%, середньозмитих – 15–60% *(М.Д. Волощук, 2002).* У Львівській області еродовані ґрунти мають площу 305,1 тис. га сільськогосподарських угідь, з яких 77,9 тис. га – середньозмиті і 23,4 тис. га – сильнозмиті відміни, причому за останні 20–25 років площа змитих ґрунтів зросла у 2,5 рази, у тому числі площа ріллі в 3 рази *(М.Д. Волощук, М.І. Гагалюк, 2002).*

Моніторинг ґрунтів Житомирської області показав, що за останні 30 років площа еродованих сільськогосподарських угідь збільшилась з 27,3 до 83,9 тис. га. Результати досліджень свідчать про зменшення потужності середньозмитих чорноземів у середньому на 12,7 см, сильнозмитих – на 15,5 см. Середньорічна втрата гумусу становить 0,7–0,8 т/га *(А.П. Кудрик, 2002).*

На території Луганської області 263,1 га (55,7% від загальної площі деградованих земель) зазнали впливу водної ерозії. У переважній більшості це чорноземи різного ступеню змитості на лесах і лесовидних суглинках та щільних глинистих породах *(А.М. Джос, 2002).*

Прояви водної ерозії спостерігаються не лише в центральній і західній частинах, але і на півночі країни. Так, моніторинг ґрунтів Волинської області свідчить про зростання площі еродованих масивів до 50 тис. га, у тому числі до 8,4 тис. га. сильнозмитих ґрунтів. Середньорічні темпи приросту змитих земель за 25-річний період становлять 2% в рік *(М.М. Мельнійчук та ін., 2002).* Дослідження, проведені в межах Волинської височини, свідчать про катастрофічну, місцями до 90%, еродованість сірих лісових ґрунтів за розораності території до 61–75%. При цьому основні ґрунтові властивості мають незадовільні параметри: уміст гумусу становить 1,2–1,5%, загальна пористість близько 40%, сума водостійких агрегатів > 0,25 мм – 18–25% *(О.М. Швець, 2002).* Для зменшення цих негативних явищ необхідно вести належний моніторинг за ґрунтовим вкриттям та запроваджувати дієві заходи щодо підвищення його протиерозійної стійкості.

В екологічному аспекті водна ерозія призводить до зниження родючості ґрунтів і їх деградації, погіршення природного стану водних об'єктів, втрати їх продуктивності. Екологічні проблеми в результаті дії ерозії полягають також у зміні рельєфу місцевості внаслідок розчленування схилів западинами, замулення продуктами ерозії озер, річок, ставків і водосховищ. Завдяки інтенсивним проявам ерозії можуть зникати малі річки, відбувається повне їх замулення, а ставки втрачають свій корисний об'єм за 5–10 років. Істотною проблемою внаслідок дії ерозії є змив із ґрунтовими часточками добрив та отрутохімікатів і потрапляння їх здебільшого до водних джерел, що розташовані у низинах та підніжжях схилів. Варто зазначити, що на початок XX століття проблеми охорони річок і водойм від замулення і занесення практично не існувало, однак на початок XXI століття вона перетворилася на значну екологічну проблему. Серед головних причин цього явища слід виділити сучасне ерозійне руйнування ґрунтів, а також те, що вздовж берегів річок і водойм не виконуються найпростіші охоронні заходи, які були відомі та описані ще в середині XIX століття *(Г.І. Швебс та ін., 2003).*

За даними *О.Г. Тараріко (1982)* на схилових землях лісостепової частини Київської області змив ґрунту складав під багаторічними травами 3–6 м^3/га, озимою пшеницею – 8-15, горохом – 10–20, а під кукурудзою – 50–60 м^3/га. Це вказує на необхідність вилучення схилових агроландшафтів з крутизною понад 5º із складу ріллі, оскільки їх

розорювання стає неприпустимим в екологічному і недоцільним в економічному відношенні.

Отже, чинниками агроекологічної оптимізації ерозійно-небезпечних агроландшафтів згідно трактувань *О.Г. Тараріко та ін., (2013)* є:

- ❖ оптимальна лісистість, що значною мірою забезпечує стійкість агроекосистем, у тому числі завдяки поліпшенню не тільки водного режиму території та зменшення ризиків ерозійної деградації, але і унаслідок зменшення перепаду температур, тобто завдяки більш придатному для екосистем мікроклімату:
- ❖ екологічно обґрунтована мережа природоохоронних територій і екокоридорів, збереження безперервності екологічного каркасу, видового різноманіття;
- ❖ збереження природного стану водно-болотних угідь як буферних центрів вологи, акумуляції органічної речовини та збереження біорізноманіття;
- ❖ створення буферних водоохоронних смуг уздовж малих річок, озер, водосховищ;
- ❖ впровадження контурно-меліоративної організації території з протиерозійними заходами постійної дії, які передбачають лісомеліоративні і гідротехнічні прийоми;
- ❖ структура посівних площ із екологічно допустимим рівнем насичення сівозмін просапними культурами щодо рельєфу і якості ґрунтів;
- ❖ протиерозійні технології обробітку ґрунту і посіву на схилах на дефляційно-небезпечних землях.

4. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ІНТЕНСИВНОСТІ ЕРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ҐРУНТОВОГО ВКРИТТЯ

З метою визначення інтенсивності проявів ерозійних процесів ґрунтового вкриття на схилових землях та кількості змитого дрібнозему існують різні підходи і методи щодо цього. Відомими є методи фізичного моделювання, коли природні процеси протікання ерозії імітуються створенням штучного дощу, використовуючи при цьому різні варіації агрофону, а бо ж вимірювання об'єму видимих водорівчаків, що утворилися внаслідок змиву ґрунту.

Є дві групи методів досліджень водної ерозії. До першої групи відносяться польові, картографічні і геоінформаційні методи, а до другої (методи досліджень еродованих ґрунтів) – порівняльно-географічні, стаціонарні, балансові, дистанційні.

Відомо, що водна ерозія та дефляція активно впливають на структуру агроландшафтних систем. Зруйновані ерозією ґрунти в агроландшафтах призводять до порушення структури ландшафтів, зникнення функцій ресурсовідновлення та саморегулювання системи. Ландшафти не можуть відновитися та функціонувати в первісному стані через низькі темпи компенсаційного ґрунтоутворення. В умовах господарської діяльності необхідно проводити комплекс протиерозійних заходів для підтримання процесів стійкості агроекосистем та відновлення родючості ґрунтів.

Для оцінки ерозійної стійкості агроландшафту й ефективності протиерозійних заходів, єдиним критерієм може бути співвідношення темпів ґрунтоутворення і змиву ґрунту. Ефективна боротьба з ерозією можлива в тому випадку, якщо сучасні темпи ерозії будуть рівні або нижчі заздалегідь визначеного рівня, що теоретично дає змогу підтримувати баланс між швидкістю ерозійних втрат і швидкістю ґрунтоутворення. Цей критерій спирається на принцип підтримки запасів родючості ґрунту на фактичному рівні. У літературі цей показник має також назву допустимих норм ерозії (ДНЕ) *(О.І. Єргіна, 2004).*

Першими спробами визначити швидкість ґрунтоутворення можна вважати роботи *М.М. Заславського (1983), Г.І. Швебса (1981), С.Ю. Булигіна (1986).* Визначенню ДНЕ на підставі методів математичного моделювання присвячені роботи *Ф.М. Лісецького (2000), С.Г. Чорного (1999).* Але кількісна

оцінка темпів схилового ґрунтоутворення та визначення на їхній основі допустимих норм ерозії в науковій літературі не знайшли належного відображення, а для окремих регіонів України роботи такого виду зовсім не проводилися. У зв'язку з труднощами моделювання процесів ґрунтоутворення в сучасних агроландшафтах можливо проводити такі оцінки тільки на підставі вивчення природного процесу ґрунтоутворення *(С.Г. Чорний, 1999).* Недостатність деяких методів визначення ДНЕ призводить до того, що усереднені оцінки за весь період ґрунтоутворення не дають можливості уявити особливості розвитку ґрунтів конкретний момент їхньої еволюції. У результаті такого підходу відбувається мимовільне заперечення особливостей сучасного етапу розвитку ґрунтів в ландшафтах. Найбільш коректним необхідно вважати підхід до визначення швидкостей ґрунтоутворення змитих ґрунтів, шляхом моделювання процесів ґрунтоутворення, використовуючи метод аналогій, коли змиті ґрунти, що втратили визначену частину профілю з деякою часткою умовності, розглядають як аналоги молодих, що ще не сформувалися. Тоді за допомогою математичних моделей можливо визначити швидкості самовідновлення порушених ерозією земель, тобто визначити допустимі норми ерозії ґрунтів та встановити ступінь стійкості ландшафтних комплексів.

4.1. Фізичне моделювання прояву ерозійних процесів

Фізичне моделювання будь-якого явища чи процесу прискорює і спрощує вирішення необхідних задач, підвищуючи при цьому об’єктивність результатів. Інтегральним показником дії водної ерозії є протиерозійна стійкість ґрунту, яка зумовлена як власне властивостями самого ґрунту, так і побічними чинниками. Ця величина є безрозмірною і відображає здатність ґрунту в певних точках земної поверхні протистояти силі поверхневого схилового потоку. Критичне значення протиерозійної стійкості становить для орних земель – $Р_{кр}$ = 0,070. Обернена їй величина $1/Р_{кр}$ характеризує ерозійну небезпеку земель *(Г.В. Бастраков, 1980).*

Здатність ґрунту протидіяти руйнівній дії дощових крапель за допомогою різноманітних методів вивчалась багатьма вченими *(Z. Fen-li, H. Chi-hua & D. Norton, 2000; D. Foster, M. Fullen, R. Brandsma, A. Chapman, 2000)*. Зокрема, *Є. Вольні, В.С. Лаундермілк (1896) і В.Б. Гуссак (1945)* проводили

дослідження з монолітними і насипними зразками ґрунту з метою виявлення критерію протиерозійної стійкості у спеціально виготовленому лотку. При цьому основну увагу звертали на шорсткість поверхні та її роль у зменшенні поверхневого змиву, а також спостерігали за величиною опору ґрунтів розбризкуванню. *В.В. Охотін, О.Ф. Смирнова (1931)* характеризували протиерозійну стійкість ґрунтів методом їх розмивання струменем води. Критерієм протиерозійної стійкості в дослідженнях *Г.В. Бастракова (1975)* було розмивання промивин струменями води у вертикальній стінці розрізу.

Російські вчені *Д.Г. Віленський (1940), А.С. Вознесенський (1940), В.Б. Гусак (1945), Г.П. Сурмач (1976), В.В. Сластіхін (1958, 1960)* використовували метод дощування зразків ґрунту. Ці досліди проводили як на невеликих стокових майданчиках у природних умовах, так і в лабораторії. Змивання ґрунтової маси відбувалося, в основному, унаслідок руйнівної ударної дії крапель дощу, а не за рахунок кінетичної енергії потоку.

При проведенні штучного дощування найбільш стійкою характеристикою стоку є інтенсивність вбирання води в заключний період спостережень. Результати показують, що вона зменшується із збільшенням потужності опадів. Чергування висоти падіння дощових крапель показує, що низька висота падіння опадів сприяє значному промочуванню ґрунту, у той час як із зростанням висоти вбирання поступово зменшується *(J. Holden, T. Burt, 2000).* Поясненням цьому є наявність переущільненого шару ґрунту, що слабко фільтрує воду при випаданні інтенсивних опадів [200]. Суттєвий поверхневий стік відмічено і за великих розмірів дощових крапель (5–8 мм) *(М.И. Долгилевич, Г.И. Швебс, И.Г. Зыков, 1992; И.П. Ковальчук, 1983; М.С. Кузнецов, Г.П. Глазунов, 1996).*

Модельні досліди з штучного дощування по визначенню захисної дії стерні різної висоти, проведені *І.А. Корчевим (1986)*, показали, що стік ґрунту на чорноземі сильнозмитому починався через 3 хв після початку дощування за висоти стерні 5 см, а за висоти 20 см стік спостерігався через 9 хв. Мульчування стерні теж мало вплив на інтенсивність прояву ерозійних процесів. За дози мульчі 1,0 т/га стік був через 9,5 хв, а за 2,0 т/га – 10,2 хв.

За результатами, отриманими *В.Ф. Гаховим та іншими (1982)* як показник, що визначав ступінь стійкості ґрунтів до водної ерозії узято вміст твердих часточок в 1 літрі рідкого стоку з площі 1 м^2 (г-л/м^2). Аналіз отриманих даних показав, що стійкість чорноземів до водної ерозії визначається, в основному, крутизною схилу, де для рівнинних чорноземів мутність потоку становила 2–5 г-л/м^2, для схилів крутизною 7–10º – 50–60 г-л/м^2.

З українських ґрунтознавців питаннями протиерозійної стійкості ґрунту та фізичним моделюванням ерозійних процесів займалися *О.Г. Тараріко (1985) і С.Ю. Булигін (1993).* Однією з умов визначення більшості спектру показників при дощуванні ґрунтової поверхні є проведення його безпосередньо в польових умовах. Такі дослідження були виконані *С.Ю. Булигіним (1987)* на чорноземі реградованому малогумусному середньоеродованому, коли вивчалась ефективність агрофонів та визначалась їх протиерозійна стійкість. Слід відмітити, що змив ґрунтової маси з ділянки чистого пару становив 3,9 т/га за товщини стоку 6,4 мм, а для плоскорізного фону ці величини становили 2,4 т/га і 4,1 мм відповідно. Найбільш ерозійнобезпечним був варіант з посівом багаторічних трав, де змив дрібнозему становив лише 0,55 т/га за товщини стоку 15,1 мм. При порівнянні коефіцієнтів протиерозійної ефективності плоскорізного обробітку і багаторічних трав значення останніх були кращими в 4,5 рази і становили 7,1 під багаторічними травами проти 1,6 на ділянці з плоскорізом. У процесі фізичного моделювання водної ерозії при ранньовесняному сніготаненні на чорноземі звичайному змив ґрунту з майданчика 3 м^2 становив 7,91 кг, а з варіанту плоскорізного обробітку – 0,65 кг. Твердий стік становив близько 1,2 т/га без суттєвої різниці по варіантах *(Г.И. Швебс, 1971).*

У роботах *Г.І. Швебса (1968)* і *А.І. Шведаса (1974)* відмічено, що саме краплі є основною причиною ґрунтової ерозії при випаданні зливових дощів, оскільки вони відокремлюють часточки ґрунту від його моноліту. Досліди *Н. Гудзона (1974)* показали, що при створенні штучної перешкоди у вигляді натягнутої сітки на поверхні ґрунту великі краплі дощу розбивались, і розбризкуючись, з невеликою швидкістю падали на поверхню ґрунту. При цьому втрати ґрунтових часточок з майданчика, покритого сіткою, були в 100 разів меншими, ніж з непокритої ділянки.

Отже, чим більший розмір крапель, тим вища їх швидкість та енергія падіння, і відповідно, еродуюча здатність.

У результаті фізичного моделювання встановлено, що водна ерозія починає проявлятися навіть при ухилі 0,5°. При цьому дощові краплі здатні не лише відокремлювати ґрунтові часточки від агрегатів, але й переміщувати їх униз та вгору по схилу завдяки розбризкуванню *(Ф.Т. Моргун, Н.К. Шикула, А.Г. Тарарико, 1983).* У дослідженнях *P.I. Kinnel (2000)* відмічено, що дощовими краплями було розбризкано близько 24,5 т/га ґрунту. Унаслідок цього процесу 14,8 т дрібнозему перенесено до підніжжя схилу, решта твердих часточок покрили всю довжину схилу. У польових і лабораторних дослідах по штучному дощуванню кількість твердого стоку, що був винесений в процесі ерозії, лінійно пов'язана з інтенсивністю дощу, створеного для різної довжини (150–600 м) і градієнту схилу (5–30%). Маса змитого ґрунту зростала із збільшенням градієнту схилу та його довжини, особливо за ухилу > 10% *(Н.М. Шевцов, Ю.П. Поляков, А.Д. Савченко, 1975).*

Співставлення розбризкування із загальним змивом ґрунту, проведене *Г.І. Швебсом (1981),* показує, що його доля у загальному твердому стоці не перевищує 2–3%. Тому про розвиток ерозійних процесів можна судити лише по величині струменевих розмивань. Швидкість розмивання ґрунту збільшується, якщо на шляху водного потоку існують перепади. Зокрема, *Н.М. Шевцовим та ін. (1975)* відмічено, що за висоти мікроводопаду 5 см швидкість вільнопадаючої води зростає до 1 м/с., що є достатнім для порушення суглинків і щільних глин. При висоті перепаду 10 см швидкість падаючої води зростає до 1,4 м/с., за якої можуть руйнуватися щільні породи.

У дослідженнях проведених *І.С. Константиновим (1976)* із штучного дощування змив ґрунту найбільше зростав за підвищення інтенсивності дощу від 0,4 до 0,85 мм/хв. За зливових опадів інтенсивністю від 2 до 2,5 мм/хв. повне руйнування структурних окремостей чорнозему середньосуглинкового відбувалось через 12–18 хв. після початку дощування *(Г.Р. Пікуш, А.Я. Гетманець, Є.М. Лебедь, І.А. Пабат, 1992).*

Значний вплив на розвиток ерозійних процесів має також швидке танення снігу весною, що призводить до інтенсивного стоку і руйнування ґрунту. Коли ґрунт відтає повільно, а температура збільшується поступово, ерозійні процеси майже непомітні. Тоді як ґрунти ще не

відтанули, дія ерозійних процесів зростає і чим інтенсивніше підвищується температура повітря, тим сильніше проявляється площинна і яружна ерозія *(G. Foster, D. Cool, K. Renard, W. Moldenhauer, 1981).* Узагальнення багаточисленних спостережень проведених *Г.П. Сурмачем (1976)* показало, що із збільшенням запасів снігової води стік закономірно зростає.

Визначення об'єктивних показників та основних характеристик протиерозійної стійкості ґрунту прямими методами проводиться за розмиванням і руйнуванням агрегатів чи ґрунтового зразка водяним потоком, а також шляхом "купання" у нерухомій воді, дощування зразків на невеликих майданчиках у полі. Застосування методу моделювання дає можливість узагальнити результати одиничного досліду і поширити його на цілу групу явищ, подібних до тих, що вивчаються *(Я.И. Потапенко, Н.Р. Толоков, В.И. Манченко, Б.А. Музыченко, 1975).*

Варто зазначити, що фізичне моделювання ерозійних процесів із використанням штучного дощування вимагає особливої ретельності у розробці моделі й в інтерпретації результатів моделювання. При цьому важливу роль у процесі змиву відіграють енергетичні показники опадів, що характеризуються не тільки інтенсивністю і шаром, але і структурою дощу (розподілом крапель за їх розміром) та швидкістю падіння крапель, що залежить від розміру крапель і висоти падіння. Енергія крапель дощу визначає інтенсивність руйнування ґрунту, ущільнення його верхнього шару і формування ґрунтової кірки, підвищення турбулентності і транспортуючої здатності силових потоків. Тому невідповідність енергетичних характеристик штучного дощу реальному значно обмежує можливості використання одержаних результатів за моделювання *(О.О. Світличний, С.Г. Чорний, 2007).*

Моделювання проявів водної ерозії шляхом імітації природного дощу – штучностворeним, за допомогою дощувальної установки, розробником якої є В.І. Тарасов із Луганського Інституту агропромислового виробництва. Варто зазначити, що цей прилад має задекларований патент на винахід і може використовуватись у навчально-наукових цілях для вивчення міграції речовин у ґрунті при ерозійно-гідрологічних процесах *(О.М. Зубов, В.І. Тарасов, В.В. Михайлов, 2004).* В основу винаходу поставлено завдання забезпечити рівномірний розподіл краплин дощу по стоковому майданчику.

Загальна схема дощувальної установки показана на рисунках 4.1 і 4.2.

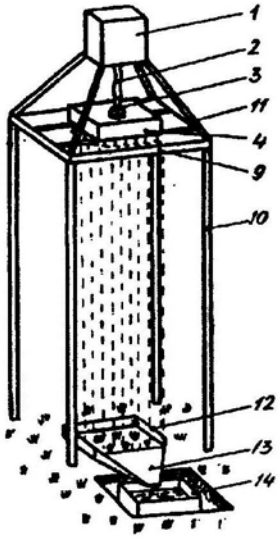


Рис. 4.1. **Загальний вигляд дощувальної установки**

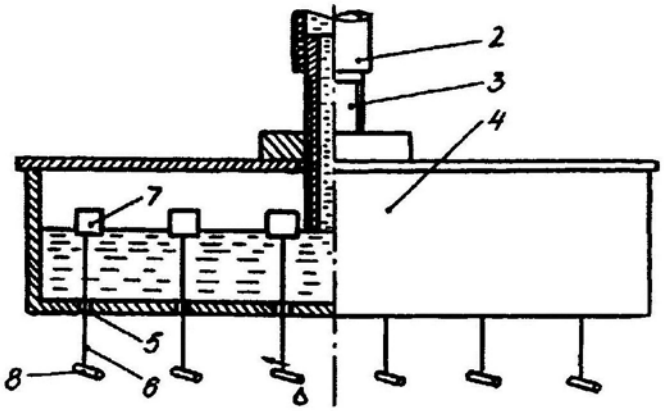


Рис. 4.2. **Переріз дощувача дощувальної установки**

Дощувальна установка складається з герметичного резервуара 1, шланга 2, регулюючого штуцера 3, дощувача 4 з отворами 5 у дні, через які пропущені краплиноутворювачі у вигляді нитки 6 з поплавком 7 на верхньому кінці та тягарцем у вигляді похилого стрижня 8 на нижньому кінці, несучої конструкції, що складається з опорної рамки 9, чотирьох стояків 10 та кронштейна 11. Діаметр отворів 5 становить 1 мм, а довжина ниток краплиноутворювачів перевищує максимальний рівень води у дощувачі 4.

Пристрій працює таким чином: з резервуару 1 вода надходить по шлангу 2 з штуцером 3 на кінці у дощувач 4. Через отвори 5 в його дні краплини води стікають по нитках 6 і стрижнях 8 та падають на стоковий майданчик, обмежений металевою рамкою 12. Перед падінням при стіканні по стрижню 8 краплини надають йому горизонтальний імпульс сили, тому він розгойдується в різних напрямках, унаслідок чого забезпечується рівномірний розподіл краплин по стоковому майданчику. При зниженні рівня води в дощувачі 4 нижче кінця штуцера 3 в резервуар 1 надходить повітря і витікає порція води, яка відновлює початковий рівень. Отже, за допомогою штуцера в дощувачі задається та автоматично підтримується напір води, що забезпечує необхідну інтенсивність дощу. Регулювання інтенсивності дощу здійснюється переміщенням штуцера

уверх або вниз при обертанні гайки, навернутої на різьбову частину штуцера. Вода, що не усотується ґрунтом, та змитий нею дрібнозем через лоток 13 надходять до стокоприймальної ємності 14, що дає можливість вимірювати розмір поверхневого стоку води та втрат ґрунту від ерозії.

4.2. Характеристика методу дослідження втрат ґрунту від водної ерозії за стоковими майданчиками

Стоковий майданчик (рис. 4.3) – це певна територія ділянки на схилі, що має довжину і ширину та ізольована від іншої частини схилу земляними валами, а також дерев'яними або металевими щитами.

Для обліку твердого стоку (змиву ґрунту) внизу майданчика споруджують відстійники (у яких осідають грубі наноси), водозливи (на яких враховують загальний стік води) і розділювальний лоток, який відводить невелику, визначену частину потоку води із завислими в ній частинками ґрунту у спеціальний приймач.

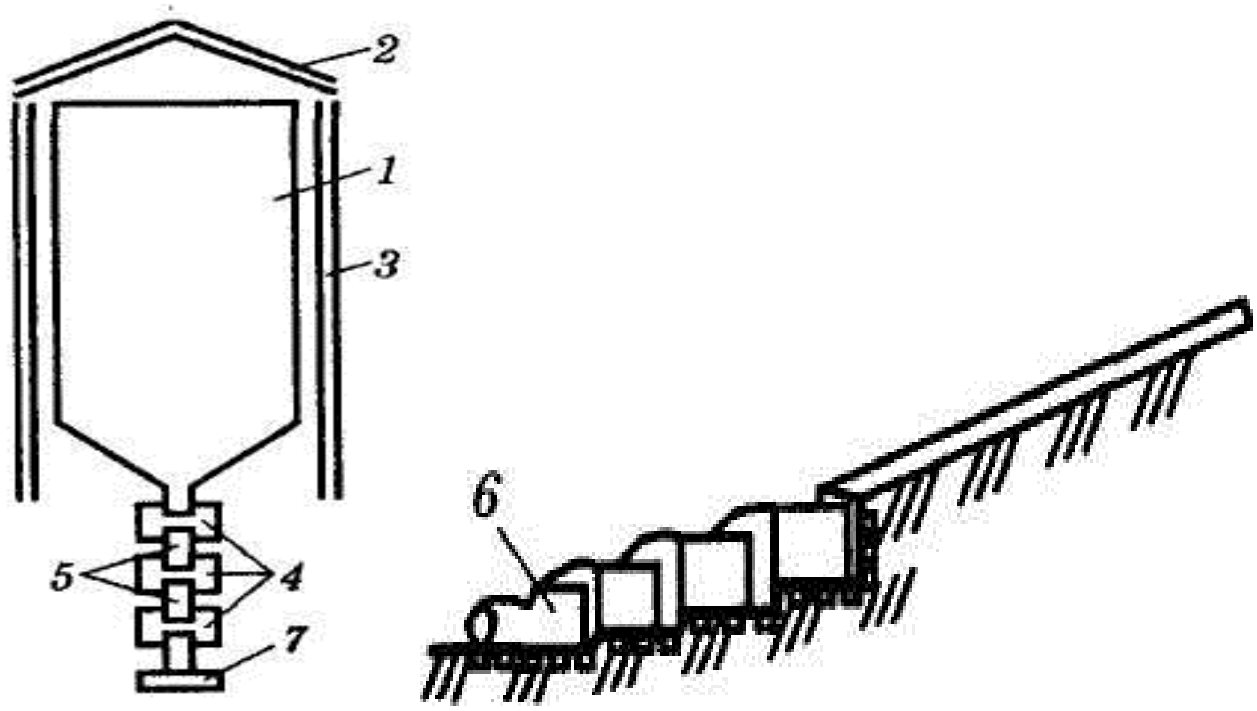


Рис. 4.3. **Стоковий майданчик:**

1 – стоковий майданчик; 2 – вловлювальні канави; 3 – загороджувальні канави; 4 – відстійники; 5 – водовідливи; 6 – розділювальний лоток; 7 – водозбірна посудина.

Масу змитих часточок визначають шляхом зважування. Для цього відстійники очищають від ґрунту після кожного дощу або танення снігу. Коли відома маса посудини з водою і ґрунтом **$P_{Г.В}$,** маса порожньої посудини **P,** маса посудини з водою **$P_В$** і щільність твердої фази ґрунту $D_Т$, то різниця між **$P_{Г.В}$ - $P_В$** є масою абсолютно сухого ґрунту у посудині **$P_Г$** за відніманням маси води **P_1,** яка міститься у ґрунті за умови заповнення всіх пор водою:

$$P_{Г.В.} - P_В = P_Г - P_1 \qquad (4.1)$$

Знаючи, що маса ґрунту дорівнює добутку об'єму на його питому масу, знайдемо:

$$P_Г = VD_Т \text{, а } P_1 = VD_В \text{,} \qquad (4.2)$$

де V – об'єм твердої фази ґрунту, що дорівнює об'єму води; $D_В$ – густина води.

Підставивши ці значення у рівняння, знаходимо:

$$P_{Г.В} - P_В = VD_Т - VD_В \text{, звідси} \qquad (4.3)$$

$$P_{Г.В} - P_В = V(D_Т - D_В) \text{, тоді}$$

$$V = \frac{P_{Г.В} - P_В}{D_Т - D_В} \qquad (4.4)$$

Оскільки густина води $D_В$ за температури 4°С дорівнює 1 г/см^3, формула для визначення об'єму твердої фази ґрунту така:

$$V = \frac{P_{Г.В} - P_В}{D_Т - 1} \qquad (4.5)$$

Маса змитого ґрунту в цьому зразку дорівнюватиме:

$$P_З = DV \qquad (4.6)$$

Підставивши значення V у цю формулу, отримаємо:

$$P_З = (P_{Г.В} - P_В) \times \frac{D_Т}{D_Т - 1} \qquad (4.7)$$

Крім того обчислюють такі показники:

1. Масу ґрунту, змитого із стокового майданчика. Якщо в об'ємі розділювального лотка А см^3 міститься Б г сухого ґрунту, то в загальному об'ємі стоку С см^3 буде міститися Х г твердого стоку (сухого ґрунту). Звідси

$$X = \frac{БС}{А}(г) \qquad (4.8)$$

2. Загальну масу змитого ґрунту з облікової площі $Р_{ґ.п}$. Вона дорівнює масі ґрунту у відстійниках $Р_{ґ.вс}$ плюс маса ґрунту, змитого рідким стоком Х:

$$P_{Ґ.П} = P_{Ґ.ВС} + \frac{БС}{А} \qquad (4.9)$$

3. Масу ґрунту, змитого з 1 га ріллі $Р_З$. Якщо з облікового майданчика $S_М$ було змито $Р_{ґ.п}$ г (кг) ґрунту, то з 1 га ріллі **S** буде змито $Р_{ґ.г}$ ґрунту. Звідси:

$$P_{ҐюГ} = \frac{SP_{Ґ.П}}{S_М} \qquad (4.10)$$

Розрахунки можна провести також іншим методом. Для цього із загального стоку води з ґрунту відбирають зразок певного об'єму (наприклад, 1 л), фільтрують, а залишок на фільтрі висушують і зважують. Якщо відомий загальний стік води і ґрунту **А** з облікового майданчика, об'єм зразка, взятого для аналізу **Б,** а також маса сухого ґрунту в зразку С, твердий змив розраховують за формулою:

$$P_Т = \frac{А \times С}{Б}, \qquad (4.11)$$

Твердий змив на 1 га ріллі перераховують описаним вище методом.

Існує також **метод шпильок** для вимірювання змиву і намиву ґрунту. Суть його полягає в тому, що в багатьох точках на ділянці по схилу у ґрунт устромлюють відрізки тонкого, але міцного залізного дроту на глибину 8 см таким чином, щоб дротики виступали над поверхнею ґрунту на 20 мм. Після дощу (або штучного дощування) заміряють частину дроту, яка виступає над поверхнею ґрунту, і визначають величину змиву або намиву ґрунту (м^3/га; т/га) з урахуванням його щільності.

З метою визначення ерозійної ситуації в агроландшафтах визначають еродованість ґрунтового покриву взагалі для тієї чи іншої території. Еродованість ґрунтів на схилах крутизною понад 3° становить близько 80% (табл. 4.1).

Таблиця 4.1. **Поширення еродованих ґрунтів на схилах різної крутизни (% від загальної площі схилів) і втрата ґрунту на них (т/га на рік)**

Крутизна схилів, град	Нееродовані, %	Еродовані ґрунти, %			Усього еродованих, %	Коефіцієнт еродованості	Втрата ґрунту із 1 га схилу
		слабо	середньо	сильно			
0-1	83,8	15,2	1,02	0,07	16,25	1,04	1,07
1-3	36,0	52,6	10,1	0,57	64,1	1,18	8,20
3-5	16,3	59,9	20,7	3,05	83,1	0,90	10,0
5-7	3,91	32,6	57,8	5,70	96,1	1,48	22,1
7-10	–	14,9	63,8	21,2	100	1,73	30,8
10-12	–	4,56	51,2	43,5	100	1,99	39,2
> 12	–	–	58,5	41,6	100	1,99	> 39,2

Таблиця 4.2. **Шкала інтенсивності втрат ґрунту внаслідок водної ерозії (М.К. Шикула., 1973)**

Інтенсивність втрат ґрунту, т/га за рік	Оцінка ерозії
Менша за швидкість ґрунтоутворення, що становить 2–3 т/га за рік	Ерозії немає
3–6	Слабка ерозія
6–12	Середня ерозія
12–24	Сильна ерозія
24–60	Дуже сильна ерозія
Понад 60	Катастрофічна ерозія

Щоб вирішити проблему захисту ґрунтів від ерозії, сталого розвитку землеробства і його екологічної збалансованості, необхідно встановити раціональне співвідношення угідь в агроландшафтах, дотримуючись таких нормативів:

- ❖ розораність території не більше 40%;
- ❖ співвідношення екологічно-сталих угідь (пасовища, сіножаті) і ріллі не менше одиниці.

Для формування ерозійно-стійких агроландшафтів потрібно знати ерозійно-гідрологічну ситуацію конкретної місцевості: еродованість ґрунтового покриву, кількісні показники усіх факторів ерозії з урахуванням їх ймовірного прояву, інтенсивність втрат ґрунту.

4.3. Метод обліку змиву ґрунту за об'ємом водорівчаків за Соболєвим

Метод використовується у польових умовах при визначенні ерозійних втрат ґрунту і передбачає облік на конкретному об'єкті усіх без винятку водорівчаків. Обстеження об'єктів з метою визначення кількості і розмірів водо рівчаків виконуються безпосередньо після закінчення ерозійної ситуації із точністю до 0,002 м *(С.Ю. Булигін, Ю.В. Думін, М.В. Куценко, 2002).*

Уздовж схилу закладають пронівельований профіль таким чином, щоб він перетинав горизонти по можливості під прямим кутом. На ньому закладають облікові майданчики 1 м шириною і 25–100 м довжиною довгими сторонами вздовж горизонталей (перпендикулярно до напрямку схилу) так, щоб вони охоплювали всі частини схилу. Відстань між обліковими майданчиками на рівних (однорідних) схилах 50 м, на перегинах схилів 20–25 м.

На виділених майданчиках після танення снігу і сильних злив вимірюють глибину h і ширину L кожної промоїни (водорівчаків) з точністю до 0,5 см (рис. 3). Розраховують площу поперечного перерізу водорівчаків і об'єм змитого ґрунту (на обліковій довжині промоїни).

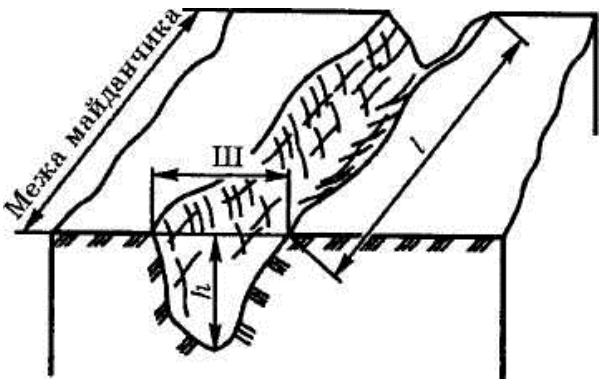


Рис. 4.4. **Схема замірів водорівчаків**

При цьому обчислюють:

1. **Об'єм змитого ґрунту** V на кожному обліковому профілі:

$$V = \frac{Lh}{2} l \text{, (см}^3\text{)} \qquad (4.12)$$

де l – довжина водорівчаків на обліковому профілі, м (в цьому випадку l = 1 м, як і ширина облікового профілю).

Об'єм змитого ґрунту між двома сусідніми профілями обчислюється за формулою:

$$V = \frac{V_1 + V_2}{2} l \text{ ,} \qquad (4.13)$$

де l – відстань між першим і другим обліковими профілями.

Об'єм змитого ґрунту між профілями визначають по кожному водорівчаку, а загальний змив ґрунту з облікової площі – як суму площ між усіма обліковими профілями. Отримані результати перераховують на 1 га ріллі в метрах квадратних або тоннах.

Окрім лінійної (яружної) ерозії існує також і **площинна ерозія,** тобто зменшення потужності ґрунту на схилових агроландшафтах.

Небезпеку від такої ерозії (S) визначають за формулою:

$$S = \frac{H}{P} \text{ ,} \qquad (4.14)$$

де Н – потужність генетичного горизонту ґрунту, т/га; Р – змив ґрунту за рік, т/га.

Величина S вказує, за скільки років горизонт Н буде втрачений. Нормування ерозійної небезпеки ґрунтів здійснюють за відповідними даними (табл. 4.3).

Таблиця 4.3. **Нормування ерозійної небезпеки**
(Булигін С.Ю., Думін Ю.В., Куценко М.В., 2002)

Значення S, років	Ступінь небезпеки ерозії ґрунту	Характеристика ступеня небезпеки від ерозії
> 1000	1	Небезпека від ерозії ґрунту відсутня
600	2	Виявлено початок продування ґрунту
300	3	Передкризовий стан ґрунту Ерозійні процеси реально загрожують збереженню ґрунту
150	4	Кризовий стан ґрунту Відбувається прискорене зменшення потужності ґрунту
< 150	5	Катастрофічний стан ґрунту

4.4. Методи дистанційного зондування як інструмент визначення складових ерозійної небезпеки земель

В основі використання методів дистанційного зондування в якості інструменту визначення складових ерозійної небезпеки лежить здатність цих методів ДЗ до фіксування характеристик ґрунтів, рослинності та рослинних решток, рельєфу, метеокліматичних особливостей, стану ґрунтоохоронних заходів, особливостей обробітку ґрунтів тощо. Причому, для визначення різних складових ерозійної небезпеки земель мають бути використані різні методи дистанційного зондування (або різні канали електромагнітного спектру чи різні їх комбінації).

Серед ґрунтових характеристик, що можуть бути визначені методами ДЗ, можна назвати наступні: вміст гумусу, вологість, шорсткість ґрунтової поверхні, щільність будови ґрунту, показники структурно-агрегатного складу ґрунту, гранулометричний склад ґрунту, глибина гумусованого профілю ґрунту, ступінь еродованості ґрунтів тощо *(С.Р. Трускавецький та ін., 2010).*

Вміст гумусу в ґрунті дистанційно визначається за даними ДЗ у видимому та ближньому інфрачервоному діапазонах. Для дистанційного

визначення вмісту гумусу використовуються аеро- та космічна фотозйомки (наприклад, супутник Ресурс), багатоспектральне космічне сканування (супутники Landsat, SPOT, IRS, TERRA, IKONOS тощо) *(А.В. Шатохин, 2001; С.Р. Трускавецький, 2003)*, польова спектрофотометрична зйомка *(А.В. Шатохин, 1999).* Причому точність визначення вмісту гумусу в ґрунті оптичними методами ДЗ зростає за рахунок сумісного їх застосування з радіолокаційними методами *(С.Р. Трускавецький, та ін., 2005, 2006)*.

Вологість ґрунту дистанційно визначається за даними ДЗ в інфрачервоному та мікрохвильовому діапазонах. Найбільш ефективною в цьому аспекті є радіолокаційна зйомка. Радіолокаційне визначення вологості може здійснюватись за даними космічних радіолокаційних апаратів RADARSAT, ERS, SIR-C, авіаційних комплексів МАРС та AIRSAR *(С.Е. Яцевич, 1999),* наземних радіолокаційних станцій LCX POLARSCAT, RASAM та станцій конструкції ІРЕ НАНУ *(М.М. Гічка, 2005; G.P. Kulemin, 2003).*

Сучасна методика повинна передбачати застосування таких видів ДЗ, як радіометрична, теплова інфрачервона та георадарна зйомки *(В.И. Кравцова, 2005),* для дистанційного визначення вологості ґрунтів. Шорсткість ґрунтової поверхні, щільність будови фунту, показники структурно-агрегатного складу ґрунту дистанційно визначаються за даними активного ДЗ в мікрохвильовому діапазоні, тобто радіолокаційної зйомки *(В.И. Кравцова, 2005; М.М. Гічка та ін., 2006; G.W. Schellentrager, 1988; P. Dubois, 1995)*. Радіолокаційне визначення цих показників може здійснюватись за даними космічних радіолокаційних апаратів RADARSAT, ERS, SIR-C, авіаційних комплексів МАРС та AIRSAR, наземних радіолокаційних станцій LCX POLARSCAT, RASAM та інше *(С.Е. Яцевич, 1999; М.М. Гічка та ін., 2005; G.P. Kulemin, 2003; P. Dubois, 1995; J. Shi, 1997)*.

Гранулометричний склад ґрунту дистанційно визначається в оптичному, ближньому інфрачервоному та в мікрохвильовому діапазонах. Для дистанційного визначення гранулометричного складу використовується багатоспектральне космічне сканування (супутники Landsat, SPOT, IRS, TERRA, IKONOS, тощо *(А.В. Шатохин, 2001)* та польова спектрофотометрична зйомка *(А.В. Шатохин, 1999)*, а також радіолокаційна зйомка, зокрема зйомка космічними апаратами RADARSAT, ERS, SIR-C *(В.И. Кравцова, 2005; P. Dubois, 1995)*, авіаційними комплексами

МАРС *(С.Е. Яцевич, 1999)* та AIRSAR (*J. Shi, 1997)*., наземними радіолокаційними станціями LCX POLARSCAT, RASAM та інші (*G.P. Kulemin, 2003)*.

Глибина гумусованого профілю ґрунту. Цей показник, який напряму характеризує змитість (дефльованість) ґрунту визначається за допомогою георадарної зйомки ґрунтів *(М.М. Гічка, 2006),* яка виконується георадарами різних моделей (наприклад, георадарами виробництва НВО „Радар" або георадарами компанії GSSI).

Крім того, існують підходи до визначення глибини гумусованого профілю ґрунту оптичними методами ДЗ (багатоспектральне сканування чи фотозйомка супутниками SPOT, Landsat, IRS, TERRA, Ресурс, IKONOS тощо), за допомогою яких визначається вміст гумусу у верхньому шарі ґрунту, що генетично пов'язаний з усім ґрунтовим профілем. На основі зв'язків вмісту гумусу у верхньому шарі ґрунту з глибиною профілю можна встановлювати глибину ґрунтового профілю за даними оптичних методів ДЗ *(В.И. Кравцова, 2005; G.W. Schellentrager, 1988).*

Серед характеристик **рослинності** що визначаються методами ДЗ, існують наступні: проективне укриття ґрунтів рослинністю, біомаса, індекс листової поверхні, хімічний склад рослин, тощо. Дистанційне визначення цих показників виконується за даними у видимому та ближньому(іноді, середньому) інфрачервоному діапазонах *(A.D. Baez-Gonzalez, 2005; C.-M. Yang, 2004; Б.В. Виноградов, 1984).*

Для дистанційного визначення показників рослинності використовують багатоспектральне космічне сканування (супутники Landsat, SPOT, IRS, TERRA, IKONOS, тощо). Окрім багато спектрального сканування, в якості дистанційного методу визначення цих показників може виступати також радіолокаційна зйомка апаратурою супутників RADARSAT, ERS та інші *(A.A. Gitelson, 2002; Y.J. Kaufman, 1992).*

Серед **геоморфологічних показників**, які визначаються методами ДЗ, виділяють наступні: ухил, довжина схилу, його форма та експозиція *(A. Klisch, 2005; M. Flowers, 2001].* Дистанційне визначення цих показників виконуються за допомогою стереозйомки в оптичному діапазоні (аерофотографічні стереопари, SPOT-Stereo та ін.) та радіолокаційної зйомки (ERS).

Перспективними в аспекті дистанційного визначення параметрів рельєфу є радіолокаційна інтерферометрична, радіоальтиметрична та лазерна альтиметрична зйомки *(В.И. Кравцова, 2005)*.

Серед **метеокліматичних показників,** які визначаються методами ДЗ. виділяють наступні: шар, інтенсивність та кінетична енергія опадів, показники циркуляції атмосфери, покриття ґрунту сніговим покривом *(В.И. Кравцова, 2005; A. Klisch, 2005;)*. Дистанційне визначення шару, інтенсивності та кінетичної енергії опадів. а також показників циркуляції атмосфери можна виконувати пасивними знімальними системами у видимому та інфрачервоному діапазонах: NOAA (радіометр AVHRR), Meteosat та інші. Дистанційне визначення величини покриття ґрунту сніговим покривом виконується за даними ДЗ в оптичному та середньому інфрачервоному діапазонах. Для дистанційного визначення покриття ґрунту сніговим покривом використовується багатоспектральне космічне сканування (супутники MODIS, Landsat, тощо).

Серед характеристик стану протиерозійних заходів, які ідентифікуються методами ДЗ, слід виділити стан лісосмуг, як чи не найголовніших протиерозійних рубежів. Дистанційне визначення стану лісосмуг виконується за даними у видимому і а ближньому (іноді середньому) інфрачервоному діапазонах. Для дистанційного визначення стану лісосмуг використовують багатоспектральне космічне сканування (супутники Landsat, SPOT, IRS, TERRA тощо). Особливого значення тут набуває використання знімків надвисокої роздільної здатності (QuikBird, Ikonos тощо).

Для більшості моделей ерозії використання даних ДЗ та ЦМР є можливим, необхідним та цілком доречним. Це дозволяє обґрунтовано підходити до розробки методичних основ обробки матеріалів ДЗ та ЦМР для кількісного оцінювання ерозійної небезпеки територій, охорони ґрунтів та цілей раціонального землекористування земель.

4.5 Створення картограми потенційної ерозійної небезпеки території на основі різночасових космічних знімків

Одними з показників, що визначають потенційну ерозійну небезпечність території та її господарську цінність, є густина горизонтального розчленування поверхні та топологічний показник числа

вузлових точок перетину тальвегів по відношенню до одиниці площі [60]. Збільшення в часі цих показників свідчить про невірне використання території та термінову необхідність у проведенні всіляких ландшафтно-меліоративних ґрунтоохоронних заходів. Крім того, на підставі аналізу цих показників визначають території не з потенційною, а з фактичною небезпечністю прояву ерозійних процесів.

Використання даних різночасових космічних знімків та геоінформаційних технологій дозволяє створювати картограми густини горизонтального розчленування поверхні та картограми приросту горизонтального розчленування території за певний часовий інтервал. Для створення цих карт широко застосовується показник горизонтального розчленування *К (А.И. Спиридонов, 1975).*

$K = \frac{L}{P}$:

де L – довжина ерозійної мережі, км;

P – площа території, для якої розрахована довжина ерозійної мережі, в км^2.

В ГІС для одного й того ж фрагменту, кожного з використаних космічних знімків, створюють сітку з рівновеликими квадратами для подальшого розрахунку в кожному з них довжини ерозійної мережі (рис. 4.5).

Від розміру квадратів, що створюють сітку, буде залежати детальність створюваної карти. Усередині великих площ можуть існувати суттєві відмінності інтенсивності горизонтального розчленування поверхні, які зникнуть за середніми значеннями. Тому, чим менше квадрати, тим повніше передаються деталі рельєфу місцевості. Однак, опрацьовуючи карту, не слід захоплюватись надмірним дробленням геометричної сітки. Якщо квадрати будуть дуже малими, то деякі з них можуть повністю розташуватись па вододілах, інші будуть перетинатись тальвегами ерозійних форм. Довжина останніх усередині кожного з таких квадратів виявиться повністю залежною від випадковості розміщення геометричної сітки відносно ерозійних форм.

Отже, під час створення карти розглянутим способом треба дуже чітко розрахувати розбивку сітки квадратів. Розміри їх повинні бути такими, щоб чітко простежувались відмінності інтенсивності

горизонтального розчленування рельєфу в межах території, що картографується (рис. 4.5). Орієнтовно можна визнати можливою розбивку карти на облікові квадрати площею 4 см^2, що відповідає в масштабі 1:100 000 – 4 км^2 та ін. [61].



Рис. 4.5. **Фрагмент космічного знімку із сіткою (розмір чарунки 16 км^2)**

Після розбивки квадратів піднімають тальвеги усіх ерозійних форм, що добре дешифруються на кожному з космічних знімків, та обчислюють загальну довжину ерозійної мережі для кожного квадрату (рис. 4.6). Отримані результати ділять на площу квадрату і таким чином визначають для кожного з них показник інтенсивності розчленування, тобто довжину ерозійної мережі на 1 км^2, вона буде тим більше, чим інтенсивніше буде розчленування.

Після того, як всі розрахунки закінчено, розробляється шкала умовних позначень з вказівкою на те, якому умовному знаку (колір контуру, інтенсивність штрихування, тощо) відповідає гой чи інший ліміт коливання довжини ерозійної мережі на 1 км^2. Залежно від масштабу та детальності карти, шкала обирається з інтервалами в середньому

0,05–0,1 км^2 *(А.И. Спиридонов, 1975).* Найобґрунтованішу шкалу можна розробити на підставі аналізу кривої розподілення, що дозволяє визначити медіанні, модальні та інші значення густини розчленування рельєфу, що бажано відобразити на карті того чи іншого масштабу. Таким чином, створюються картограми густини горизонтального розчленування території для кожного з космічних знімків.

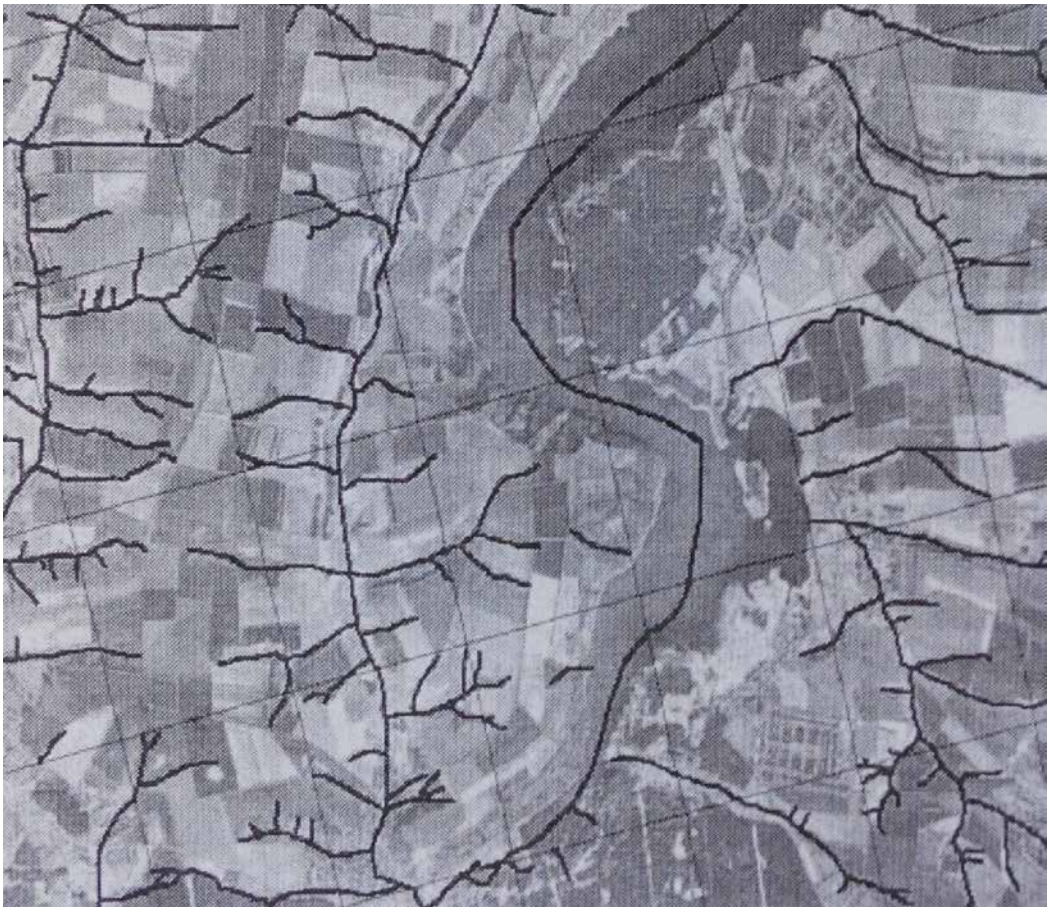


Рис. 4.6. **Фрагмент космічного знімку із векторизованою мережею лінійних ерозійних форм**

Згідно з багатьма методичними рекомендаціями ерозійний рельєф, за показником густини горизонтального розчленування, ділять на густо розчленований, середньорозчленований та рідкорозчленований *(А.И. Спиридонов, 1975).* У першому випадку на 1 км^2 території приходиться більше 1 км ерозійних форм, у другому – від 0,5 км до 1 км, в третьому – менше ніж 0,5 км. Останній етап – визначення приросту інтенсивності горизонтального розчленування для кожного з квадратів космічних знімків за певний період

5. ПРОТИЕРОЗІЙНА СТІЙКІСТЬ ҐРУНТІВ ТА ФАКТОРИ, ЩО ЇЇ ОБУМОВЛЮЮТЬ

5.1. Властивості, що впливають на протиерозійну стійкість ґрунтів

Уперше поняття “протиерозійна стійкість ґрунту” було введено С.С. Соболєвим та С.І. Пономарьовим у 1945 році. Під стійкістю до ерозійних процесів розуміють здатність ґрунтів протистояти руйнівній дії дощових крапель і водного потоку. Багато вчених займалися вивченням особливостей формування твердого стоку на схилових агроландшафтах *(М.Н. Заславский, 1979; Г.И. Швебс, 1974; М.С. Кузнецов, 1981).* Умовно методи дослідження протиерозійної стійкості ґрунтів розділяють на “прямі” і “побічні”. Кількісні параметри стоку та змиву грунту належать до “прямих” методів, а “побічні” лабораторно-аналітичні методи дають оцінку протиерозійної стійкості за певними властивостями ґрунту *(Л.М. Носирова, А.Ф. Путилин, 1985).*

Протиерозійна стійкість ґрунтів є однією із важливих характеристик потенціальної небезпеки виникнення ерозії. Апріорі найвищою вона буде на схилах із суцільною трав’янистою рослинністю та під розвинутими лісами. Ґрунти посушливого клімату з поганою і рідкою рослинністю, займаючи навіть пологі схили, піддаються упливу водної ерозії.

Гранулометричний склад відіграє важливе значення в протиерозійній стійкості чорноземів. Різні вчені мали власні погляди стосовно вмісту і розмірів часточок, які є найбільш стійкими до розмивання. Особливу роль у структуроутворенні ґрунту відіграє уміст мулу і колоїдів, які виконують функцію своєрідного мінерального клею. *М.Н. Заславський (1979)* вважав, що чим більше в орному шарі глинистої фракції, тим вища стійкість ґрунтів до змиву. Для більшості ґрунтів величину протиерозійної стійкості можна визначити по відношенню глинистої фракції до фракції грубого пилу та дрібного піску (К). Фракція грубого пилу, уміст якої в орному шарі досягає 40%, а також дрібного піску, зменшує супротив ґрунту ерозійним процесам *(М.Н. Заславский, 1966; А.Д. Орлов, 1983; А.С. Скородумов, 1973; W. Wischmeier, C. Johnson, B. Cross, 1971).*

Американський дослідник H.E. Middeleton *(1930),* досліджуючи фізичні властивості вказував, що найбільше піддаються ерозії ґрунти, які містять значний відсоток фракції пилу. Інші вчені вважають, що ґрунти, в яких переважає фракція крупного пилу (0,05–0,01 мм), є ерозійно нестабільними *(Н.И. Маккавеев, 1955; А.С. Скородумов, 1962).* Також існують думки, що глинисті мінерали групи монтморилоніту і йому подібні, унаслідок значного міжагрегатного зчеплення забезпечують високу протиерозійну стійкість ґрунтів *(И.Д. Седлецкий, А.К. Ларионов, 1955).* Відмінності у властивостях ілліт-монтморилонітових і каолініт-іллітових глин зростають із збільшенням умісту фракцій діаметром < 0,005 мм. Але з підвищенням гідрофільності супротив ґрунтів розмиву знижується. Значною мірою піддатливість ґрунту до ерозійних процесів визначається колоїдно-дисперсними мінералами, що переважають у тонких фракціях мулу *(М.С. Кузнецов, 1973).*

У роботах *В.Б. Гуссака (1959)* і *Ц.Є. Мірцхулави (1967)* відмічено, що різні за гранулометричним складом ґрунти можуть бути подібні за протиерозійною стійкістю, однак більш ерозійно-безпечними є глинисті ґрунти, які мають вищий уміст мулистої фракції, здатної до структуроутворення. Встановлено, що за наявності в ґрунті 50% фізичної глини мутність стоку складає 20–40 г/л, із зменшенням фізичної глини вдвічі вона зростає у 2,5–4,9 рази і досягає 50–200 г/л *(Х.П. Богданов, 1969).* Таким чином, на змив 1 т. легкосуглинкового ґрунту потрібно майже в 13 разів менший об’єм рідкого стоку, ніж для важкосуглинкових.

Проводячи дослідження у лотку Гуссака, *А.С. Рачинскас (1980)* встановив, що ґрунти легкого гранулометричного складу розмиваються менш інтенсивно, ніж їх важкосуглинкові аналоги. Однак за сильних опадів розмивання на нещільних ґрунтах відбувається у кілька разів інтенсивніше, ніж на зв’язних середніх чи важкосуглинкових відмінах, де головну роль в утриманні дрібнозему відіграє не стільки водопроникність, як сила зчеплення і структурно-агрегатний склад. За *С.С. Соболєвим (1948)* та *А.С. Козменко (1964),* найбільшу протиерозійну стійкість мають потужні суглинкові чорноземи. У свою чергу *С.І. Сільвестров (1950)* прийшов до висновку, що в ґрунтах лісостепової зони протиерозійна стійкість зменшується по мірі збільшення ступеню вилуговування. За даними *К.Ю. Хана та співавторів (1981)* підвищення умісту гумусу і важчий

гранулометричний склад призводить до покращання протиерозійної стійкості.

Така неоднозначність наукових поглядів на протиерозійну стійкість ґрунтів зумовила запровадження для її оцінки ряду структурних показників. Зокрема, відмічається пряма кореляція протиерозійної стійкості з так званим "гранулометричним показником структурності", який розраховують за результатами аналізу гранулометричного складу як відношення умісту мулу (цементуючої частини) до суми крупніших пилуватих фракцій**,** інертних у структуроутворенні *(А.Ф. Водюнина, 1946).* Існує також тісний взаємозв'язок еродованості ґрунтів з коефіцієнтом дисперсності за Качинським. Цей показник дає у більшості випадків правильну уяву про мікроструктурення ґрунту та його структурний стан у цілому *(Н.А. Качинский, 1958)*. *С.Ю. Булигін (1991)* розглядав коефіцієнт агрегованості**,** розрахований по Бейверу і Роадесу, як кількісний показник протиерозійної стійкості.

Водостійкість структури – один з найважливіших чинників протиерозійної стійкості ґрунтів. Ряд авторів відмічає високу протиерозійну стійкість за умов доброго оструктурення верхньої товщі ґрунту *(М.С. Кузнецов, 1994; А.Д. Воронин, М.С. Кузнецов, 1970; М.П. Волокитин, К.Ю. Хан, Б.К. Сон, Б.Н. Золотарева, 1997).* Насамперед це стосується ґрунтів лучного типу та цілинних земель, де спостерігається тісний взаємозв'язок рівня оструктуреності ґрунту з його стійкістю до змиву *(В.Б. Гуссак, Ц.Е. Мирцхулава, 1967).* Але не завжди високий рівень водостійкості структури сприяє зниженню його еродованості, бо величина протиерозійної стійкості не обмежується лише цим параметром, особливо на ґрунтах з підвищеною щільністю. Разом з тим, ґрунти з незначним міжагрегатним зчепленням мають достатньо високу кореляцію показників агрегатного складу з їх протиерозійною стійкістю. Досить ефективним заходом у підвищенні водостійкості структури є посів багаторічних трав *(В.Я Григорьев, М.С. Кузнецов, К.Ю. Хан, 1989).* Так у багатотомному виданні «Почвы Молдавии» ми знаходимо, що сума водостійких агрегатів при переході від незмитої до сильнозмитої зменшується більш, ніж удвічі з 44 до 20%. При цьому також зростає щільність будови – з 1,29 до 1,43 г/см^3, зменшується пористість і вологоємність, що в сукупності впливає на зменшення водопроникності грунтів та зростанні стоку і змиву.

Відомими вченими-ерозіоністами *М.С. Кузнєцовим, В.Я. Григор'євим та іншими (1975)* було відмічено, що найсуттєвішими чинниками протиерозійної стійкості орного шару ґрунту є розмір та вміст водостійких агрегатів, їх зчеплення та наявність у ґрунтовій товщі коренів рослин. Від цих чинників залежить водостійкість ґрунтових агрегатів у водному потоці. На думку вчених, такі властивості ґрунту, як уміст гумусу, сума обмінних основ, гранулометричний, мікроагрегатний та мінералогічний склад, щільність складення ґрунту, його липкість та пластичність також справляють суттєвий вплив на стійкість ґрунту до змиву. *В.В. Медведєв (1994)* підкреслював, що утворення водостійкої структури чорноземного ґрунту є закономірним процесом послідовного залучення механічних елементів спочатку в мікро-, а потім в макроагрегати за участю гумусових речовин та полівалентних катіонів.

В.Р. Вільямс (1939), С.С. Соболєв (1948), К.А. Алапкеров (1959) відмічали, що оструктурені ґрунти значно стійкіші до змиву, ніж розпилені. Детально вплив водостійкості ґрунтових агрегатів на їх протиерозійну стійкість вивчав *П.Ф. Бараков (1898).*

Значення вологості ґрунту в прояві ерозійних процесів уперше вивчено *Є. Вольні (1896).* На його думку північні і західні схили мають менший змив, оскільки вологість їх більша і відповідно більша зв'язність. *В.Я. Григор'єв, А.В. Бобков (1997)* відмічають, що протиерозійна стійкість ґрунту підвищується в інтервалі вологості від ¾ повної вологоємності до її повного значення, оскільки при цьому спостерігається вища зв'язність колоїдних часточок. При одній і тій самій інтенсивності дощування найбільша мутність стоку спостерігається за мінімальної вологості ґрунту, коли на його поверхні міститься велика кількість не зв'язаних між собою часточок, які утворилися від дезагрегації ґрунту під дією сонячних променів і вітру *(В.А. Казаков, 1940).* У більш вологих місцях протиерозійна стійкість у 10–20 разів вища в порівнянні з сухою територією. Тому менша кількість опадів у таких районах має більшу еродуючу здатність, ніж у вологих, у той час як темпи змиву можуть бути однаковими *(А.М. Бурыкин, 1960).*

Подібні твердження знаходимо і в дослідженнях *А.А. Світличного (1995),* який відмічав, що мутність потоку на зрошуваних землях, у кілька разів нижча, ніж на богарних, а це, у свою чергу, свідчить про переваги протиерозійної стійкості зрошуваних територій. За науковою працею

G. Govers (1987) вказано, що інтенсивність змиву ґрунту із зволоженої щільної поверхні в 10 раз нижча, ніж з сухої і пухкої.

Велику увагу впливу вологості та щільності ґрунту на розмиваючу швидкість потоку, яка є критерієм протиерозійної стійкості ґрунту, приділено *М.С. Кузнєцовим (1977).* Встановлено, що зволоження повітряно-сухих зразків ґрунту зменшує змив ґрунтових часточок на схилах у 2–8 разів залежно від ступеню і тривалості попереднього зволоження, а також від властивостей самого ґрунту. Стійкість до змиву на важкосуглинкових відмінах виражена краще, ніж на легкосуглинкових.

Одним з інтегральних показників, який зумовлює протиерозійну стійкість ґрунтової поверхні, є водопроникність ґрунту. Висока водопроникність сприяє поглинанню вод атмосферних опадів та танучого снігу, зменшуючи інтенсивність змиву. В основному цей показник має тісний зв’язок із стоком води меншою мірою – з величиною змиву. У той же час інфільтраційній здатності ґрунту найбільше з усіх водно-фізичних параметрів властива варіабельність показників протягом одного року досліджень *(А.П. Болдырев, И.Р. Ильин, 1975).* За даними *Т.В. Назарова (1981)* величина водопроникності одного типу ґрунтів під різними угіддями може відрізнятися більше, ніж на ґрунтах різних типів, але на однакових угіддях. За даними *С.Ю. Булигіна (2005)* майже всі ґрунтові відміни України мають меншу водопроникність, ніж показники зливи 10%-ої забезпеченості. Тобто за максимальних опадів жоден тип ґрунту не здатний захистити себе від поверхневого стоку.

Інфільтрація води крізь ґрунтову товщу визначає швидкість рідкого стоку, а також здатність поверхні ґрунту протидіяти руйнівній дії потоків води та крапель дощу, що впливають на величину змиву твердої частини ґрунту.

Водопроникність ґрунтів і її роль у формуванні схилового стоку досить детально вивчали *Н.А. Качинський (1965), А.Н. Костяков (1960), А.І. Будаговський (1955), Г.П. Сурмач (1976), І.А. Кузник (1962).* У дослідженнях *В.Д. Іванова, Є.В. Кузнєцова, В.Г. Попова (1990)* величина водопроникності залежала від агротехнічних заходів та біологічних особливостей культур, що вирощувалися і становила під травами – 0,3–0,4 мм/хв., під просапними культурами – 1,0–1,3 мм/хв, на пару та на луках – 0,2 мм/хв. Згідно даних Н.І. Болокана (1980), інфільтраційна здатність

ґрунту щільністю 1,5 г/см^3 в кінці п’ятигодинного досліду в декілька разів менша, ніж за щільності 1,0 г/см^3.

Найбільшою мірою значення водопроникності проявляється за випадання дощів незначної інтенсивності, коли більша частина води вбирається ґрунтом. Дослідження рівня інфільтрації методом заливання майданчиків показали, що чорноземи типові, зволожені до повної вологоємкості, здатні вбирати воду із швидкістю 1,5–2,0 мм/хв, і це при тому, що діаметр крапель становить 3–5 мм, а швидкість їх руху – 4,5–9 м/с *(М.И. Долгилевич, Ю.И. Васильев, 1973).* Якщо звести до мінімуму руйнівну дію крапель, то штучне дощування можна проводити з інтенсивністю 1,5–2,0 мм/хв *(R. Frederick, J. Arthur Hobbs, Roy L. Donahue, 2001).* Відмічено, що для водостійких чорноземних ґрунтів із збільшенням інтенсивності опадів, вбирання зростає до 2,5–3,0 мм/хв. *(М.И. Комаров, 1984).*

Багатьма науковцями відмічено високу протиерозійну стійкість ґрунтів пов’язану із високим умістом гумусу *(И.А. Пабат, 1982; М.И. Комаров, 1984; И.В. Кузнецова, 1966; Е.М. Смирнова, 1989).* Насамперед, це чорноземні ґрунти, які мають найбільший уміст та запаси гумусу у верхньому шарі ґрунту в порівнянні з іншими ґрунтовими відмінами. Захисна здатність органічних речовин полягає у склеюванні та цементуванні часточок у водостійкі ерозійно-безпечні агрегати. Так, експериментальне визначення сили зчеплення ґрунтових агрегатів, яку проводили гідроструйним методом, вказує на її тісний зв’язок із щільністю складення. При цьому коефіцієнт кореляції за умов 95% рівня значимості становить 0,79 *(Е.А. Барзилович, М.П. Волокитин, 1990).*

На думку *Н.І. Прихожая (2004),* на змитих ґрунтах через погіршення кількісно-якісних показників гумусу помітно знижується протиерозійна стійкість, що спричинює інтенсифікацію процесів змиву, а відповідно й уповільнення процесів мінералізації гумусових речовин. Згідно літературних даних *(Баканина, 1965; Л.Л. Щетинина и др (1974),* у сильнозмитих чорноземах виділення CO_2 знизилося у 7,5 разів, бактерій у 60 разів, грибів у 8 разів. Зменшення умісту гумінової кислоти в складі гумусу еродованих ґрунтів також сприяє зменшенню їх протиерозійної стійкості. Так, у дослідженнях *М.І. Комарова (1972),* проведених на чорноземах вилугованих важкосуглинкових (після екстракції із них рухомої гумінової кислоти), протиерозійна стійкість агрегатів зменшилась у 2,5 рази.

Існують математичні залежності і рівняння регресії, що характеризують кількісний зв'язок опору ґрунтів розмиву з гранулометричним складом і вмістом у них гумусу *(В.Т. Демихов, 2001).* Також *Є.В. Шеїним та іншими (2003)* висунута гіпотеза утворення і формування стійкості агрегатної структури в ґрунтах, базована на амфофільних властивостях ґрунтової органічної речовини, гідрофільні компоненти якої у водному середовищі формують зв'язок з мінеральними часточками, а гідрофобні – один з одним, створюючи водостійкі органо-мінеральні агрегати. Інформацію про те, що вміст гумусу і природа гумусових речовин відіграє значну роль у структуроутворенні ґрунту також знаходимо в наукових працях *Д.В. Хана (1957, 1959)* та *К. Kawaguchi (1957).*

5.2. Вплив агротехнічних заходів на протиерозійну стійкість ґрунту

Застосування різноманітних агротехнічних заходів теж значною мірою впливає на стійкість ґрунту до змиву. На сьогодні отримано широкий спектр експериментальних даних про вплив різних систем обробітку і удобрення на водно-фізичні властивості ґрунтів. При цьому, як правило, порівнюють дві системи обробітку ґрунту. Перша – традиційна оранка із застосуванням відвальних плугів, а друга – безполицевий обробіток ґрунту плоскоріжучими і дисковими знаряддями з елементами мінімалізації як за глибиною обробітку, так і за скороченням та суміщенням технологічних операцій.

При обертанні ґрунтової скиби поверхня ґрунту втрачає захисні функції та буферні властивості і стає піддатливою до процесів ерозії *(О.Г. Тараріко, 1998).* Розорюючи ґрунт, ми позбавляємо його більшості природних складових, які власне і визначають протиерозійну стійкість – густої сітки коренів, ходів дощових черв'яків, ґрунтової мезофауни, структури, гумусу, природного зложення. За таких умов починає змінюватися форма і розмір, а також зовнішня і внутрішня будова агрегатів, зростає їх деформованість, що призводить до деградації агрегатів та порового простору *(В.В. Медведев, 1986).*

За даними *А.Б. Калініна й ін. (2004)* полицева оранка призводить до постійного прояву ерозії, яка в середньому за рік зумовлює змив грунту до

17 т/га. Тривале застосування плоскорізного обробітку сприяє підвищенню умісту гумусу в 0–10 см шарі на 0,45–0,50%, в порівнянні з оранкою, що, відповідно, дещо підвищує протиерозійну стійкість ґрунту *(А.Г. Тараріко, Г.І. Міронов, І.А. Корчовий, І.П. Шевченко, О.Д. Коваленко, 1996).* За дослідженнями *І.С. Константинова (1987)* на схилах до 2° свіжезораний грунт (вирівняний і гребнистий) повністю попереджує ерозію. На крутіших схилах необхідно використовувати грунтопоглиблення або плуги із вирізними відвалами. Грунтопоглиблення одночасно із оранкою сприяє зменшенню стоку опадів 60 мм на схилі крутизною до 4° на 50%. На схилах 6–8° – змив грунту хоч і зменшується на 40–48%, порівняно із звичайною оранкою, все таки залишається високим – 6,2–14,2 т/га. Таким чином, протиерозійні заходи повинні застосовуватися окремо або в комплексі залежно від крутизни схилу. На схилах до 2° достатньо проведення відвальної оранки поперек схилу, на схилах 2–4° одночасно зоранкою проводять валкування, 4–6° із середньозмитими грунтами – оранку із грунтопоглибленням і переривчатим боронуванням, 6–8° із сильнозмитими грунтами одночасно із оранкою – грунтопоглиблення і переривчате боронування, а після оранки смугове рихлення на глибину 50–60 см через 10 м поперек схилу. Ці заходи характерні для всіх типів чорноземів.

Максимальне збільшення водостійкості ґрунтових агрегатів за плоскорізного обробітку при мінімальному змиві пояснюється вищою протиерозійною стійкістю цього агрофону і тим, що ґрунтові агрегати значно довше знаходяться під впливом руйнівної енергії дощу. Такі зусилля необхідні для відокремлення ґрунтових часточок від переплетеного корінням попередника монолітного шару ґрунту *(М.С. Медведев, 1992).* Мінімальні втрати ґрунту від водної ерозії під час зимових відлиг при вирощуванні озимої пшениці зафіксовані на варіанті з плоскорізним обробітком у поєднанні зі щілюванням (0,25 т/га) та кротуванням (0,06 т/га). Встановлено, що сумарний змив ґрунту тісно корелює з кількістю пожнивних решток /r=0,93/ [103].

За даними *В.Ф. Гахова* та *М.С. Медведєва (1987),* максимальний поверхневий стік відмічається на ділянках з поверхневим обробітком (215–454 м^3/га), трохи менший – на варіанті з відвальною оранкою (193–386 м^3/га) і найменший за умов глибокого плоскорізного обробітку (130–335 м^3/га).

Важливо знати, що поряд з абсолютною і відносною протиерозійною стійкістю ґрунту існує постійна (довготривала) та тимчасова (короткотривала) стійкість. Довготривала стійкість зумовлена, насамперед, біологічними чинниками – трав'яним покривом, лісовою рослинністю, мульчуванням поверхні ґрунту і частково використанням гідротехнічних споруд (валами та терасами). Короткодіюча протиерозійна стійкість залежить від застосування агротехнічних заходів – лункування, щілювання, рихлення, глибокої оранки *(В.Ф. Гахов, М.С. Медведев, 1987).*

У дослідженнях *М.К. Шикули, Г.В. Назаренко і М.П. Орлова (1984)* показано вплив обробітку на щільність складення ґрунту. Встановлено, що за систематичного безполицевого обробітку щільність складення чорнозему типового не збільшується, а в багатьох випадках навіть знижується. У цілому протягом 8 років її параметри знаходилися на одному рівні з варіантом відвальної оранки. Застосування ґрунтозахисного обробітку на схилових агроландшафтах сприяло зменшенню стоку на полі з ячменем у 1,5–1,6 рази, на травах – в 1,4–1,8 рази в порівнянні з полицевою оранкою, а використання органо-мінерального удобрення – на 6–14% і 4–37% відповідно в порівнянні з неудобреним фоном *(И.П. Шевченко, 1987).* Подібні результати отримано також і іншими вченими, які встановили, що за плоскорізного обробітку ґрунту змив дрібнозему зменшується при випаданні зливових дощів у 2–2,5 рази, а талих вод – у 6–8 разів *(И.Н. Безручко, Л.Я. Мильчевская, 1990).*

Тривале застосування плоскорізного обробітку в сівозміні захищає ґрунт від ерозії і сприяє покращанню його водного режиму, підвищенню рівня біологічної активності у верхніх шарах грунту стерньових фонів, скороченню невиробничих втрат гумусу і збільшенню умісту органічних речовин при використанні добрив. Найвища ефективність удобрення спостерігається на фоні ґрунтозахисних обробітків *(З.И. Лукьянчикова и др. (1985),* а також інших агротехнічних протиерозійних заходів, які сприяють додатковому накопиченню вологи за рахунок зменшення поверхневого стоку води. Це обумовлено, насамперед, ефектом взаємодії двох чинників – умісту вологи і поживних речовин, що перебувають в мінімумі на еродованих ґрунтах *(В.В. Жилко, 1976).* Наявність післяжнивних решток у шарі 0–10 см та на поверхні ґрунту сприяє не лише покращанню грунтової вбирної здатності, але і додатковому накопиченню продуктивної вологи. Так, у метровому шарі запаси продуктивної вологи на варіантах з

поверхневим і плоскорізним обробітком під посівами озимої пшениці за 3 роки були на 12–35 мм вищі в порівнянні з відвальною оранкою *(J. Laflen, I. Bacer, R. Harwig, W. Buchele, H. Johson, 1978).* У роботі *В.Д. Панникова (1980)* відмічено, що стік води буде меншим за тих способів обробітку, які створюють більшу шорсткість поверхні і її високу пористість

Застосування безполицевого і мінімального обробітків істотно впливає на підвищення умісту водостійких структурних агрегатів, особливо в середній і нижній частинах орного шару, де створюються кращі умови для формування структури і підвищення її стійкості *(Х.Б. Дусаев, 1987; Ш.И. Ахметов и др., 1990; В.Ф. Трушин и др., 1990; Т.С. Мальцев, 1971).* Також цей обробіток сприяє покращанню умов життя мікроорганізмів, порівняно з варіантами полицевої оранки *(О.Г. Котляров, Е.В. Винокурова, А.Б. Гриднев, 1989).*

Дослідження багатьох учених *(Ю.П. Поляков, А.Н. Каштанов, М.Н. Заславский, 1984; А.Н. Каштанов, М.Н. Заславский, 1984; Г.И. Швебс, 1971, 1981)* присвячені вивченню проблеми впливу плоскорізного обробітку ґрунту на його водопроникність. Ґрунти, що оброблялися саме за технологією, з плоскорізом мають вищу інфільтраційну здатність та кращу оструктуреність. Однак тривале застосування безполицевого обробітку сприяє зменшенню водопроникності.

Важливе значення у боротьбі з водною ерозією на сучасному етапі мають додаткові протиерозійні заходи обробітку ґрунту: щілювання, чизелювання, лункування, плоскорізне розпушування. Так, за даними *В.Н. Власніна (1999),* щілювання і чизелювання схилових земель значно скорочують інтенсивність стоку талих вод і сприяють додатковому накопиченню вологи в ґрунті. Найбільша кількість елементів живлення (до 90%) втрачається зі схилів саме в процесі танення снігу. Застосування указаних заходів на схилових землях сприяють певною мірою зменшенню вимивання нітратного азоту, рухомого фосфору й обмінного калію.

У дослідах, проведених *І.Т. Слюсаром* та *Ф.С. Галишом (2002)* на чорноземі опідзоленому в західному Лісостепу, суттєву роль у поліпшенні водного режиму відіграє поверхневий обробіток з чизелюванням. Також при цьому зростає біологічна активність і стабілізується поживний режим ґрунту. У наукових працях інших авторів, зокрема, *Л.І. Ворони* і *Є.М. Данкевича (2002)* на дерново-підзолистих ґрунтах експериментально було доведено, що безполицевий обробіток ґрунту дисковими знаряддями

був економічно вигідним за вирощування ярого ріпаку, що відображалося на покращанні водно-фізичних властивостей ґрунту. Стабілізацію і покращання агрофізичних властивостей чорноземів типових різного ступеню еродованості при застосуванні обробітку без обертання скиби відмічено і в дослідах кафедри ґрунтознавства НАУ *(И.А. Иовса. Н.К. Шикула, Г.В. Назаренко, 1990; М.Ф. Бережняк, О.Ф. Гнатенко, М.Г. Пляха, В.М. Горбаченко, 1998).*

Велику роль у захисті поверхні чорнозему типового від подальшого змиву сильнозмитого відіграє плоскорізний обробіток із щілюванням, особливо в посушливі роки на схилах крутизною 5–6°. При його застосуванні завдяки кращому вологозабезпеченню рослин спостерігається підвищення урожайності зернових на 2–4 ц/га. Так 2002 року змив ґрунту на ділянці з оранкою становив 20,4 т/га, за плоскорізним обробітком на глибину оранки – 5,6 т/га, а за мілкого плоскорізного обробітку із щілюванням лише 2,2 т/га *(І.П. Шевченко та ін. (2002).* За дослідженнями *І.П. Шевченка (1989)* встановлено, що на чорноземі типовому сильнозмитому втрати ґрунту на варіанті полицевої оранки складали 19,4 м^3/га, а при застосуванні плоскорізних обробітків (глибокого і мілкого) – 3,6 і 3,3 м^3/га відповідно.

Як бачимо, сумарні втрати ґрунту при використанні таких обробітків у 5–6 разів менші, ніж за полицевої оранки. Згідно спостережень *О.Г. Котлярова (1989),* за щілювання змив ґрунту становив 1,1 м^3/га, тоді як за його відсутності– 1,7 м^3/га. Подібна тенденція відмічалася також у дослідах *М.І. Сальнікова (1989),* за даними якого змив ґрунту на варіанті оранки становив 5,8, тоді як на плоскорізному обробітку із щілюванням – 3,2 т/га.

Протиерозійна ефективність плоскорізного обробітку змінюється залежно від ґрунтово-кліматичних умов. У більшості випадків він зменшує змив ґрунту порівняно з оранкою *(А.Я. Бука, А.П. Коваленко, (1980).* Застосування на схилових землях колективного господарства “Заповіт Ілліча” Обухівського району мілкого плоскорізного обробітку ґрунту на глибину 10–12 см із щілюванням забезпечило на 17–35 мм більше накопичення вологи в посівах кукурудзи в шарі 0–2 м, ніж за оранки на глибину 25–27 см. При цьому змив ґрунту в першому випадку був у 20 разів менший, ніж у другому *(Е.М. Смирнова, Г.А. Можейко, 1989).* Позитивну роль цього обробітку відмічав також і *О.Г. Тараріко та ін.*

(1981). Стік ґрунту під час весняного сніготанення за використання плоскорізного обробітку порівняно з оранкою зменшувався на 2 м^3/га або на 34%, а за плоскорізного обробітку із щілюванням – на 4,9 м^3/га чи на 87%. Варто зазначити, що за випадання інтенсивних зливових опадів (обємом 60 мм) один плоскорізний обробіток, навіть на пологих схилах, не взмозі попередити ерозію. Для цього необхідне застосування інших додаткових протиерозійних заходів, так як втрати грунту на схилах більше 3° у 1,5–2 рази перевищують межі допустимого змиву.

Згідно досліджень проведених *І.С. Константіновим (1987)* на схилах від 2 до 6° вивчались три способи основного обробітку – плоскорізний, відвальна оранка і дискування, а також щілювання із інтервалом у 5 м. Осінню, після зрошення і випавшого дощу шаром 35 мм визначалися розміри змиву грунту на посівах пшениці озимої за методом промірів струминних розмивів. У результаті досліджень встановлено, що на ділянках, де проводився лише поверхневий обробіток бороною БДТ-7 (дисквання), змив грунту був у 1,5–3,1 рази більшим, ніж за плоскорізного і в 1,4 рази менше, ніж за оранки. Це пояснюється тим, що частина стерні пшениці озимої, яка не була зароблена у грунт, сприяла затриманню грунтових часток. При проведенні додаткового щілювання і дискування на оранці змив грунту зменшувався у 1,2–1,5 рази, а за плоскорізного обробітку – у 8 раз. Захисна ефективність протиерозійних заходів і плоскорізного обробітку зростала за сумісного їх застосування.

У дослідженнях *В.Ф. Гахова, М.С. Медведєва (1987)* встановлено, що на варіантах з оранкою винос грунту з його верхнього шару становив 6,8–9,1 т/га, за поверхневого обробітку – 4,4–12,4 т/га, а найменший змив спостерігався за плоскорізного обробітку – 0,9–2,6 т/га. Наявність післяжнивних решток у шарі 0–10 см і на поверхні ґрунту сприяли не лише покращанню інфільтрації, але і додатковому накопиченню продуктивної вологи.

Окрім обробітків ґрунту позитивна роль у зниженні розвитку ерозійних процесів належить і мінеральним добривам. На удобрених фонах у злакових культур посилюється кущення, завдяки чому відбувається розсів потоків стікаючої води і знижується швидкість її руху по схилу. Унаслідок збільшення площі листкової поверхні кінетична енергія падаючих крапель затухає. Так, у сівозміні на варіанті

мінерального удобрення і 120 т/га гною стік становив 8,2 т/га, а на контролі 9,1 т/га *(О.В. Чистик, 1989).*

Внесення органічних добрив сприяє покращанню і стабілізації агрофізичних властивостей ґрунту. Завдяки цьому агротехнічному заходу зменшується стік і змив ґрунту порівняно з контролем вони становлять 227 м^3/га та 8,4 т/га, тоді як на контролі – 400 м^3/га та 25,1 т/га відповідно. За внесення органо-мінерального удобрення (гній 30 т/га + $N_{45}P_{55}K_{45}$) стік становив 353 м^3/га, а змив дрібнозему – 11,4 т/га *(І.П. Шевченко, І.А. Корчевий, Ю.О. Тараріко, О.Д. Коваленко, 1997).*

За даними *В.І. Полупана (1986),* внесення 50 т/га гною у ланці сівозміни кукурудза на зелений корм – озима пшениця – кукурудза на зерно помітного впливу на щільність складення чорнозему звичайного середньоеродованого не справило як за відвального, так і за плоскорізного обробітків. За дози гною 75 т/га відмічається тенденція до зменшення щільності шару 10–20 см на варіанті з відвальною оранкою.

На еродованому ґрунті будь-якого типу важливим елементом живлення, у першу чергу, є азот, у порівнянні з іншими поживними речовинами. Проте найбільший ефект на всіх типах змитих ґрунтів забезпечує повне мінеральне удобрення *(В.Д. Муха, 2000).* За дослідженнями *С.Ю. Булигіна (1993),* на середньозмитих ґрунтах урожайність як мінімум на 40% нижча, ніж на повнопрофільних відмінах.

Тривале застосування гною у будь-якому інтервалі доз викликає покращання водостійкості структурних елементів, що значною мірою відображається на підвищенні протиерозійної стійкості ґрунту *(В.В. Медведев, Г.Я. Чесняк, Т.Н. Лактионова, 1985).* На думку *Д.А. Коренькова (1971),* на еродованих ґрунтах, у порівнянні з неродованими рекомендується застосовувати підвищені на 20–25% дози добрив. *А.І. Ляховим (1975)* виявлено позитивну дію добрив у полі з озимою пшеницею на змитих ґрунтах, яка полягає у зменшенні стоку води на 19 мм, змиву ґрунту на 1,2 т/га, втрат N – 5,1 кг/га, P_2O_5 – 4,7 кг/га, K_2O – на 30 кг/га. Змив ґрунту при випаданні злив на удобрених посівах кукурудзи на зерно в умовах Київської області на схилах крутизною 9° складав 15 м^3/га, а на неудобрених 48 м^3/га.

Встановлено, що використання мінеральних добрив на еродованих ґрунтах має вищу ефективність, ніж на повнопрофільних *(П.С. Захаров, 1978).* Велике значення відіграють добрива в підвищенні інфільтраційної

здатності ґрунтів та в процесах оструктурювання. В цілому ефективність добрив істотно підвищується за одночасного застосування усіх агротехнічних заходів.

Помітну роль у попередженні змиву відіграють агротехнічні заходи, які передбачають збереження рослинних решток на поверхні грунту. Так, на чорноземі типовому середньоеродованому з крутизною схилу 6° під час стоку талих вод на оранці без внесення мульчі (контроль) було змито 5,3 м^3/га, а при мульчуванні – 3,7 м^3/га ґрунту. За плоскорізного обробітку на контрольному варіанті (без внесення мульчі) втрати ґрунту складали 2,9 м^3/га, а при мульчуванні змиву взагалі не спостерігалось. За внесення мульчі на схилі 6° із розрахунку 2,5 т/га на фоні плоскорізного обробітку ерозійних процесів не спостерігалось *(А.Г. Тарарико, Г.И. Миронов, В.В. Положай, В.В. Заика, 1982).*

Провідне місце у підвищенні родючості змитих ґрунтів належить сидеральним культурам. Так, при зароблені сидератів різко зростає поглинання ґрунтом опадів, що усуває ґрунтову засуху та різко зменшує прояв ерозійних процесів *(А.Н. Каштанов, М.Н. Заславский, 1984; А.Н. Каштанов, 2001; Р.С. Чалий, 1989).* Виправданим є також мульчування поверхні ґрунту подрібненою соломою або стеблами культур. За таких умов збільшується водопроникність ґрунту в 1,5–2 рази та запаси продуктивної вологи на 20–30 мм, порівняно із немульчованою поверхнею. Разом з тим відбувається зменшення змиву ґрунту майже у 2 рази (*О.І. Пилипенко, 2004).* Заробляння рослинних залишків у ґрунт зменшує коефіцієнт схилового стоку і підвищує гідравлічний супротив при його русі. Спостереження, проведені *Ц.Е. Мірцхулавою (2000),* показують, що внесення решток у верхні шари ґрунту є ефективним у паровому полі. Однак найвищий протиерозійний ефект досягається шляхом залишення стерні на поверхні ґрунту.

Мульчування ґрунту соломою у дозі 1 т/га зменшує змив від 0,649 г/см^2 на контролі до 0,343 г/см^2, а за дози мульчі 2 т/га змив дрібнозему зменшується до 0,248 г/см^2. При цьому водопроникність збільшується з 0,6 до 0,8 мм/хв. *(В.В. Демидов, Н.И. Игошин, 1990).* У модельному досліді, поставленому *К.М. Яловицьким* та *І.С. Константіновим (1979),* подрібнена солома в дозі 2 т/га сприяє зниженню стоку опадів за крутизні схилу 2° в 18,8 рази, 5°– у 6 разів., 7° – у 4,8 рази, а змив ґрунту зменшувала у 80, 120 і 200 разів відповідно. Із збільшенням крутизни

схилу водоутримуюча ефективність мульчі знижується, а ґрунтозахисна роль зростає. За збільшення дози мульчі 6 т/га вона практично повністю попереджує стік води і змив ґрунту незалежно від ухилу. Подібної думки дотримується і *А.Ф. Литвиненко (1987),* яка наголошує на тому що водовбирна здатність чорнозему краща при мульчуванні поверхні ґрунту.

Суттєво зростає прояв ерозії за відкритої поверхні ґрунту. У Білорусії вона була найвищою під час весняних повеней, особливо на орних землях. При цьому змив ґрунту з ділянок, не захищених рослинністю досягав в окремі роки 36,1 т/га за середнього значення 6,9 т/га. Під озимими зерновими змив ґрунту коливався у межах 1,1–5,2 т/га, на полях з просапними культурами становив 9,6 т/га, а на багаторічних травах не перевищував 1 т/га *(Н.Н. Цибулька, И.И. Жукова, А.В. Юхновец, 2002). М.К. Шикула (1976)* теж вказував на позитивну роль мульчування ґрунту соломою, яке сприяє значному вбиранню талих вод порівняно з оголеною розораною територією. *І.А. Пабатом та іншими (1998)* встановлено, що за покриття ґрунту рослинними рештками на 70–80% руйнування структури у верхньому шарі було в 3 рази меншим, ніж на відкритому фоні. При цьому за умов випадання зливових опадів уміст пилу становив 68,3%, що на 39,8% більше, ніж на фоні внесення мульчі. Також був вищим при мульчуванні і вміст водостійких агрегатів.

М.Ф. Дзюбинським (1998) **у**казано на необхідність рівномірного внесення післяжнивних решток у поля з незначною кількістю брил, бо саме останні, відтаюючи навесні, у першу чергу підлягають змиву. На думку *А.Є. Горбачової (1983),* залишок стерні після плоскорізного обробітку є додатковим засобом збагачення ґрунту органічною речовиною, що сприятливо відображається на його структурному стані і протиерозійній стійкості. Іноземні вчені теж вказують на позитивну роль мульчі, яка не лише захищає ґрунт від втрат вологи в результаті випаровування, але і підвищує пористість ґрунту, покращуючи тим самим її водопроникність *(W. Wischmeier, 1962; C. Macer 1972).* За 14 років досліджень *Н.І. Федотової (1980)* вміст продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту за умов плоскорізного обробітку та наявності на поверхні ґрунту стерні зріс на 21,4 мм порівняно з оранкою.

Дослідженнями останніх років доведено, що для підвищення екологічної стійкості агроландшафтів, окрім протиерозійних агротехнічних заходів, доцільно застосувати диференційовані сівозміни.

Для цього у верхній частині схилу, де змив ґрунту не перевищує допустимого, розміщується зерно-трав'яна сівозміна. Поєднання мульчі з диференційованими сівозмінами найбільш ефективне і дозволяє знизити інтенсивність ерозії і зменшити втрати гумусу в результаті змиву ґрунту *(А.И. Стифеев, Е.В. Герасименко, А.Г. Панченко, А.А. Стифеев, 2003).* Вплив агротехнічних заходів на інтенсивність схилового стоку зустрічаємо в роботах *А.Н. Бефані (1958), И.А. Кузника (1962), М.И. Львовича (1963).*

Зміна кліматичних умов, що спостерігається нині і прогнозуються в майбутньому, зокрема, підвищення температури *(В.Д. Иванов, 1983),* посилення зливових особливостей опадів та вітрового режиму, потребує доволі істотного удосконалення не тільки системи заходів щодо зменшення ризиків деградації агроландшафтів, що особливо актуально для регіонів з підвищеною небезпекою прояву як водної ерозії, так і дефляції, але й вагомішого законодавчо-нормативного забезпечення охорони земельних ресурсів, що особливо актуально в умовах орендних земельних відносин.

Особливо важливими є адаптаційні заходи з охорони земельних ресурсів від деградації та раціонального використання ресурсів вологи. Так, наприклад, в умовах високої потенційної небезпеки прояву ерозійних процесів ефективним буде застосування системного управління поверхневим стоком у межах водозбірних басейнів, особливо малих річок, шляхом впровадження ґрунтоводоохоронної контурно-меліоративної системи землекористування, що була розроблена в Україні ще в 1980–1990 рр. Суть її полягає у диференційованому використанні земельних ресурсів, що передбачає їх поділ на еколого-технологічні групи (ЕТГ), контурну організацію території, застосування протиерозійних заходів постійної дії, комплексу агротехнічних заходів та досягнення в сівозмінах бездефіцитного балансу гумусу, азоту, фосфору і калію.

Найскладнішими складовими є протиерозійні заходи постійної дії, які забезпечують управління поверхневим стоком і по суті є гідрохімічними бар'єрами в агроландшафтах *(Е.А. Гаршинев, 1980).* Конкретні параметри цих заходів визначаються під час створення проектів землеустрою і застосовуються у найкритичніших в ерозійному вимірі місцях землекористування, в тому числі з високим ризиком яроутворення, замулення малих річок, струмків та ставків. Поряд із тим широке виробниче випробування в різних ґрунтово-кліматичних умовах

засвідчило про високу агроекологічну і економічну ефективність цієї системи землекористування.

За програмою «Зерно» площа просапних культур, у тому числі кукурудзи і сої, до 2015 р. збільшиться на 30% порівняно з нинішньою. Тому, на фоні підвищення ризиків посилення опадів у вигляді злив та вітрового режиму можна впевнено прогнозувати інтенсифікацію ерозійних процесів у всіх ґрунтово-кліматичних зонах. Цей прогноз видається ще більш реалістичним з огляду на потепління клімату, коли спостерігатиметься просування на північ, навіть в зону Полісся, таких просапних культур, як кукурудза, соняшник та соя. Разом з низькою протиерозійною стійкістю ґрунтів, високою питомою вагою просапних культур та проявом опадів у вигляді злив це спричинить надзвичайно високий ризик інтенсифікації ерозійної деградації ґрунтів. Так само це стосується регіонів сумісної дії водної ерозії і дефляції, що характерно для степової зони. Знищення більшості каркасів агроландшафтів – полезахисних лісосмуг, посилення вітрового режиму, розпорошення ґрунту та зменшення його протиерозійної стійкості через дегуміфікацію зумовлює формування катастрофічних пилових (чорних) бур та посилення водної ерозії.

На фоні відмічених змін клімату підвищення ризиків ерозійної деградації ґрунтів, а також сучасних орендних земельних відносин, потребує удосконалення організаційних принципів реалізації на практиці ґрунтоводоохоронної контурно-меліоративної системи землекористування.

Насамперед, це стосується створення її каркасу, в т.ч. контурної організації території, застосування лісомеліоративних та гідротехнічних заходів. За нинішніх умов їх впровадження на сучасному етапі повинно виконуватися не на території окремо взятих господарських структур, а в межах формування екологічно стійкого агроландшафту водозбірного басейну малої річки.

Комплекс агротехнічних заходів, серед яких збереження та підтримка протиерозійної організації території землекористування, впровадження екологічно обґрунтованих сівозмін, ґрунтозахисного обробітку, залуження водостоків, відтворення родючості ґрунту, що передбачені проектом землеустрою, повинен виконуватись кожним землевласником та землекористувачем, на території яких розташовані

водозбірні басейни малих річок. Контроль за виконанням комплексу ґрунтоводоохоронних заходів може бути покладений на Державну інспекцію сільського господарства України *(О.Г. Тараріко, та ін., 2013).*

Отже, як видно з наведених літературних джерел, застосування грунтозахисного обробітку ґрунту з органо-мінерального системою удобрення і залишанням на полях рослинних решток, не лише мінімізує втрати ґрунту через стік, а й певною мірою підвищує урожайність основних сільськогосподарських культур.

5.3. Лісомеліоративні заходи

Лісомеліоративні насадження належать до протиерозійних заходів постійної дії і є багатофункціональними за своїми властивостями. Вони послаблюють силу вітрів і поліпшують мікроклімат полів, сприяють снігозатриманню і перешкоджають здуванню снігу у гідрографічну мережу, затримують і регулюють стік талих і зливових вод, сприяють поліпшенню гідрологічного режиму території і підвищують вологість ґрунту на полях, захищають ґрунти від змиву і розмиву, а також дефляції, створюють стійкі форми агроландшафту, які є направляючими для проведення обробітку ґрунту і посіву сільськогосподарських культур. Комплекс протиерозійних лісових насаджень утворюють вітроломні та водорегулюючі полезахисні лісові смуги, розташовані з урахуванням рельєфу місцевості та основного напрямку пануючих вітрів; прибалкові, прияружні та прибережні лісові смуги; суцільні та куртинні лісові насадження на сильноеродованих, деградованих та інших, непридатних для сільськогосподарського виробництва землях.

Захисні лісові насадження займають провідне місце у системі протиерозійних заходів. Екологічна функція лісу використовується як засіб охорони і збереження земель від водної і вітрової ерозії та запобіганню від опустелювання їх, ознаки якого на Україні вже починають проявлятися.

Нині на полях сільськогосподарських підприємств є близько 1,2 млн. га захисних насаджень різного призначення, в тому числі 412 тис. га полезахисних лісових смуг. Близько 4 тис. аграрних підприємств мають закінчені системи захисних насаджень, які захищають близько 13 млн. га ріллі, забезпечуючи стабілізацію і підвищення урожаю сільськогосподарських культур.

Правильно спроектовані і створені захисні лісові насадження (лісосмуги) здатні відповідати умовам природного лісу, спроможні ефективно діяти у просторі і часі. У часі – від початку створення до подальшого поширення впливу наступних поколінь дерев. У просторі – розвиваючись вгору, в глибину, тобто потужніше за будь-які інші рослинні угрупування, захищаючи при цьому інші складові частини агроландшафту, посилюючи його біологічну стійкість за рахунок збереження біорізноманіття.

Таблиця 5.1. **Протиерозійні заходи, рекомендовані до впровадження за різного ступеня розвитку ерозійних процесів**

Клас ерозійної небезпеки	Протиерозійні заходи
1	Загальноприйняті технології вирощування сільськогосподарських культур та іншого використання земельних ресурсів без додаткового протиерозійного упорядкування території.
2	Критичний аналіз технологій використання земельних ресурсів. Виявлення і усунення грубих помилок у технологічному процесі. Зниження сільськогосподарського навантаження на ландшафти (зменшення площі ріллі, мінімізація технологій тощо).
3	Розробка генеральної схеми протиерозійних заходів. Невідкладний перехід на екологічно «чисті» технології. Агроландшафтне протиерозійне упорядкування на підставі розроблених інженерними методами проектів.
4	Різке скорочення ріллі (не менш як на 40–50%). Зміна спеціалізації сільського господарства, формування кормової бази за рахунок природних кормових угідь. Повсюдне суцільне заліснення малорозвинених сильно деградованих та малопродуктивних земель. Систематичний всебічний контроль за використанням земель, налагоджування оперативного кризового моніторингу.
5	Планування спеціальної меліорації і рекультивації земель. Скорочення ріллі понад 50%. Оголошення території зоною екологічного лих.

Екологічні функції лісосмуг, від яких залежить інтенсивність ерозійних процесів:

- ❖ Захисна кліматорегулююча – сприяє захисту сільськогосподарських угідь, поліпшенню мікроклімату;
- ❖ Водорегулююча – пов'язана із гальмуванням енергії опадів під час злив, зменшенням швидкості поверхневого стоку за створення гідравлічної шорсткості поверхні ґрунту вкритого лісовою рослинністю та підстилкою;
- ❖ Водовбирна, яка проявляється при підвищеній водопроникності та вологоємкості підстилки і ґрунту, що забезпечує переведення поверхневого (незарегульованого) стоку у ґрунтовий;
- ❖ Ґрунтозахисна, що полягає у попередженні змиву, розмиву ґрунту завдяки поліпшенню агрофізичних та водно-фізичних властивостей, і як наслідок має добре розвинений кореневмісний шар, густо насичений корінням деревної та чагарникової рослинності, яка забезпечує протиерозійну стійкість ґрунту;
- ❖ Кольматуюча, що забезпечує затримання пилуватої фракції ґрунтових часток при втраті транспортуючої здатності поверхневого стоку;
- ❖ Відновлювальна, що залежить від поступового поліпшення екологічного стану еродованих територій завдяки формуванню лісового середовища.

З метою забезпечення фільтрації стоків із схилів та затримання його твердих часток, звільнення від забруднюючих реагентів на прибережних земельних ділянках створюються кольматуючі лісові смуги або смуги із посівів багаторічних трав.

Прибережні захисні смуги розміщують по обидва береги річок та навколо водойм уздовж урізу води (у меженний період) шириною:

- ❖ для малих річок, струмків, потічок, ставків площею < 3 га – 50 м.;
- ❖ для середніх річок, водойм, а також ставків площею > 3 га – 25 м. Якщо крутизна схилів перевищує 3°, мінімальна ширина прибережної захисної смуги подвоюється.

Система заходів із захисту ґрунтів від водної ерозії відіграє позитивну роль у сприянні життєдіяльності дикої фауни. Полезахисні, прияружні, прибалкові та прибережні лісові смуги, суцільні і куртинні лісові насадження є місцем проживання або перебування, гніздування і розмноження диких

птахів і тварин. Введення у лісонасадження ягідних і плодових насаджень доповнюють їх кормову базу. Важливим є і те, що в агроландшафтах захисні лісові насадження збільшують їх екологічну різноманітність, збагачують флору і фауну, покращують розвиток всіх життєвих процесів, сприяють розширенню енергетичних зв'язків між біотопами *(В.Н. Виноградов, 1983).*

Нормативи водно-ерозійних процесів представлено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2. **Інтенсивність ерозійних процесів та протиерозійні заходи, які необхідно застосовувати *(С.Ю. Булигін, Д.О. Тимченко, 1998)***

№ за/п	Ступінь розвитку ерозійного процесу	Нормативи за окремими показниками	Протиерозійні заходи
1.	Норма-льний	Норма середньорічної ерозійної втрати ґрунту: - дерново-підзолисті і ясно-сірі ґрунти: 1,8-2,4 т/га; - сірі і темно-сірі ґрунти: 2,2-2,5т/га; - чорноземні ґрунти: 2,6-4,5 т/га; - темно-каштанові і каштанові: 2,0-2,5 т/га	Такий рівень ерозії не впливає на родючість ґрунтів. Використання загальноприйнятих технологій вирощування сільськогосподарських культур без додаткового протиерозійного упорядкування території
2.	Задо-вільний	Щорічні ерозійні втрати ґрунту більші за ”норму” в 1,5-3 рази	Критичний аналіз організації території та технологій використання земельних ресурсів. Виявлення і усунення грубих помилок у агротехнологічних процесах, структурі посівів площ і сівозмін
3.	Перед-кризовий	Щорічні ерозійні втрати ґрунту більші за ”норму” в 3-5 разів	Системний підхід до удосконалення системи землекористування в тому числі перехід на контурно-меліоративну систему землеробства, застосування ґрунтозахисних технологій обробітку ґрунту, консервація середньо- та сильноеродованих ґрунтів

Продовження таблиці 5.2

4.	Кризовий	Щорічні ерозійні втрати ґрунту більші за ”норму” в 5-7 разів	Запровадження повного комплексу ґрунтозахисної контурно-меліоративної системи землеробства, при необхідності здійснення рекультивації земель, консервація середньо- і сильноеродованих ґрунтів
5.	Катастро-фічний	Щорічні ерозійні втрати ґрунту більші за ”норму” у 7 разів і вище	Запровадження ґрунтозахисної контурно-меліоративної системи землеробства, консервація еродованих ґрунтів

Польова гідрографічна мережа – це система природних та штучно створених заходів у полях сівозмін із безпечного відведення, скидання, утримання або транспортування (переміщення) стоків талих і дощових вод. Вона передбачає створення на орних землях, на масивах багаторічних насаджень і кормових угідь, водорегулюючих земляних валів різних типів, системи полезахисних лісових смуг, комплексу гідротехнічних протиерозійних споруд, включаючи залужені улоговини, струмки по днищах балок, річок та природних водних джерел, що є складовими гідрографічної мережі.

Завдяки створенню польової гідрографічної мережі водозбірна площа в агроландшафтах розбивається на малі водозбори. Це сприяє зниженню швидкості стоку талих і дощових вод та переведення їх у підґрунтовий стік і підвищення вологості ґрунту протягом року, а також безпечному відведенню і скиданню надлишку води через природні та штучно створені залужені водостоки та водоскидні споруди в річки, ставки, озера і недопущення або зменшення їх замулення та забруднення продуктами ерозії шляхом затримання твердого стоку в межах водозбору.

Терасування схилів – це агротехнічний захід, спрямований на зменшення водної ерозії на схилових землях, завдяки розчленуванню довгих схилів на короткі ділянки з невеликими площами водозбору. Цей захід забезпечує зменшення об'єму та швидкості стоку талих і дощових вод, а також безпечне відведення їх надлишку у гідрографічну мережу.

6. ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ НАОРНИХ ВАЛІВ-ТЕРАС НА ЗМЕНШЕННЯ ЕРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ НА СІРИХ ЛІСОВИХ ҐРУНТАХ

6.1. Характеристика об'єкту дослідження із наорними валами-терасами

З метою досліджень еродованості ґрунтів використовують різноманітні заходи зі зменшення їх змиву. Одними із таких є впровадження на силових землях гідротехнічних споруд, насамперед, терасування схилів, що полягають у створенні ряду наорних валів-терас через певну відстань поперек схилу, які суттєво зберігають і концентрують на своїй поверхні змитий ґрунтовий дрібнозем, не даючи йому акумулюватися у підніжжі схилу.

У 2002–2003 рр. нами були проведені дослідження із вивчення ефективності створених валів-терас в стаціонарному досліді відділу сільськогосподарського землекористування і захисту ґрунтів від ерозії Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН» України на базі агрокомбінату "Хотівський", який розташований в південно-східній частині Києво-Святошинського району, Київської області на відстані 25 км від м. Києва. На території господарства знаходяться села Хотів, Лісники, Пирогів, Чапаївка, Ходосіївка та хутір Кременище.

Центральна садиба і адміністрація розміщена в селищі Хотів. За агрокомбінатом закріплено 7440,2 га землі, в тому числі: орної 1961,5 га, багаторічних насаджень 309,2 га, сіножатей 549,3 га, пасовищ 589,0 га, лісів 893,8 га, чагарників 72,6 га, боліт 519,0 га, пісків 124,2 га, ярів та глинищ 266,2 га, інших 2155,4 га.

Природна зона розміщення господарства – Лісостеп України, провінція Лісостеп правобережний високий. Територія агрокомбінату "Хотівський" відноситься до Київського передполіського агроґрунтового району. До досліджуваних масивів входять два схили різної крутизни та заліснений яр, який припинив активний ріст.

Загальна площа дослідного полігону становить 158 га. Експозиція схилів – східна. Глибина місцевих базисів ерозії складає 52 м. Для припинення інтенсивних ерозійних процесів, в тому числі активного росту п'яти ярів на цій території стаціонару побудовано комплекс земляних

гідротехнічних споруд (вали-тераси різних типів, залужені водостоки, водозбірний ставок). На схилі 7–10° побудовані водозатримуючі вали із сухим відкосом, які здійснюють повне затримання талих та зливових опадів з можливістю аварійного скиду стоку більш, ніж 10% забезпеченості, а на схилі 3–5° – водовідвідні вали з безпечним відведенням стічних вод через систему залужених водостоків (рис. 6.1).



***Рис. 6.1*. Аерофотознімок території полігону перед будівництвом наорних валів-терас (1968 р.)**

6.1.1. Геоморфологічна будова об'єкту досліджень

Досліджуваний полігон з контурно-меліоративною організацією території знаходиться в придніпровській смузі Київського плато, яке

складено з поверхні лесовидними суглинками, в зв'язку з чим тут сформувались лесові ерозійні ландшафти. Тут виділяється ряд морфологічних різновидів балкових схилових форм:

- ❖ балки великі (оформлені) з виробленим повздовжнім профілем, які вирізняються досить великою глибиною зрізу (50–60 м), асиметричністю схилів, наявністю на схилах балкових терас;
- ❖ балки перехідного типу, виробки поздовжнього профілю яких знаходяться на стадії завершення із згасаючими процесами глибинної ерозії;
- ❖ балки невеликих розмірів, які активно розвиваються під дією глибинної ерозійної діяльності тимчасових потоків води.

Довжина балкових форм змінна і залежно від площі водозбору знаходиться в межах від декількох сотень метрів до 10–15 км і більше. Дослідне поле з системою валів-терас із верхнім оброблюваним і нижнім крутими відкосами знаходяться на схилі північно-східної експозиції Гвоздовської балки, яка відкривається в долину річки Сіверки, що впадає у Дніпро. Абсолютні висоти в цьому районі знаходяться в межах 185–190 м, а відносний перепад висот від верхньої частини схилу дослідного поля до лінії тальвегу складає 54 м.

Четвертинні відклади з поверхні складені грубопилуватими лесовидними суглинками потужністю 5–10 м, які підстилаються водно-льодовиковими пісками, озерно-льодовиками і моренними валунними суглинками. Їх загальна потужність становить 25–30 м. Корінні відклади в цій частині Київського плато мають загальну потужність 170 м і більше та представлені послідовними шарами строкатих і бурих глин, полтавських і харківських пісків, глин, мергелів Київської свити, бучакськими пісками і глинами.

Сучасні вододіли в тій частині лесової рівнини, що прилягає до правого корінного берега р. Дніпро помітно звужені, мають куполоподібний характер і тому чітко виражені в елементах мезорельєфу. Тут добре проглядається асиметрія схилів: схили південної і західної експозиції більш крутіші порівняно із схилами північної та східної експозиції.

6.1.2. Історична пам’ятка про об’єкт досліджень

Згідно літературних джерел вказана територія на 70% в минулому була вкрита лісовими екосистемами, а тому ґрунтовий покрив представлений, в основному, сірими лісовими ґрунтами.

За часів Київської Русі ліси вкривали вдвічі більшу територію України, ніж на сьогодні – приблизно 22–24 млн. га. Агротехнічна освоєність природних комплексів правого корінного берега р. Дніпро інтенсивно розвивалась в другому тисячолітті нашої ери. Це значні за масштабом переміщення дрібнозему при будівництві сторожових постів на найвищих точках рельєфу правого корінного берега р. Дніпро. Ліси зводились для будівництва жител, їх опалювання, звільнення площ для заняття землеробством.

Антропогенні процеси в ландшафтах Правобережжя середньої частини долини р. Дніпро призвели до сильного розвитку лінійної ерозії та змиву. Інтенсивній діяльності тимчасових потоків сприяють, як кліматичні умови (часті зливи в теплий період року, досить швидке танення снігу весною), так і наявність в товщі лесовидних суглинків і лесів, які легко розмиваються.

Присутність потужної товщі делювіальних наносів на шлейфах схилів, днищах балок, притерасній високій частині заплави р. Дніпро свідчить про колосальні розміри площинного змиву з вододільних і схилових територій. Домінуючий ґрунтовий покрив району досліджень в місцях поширення лесових порід – ясно-сірі і сірі лісові ґрунти різного ступеня змитості.

За останні 50 років у найбільш еродованих правобережних районах середнього Придніпров’я було виконано великий об’єм робіт із створення ландшафтно-інженерних систем: протиерозійних земляних споруд, водовідвідних лотків і водостоків, водозабірних ставків, тощо.

6.1.3. Природно-кліматичні умови

Ґрунтоутворюючими породами корінного плато є верхньочетвертинні карбонатні лесовидні суглинки еолового походження, що плащеподібно вкривають плато та схили балок. В сільськогосподарському відношенні – лес найбільш цінна

ґрунтоутворююча порода, в складі якої знаходиться багато карбонатів кальцію у вигляді карбонатних прожилок.

На території господарства значне поширення мають всі види рослинних формацій, що характерні для Київського Лісостепу. Із деревної рослинності поширені: дуб, граб, осика, липа, на заболочених ділянках – вільха, ліщина, береза, сосна. З лучної і болотної рослинності на заплаві річки Дніпро та на дні балок переважають дрібні осоки, вологолюбні злаки, костриця лучна, гусячі лапки, різнотрав'я, ситники, тощо.

За середніми багаторічними даними Київської метеостанції середньомісячні та річна температури повітря характеризуються такими показниками (табл. 6.1):

***Таблиця 6.1*. Середньомісячна багаторічна температура та за роки досліджень, ºС**

Місяці	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Річна
Темпе-ратура багаторічна	-6,8	-6,2	-0,5	7,0	14,0	17,5	19,5	18,0	19,5	7,0	1,0	-3,5	7,2
2002 рік	-3,0	3,3	5,0	9,0	15,7	18,0	23,3	19,7	13,5	7,1	3,7	-8,8	8,8
2003 рік	-4,4	-6,8	-0,5	6,5	19,0	17,9	20,7	19,2	12,8	–	–	–	–

Загалом, такі температури цілком сприятливі для вирощування сільськогосподарських культур, однак в окремі роки бувають відхилення (абсолютний максимум може досягати +37 ºС, мінімум (-35ºС). Це вказує на можливі випадки вимерзання озимих культур в малосніжні зими і "підгоряння" на корені зернових та інших культур в періоди жаркого літа.

Початок періоду активних температур – третя декада квітня, кінець – перша декада жовтня. Сума активних температур до першої декади жовтня досягає 2700ºС. Тривалість періоду з температурою 10ºС – 160 днів, безморозного періоду – 165 днів, а періоду із сталим сніговим покривом – 95 днів.

В Києво-Святошинському районі більшість районованих культур теплом повністю забезпечені, оскільки сума біологічних температур, потрібних для їх достигання, цілком достатня.

Крім забезпеченості теплом, необхідно знати ще і вологозабезпеченість, яка має виключно велике значення для формування врожаю.

Аналізуючи таблицю 6.2 бачимо, що близько 75% загальної кількості опадів випадає в період вегетації рослин, що створює умови для одержання високих врожаїв всіх сільськогосподарських культур, районованих для цієї зони. Режим річних та місячних опадів – нестійкий. У дощові роки сума опадів може досягати інколи 800 мм, а в посушливі – знижуватись до 350 мм. Запаси продуктивної вологи в ґрунті бувають найкращими на початку весни – в метровому шарі ґрунту 160–180 мм вологи. Протягом вегетації сільськогосподарських культур запаси ґрунтової вологи поступово зменшуються.

Таблиця 6.2. **Багаторічна середньомісячна та річна сума атмосферних опадів в (мм)(метеостанція Київ)**

Місяці	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Загальна
Значення вологи	38	31	43	49	56	70	64	61	50	40	37	42	581

В умовах теплого зволоженого клімату гідротермічний коефіцієнт (ГТК) знаходиться в межах 1,2–1,3. Що стосується домінуючих вітрів, то варто зауважити, що взимку переважають північно-західні та північно-східні, навесні – південно-східні, влітку – південно-західні, західні та південні вітри.

Тривалість залягання снігового покриву, в середньому становить 90–95 днів. Щодо впливу кліматичних показників на характер ґрунтового вкриття, слід зауважити, що часті зливові опади влітку та бурхливе танення навесні, в умовах розчленованого хвилястого рельєфу корінного плато, сприяють інтенсивності поверхневого стоку, змиву і розмиву ґрунтів. Ґрунтові води на об’єкті досліджень знаходяться глибоко і на процеси ґрунтоутворення не впливають. На найбільш високих ділянках корінного плато вони перебувають на глибині 50–60 м від поверхні.

6.1.4 Програма досліджень

Дослідження проводили у 2002–2003 рр. Спостереження в дослідах велися на трьох елементах валу-тераси: в нижньому і верхньому "ставках" і на плато, що найповніше, на нашу думку, може характеризувати протиерозійну стійкість земляної споруди (рис.).

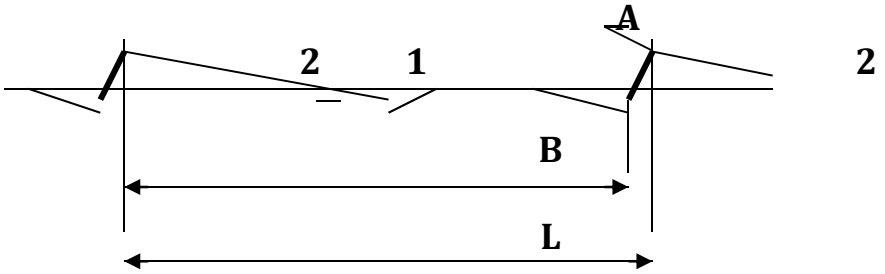


Рис. 6.2. **Схема складових полотна наорної тераси**

L – відстань між осьовими лініями валів, 50 м.

B – ширина полоси, яка обробляється,

A – крутий відкіс валу, засіяний багаторічними травами,

1 – верхній ставок, 2 – нижній ставок.

Ґрунти досліджуваної території – сірі лісові середньо - та сильно змиті, які характеризуються наступними показниками: вміст фізичної глини – 29,3–31,0 в тому числі мулу – 14,9–17,6%, гумусу – 1,4–1,6%, pH водний – 5,9–6,5, гідролітична кислотність – 2,0–2,5 мг-екв/100г ґрунту.

Для визначення агроекологічної ефективності валів-терас, ерозійних процесів, напряму і інтенсивності переміщення ґрунту, та поверхневого стоку було проведено низку експериментальних досліджень:

- ❖ водний режим ґрунту на різних елементах терасованого схилу (висота снігового покриву, глибина промерзання та вологість ґрунту на протязі теплого періоду року);
- ❖ виявлення ерозійних процесів після сніготанення і зливових дощів (обмір водорівчаків, фіксація конусу виносу дрібнозему);
- ❖ фізичні властивості ґрунту в теплий період року (щільність складення, структурно-агрегатний склад, твердість і температура ґрунту);
- ❖ визначення фізико-хімічних параметрів кореневмісного шару ґрунту по елементах терас і їх агроекологічна оцінка;

❖ аналіз видового і кількісного складу, та біомаса ґрунтової мезофауни на різних елементах техногенно-порушеного ґрунту і в природному ценозі;

❖ фенологічні спостереження за травостаном дослідного поля по варіантах (висота і кількість рослин, біомаса).

6.2. Дослідження процесів стоку і змиву на сірих лісових ґрунтах в системі валів-терас

Об'єктом дослідження був складний схил східної експозиції з крутизною 3–5º, 5–7º і 7–10º (рис. 6.3). Довжина схилу становить 350 м із наявністю 9 рубежів валів-терас. Спостереження за поверхневим стоком в період танення снігу (при лютневих відлигах та у березні), дає підставу стверджувати про відсутність явищ змиву дрібнозему і розчинних речовин по всій довжині схилу.



Рис. 6.3. **Загальний вигляд наорних валів-терас, як об'єктів гідротехнічних протиерозійних споруд**

Суцільне обстеження території дослідного полігону 12 червня 2002 року на предмет виявлення змиву дрібнозему схилових ґрунтів після випадання інтенсивних зливових опадів за першу декаду червня (85 мм)

показало, що на досліджуваних масивах відсутня помітна струминна ерозія ґрунтів. Лише в межах окремої тераси відмічена в нерівностях поверхні ґрунту мікрозападинно-струменева ерозія, що пов'язано із обробітком ґрунту важкою дисковою бороною. Також не було виявлено продовження росту відвершків яру під лісовими насадженнями. Візуальні спостереження вказують на суттєву ефективність протиерозійних заходів – створення валів-терас і насадження лісосмуги.

6.3. Вплив наорних валів-терас на водний режим ґрунту

Використання валів-терас на схилових землях змінює водний режим території, затримуючи воду опадів та снігу, що тане. У зимовий період ці споруди виконують ще одну важливу функцію – снігозатримання. Зимово-весняний період 2001–2002 рр. характеризувався порівняно високими температурами повітря, низькою кількістю опадів, частими відлигами, протягом яких сніг відтавав практично повністю. Дружнього сніготанення не спостерігалось. У період відлиг місцями спостерігався стік та змив ґрунту слабкої інтенсивності. Заміри стоку і змиву проводили у період відлиг 11 лютого і 4 березня 2002 року.

Розподіл снігу по території був нерівномірний, його щільність в середньому становила 0,397 г/см^3. Запаси води у шарі снігу під озиминою складали 8,84 мм, за укриття снігом 30% площі території – нерівномірно, (сніг в основному зберігся в нижніх частинах валів-терас). На міжтерасних ділянках, зайнятих злаковими травами, снігове вкриття становило на верхній частині схилу 20%, запаси води у снігу – 12,05 мм.

Встановлено, що у 2002 р. найбільші додаткові запаси снігу 52,5–57% від загальних формуються у верхньому ставку. Дещо меншими вони є у нижньому ставку – 32,6–37,3%, а в середині міжтерасного простору додаткове накопичення снігу коливається від 8 м^3/га в першій терасі на схилі 3–5º до 80,4 м^3/га – в шостій терасі схилу 7–10º. Менша відстань між валами на схилі 7–10º сприяла більшому нагромадженню снігу, порівняно зі схилом крутизною 3–5º. У середньому на терасованому схилі 7–10° за зимовий період додатково накопичилося 379 м^3/га снігу, що на 30,3% більше, порівняно із нетерасованим схилом.

Під час досліджень полігону 11 лютого 2002 року встановлено, що у цей період спостерігався солярно-адвективний тип сніготанення,

внаслідок якого ґрунт майже всюди відтанув. Лише під час нічних заморозків відбувалось промерзання поверхневого шару ґрунту на 5–6 см, завдяки чому до поверхні ґрунту підтягувалась волога і солі карбонатів кальцію та магнію. За денного підвищення температури повітря починав танути сніг та відтавати ґрунт. В результаті невеликі струмки на озимих утворювались за рахунок надлишку вологи верхнього шару ґрунту і води, що поступала від танення снігу. Вологість верхнього 0–3 см шару ґрунту на озимих змінилась від 25,4 до 29,2%, щільність 1,25–2,10 г/см^3. На багаторічних травах стік не спостерігався.

Провівши дослідження 4 березня 2002 року ми визначили, що спостерігався адвентивний тип сніготанення. В цей період ґрунт між відлигами промерзав добре, тому рух вологи був можливо тільки в товщі, що відтанула: на озимих це 1,5–6,0 см, на багаторічних злакових травах – 0–2 см. Окрім того, на озимих спостерігалось деяке збігання води донизу по схилу, що сприяло невеликому змиву ґрунту у шарі, що ще не відтанув. При цьому були виражені неглибокі промивини, переважно по закрайках полів, де вали-тераси не перешкоджали концентрації стоку, а в деяких випадках навіть і сприяли. Вологість верхнього 0–3 см шару ґрунту на озимих становила 28,6–36,5%, щільність 0,91–1,50 г/см^3 (рис. 6.4).



Рис. 6.4. **Проведення вимірів висоти снігового покриву та вологості ґрунту по варіантам дослідів**

В умовах зими 2003 року на період сніготанення висота зледенілого снігового покриву знаходилась в межах 6,3–7,3 см, а товщина чистого льоду досягала 3,8–4,3 см. В цілому загальні запаси води в сніговій товщі на цей період складали 54,3–57,2 мм. Глибина промерзання ґрунту досягла 70–80 см. Дещо меншим було промерзання на варіанті верхнього "ставка" (табл. 6.3).

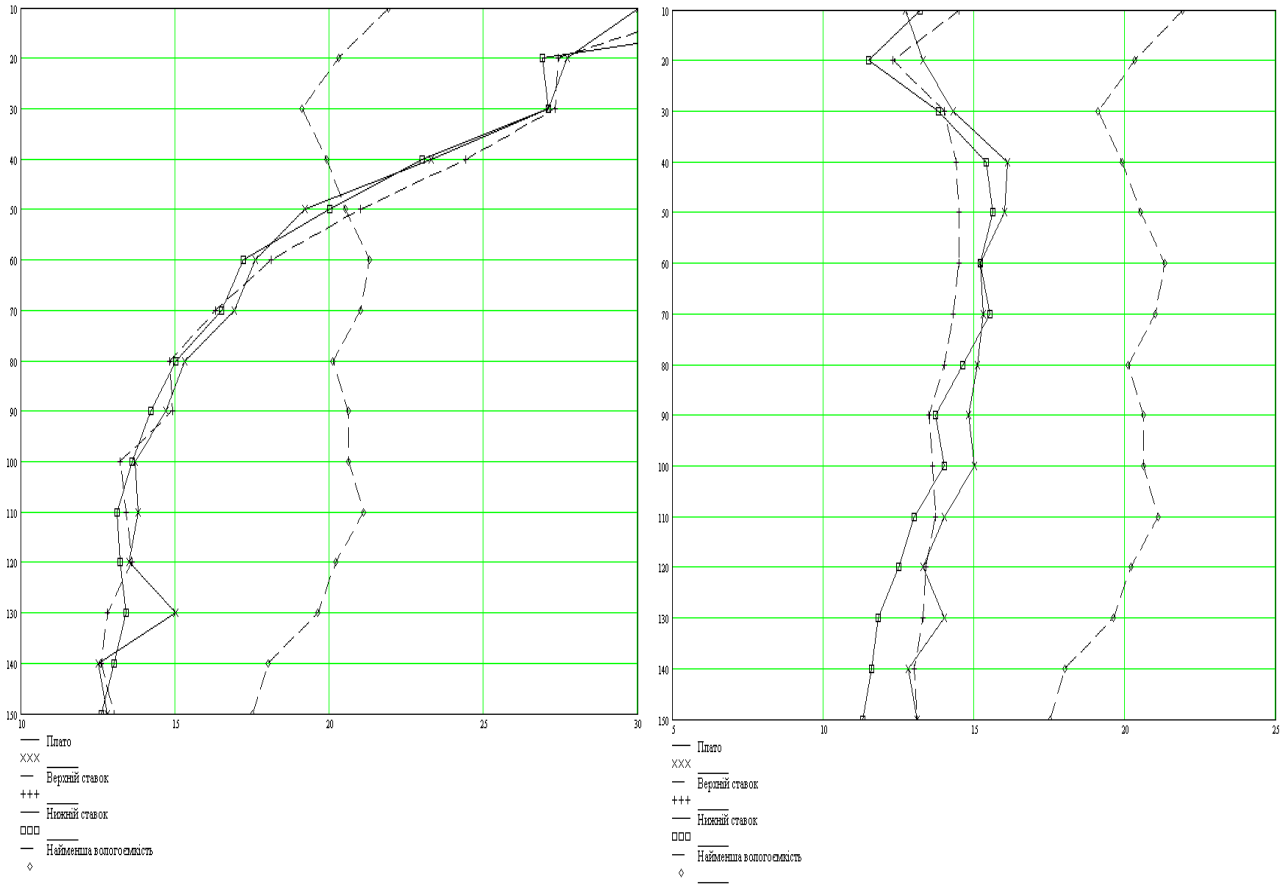
Таблиця 6.3. **Висота та запаси води в снігу**

Варіант ділянки	Висота снігу, см	Запаси води в снігу, мм	Товщина льоду, см	Запаси води в льоду, мм	Загальні запаси води, мм	Глибина проме-рзання, см
Центральне плато	7,0	28,0	3,8	26,3	54,3	80
Верхній "ставок"	7,3	29,2	4,0	28,0	57,2	70
Нижній "ставок"	6,3	25,2	4,3	29,8	55,0	80

Загалом розподіл вологи в ґрунті по полях терасованих земель відбувався практично рівномірно. Так, у 2002 році на схилі крутизною 3–5° запаси вологи після весняного сніготанення в шарі ґрунту 0–150 см коливалися від 143 мм на першій терасі до 151 мм в шостій терасі. Це свідчить про ефективність впроваджених валів-терас для повного зарегулювання стоку, а отже і призупинення ерозійних процесів.

В цілому, на всіх терасах схилів спостерігається однакова закономірність розподілу вологи по елементах валу-тераси – збільшення кількості води у верхньому ставку, порівняно з іншими елементами терасованого схилу. Площа додаткового зволоження на схилах з валами-терасами складає від 17,5% до 23,3% залежно від відстані між ними. На терасованих схилах 7–10º, порівняно зі схилами 3–5º добре виражена водоакумулююча роль зони верхнього ставка і власне "тіла" валу-тераси. За рахунок бокового горизонтального пересування плівчато-капілярної води спостерігається підвищення запасів продуктивної вологи в зоні ставка на 5–8%, порівняно з серединою тераси.

На 11 березня 2003 року у верхньому 0–50 см шарі волога знаходилась в межах 18,6–26,8% від маси ґрунту, нижче в шарі 50–150 см показники її були суттєво меншими – в межах 12,1–16,9% (рис. 6.5). Таким чином, рівень промочування ґрунту талими водами сягав десь півметрової товщі, у нижніх шарах вміст води був незначний і знаходився в діапазоні НВ–ВРК (додаток А). На кінець травня вміст вологи в 0–150 см шарі ґрунту на всіх варіантах досліду помітно зменшився, особливо у верхніх горизонтах, що пов'язано, на нашу думку, із фізичним випаровуванням води з поверхні, а також транспірації її рослинами. Активний вологообмін за цей період відбувався в основному в 0–80 см шарі. Нижче вологість ґрунту була на рівні попереднього спостереження.



а б

Рис. 6.5. **Уміст вологи в сірому-лісовому ґрунті по елементах терасованого схилу (у % від маси ґрунту)**

(а – в період сніготанення, березень; б – в період інтенсивних опадів, наприкінці травня)

Варто відмітити, що за ці два з половиною місяці випала незначна кількість вологи – лише 78 мм, переважно із дрібними дощами (2–5 мм), які мало ефективні у вологонакопиченні. Суттєвої різниці між вологістю ґрунту на плато та терасованому схилі не відмічено.

Липневі спостереження за вологістю ґрунту по елементах валів-терас показали, що вологість знизилася у нижніх шарах нижче рівня ВРК і була в межах 9,2–12,7% від маси ґрунту. Тільки в верхньому 0–30 см шарі вміст води вона становила 14,2–16,2%.

Отже, у весняно-літній період вологість ґрунту була невисокою, а атмосферні опади за цей період не були ерозійно-небезпечними, тобто зливовими.

6.4. Фізичні властивості сірого лісового ґрунту

Фізичні властивості ґрунтів агроценозів – це один з найважливіших факторів їх родючості. Контроль змін фізичних параметрів, які відображають зміни процесів ґрунту, є необхідним елементом моніторингу з метою оцінки стану земель визначення найбільш ефективних прийомів їх збереження і підвищення родючості.

Якщо агрохімічна характеристика ґрунтів є однією з важливих складових частин теоретичного обґрунтування ефективного застосування добрив та хімічних меліорантів, то агрофізична характеристика є такою ж важливою складовою частиною теоретичного обґрунтування всіх основних заходів землеробства і меліорації, основними завданнями яких є в першу чергу покращення ґрунтово-фізичних умов у відповідності з вимогами сільськогосподарських рослин.

Значення фізичних властивостей ґрунту для його родючості особливо посилюється за умов інтенсивного використання сільськогосподарських земель. Застосування сільськогосподарської техніки підвищеної енергоємності і ваги, поширення площі зрошення, застосування рідких органічних добрив – це ті фактори, що можуть призвести до погіршення фізичного стану орних земель, їх деградації.

Одним із головних факторів, що впливає на фізичні властивості ґрунту, і відповідно на умови розвитку рослин та ґрунтової мікрофлори є структурно-агрегатний склад. Особливого значення даний показник

набуває на деградованих ґрунтах з надмірною розораністю території та проявом ерозійних процесів. Велику увагу, щодо впливу структурного стану ґрунту на його родючість приділяли відомі російські вчені *П.А. Костичев, В.Р. Вільямс (1939), та інші*. Відомо, що в добре оструктурений ґрунт може проникати до 80% і більше атмосферних опадів, заповнюючи всі внутрішньоагрегатні та міжагрегатні пори, не створюючи таким чином поверхневого стоку, і відповідно не спричинювати ерозію.

Екологічне значення структурного стану ґрунту може бути визначено в різних аспектах: ґрунтовий аспект – структура несе відповідальність за збереження самого ґрунтового тіла при дії на нього факторів ерозії (води і вітру), а також на рівні з іншими фізичними властивостями відповідає за створення фізичних умов для протікання внутрішніх ґрунтових процесів, біологічний аспект – структура зумовлює забезпеченість рослин, мікроорганізмів і ґрунтової фауни водою та повітрям, температурний та газовий режим, фізичні умови розвитку кореневих систем рослин і міграції живих організмів.

Розрізняють два поняття структури ґрунту: морфологічне та агрономічне. Морфологічне значення структури обумовлено генезисом ґрунтів, а агрономічне – впливом структурного стану на водний, повітряний, тепловий режими ґрунту і біопродуктивність вирощуваних рослин *(А.Р. Водюнина, З.А. Корчагина, 1986).*

В морфологічному аспекті структура сірих-лісових ґрунтів, особливо верхніх горизонтів представлена слабоокатаними зернисто-грудкуватими агрегатами з перевагою грудок в межах 27–47% (табл. 6.4).

Вміст агрономічно-цінних агрегатів знаходився на рівні 55–65%, що оцінюється за шкалою проф. Савінова, як добра оструктуреність. Розпорошеність ґрунтової маси була невисокою, вміст пилу знаходився на рівні 2–11%, що досить позитивно з точки зору протиерозійної стійкості ґрунту проти дії води, а, особливо, вітру. Кількість макроагрегатів при мокрому просіюванні була помітною як на плато, так і на терасованих ділянках схилу. Необхідно відмітити вміст ерозійно-безпечних водостійких агрегатів, розміром > 1 мм, який складав для шару 0–10 см на плато 43%, на ділянці верхнього «ставка» – 35% і нижнього «ставка» – 48% (табл. 6.5).

Таблиця 6.4. **Структурно-агрегатний склад сірого-лісового ґрунту на різних елементах терасованого схилу**

Варіанти досліду	Шар ґрунту см	Кількість макроагрегатів при сухому просіюванні, % розмір, мм				коефіцієнт структурності
		більше 10	10–0,25	більше 0,25	менше 0,25	
Плато	0–10 10–30	28,5 35,8	60,6 60,0	89,1 95,8	11,6 4,1	1,51 1,50
Верхній “ставок”	0–10 10–30	28,7 37,0	65,0 58,4	93,7 95,4	6,3 4,6	1,86 1,40
Нижній “ставок”	0–10 10–30	27,1 47,5	64,9 50,3	92,0 97,8	7,9 2,2	1,85 1,01

Таблиця 6.5. **Водостійкість структурних агрегатів сірого-лісового ґрунту на різних елементах терасованого схилу**

Варіанти досліду	Шар ґрунту, см	Кількість макроагрегатів при мокрому просіюванні, % розмір, мм			Коефіцієнт водостійкості	Середньозважений діаметр агрегатів, мм
		більше 1,0	більше 0,25	менше 0,25		
Плато	0–10 10–30	43,0 27,7	73,0 74,8	27,0 25,2	0,82 0,78	1,73 1,21
Верхній “ставок”	0–10 10–30	34,6 40,6	73,0 79,4	27,0 20,7	0,78 0,83	1,46 1,67
Нижній “ставок”	0–10 10–30	48,0 13,5	77,1 72,5	23.0 27,5	0,84 0,74	1,99 0,91

Отже, структурно-агрегатний склад сірого-лісового ґрунту, на різних елементах терасованого схилу, в ґрунтово-екологічному відношенні оцінюється як «відмінний» (додаток Б) і в певній мірі можна прогнозувати, що прояви водної ерозії на даних ділянках можуть бути незначними.

Спостереження за параметрами щільності складення сірого-лісового ґрунту на протязі теплого періоду року показали, що даний показник в

верхньому 0–10 см шарі мало змінюється на протязі вегетаційного періоду, що викликано залуженням терасованої території райграсом, а в зв'язку з цим мінімальним технічним навантаженням на ґрунт. В цілому щільність 0–10 см шару ґрунту були оптимальною і знаходилась по варіантах досліду в межах 1,15–1,30 г/см^3 (рис.), окрім ділянки ґрунту, занятою лісосмугою, де щільність верхнього шару складала 1,01 г/см^3 (табл. 6.6).

Таблиця 6.6. **Щільність складення сірого-лісового ґрунту на різних елементах терасованого схилу, г/см^3**

Варіанти досліду	Глибина, см	Період досліджень			
		червень 2002 р.	травень 2003 р.	червень 2003 р.	вересень 2003 р.
Плато	0–10 10–30	1,24 1,54	1,30 1,42	1,25 1,40	1,23 1,36
Верхній "ставок"	0–10 10–30	1,25 1,34	1,27 1,46	1,20 1,38	1,19 1,37
Нижній "ставок"	0–10 10–30	1,27 1,41	1,21 1,39	1,15 1,34	1,18 1,39
Лісосмуга	0–10 10–30	1,11 1,39	1,16 1,44	1,01 1,41	1,11 1,37



Рис 6.6. **Визначення фізичних показників ґрунту в полі**

В нижній частині ґрунту (10–30 см) щільність була помітно вищою, особливо на плато – 1,40–1,54 г/см^3, що мабуть зв’язано з щільнішою упаковкою непорушених макроагрегатів.

Температура ґрунту є найважливішим екологічним чинником, що визначає життєві умови для вищих рослин, ґрунтової мікрофлори і фауни. Функцією від температури є швидкість хімічних реакцій в ґрунті, а також випаровування і дифузія *(В.А. Ковда, 1986).* Суттєво впливає температура ґрунту на життєдіяльність мікроорганізмів і пов'язані з нею біохімічні процеси: розкладання органічної речовини, амоніфікацію, нітрифікацію[2].

Основним джерелом тепла в ґрунті є сонячна радіація. В наших дослідженнях акумуляція тепла ґрунтом залежала від властивостей поверхні і верхніх горизонтів – забарвлення, гранулометричного складу, щільності, структури, вмісту вологи, термічних характеристик (табл. 6.7).

Таблиця 6.7. **Температура сірого-лісового ґрунту на різних елементах терасованого схилу**

Варіанти досліду	Шар ґрунту, см	Температура, °С		Температура, °С		Температура, °С	
		ґрунту	повітря	ґрунту	повітря	ґрунту	повітря
		червень 2002 р.		травень 2003 р.		липень 2003 р.	
Плато	0 – 5	18,6	22,8	22,9	24,2	25,8	26,1
	5 – 10	17,3		22,7		23,8	
	10 – 15	16,4		21,7		22,2	
	15 - 20	15,5		21,2		21,3	
Верхній “ставок”	0 – 5	19,1	23,0	23,0	24,0	25,3	26,0
	5 – 10	18,2		22,5		24,0	
	10 – 15	16,7		20,5		22,4	
	15 - 20	16,3		20,0		21,2	
Нижній “ставок”	0 – 5	19,2	23,2	24,7	25,3	25,8	25,9
	5 – 10	17,3		24,0		24,2	
	10 – 15	16,3		21,5		23,1	
	15 - 20	15,2		20,2		21,6	
Лісосмуга	0 – 5	17,9	20,6	18,0	19,7	20,2	21,3
	5 – 10	17,3		17,5		19,7	
	10 – 15	16,9		17,0		19,1	
	15 - 20	16,8		17,0		18,8	

Дані таблиці свідчать, що найбільш суттєво температура кореневмісного шару ґрунту залежала від температури оточуючого повітря. Найменше прогрівання ґрунту відмічається у варіанті лісосмуги,

що викликано розсіюванням падаючої сонячної радіації на його поверхню. Серед відкритих елементів валів-терас стабільністю ґрунтового тепла в часі вирізняється ділянка на плато з найменшими його перепадами.

6.5. Фізико-хімічні властивості

Фізико-хімічні властивості у великій мірі забезпечують ефективну родючість ґрунтів, обумовлюючи енергетичний і поживний запас елементів живлення, особливо в гумусовій частині, їх рухомість та доступність в зв'язку з реакцією ґрунтового середовища, а також буферні властивості ґрунту, як системи, обумовлені його катіонною місткістю та вбирною здатністю.

Дослідження фізико-хімічних властивостей ґрунту показали, що pH_{H2O} в верхньому 0–10 см шарі ґрунту становило в межах 5,39–5,79, а pH_{KCl} – 4,44–5,25 (табл. 6.8), що за агроекологічною оцінкою умов росту сільськогосподарських культур характеризуються як «допустимі» і «критичні» (додаток В) і обмежено придатні для виробництва екологічно чистих продуктів.

Таблиця 6.8. **Фізико-хімічні властивості сірого-лісового ґрунту на різних елементах терасованого схилу**

Варіанти досліду	Глибина взяття зразка, см	Вміст гумусу, %	Кислотність			Сума обмінних основ	Ступінь насичення ґрунту основами, %
			pH_{H2O}	PH_{KCl}	$H_г$		
					мг. екв на 100 г ґрунту		
Плато	0–10	1,72	5,39	4,50	3,15	9,49	75,1
	15–25	1,71	5,47	4,89	2,70	10,3	79,2
Верхній ставок	0–10	1,63	5,75	5,12	2,25	13,2	85,4
	15–25	1,61	5,98	5,26	0,90	13,0	93,5
Нижній ставок	0–10	1,50	5,41	4,44	3,83	10,8	73,8
	15–25	1,46	5,81	5,21	1,35	11,5	89,5
Лісосмуга	0–10	1,92	5,78	5,25	1,35	14,6	91,5
	15–25	1,68	5,71	4,90	2,03	14,0	87,3

Підвищена обмінна кислотність викликана генетичними особливостями даного ґрунту, що підтверджують і показники гідролітичної кислотності. За цими параметрами ґрунт кваліфікується як середньо- та слабкокислий. З глибиною (шар 15–25 см) кислотність дещо зменшується, що зв'язано, мабуть, із наближенням до цього шару карбонатів кальцію і магнію, які, в певній мірі, нейтралізують кислотність. Закипання від 10% HCl по варіантах досліду коливається від 40 до 90 см.

Сума обмінних основ була незначною і коливалась в діапазоні 9,49–14,59 м-екв/100 г ґрунту, що пов'язано з малою кількістю органічних колоїдів. Найвищі її показники спостерігаються в лісосмузі – 14,59 м-екв/100 г ґрунту (0–10 см) та 13,97 м-екв/100 г ґрунту (15–25 см) шарі ґрунту. Відповідно й місткість катіонного обміну (МКО) на цьому варіанті є дещо вищою. Це можна пояснити більшим вмістом органічної речовини в умовах лісосмуги та створенням оптимальних умов для фіксації в ГВК катіонів Ca^{2+} і Mg^{2+}. На терасованому схилі найбільші значення суми обмінних основ спостерігаються в зоні верхнього «ставка» 13,16 та 12,95 м-екв/100 г ґрунту. Ступінь насичення ґрунту основами була помітною, з середнім показником 83%.

Вміст гумусу по варіантах дослідження за шкалою проф. Гришиної і проф. Орлова є низький від 1,50% в зоні "нижнього" ставка до 1,72% на плато для шару 0–10 см. Лише в лісосмузі його значення були дещо вищими (1,92–1,68%), що зв'язано з стабілізацією процесу гуміфікація-мінералізація органічної речовини, оскільки стабілізувався малий біологічний кругообіг в умовах природного ценозу.

В цілому фізико-хімічні властивості сірих еродованих ґрунтів відповідають їх генетичним особливостям. З агровиробничої точки зору, якщо б ці ґрунти використовувалися під культури сівозміни для даної зони, їх необхідно було б провапнувати, а також застосовувати в значній кількості органічні добрива, як у вигляді гною, так і залишання нетоварної частини врожаю (соломи, стебел кукурудзи, та інше). Обробіток ґрунту на міжтерасному просторі рекомендуємо проводити дисковими та плоскорізними знаряддями з збереженням на поверхні ґрунту стерні та мульчуючого рослинного матеріалу.

6.6. Видовий і кількісний склад мезофауни в еродованих ґрунтах

Ерозія викликає біологічну деградацію ґрунтів, що приводить до падіння продуктивних властивостей ґрунтів, а це міняє ряд функціональних можливостей ландшафту, перш за все процесів його очищення і саморегуляції, змінює його екологічний баланс. Тому розробка шляхів відновлення компонентів біоти, втрачених в результаті деградаційних процесів, є актуальною для збереження ґрунтів, як генетичного осередку життя, їх охорони і підтримання родючості.

В природних ценозах важлива роль на накопичення органічної речовини ґрунту, крім рослин, належить також і живим істотам та мікроорганізмам. Велике значення відіграє ґрунтова мезофауна, зокрема дощові черв'яки, котрі створюють шпаруватість – основу активної фільтрації і аерації. Але все ж таки головна роль у формуванні ґрунту належить життєдіяльності мікроорганізмів. Завдяки розкладу ними рослинних решток та інших організмів утворюється гумус, формуються сприятливі агрохімічні властивості, нагромаджуються поживні речовини в доступній для рослин формі. Вони здійснюють велику санітарну роботу, пригнічуючи збудників хвороб. Ґрунтові мікроорганізми також інактивують отрутохімікати і тим самим забезпечують охорону середовища від забруднення *(С.Ф. Шатохина, С.И. Христенко, Л.А. Загородняя, 2003).* Роль ж ґрунтової мезофауни полягає у деструкції органічних решток, створенні сприятливих фізичних властивостей, структури, щільності складення, водного режиму.

Наші спостереження за кількісним і видовим складом ґрунтової мезофауни по варіантах досліду показали, що найбільша кількість "живої" речовини знаходиться у лісосмузі, де створюються кращі екологічні умови для її існування (наявність мортмаси, вища ступінь зволоження, та нижча температура ґрунту на 2,0–2,5ºС) (табл. 6.9).

Так, наприкінці травня в 0–10 см шарі ґрунту площею 0,25 м^2 було ідентифіковано 8 особин мезофауни, серед якої домінантними видами були дощові черв'яки та хрущі травневі. На варіантах досліду терасованого схилу загальна кількість мезофауни була дещо меншою, що пов'язано з більшим висушуванням верхнього шару (вологість 3,6–5,3% проти 7,88% в лісосмузі). Дещо змінився і видовий склад ґрунтової біоти. Зокрема, на

варіантах досліду, відмічено личинки ковалика польового та дротяника (рис. 6.7).

Таблиця 6.9. **Видовий і кількісний склад мезофауни сірого-лісового ґрунту на різних варіантах досліду, *(травень, 2003 р.).***

Варіанти досліду	Шар ґрунту, см	Видовий склад (латинська назва)	Видовий склад (українська назва)	Кількість особин, шт	Загальна біомаса, г
1	2	3	4	5	6
Плато	0–10	*Agriotes sputator* (larva)	Ковалик посівний (личинка)	4	0,15
		Sitona crinitus (imago)	Довгоносик бульбочковий (імаго)	1	
	10–30	*Selatosomus crusiatus* (larva)	Дротяник личинка)	1	1,31
		Nicodrilus raseus	Дощовий черв'як	1	
		Carabidae	Жужелиця	1	
		Melolontha melotholonta (imago)	Хрущ травневий	1	
Верхній "ставок"	0–10	*Agriotes sputator* (larva)	Ковалик посівний (личинка)	2	0,04
	10–30	*Agriotes sputator* (imago)	Ковалик посівний (личинка)	3	0,16
		Carabidae	Жужелиця	1	
Нижній "ставок"	0–10	*Agriotes sputator* (imago)	Ковалик посівний (імаго)	1	0,61
		Carabidae	Жужелиця	1	
	10–30	*Nicodrilus raseus*	Дощовий черв'як	5	0,55
		Carabidae	Жужелиця (личинка)	1	
Лісосмуга	0–10	*Nostuidae*	Гусінь совки	1	7,2
		Melolontha melotholonta (imago)	Хрущ травневий (імаго)	2	
		Melolontha melotholonta (larva)	Хрущ травневий (личинка)	1	
		Carabidae	Жужелиця (імаго)	1	
		Carabidae	Жужелиця (личинка)	1	

Продовження таблиці 6.9

1	2	*3*	4	5	6
		Nicodrilus raseus	Дощовий черв'як	2	
	10–30	*Melolontha melotholonta (imago)*	Хрущ травневий (імаго)	1	4,83
		Melolontha melotholonta (larva)	Хрущ травневий (личинка)	3	
		Nicodrilus raseus	Дощовий черв'як	2	
		Agriotes sputator (larva)	Ковалик посівний (личинка)	1	
		Sitona crinitus (larva)	Бульбочковий довгоносик (личинка)	3	



Рис 6.7. **Дослідження видового складу мезофауни в лабораторних умовах**

У цілому ж біомаса мезофауни 0–10 см шару на 1 м^2 становила: в лісосмузі –20,9 г/м^2 , на плато – 0,58 г/м^2, на ділянці верхнього "ставка" – 0,16 г/м^2, на ділянці нижнього "ставка" – 0,24 г/м^2. У шарі 10–30 см відповідно: в лісосмузі – 3,8 г/м^2 , на плато –1,3 г/м^2, на ділянці верхнього "ставка"– 0,48 г/м^2, на ділянці нижнього "ставка" – 2,2 г/м^2.

Як бачимо, на еродованих, а в минулому оброблюваних схилах, дещо меншою є чисельність і біомаса ґрунтової біоти, порівняно із плато, і, особливо, із природним ценозом (лісосмугою).

6.7. Фенологічні спостереження за травостаном на варіантах досліду

Окрім проведення експериментальних ґрунтознавчих досліджень нами було здійснено і фенологічний моніторинг за станом рослинності дослідного полігону. Слід відмітити, що останні два роки на терасованих схилах не висівали сільськогосподарські культури, тому спектр рослинного покриву на дослідних ділянках був представлений різнотрав'ям, із переважанням злакових культур: *райграсу пасовищного, пирію повзучого, тонконогу однорічного.*

Відзначаємо, що стан рослинного покриву наприкінці травня в нижній частині полігону був хороший із потужним проективним укриттям. По мірі підвищення терасованих ділянок відбувається помітна зміна видового складу флори, що, напевно, пов'язано з екологічними умовами росту та розвитку, а також засміченням цієї території бур'янами із переважанням дворічних видів: *лободи білої, ромашки непахучої, кульбаби лікарської.*

Проективне укриття рослинністю території плато невелике – в межах 20–30%. Дані таблиці свідчать, що найбільші біометричні показники відмічено на варіанті нижнього "ставка", де висота рослин в середньому становила 29 см, маса сухих стебел 194,4 г/м^2, а маса коренів – 507,2 г/м^2. Найбільша кількість стебел злакових, переважно *тонконогу звичайного* (1236 шт./м^2) було зосереджено в лісосмузі, що пов'язано напевне із сприятливим поживним режимом, тоді як висота і маса рослин були незначні – 16 см і 404,4 г/м^2 відповідно. Причиною цьому, на нашу думку, є недостатня кількість надходження сонячного світла, а також затіненість трав'янистих рослин їх деревними формами.

Таблиця 6.10. **Біометрія і маса рослин (травень, 2003 р)**

Варіанти	Рослини		Біомаса, г/м^2			
	Кількість, шт./м^2	Висота, см	Маса сухих відмерлих залишків, г	Маса стебел (суха), г	Маса коренів (суха), г	Загальна маса, г
Плато	512	21	34,4	99,2	350,0	483,6
Верхній “ставок”	1060	26	94,8	189,6	180,4	464,8
Нижній “ставок”	872	29	47,6	194,4	507,2	749,2
Лісосмуга	1236	16	15,2	76,4	312,8	404,4

Таким чином, в структурі рослинної біомаси суттєво переважали кореневі системи над надземною частиною (в 2–4 рази). Головними представниками були коренепаросткові рослини, що позитивно вплинуло на протиерозійну стійкість ґрунту, оскільки вони скріплювали ґрунт, не даючи йому можливості розмиватися. Підтвердженням цих слів є дані твердості кореневмісного шару ґрунту, яка знаходилася на плато із невисоким проективним укриттям рослинами в межах 11,6–26,0 г/см^2, а на варіанті нижнього “ставка”, де корененасиченість була найвищою (507 г/м^2) твердість становила 22,0–32,4 г/см^2.

6.8. Еколого-економічна ефективність створення наорних валів-терас на ерозійно-небезпечних ландшафтах

Ефективність протиерозійних заходів проявляється не тільки в економічних показниках використання агротериторій, а й у їх впливу на екологічний стан довкілля. Останнє відносно важко облічити, але значимість поліпшення екологічного стану вагома.

Для визначення ефективності створення наорних валів-терас спочатку ми розрахували за формулою *М.С. Кузнєцова (1996)* максимальну донну розмиваючу швидкість потоку для сірого лісового ґрунту на схилових землях, щоб спрогнозувати можливість проявів ерозійних процесів:

$$v = 1.55 \sqrt{\frac{g}{n * \eta_0}} (\eta - \eta_0) * d * (1 - \frac{P_a}{100} (\cos \alpha - \sin \alpha),$$

$$v = 1.55 \sqrt{\frac{9.81}{1.46 * 1}} (2.62 - 1.00) 0.0009 * (1 - 0.38) * 0.909 =$$

$$= 1.55 \sqrt{6.72 * 1.62 * 0.0009 * 0.62 * 0.909},$$

v= 1.1*10^{-1} м/с = 11,5 см/с = 41400 см/год = 0,5 км/год

де v – донна розмиваюча швидкість потоку, м/с,

g – прискорення сили тяжіння, м/с^2;

n – коефіцієнт перевантаження, що характеризує пульсацію швидкостей в потоці;

η_0 – густина води, т/м^3;

η – щільність твердої фази;

d – середньозважений діаметр водостійких агрегатів після мокрого просіювання ґрунту за Савіновим;

P_a – пористість ґрунтових агрегатів, %;

α – кут нахилу русла потоку.

Отже, критична швидкість розмиву сірого лісового ґрунту на нашому досліді становить близько 0,5 км/год.

Наступним етапом наших розрахунків була математико-статистична модель втрат ґрунту в т/га за наявності залуженої території, та при умові, що критичний шар опадів за 1 дощ складав 60 мм:

$$A_r = 10^{-3} X_e^{2.7} (5.0 - 0.04 X_C - 0.1 X_h + 0.1 X_{CC}) * X_\alpha * X_{ri} * X_{of} * X_p, \quad (6.2)$$

= 0,02 т/га = 20 кг/га. де

A_r - величина втрати ґрунту в т/га;

X_e – середньозважена сумарна кінетична енергія ерозійної частини зливових опадів, кДж/м^2;

X_C – вміст фізичної глини, %;

X_h – вміст гумусу, %;

X_{CC} – вміст карбонатів ($CaCO_3$), %;

X_α – ухил, градусів;

X_{ri} - фактор рельєфу (форма схилу, експозиція, загальна довжина L і ширина B), м;

X_{of} – відкритість фону, %;

Хр – фактор ефективності ґрунтозахисних заходів, %.

Як бачимо, за умови доброго проективного укриття ґрунту рослинністю навіть зливовий дощ може спричинити невеликий змив – 0,02 т/га дрібнозему.

Розраховуємо втрати ґрунту в т/га за умови, що на цій території відсутня рослинність, тобто умовно приймаємо стан чорного пару. У такому випадку змінюється відкритість фону з 8,50% на 100%, а фактор ефективності ґрунтозахисних заходів становитиме не 0,10%, а 1,0%.

Після проведення розрахунків отримуємо такий результат:

$$\mathbf{A_r = 10^{-3} \times 2{,}34^{2{,}7}\ (5{,}0 - 0{,}04 \times 29{,}3 - 0{,}1 - 1{,}65 + 0{,}1 \times 0) \times 7 \times 0{,}90 \times 100 \times 1{,}0 = 23{,}7\ т/га,}$$

що за шкалою інтенсивності ерозії ґрунтів М.К. Шикули відповідає прояву **дуже сильної ерозії.**

Отже, обробіток полотна валу-тераси із обертанням скиби може призвести за умови бурхливого сніготанення або ж зливового дощу до суттєвих втрат ґрунтової маси – понад 23,7 т/га.

Далі розраховуємо втрати гумусу за такої кількості змитого дрібнозему ґрунту:

$$B = \frac{\%гум \times A_r}{100}, \qquad (6.3.),$$

де В – втрати гумусу, т/га,

% гум – вміст гумусу в %,

A_r – величина втрат ґрунту в т/га.

В = 1,65×23700/100 = 391 кг/га втрати гумусу.

Оскільки в гумусі акумулюється велика кількість енергії, а також певних макроелементів живлення азоту, фосфору, сірки, то втрата гумусу несе суттєві не тільки економічні, а й екологічні збитки.

За даними *Ю.О. Тараріко (2003)* в 1 кг ґрунту із вмістом гумусу в ньому 1,50–1,70% міститься 55–60 ккал енергії. В нашому випадку втрата енергії на еродованих схилах з 1 га буде складати:

23 700 кг змитого ґрунту × 57,5 ккал/ кг = 1 362 750 ккал.

В сірих лісових ґрунтах вміст азоту складає 3–4% від вмісту гумусу. Отже, за наших умов втрата азоту може бути наступна:

391 кг/га гумусу × 0,035 = 13,7 кг/га азоту.

Відомо, що в 1 т гною міститься 58 кг гумусу. За таких умов можна вважати, що втрата гумусу еквівалентна тоді: 0,391т / 0,058т = 6,74 т/га гною.

Отже дані втрати гумусу рівнозначні 6,74 т/га напівперепрілого гною.

Площа дослідного полігону становить:

$S = L \times B$, (6.4.)

L = 350 м, B = 220 м.

Отже, $S = 350 \times 220 = 77000$ м^2 = 7,7 га.

Втрати гумусу на всю площу становитимуть: 391кг/га×7,7 га = = 3010,7 кг = 3 т.

Всі розрахунки проводили на ймовірність прояву ерозії у вищезгаданих масштабах. В умовах досліджень 2002–2003 років значні ерозійні процеси не спостерігали, практично був відсутній змив ґрунту.

У такому випаду агрономічна ефективність валів-терас може розрахуватися наступним чином. За вирощування однорічних трав на сіно враховуємо, що ціна 1 т сіна становить 120 грн., а його маса – 0,161 кг/м^2, або ж 1,6 т/га. На весь досліджуваний полігон загальна урожайність сіна становитиме:

1,610 т/га × 7,7 га = 12,4 т, а його вартість становить 120 грн. × 12,4 = 1488 грн.

але врожай сіна збирають два рази на сезон, враховуючи, що другий укіс буде мати біомасу близько 50% від першого, тобто ≈ 6,2 т і відповідно її вартість складатиме 744 грн. Разом вартість урожаю сухої маси трави буде **2232 грн. в рік.** Затрати на її вирощування та збирання за даними [76] становлять в межах 55–60% від валової вартості врожаю. Для нашого випадку ці затрати наступні:

2232 грв × 0,57 = 1272 грв.

Тоді умовно чистий прибуток становитиме:
2232 грн. – 1272 = 960 грн.

Враховуючи те, що вали-тераси функціонують із 1985 року і в перші роки використовувались як ґрунтозахисні польові сівозміни із насиченням культур суцільного посіву, то можна спрогнозувати їх окупність.

Окупність затрат на будівництво валів-терас за вирощування пшениці озимої із використанням мінеральних, органічних добрив та соломи становить на схилі 3–5º із середньозмитими ґрунтами – 2,1 роки, на схилі 7–10º із сильнозмитими ґрунтами – 3,6 роки. Окупність всього комплексу гідротехнічних протиерозійних споруд знаходиться в межах від 8 до 11 років.

ВИСНОВКИ

1. На схилах з протиерозійними валами-терасами взимку відбувається додаткове накопичення снігу за рахунок штучно створеного мезорельєфу. В умовах зими 2003 року на період сніготанення висота зледенілого снігового покриву знаходилась в межах 6,3-7,3 см, а запаси води в сніговій товщі на цей період складали 54,3-57,2 мм. Танення снігу було поступовим і видимих промивин ґрунту та змиву дрібнозему не спостерігалось. Промочення ґрунту талими водами сягало близько півметрової товщі.

2. Розподіл вологи по елементах терасованого схилу був майже однаковий з деякою акумуляцією води в зоні верхнього “ставка”. Вміст води у весняний період у верхніх шарах був вище найменшої вологоємкості (23–30%), а з глибини 80 см вологість була на рівні ВРК. В кінці травня вміст води в півтораметровій товщі ґрунту суттєво зменшився через фізичне випаровування та транспірацію води рослинами і знаходився в межах 12–15% від маси ґрунту. Випадання дощів на початку червня (за декаду 85 мм) поповнили запаси води верхнього шару ґрунту, але не привели до загальної струминної ерозії, лише в нерівностях поверхні ґрунту зв’язаних з обробітком його важкою дисковою бороною відмічена мікрозападинна акумуляція дрібнозему.

3. В морфологічному аспекті структура сірих-лісових ґрунтів, особливо верхніх горизонтів представлена слабоокатаними зернисто-

грудкуватими агрегатами з перевагою грудок в межах 27–47%. Вміст агрономічно-цінних агрегатів знаходився на рівні 55–65%, що оцінюється за шкалою професора Савінова, як добра оструктуреність. Розпорошеність ґрунтової маси була невисокою, вміст пилу складав лише 2–11%, що досить позитивно з точки зору протиерозійної стійкості ґрунту проти дії води, а, особливо, вітру. Кількість макроагрегатів за мокрого просіювання була помітною, як на плато, так і на терасованих ділянках схилу. Необхідно відмітити вміст ерозійно-безпечних водостійких агрегатів, розміром більше 1 мм, який складав для шару 0–10 см на плато 43%, на ділянці верхнього «ставка» – 35% і нижнього «ставка» – 48%.

4. Щільність складення сірого-лісового ґрунту на протязі теплого періоду року мало змінювалась, що викликано залуженням терасованих ділянок райграсом, а в зв'язку з цим мінімальним технічним навантаженням на ґрунт. В цілому щільність 0–10 см шару ґрунту була оптимальною і знаходилась по варіантах досліду в межах 1,15–1,30 г/см^3. В шарі 10–30 см вона була значно вищою, як на плато, так і на терасованому схилі.

5. Дослідження фізико-хімічних властивостей ґрунту показали, що pH_{H2O} в верхньому 0–10 см шарі ґрунту становило в межах 5,39–5,79, а pH_{KCl} – 4,44–5,25, що за нормативними показниками придатності сільськогосподарських земель характеризуються як обмежено придатні для виробництва екологічно чистих продуктів. Підвищена обмінна кислотність викликана генетичними особливостями даного ґрунту, що підтверджують і показники гідролітичної кислотності. За цими параметрами ґрунт кваліфікується як середньо- та слабкокислий.

6. Вміст гумусу по варіантах дослідження за шкалою проф. Гришиної і проф. Орлова є низький від 1,50% в зоні "нижнього" ставка до 1,72% на плато для шару 0–10 см. Лише в лісосмузі його значення були дещо вищими (1,92–1,68%), що зв'язано з стабілізацією процесу гуміфікація-мінералізація органічної речовини, позаяк стабілізувався малий біологічний кругообіг в умовах природного ценозу.

7. Дослідженнями кількісного і видового складу ґрунтової мезофауни по варіантах досліду встановлено, що найбільша кількість "живої" речовини знаходиться у лісосмузі, де створюються кращі екологічні умови для її існування (наявність мортмаси, вища ступінь зволоження, та нижча температура ґрунту на 2,0–2,5º.). На еродованих, в

минулому оброблюваних схилах, дещо менша чисельність і біомаса живої мезофауни, в порівнянні із плато, і, особливо, з природним ценозом.

8. Фенологічні спостереження рослинності дослідного полігону показали, що дослідні ділянки були представлені різнотрав'ям, з переважанням злакових культур: райграсу пасовищного, пирію повзучого, тонконогу однорічного. Найбільші біометричні показники відмічені на варіанті нижнього "ставка", висота рослин в середньому складає 29 см, маса сухих стебел 194,4 г/м^2, а маса коренів відповідно 507,2 г/м^2. В структурі біомаси суттєво в 2–4 рази переважали кореневі системи над надземною частиною. Головними представниками тут були коренепаросткові рослини. Це в свою чергу досить позитивно вплинуло на протиерозійну стійкість ґрунту, скріплюючи дрібнозем і не даючи йому розмиватись.

9. Розрахунки еколого-економічної ефективності при ймовірності прояву ерозійних процесів на сірому лісовому ґрунті показали, що вали-тераси можуть зберегти 23,7 т/га ґрунту, в тому числі 391 кг/га гумусу, в якому зосереджено 1 362 750 ккал. енергії. Агрономічна ефективність розрахована на врожайність біомаси сіна райграсу показала умовно чистий прибуток – 960 грв/га. Окупність земляних гідротехнічних споруд складає 8–11 років.

7.ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЕРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ НА СХИЛОВИХ ЛІСОВИХ ЛАНДШАФТАХ ГОЛОСІЄВА

Лісові ландшафти Голосієва характеризуються розвиненою геопластикою ярів. Ця територія потребує стабілізаційних інженерних і меліоративних заходів. Якщо їх не проводити, яроутворення може надалі спричиняти руйнування будівель, доріг, інженерних споруд, які розташовані на вулицях Полковника Потєхіна, Генерала Родимцева, Героїв оборони, М. Рильського, Блакитного та території НУБіП України, яка прилягає до парку (2, 3, 4 і 10-й навчальні корпуси) (рис. 3.1).



Рис. 7.1. **Яроутворення у Голосіївському лісі на вул. Блакитного внаслідок нерегульованого поверхневого стоку**

Яри – це наслідок прискореної водної ерозії *(Колесниченко М.В., 1981).* Їхня площа постійно збільшується, що призводить до зменшення площ земель, придатних для використання у сільському господарстві та для будівництва. Крім цього, вони істотно впливають на режим поверхневого стоку, а також на гідрологію паркової території, понижуючи рівень ґрунтових вод.

Згідно з даними *М.В. Колесніченко (1981),* закріплення ярів здійснюють у комплексі заходів із захисту ґрунтів від ерозії на всій площі водозбирання та передбачає ліквідацію причин утворення ярів і перетворення їх на лісові угіддя. Боротьба з ярами шляхом створення

лісових насаджень базується на їхній здатності поглинати поверхневий стік води. Крім того, коріння дерев та кущів частково закріплює ґрунт, особливо тих, що здатні утворювати кореневі паростки. При цьому необхідно розміщувати лісові смуги так, щоб вони поглинули поверхневий стік води ще на підступах до яру. Цього можна досягти створенням прияружних лісових смуг, які закладають у загальній системі водорегулювальних і прибалкових лісосмуг. Прияружні смуги закладають вздовж брівки яру, відступаючи від неї на 3–5 м, враховуючи можливість відшаровування відкосів яру. Вони можуть створюватись за типом прибалкової або полезахисної лісової смуги, залежно від умов надходження стоку води у яр, що, своєю чергою, залежить від типу яру та стадії його розвитку.

Вивчення процесів яроутворення на території Голосіївського парку має носити постійний характер з метою попередження та запобігання виникненню несподіваних і небезпечних ситуацій.

7.1. Визначення потенційної небезпеки прояву ерозійних процесів в натурних умовах на схилах Голосієво

Потенційна небезпека ерозії (ПНЕ) складається із таких чинників (за проф. Сластіхіним):

$$ПНЕ = f(К \times Р \times Гр \times Геол \times Р_{вкр} \times Г_{в.т.} \quad (7.1)$$

К – кліматичні умови;

Р – рельєф території;

Гр. – ґрунтовий покрив;

Геол. – геологічні умови;

$Р_{вкр.}$ – рослинне вкриття;

$Г_{в.т.}$ – господарське використання території.

І. Кліматичні умови: руйнівна дія дощу у весняно-літньо-осінній період залежить від їх кількості, інтенсивності, тривалості і характеризується показником сили дощу Δ.

$$\Delta = i\sqrt{t} \quad (7.2)$$

Δ – сила дощу;

і – інтенсивність дощу, мм/хв.;

Т – тривалість дощу, хв.

За статистичними даними для Київської області цей показник становить: i = 1,29 мм/хв.; t = 17хв. Δ = 1,29 мм/хв. × $\sqrt{17хв}$ = 5,31.

II. Умови рельєфу досліджуваної ділянки включають такі показники:

- ❖ крутизна схилу;
- ❖ форма схилу;
- ❖ глибина базису ерозії.

Експозиція схилу: північно-західний схил;

Визначення крутості схилу і його оцінку проводять за допомогою екліметра Брандіса. Так як досліджуваний схил був неоднорідний за крутизною, то його поділено на декілька відрізків і окремо за допомогою екліметра Брандіса вимірювалась крутизна кожного відрізку (рис. 7.2.).



Рис 7.2. **Визначення крутизни схилів екліметром Брандіса**

Досліджуваний схил має різну форму, довжину і кут нахилу (крутизну) на трьох відрізках. Відповідно їх величини складають:

l_1 = 29 м α = 5°; l_2 = 26.4 м β = 11°; l_3 = 163,6 м γ = 18°

$H_1 = l_1 \sin \alpha = 29 \times \sin 5° = 2,27$ (м); $H_2 = l_2 \sin \beta = 26,4 \times \sin 11° = 4,53$ (м);

$H_3 = l_3 \sin \gamma = 163,6 \times \sin 18° = 45,64$ (м); $H = (H_1 + H_2 + H_3) / 3 = 17,48$ м.

$KE = \frac{H}{P}$ - ерозійна енергія рельєфу (7.3)

P – площа водозбору; P = 5 га. $KE = \frac{17,48}{5} = 3,5$

III. Ґрунтові та геологічні умови:

Щільність складення ґрунту визначали методом ріжучого кільця за формулою:

$$d_V = \frac{m}{V} \tag{7.4}$$

2. Водопроникність ґрунту досліджували методом трубок.

$$i = \frac{h}{t},\ i = \frac{7см}{40хв} = 0{,}175см/хв = 1{,}75мм/хв. \tag{7.5}$$

Гранулометричний склад встановлювали польовим методом – легкий суглинок. Материнська порода – розмитий лес. Щільність складення ясно-сірого піщано-легкосуглинкового ґрунту на різних елементах схилу дещо відрізнялася своїми показниками. Так, на початку схилу у першій третині вона становила 1,38 г/см^3, у середній частині –1,30 г/см^3, і у нижній частині знову дещо зростала до 1,36 г/см^3 (рис. 7.5).



Рис. 7.3. **Щільність складення на різних елементах схилу**



Рис. 7.4. **Вбирання води ґрунтом на різних елементах схилу**

Що стосується вбирання води ґрунтом, то ми з'ясували, що у верхній частині схилу цей показник в середньому становив 0,53 мм/хв., у середній частині вбирання води ґрунтом проходило інтенсивніше, про що свідчить і отриманий результат – 1,15 мм/хв. Найменшим вбирання води спостерігали у нижній частині схилу, яке становило 0,48 мм/хв. (рис. 7.4).

Також на величину змиву має вплив **проективне вкриття рослинністю**, яке визначали за допомогою рамки Раменського та господарська діяльність людини. При проведенні наших досліджень проективне укриття було незначним із поодинокими трав'янистими рослинами на поверхні ґрунту: *кропива дводомна, розрив-трава дрібноквіткова, копитняк європейський, чистотіл звичайний.*

7.2. Облік реального змиву ґрунту за об'ємом водорівчаків за методом І.О. Соболєва

За твердженнями *проф. М.М. Заславського (1983)* ерозія обумовлює ґрунтову посуху, втрати гумусу і поживних елементів, загальне суттєве зниження родючості еродованих ґрунтів. Також ерозія ґрунтів є причиною замулення водойм, внаслідок чого відбувається пересихання малих річок і погіршення водного режиму території; занесення родючих ґрунтів заплав та нижньої частини схилів менш родючим матеріалом, який змивається з вище розташованих ділянок схилів.

В Україні еродованість ґрунтів зростає за збільшення крутості схилів. Відомо, що схили крутістю понад 3° еродовані більш, як на 80%. При цьому середньобагаторічні втрати гумусу на них перевищують 10 т/га. Ніяка інтенсивність ґрунтотвірного процесу не зможе компенсувати таку велику втрату ґрунту. Найефективнішим комплексним методом боротьби з ерозією ґрунтів є перетворення сільськогосподарських земель у ерозійно-стійкі агроландшафти. Для цього необхідно знати ерозійно-гідрологічну ситуацію конкретної місцевості: еродованість ґрунтового покриву, кількісні показники всіх факторів ерозії з урахуванням ймовірності їх прояву, інтенсивність втрат ґрунту.

Облік змиву ґрунту після водної ерозії за об'ємом водорівчаків здійснювали наступним чином. Уздовж схилу помічали пронівельований профіль таким чином, щоб він перетинав горизонти по можливості під

прямим кутом. На ньому закладали облікові майданчики 1 м завширшки і 25–100 м завдовжки довгими сторонами вздовж горизонталей (перпендикулярно до напрямку схилу) так, щоб вони охоплювали всі частини схилу. Відстань між обліковими майданчиками на рівних (однорідних) схилах 50 м, на перегинах схилів 20–25 м.

На виділених майданчиках після танення снігу і сильних злив вимірювали глибину h і ширину L кожної промоїни (водорівчаку) з точністю до 0,5 см. Далі розраховували площу поперечного перерізу водорівчаку і об'єм змитого ґрунту (на обліковій довжині промоїни). При цьому обчислювали:

IV. Об'єм змитого ґрунту V на кожному обліковому профілі за формулою:

$$V = \frac{Lh}{2} l \text{, (см}^3\text{)} \qquad (3.1)$$

де L – довжина водорівчака на обліковому профілі, м; l – ширина облікового профілю, м; h – глибина, м.

У нашому випадку проводили заміри у трьох частинах схилу (рис. 7.5).



Рис. 7.5. **Облік об’єму водорівчаків змитого ґрунту на схилах Голосіївського лісу за методом І.О. Соболєва**

Об’єм першого водорівчака становить:

V_1 = (1,2×0,07×0,1 м) + (2,2×0,13×0,09 м) + (10,7×0,17×0,12 м) / 2 = = 0,0084 м + 0,0257 м + 0,2183 м = 0,2183 / 2 = 0,2524 м^3

Об’єм водорівчака у середній частині схилу дорівнює:

V_2 = (9,3×0,09×0,1 м) + (5,4×0,17×0,09 м) + (3,3×0,13×0,10 м) / 2 =

= 0,0837 м + 0,0826 м + 0,0429м = 0,2092 / 2 = 0,105 м^3

Об’єм водорівчака у нижній частині схилу дорівнює:

V_3 = (2,8×0,12×0,28 м) + (2,2×0,36×0,13 м) + (3,0×0,47×0,13 м) / 2 =

= 0,0336 + 0,1030 + 0,1833 / 2 = 0,3199 / 2 = 0,160 м^3

Об'єм змитого ґрунту між профілями визначають по кожному водорівчаку, а загальний змив ґрунту з облікової площі – як суму площ між усіма обліковими профілями.

Далі ми знаходили об’єм втраченого ґрунту, який розраховували шляхом добутку певного об’єму на щільність складення ґрунту наступним чином:

Маса втраченого ґрунту у першому, другому, третьому водорівчаку становитиме:

$V_{гр}$ (I) = 0,2524 м^3 × 1,38 т/м^3 = 0,3483 т

$V_{гр}$ (II) = 0,105 м^3 × 1,30 т/м^3 = 0,137 т

$V_{гр}$ (IШI) = 0,160 м^3 × 1,36 т/м^3 = 0,218 т

Загальний об’єм втраченого ґрунту становить 0,703 т.

Розрахована кількість змитого ґрунту була розрахована із площі водозбору 8,5 м × 213 м = 1811 м^2

Отримані результати перераховують на 1 га ріллі в м^2 або тонни. Оскільки 1 га це 10 000 м^2, то ця площа становить: 1811 м^2 / 10 000 м^2 = 0,1811 га. Тоді на 1 га втрати ґрунту будуть:

0,703 т – 0,1811 га

X т – 1,0 га

Звідси X = 3,88 т/га

Для потреб практики рекомендується використовувати шкалу інтенсивності ерозії ґрунтів *проф. М.К. Шикули, 1973*. Оцінивши отримані дані за цією класифікацією ми встановили, що 3,46 т/га є результатом слабкої ерозії.

За законами ентропії відомо, що ніщо нікуди не зникає і змитий ґрунт частково акумулюється у нижніх елементах рельєфу біля підніжжя схилу. Ми намагалися визначити середню потужність делювіальних наносів за останні 10 років та їх площу. У результаті досліджень встановлено, що відповідна площа мала форму прямокутника довжиною 15 м і шириною 9 м і становила – 135 м^2 (рис. 7.6).

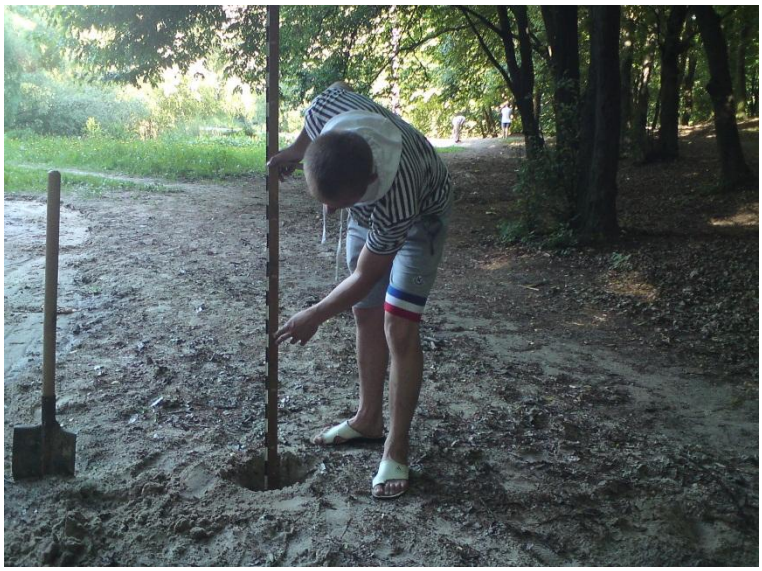


Рис. 7.6. **Визначення потужності делювіальних наносів**

Провівши облік глибини делювіальних наносів у декількох місцях встановили, що в середньому вона була 20,5 см. Тоді об’єм, який займають делювіальні наноси становить 27,7 м^3. Взявши середній показник щільності складення ґрунту 1,35 г/см^3 ми облічили масу змитого ґрунту (рис 7.7):



Рис. 7.7. **Визначення площі делювіальних наносів**

$m = g \times V = 1{,}35$ г/см^3 × 27,7 м^3 = 37,37 / 10 = 3,74 т

Розраховуємо кількість наносів із площі 1 га, знаючи, що 3,74 т зосереджені на площі 135 м^2, тоді на 1 га будуть:

3,74 т – 0,0135 га

X т – 1,0 га

X = 277 т на 1 га відбувся змив за десятирічний період, тобто в середньому 277 / 10 = 27,7 т в рік.

Оскільки раніше було встановлено, що загальна потужність делювіальних наносів – 3,74 т, то можемо стверджувати, що решта: 27,7 – 3,74 = 24 т змивалася далі у водойму, замулюючи її. Поступово такі процеси призвели до суттєвого замулення першого Горіхуватського ставка.

7.3. Екологічний стан водойм Голосіївського регіону

Невід'ємними складовими урболандшафту Голосіївського лісу є ставки природно-штучного походження, які знаходячись у безпосередній близькості до житлового масиву переважно використовуються у рекреаційній діяльності. Однак будучи водоймами комплексного призначення окрім різних водогосподарських потреб ставки виконують також і естетичну та природоохоронну функції. За антропогенно-зміненого середовища вони є осередками життя дикої природи із своїм характерним біорізноманіттям.

За сучасних умов їх функціонування ми спостерігаємо, що мілководні ділянки цих водойм інтенсивно заростають угрупованнями вищих водних рослин, які виступають індикаторами екологічного стану водного середовища та ступеня їх якості. Смуга рослин макролітів, які ростуть по узбережжю ставків виступають своєрідним фільтром, який бере на себе перший удар забруднень, що надходять з водозбору.

У результаті спостережень ми встановили, що вода у другому ставку переважно стояча або слабкопроточна, відносно прозора із різними відтінками забарвлення – від світло-жовтого до темно-коричневого, залежно від замулення дна. З одного боку водойми захищені лісовою смугою. Це сприяє росту вищої водної рослинності всіх екологічних груп. Дно мулисте або піщано-мулисте внаслідок постійного змиву із прилеглих

схилів делювіального матеріалу. Береги пологі, сильнозарослі. Основним джерелом забруднення ставків є поверхневий стік (рис. 7.8).



Рис. 7.8. **Замулення Горіхуватських ставків**

Аналіз екологічного стану першого ставка показав, що ще десятиліття тому це дійсно був ставок із характерними для нього ознаками. У зв'язку із швидкими темпами замулення та зниження рівня водного дзеркала ставок поступово почав перетворюватися на болото. Більша площа водної поверхні зникла і почала заростати типовою гігроморфною рослинністю. Дослідження проведені *О.П. Ольхович, М.В. Драгою, Н.С. Грудіною* та *М.М. Мусієнко* показали, що видовий склад рослинності цього озера-болота досить високий і налічує 16 видів гідрофітів, більшість яких представлена гелофітами – 12 видів. Представники цієї групи розміщені великими і невеликими групами, а рівномірно розповсюджені лише 2 види – комиш озерний *(Scirpus lacustris)* та сусак зонтичний *(Butomus umbellatus),* яким притаманний надлишковий активний ріст, яким притаманний надлишковий активний ріст.

Значну частину водойми вкривають зарості горця земноводного, які під час цвітіння виглядають дуже естетично. За даними біотестування вода є нетоксичною. Цьому сприяє невелика мілководна водойма, розміщена із західного боку від штучної дамби, яка повністю заросла

різними видами гелофітів, яких налічується шість видів. Ці види створюють потужний фільтр, суттєво очищаючи воду, що потрапляє до першої водойми. Яскравою ознакою цього є пригнічений стан і знижена життєвість цих видів.

За індикаторними властивостями рослин водойму можна віднести до слабко забруднених, малопроточних, заростаючих водойм із мулистими донними покладами. Значна кількість ґрунтового дрібнозему змивається інтенсивними опадами, потрапляючи прямо до ставка (рис. 7.9).



Рис. 7.9. **Екологічний стан водойми каскаду Горіхуватських ставків** *(замулення після дощів)*

Таким чином збереження видів фітоценозів та введення стійких до забруднення видів, таких як *рогіз широколистий, очерет, водяний горіх, комиш, ситник,* до складу антропогенно-порушених фітосистем Горіхуватських ставків буде сприяти збереженню всього різноманіття водних екосистем за рахунок поліпшення якості води та поліпшення екологічного стану водойм.

7.4. Заходи з покращення екологічного стану лісових екосистем Голосієва

Для поліпшення ландшафтно-планувальної структури території Голосіївського парку загалом необхідно втілити комплекс таких заходів:

❖ Боротьба з ярами, яка передбачає укріплення схилів деревними рослинами, здатними до утворення кореневих паростків (горобина звичайна, бирючина звичайна, кизильник горизонтальний);

❖ Прокладання раціональної дорожно-стежкової мережі, яка завадить хаотичному руху відвідувачів, особливо через деревні масиви;

❖ Підвищення стійкості та декоративності листяних деревинних масивів парку шляхом урізноманітнення їхнього складу хвойними деревними та кущовими рослинами;

❖ Формування загущених ділянок підліску та підросту шляхом їхньої трансформації у куртини та групи різної величини і конфігурації;

❖ Створення другого і третього ярусів насаджень шляхом підсаджування низькорослих дерев та кущів.

Що стосується розробки комплексу заходів щодо поліпшення екологічного стану Голосіївського лісу на прикладі, то до них необхідно віднести **організаційні.** У перше чергу це виховний аспект, від правильної організації якого залежить успіх всіх інших. Виховання дбайливого ставлення до природи повинно розпочинатися із перших років життя дитини. Застосовуючи природоохоронну ідеологію від батьків вони матимуть в подальшому нормальні стосунки між людьми і довкіллям.

Іншим аспектом можуть виступити **профілактичні заходи**, які полягають у застосуванні моніторингу за станом насаджень та інформування населення району про зміни ситуації із станом насаджень. Також необхідно проводити роз’яснювальні роботи щодо правил поведінки у лісопарковій зоні та технічного навчання обслуговуючого персоналу з питань лісозахисту.

Інженерні заходи. У насадженнях парку мають місце ерозійні процеси через дію концентрованих потоків зливових і талих вод. Така ситуація існує, тому що більшість гідротехнічних споруд напівзруйнована, а частина невдало облаштовані. Гідроспоруди, які призначені забезпечувати скидання концентрованих мас води, потребують постійного нагляду, більшість з них нині недієздатні і закидані побутовим сміттям. Так, водоскиди позбавлені водобійних колодязів і не мають належної гідроізоляції на стиках бетонних секцій, тому підмиваються водою і руйнуються під власною вагою. Завдяки цьому інженерні заходи зводяться до спорудження нових чи ремонту зруйнованих водоскидних споруд,

відновлення, очищення діючих (лотки-швидкотоки, трубчасті водовипуски, тощо), влаштування розпилювачів стоку з метою збереження ґрунтів (рис. 7.10).



Рис. 7.10. **Гідротехнічні споруди – лотки-швидкотоки**

Заходи впливу на умови місцезростання та їх покращення. Зменшення невпорядкованого рекреаційного навантаження шляхом впорядкування стежкової мережі та обладнання місць відпочинку, очистка території від побутового сміття, збереження і підвищення природної родючості ґрунтів завдяки застосуванню рослин азот фіксаторів – люпину, конюшини, зіноваті; подрібнення порубкових решток і рівномірне розміщення їх по площі.

Заходи впливу на насадження. Збереження і підвищення родючості лісових ґрунтів шляхом вирощування складних різновікових насаджень із достатньою вертикальною та горизонтальною зімкнутістю пологу, з наявністю лісової підстилки, чого в лісопаркових насадженнях досягти досить важко, проте при докладання зусиль можливо.

Догляд за зеленими насадженнями: санітарна вибіркова рубка, елементи ландшафтної реконструктивної рубки, видалення самосіву небажаних порід, вирубка чагарників, збір і вивіз сміття та парубкових залишків.

Догляд за окремими деревами: формувальне обрізування і санітарна обрізка сухих гілок.

Інші заходи: догляд за доріжками та майданчиками, прибирання сміття, підмітання бруду та опалого листя, догляд за ставками: очищення шлюзів, берегів і поверхні від сміття.

8. ВПЛИВ АГРОТЕХНІЧНИХ ЗАХОДІВ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ЕРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ НА ЧОРНОЗЕМАХ

За даними Національної доповіді про стан родючості ґрунтів України підготовленої спеціалістами Національного наукового центру «Інститут агрохімії і ґрунтознавства ім. О.Н. Соколовського» площа зруйнованих водною ерозією ґрунтів у державі складає 12,9403 млн. га. або 39,9% орних земель (табл. 8.1). Найбільше еродовані ґрунти степової зони, серед якої виділяються Луганська, Одеська і Донецька області, де еродовані землі складають більше половини орних земель.

В зоні Лісостепу еродовані землі становлять 3,2259 млн га. або ж 27,5% від орних земель. Найбільш еродовані площі ґрунтів Харківської області – 791,2 тис. га., що викликано хвилястим ерозійнонебезпечним рельєфом і високою розораністю сільськогосподарських земель. Стосовно Київської області, де проходили наші дослідження ступінь еродованості земель становить 128,8 тис. га орних земель.

Таблиця 8.1. Площі еродованих земель України в розрізі областей та природних зон, тис. га *(Національна доповіь, 2010)*

Область	с.-г. угіддя	у т. ч. рілля	Еродовані землі		У тому числі рілля	
			всього	% від с.-г. угідь	всього	% від загальної площі
Волинська	1051,4	674,3	362,4	34,5	225,4	33,4
Житомирська	1526,9	1092,8	87,8	5,8	60,7	5,6
Закарпатська	453,2	200,6	39,6	8,7	35,5	17,7
Івано-Франківська	631,9	381,6	133,7	21,2	98,4	25,8
Львівська	*1267,8*	*797,2*	*525,0*	*41,4*	*380,1*	*47,7*
Рівненська	933,9	658	323,3	34,6	224,2	34,1
Чернігівська	2076,7	1396,1	81,0	3,9	53,3	3,8
Загалом по Поліссю	**7941,8**	**5200,6**	**1552,8**	**19,6**	**1077,6**	**20,7**

Продовження таблиці 8.1

Вінницька	2017,1	1729	687,5	34,1	593,1	34,3
Київська	1668,4	1360,6	157,9	9,5	128,8	9,5
Полтавська	2175,7	1768,8	517,7	23,8	420,3	23,8
Сумська	1701,6	1232,8	305,1	17,9	176,3	14,3
Тернопільська	1049,7	854,0	244,0	23,2	239,7	28,1
Харківська	*2418,7*	*1926,6*	*996,3*	*41,2*	*791,2*	*41,1*
Хмельницька	1568,4	1254,8	628,4	40,1	501,9	40,0
Черкаська	1451,4	1271,6	326,6	22,5	286,1	22,5
Чернівецька	471,2	333,9	124,2	26,4	88,5	26,5
Загалом по Лісостепу	**14522,2**	**11732,1**	**3987,7**	**27,5**	**3225,9**	**27,5**
Республіка Крим	*1798,4*	*1265,6*	*999,3*	*55,6*	*919,3*	*72,6*
Дніпропетровська	*2514,3*	*2125,0*	*1104,8*	*43,9*	*914,7*	*43,0*
Донецька	*2045,2*	*1656,0*	*1757,4*	*85,9*	*1080,0*	*65,2*
Запорізька	*2247,7*	*1906,7*	*1212,5*	*53,9*	*640,8*	*33,6*
Кіровоградська	*2039,9*	*1762,4*	*1102,4*	*54,0*	*886,7*	*50,3*
Луганська	*1911,1*	*1269,7*	*1372,3*	*71,8*	*1237,9*	*97,5*
Миколаївська	*2010,0*	*1698,1*	*964,5*	*48,0*	*914,8*	*53,9*
Одеська	*2593,4*	*2067,6*	*1214,0*	*46,8*	*1081,6*	*52,3*
Херсонська	*1971,1*	*1777,6*	*686,2*	*34,8*	*961,0*	*54,1*
Загалом по Степу	**19131,1**	**15528,7**	**10413,4**	**54,4**	**8636,8**	**55,6**
Усього по Україні	**41595,1**	**32461,4**	**15953,9**	**38,4**	**12940,3**	**39,9**

Примітка: курсивом виділено області із еродованістю, вищою від загальнодержавної

8.1. Характеристика об’єктів дослідження

8.1.1. Перший об’єкт досліджень – еродовані чорноземи Обухівського району

Вивчення упливу агротехнічних заходів на прояв водної ерозії проводили у тривалих польових дослідах відділу сільськогосподарського землекористування і захисту ґрунтів від ерозії Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН» України закладених О.Г. Тараріко в 1974 році в с. Халеп’є, Обухівського району, Київської області на схилі 5–6° південно-східної експозиції. Ґрунт – чорнозем типовий еродований слабкогумусований мулувато-крупнопилувато - легкосуглинковий на лесі (рис. 8.1).



H $_{0\text{-}19}$ — гумусовий, темно-сірий, вологий, легкосуглинковий, структура пилувато-зернисто-грудкувата, тонкопористий, слабкоущільнений. Пронизаний коренями травянистих рослин, зустрічаються копроліти. Перехід слабкопомітний за забарвленням, лінія переходу хвиляста.

Hpk $_{19\text{-}52}$ – гумусовий перехідний горизонт, свіжий, сірий з буризною і поодинокими білесуватими плямами карбонатів у вигляді карбонатних трубочок і цвілі, закипає з глибини 42 см, легкосуглинковий, щільний, грудкуватої структури, тонкопористий. Зустрічаються копроліти, червориїни, кротовина діаметром 5-6 см, заповнена лесовим матеріалом та тонкі корені рослин. Перехід до наступного горизонту помітний за забарвленням і зложенням, лінія переходу слабкохвиляста.

PHk $_{52\text{-}96}$ – другий перехідний горизонт, свіжий, сірувато-буруватий з темними плямами кротовин, щільний, тонкопористий, значна кількість карбонатної цвілі, присутні червориїни і кротовини, перехід помітний за забарвленням.

P(h)k $_{96\text{-}142}$ – кротовинний лес, бурувато-жовтий з білесуватими плямами карбонатів, вологий, середньосуглинковий, щільний, тонкопористий, наявні поодинокі кротовини.

Pk $_{142}$ і глибше – материнська порода тонкопористий лес.

Рис. 8.1. **Загальний вигляд розрізу чорнозему еродованого**

Чорнозем типовий еродований характеризується наступними показниками родючості: уміст гумусу в орному шарі становить 1,65–1,70%,

pH сольовий – 6,5, гідролітична кислотність – 0,80–1,50 мг-екв/100 г ґрунту,ємність вбирання катіонів – 23,6–24,6 мг-екв/100 г ґрунту, ступінь насичення ґрунту основами 88,4–96,9%.

Агрофізичні параметри відповідають середньому та низькому рівню окультуреності ґрунту: уміст фізичної глини 19–26%, мулу – 13–16%, рівноважна щільність складення орного шару – 1,22–1,31 г/см^3, щільність твердої фази – 2,60 г/см^3, загальна пористість 45–50%, водопроникність – 0,32–0,38 мм/хв., уміст агрономічно-цінних агрегатів у межах 60–70%, водостійкість структурних агрегатів – 59–71%.

Двофакторний дослід розміщений на трьох полях у просторі і п'яти полях у часі. Першим фактором була система обробітку ґрунту:

1. Традиційна, що базувалася на полицевій оранці на глибину 20–22 см і виконувалась поперек схилу (агротехнічний контроль);

2. Ґрунтозахисна, яка полягала в плоскорізному рихленні на глибину 20–22 см;

3. Ґрунтозахисна за плоскорізного обробітку на глибину 10–12 см з одночасним щілюванням на 35–40 см.

Другий фактор, система удобрення, включала наступні варіанти:

1. Без добрив (агрохімічний контроль);
2. Одинарна доза добрив ($N_{60}P_{45}K_{45}$);
3. Полуторна доза добрив ($N_{90}P_{60}K_{60}$);
4. Розрахункова доза добрив на запланований урожай ($N_{140}P_{80}K_{100}$).

Вивчення основних властивостей ґрунту, що впливають на його протиерозійну стійкість, здійснювалося тільки на агротехнічних фонах обробітку чорнозему еродованого в ланці сівозміни: озимий ріпак – люцерна двох років використання – озима пшениця. Агрохімічним вважався варіант без добрив (контроль).

Загальна площа дослідної ділянки становить 850 м^2, облікової – 312 м^2. Розміщення варіантів систематичне з дворазовим повторенням. Зразки ґрунту відбирали з глибини 0–10 і 10–20 см у чотириразовому повторенні з кожного варіанту досліду.

8.1.2. Геоморфологічна характеристика об’єкту досліджень

Територія, на якій розміщений дослід, є типовою для Правобережного Лісостепу України і знаходиться у межах Ржищівської яружно-балкової системи, яка характеризується хвилястим рельєфом і інтенсивним проявом ерозійних процесів.

Ржищівська сильно розчленована рівнина займає територію, що приєднується до правого корінного схилу долини р. Дніпро. Це один із найбільш густо та глибоко розчленованих районів Середньодніпровської рівнини. Абсолютні відмітки поверхні тут коливаються у межах 203–197 м. Поверхня району відрізняється перепадом відносних висот, особливо на ділянках глибокого ерозійного розчленування. В його межах майже скрізь вище місцевих базисів ерозії залягають відклади неогену та палеогену, яким належить велика роль у будові рельєфу.

Правий корінний схил долини Дніпра піднімається тут над урізом води Канівського водосховища на 100–130 м, він і глибокими посіченими ярами, ускладнений багаточисленними зсувами. В умовах широкого розвитку на міжрічкових просторах лесу та лесових порід, що легко піддаються ерозійним розмивам, ця частина регіону характеризується значним розповсюдженням форми лесової морфоструктури. До них належить багаточисленні форми лесових порід на схилових поверхнях міжріччя та балочно-яружних форм, круті поверхні схилів, глибоко врізаних ярів, тощо.

В долинах річок Червоної та Борбиці, глибина врізу яких досягає 50–60 м, відслідковується заплава та перша надзаплавна тераса, які нерівномірно розвинуті вздовж течії цих річок. Надзаплавні тераси річок належать до акумулятивного типу, оскільки вони складені товщею четвертинного алювію, в літологічному складі якого домінують піски з підлеглим розвитком супісків та суглинків. Потужність алювіальної товщі в цих місцях досягає 10–15 м. Корінним ложем алювію скрізь слугує розмита поверхня палеогенових відкладів.

Сучасна морфоструктура Ржищевської сильнорозчленованої височини в межах регіону, що ми розглядаємо, формується в процесі активного ерозійного розчленування поверхні, яка складена товщею лесів та лесових порід, розвитку зсувних та суфозійних явищ на поверхнях

схилів, просадочних явищ на плоских ділянках рівнинних просторів, еолової переробки пісків на низьких терасових рівнях.

Процеси яружної ерозії сприяють виникненню багаточисельних берегових приводороздільних та донних ярів, розвитку яких сприятливо впливають особливості геологічної будови цієї частини підвищення (іноді помітні перепади відносних висот поверхні в положенні відносно місцевих базисів ерозії), кліматичні, гідрогеологічні та інші умови. Найінтенсивніше тут розвиваються яружні форми у смузі, що приєднується до правого корінного схилу долини Дніпра, а також до схилів крупних балок, що розчленують поверхню району. На поверхнях схилів придолинних та прибалкових ділянок, а також схилах крупних ярів в межах височини часто виникають умови для зсувних явищ. Тому форми зсувної морфоструктури розвинуті вздовж правого корінного схилу Дніпра та на схилах долин всіх його правих протоків. Як правило зсуви тут морфологічно відрізняються. В долині річок Леглич, Червоної, Бобриці мають місце двохярусні зсувні утворення, де верхній ярус зсувами розвинуто на бурих глинах, а часто і на морені, нижній ярус розвинуто на мергелях київської свити палеогену.

Сільськогосподарські угіддя агропідприємства ”Борисфен-2000“ також розміщені на схилах різної крутизни та експозиції. Схилові землі з найбільшою крутизною відведені під залуження багаторічними травами і використовуються як пасовища та сіножаті. Рослинний покрив досить різноманітний, насичений переважно однорічними злаковими травами, однак через значну еродованість ґрунту та низький уміст поживних елементів розвинутий слабко. Водоспоживання сільськогосподарських культур відбувається за рахунок води атмосферних опадів. Ґрунтові води залягають на глибині понад 6 м.

8.1.3. Другий об’єкт дослідження – чорнозем типовий малогумусний слабкоеродований мулувато-крупнопилувато середньосуглинковий на лесі

Другий об´єкт досліджень – тривалий дослід кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів Національного аграрного університету, який було закладено в 1998 році знаходиться у навчально-дослідному господарстві “Великоснітинське” Фастівського району, Київської області. Чорноземний ґрунт дослідного поля характеризувався наступними показниками

родючості: уміст гумусу в шарі 0-20 см – 3,58 ± 0,04, забезпеченість азотом, що легко гідролізується 7,95 ± 0,09 мг/100 г, рухомими фосфатами 6,98 ± 0,7 мг/100 г, обмінним калієм – 5,34 ± 0,09 мг на 100 г ґрунту, реакція ґрунтового розчину (pH водне) – 6,7, сума обмінних основ – 28,9 мг-екв/100 г ґрунту [226].

Морфолого-генетичний опис ґрунту представлено на (рис. 8.2):



Hk $_{0\text{-}48}$ — гумусовий, темно-сірий, свіжий, середньосуглинковий, грудкувато-зернистої структури, тонкопористий, ущільнений. За складенням і структурою можна виділити два підгоризонти:

0-25 см – орний, грудкувато-зернистий, ущільнений, добре насичений копролітами та червориїнами;

25-48 см – підорний, щільний грудкуватої структури, присутні карбонати з глибини 33 см, перехід до наступного горизонту поступовий за забарвленням.

Hpk $_{48\text{-}87}$ – перший перехідний горизонт, сірий з буризною, свіжий, середньосуглинковий, щільний, горіхувато-грудкуватий, тонкопористий, карбонатний, пронизаний коренями трав'янистих рослин, зустрічаються копроліти, червориїни, перехід до наступного горизонту помітний за забарвленням і зложенням.

PHk $_{87\text{-}131}$ - другий перехідний горизонт, сірувато-буруватий з білуватими вкраплинами карбонатів, свіжий, середньосуглинковий, ущільнений, грудкуватої структури, тонкопористий, зустрічаються червориїни і копроліти, перехід до наступного горизонту помітний за забарвленням.

Phk $_{131\text{-}195}$ – кротовинний лес, бурувато-сірувато-жовтий, свіжий, легкосуглинковий, грудкувато-пилуватої структури, тонкопористий, присутні карбонати у вигляді прожилок.

Pk $_{195}$ і глибше – материнська порода –палевий, тонкопористий лес.

***Рис. 8.2*. Будова профілю чорнозему типового слабкоеродованого середньосуглинкового на лесі**

8.1.4. Схема досліду

Дослід двофакторний, його схемою передбачено вивчення різних систем обробітку та систем органо-мінерального удобрення. Фактор технологій обробітку включав такі варіанти:

1. Традиційна – полицева оранка на глибину 20–27 см (контроль);
2. Ґрунтозахисна, плоскорізний обробіток на глибину 20–27 см;
3. Ґрунтозахисна, плоскорізний обробіток на глибину 10–12 см.

На фоні вказаних обробітків у досліді вивчали п’ять варіантів удобрення , які відрізнялися кількістю добрив на 1 га сівозмінної площі:

1. Без добрив (контроль);
2. Гній 12 т/га + $N_{50}P_{45}K_{45}$;
3. Гній 6 т/га + солома 1,2 т/га + $N_{50}P_{45}K_{45}$;
4. Солома 2,4 т/га + N_{24} + $N_{50}P_{45}K_{45}$;
5. Солома 1,2 т/га + редька олійна як сидерат, 20 т/га + $N_{50}P_{45}K_{45}$.

Площа елементарної ділянки становить 180 м^2 (30×6 м), залікової – 100 м^2. Повторення досліду триразове. Досліди розміщені в трьох полях в просторі і десяти полях в часі з чергуванням культур: конюшина - пшениця озима - буряки цукрові – горох - пшениця озима - кукурудза на зерно - кукурудза на силос - пшениця озима - буряки цукрові - ячмінь ярий + конюшина.

Наші дослідження безпосередньо проводилися у ланці сівозміни: кукурудза на зерно – кукурудза на силос – пшениця озима. Програма досліджень включала вивчення параметрів протиерозійної стійкості на трьох агрохімічних варіантах:

1. Без добрив (контроль);
2. Гній 12 т/га + $N_{50}P_{45}K_{45}$;
3. Солома 1,2 т/га + редька олійна як сидерат, 20 т/га + $N_{50}P_{45}K_{45}$.

З мінеральних добрив використовували аміачну селітру (34%, ГОСТ 2-85), суперфосфат простий гранульований (19,5%, ГОСТ 5956-78) і 40% калійну сіль, які вносили під основний обробіток ґрунту. З органічних добрив під кукурудзу на зерно вносили напівперепрілий гній. Після збирання урожаю пшениці озимої використовували її солому як добриво з розрахунку 4 т/га, а також сидерат редьки олійної з розрахунку 20 т/га.

8.1.5. Геоморфологічна характеристика регіону проведення досліджень

Територія, на якій розміщено тривалий дослід, у геоморфологічному відношенні належить до стародавньої лесової тераси Дніпра, що зазнала значних змін у процесі історичного розвитку під впливом поверхневих водних потоків та інших чинників, пов'язаних із зледенінням Це призвело до формування водно-ерозійного типу рельєфу з досить строкатою типологією ґрунтових відмін. У більшості випадків кристалічні породи перекриті потужною товщею четвертинних відкладів, верхня частина яких представлена осадовими породами. Наявність у складі ґрунтоутворюючих порід карбонатів кальцію сприяє закріпленню органічних сполук у ґрунті та утворенню водостійкої структури.

Більша частина Фастівської слабохвилястої рівнини в геоструктурному відношенні розташована в межах північно-східного схилу Українського щита та лише крайні південні його ділянки знаходяться власно на щиті. В геологічній будові району із четвертинних порід велику роль відіграють палеогенові та неогенові, що оголюються на поверхні по лініям ерозійних врізів. В долині р. Унави оголюються докембрійські кристалічні породи, поверхня яких нахилена в північному та північно-східному напрямках. Полтавські відклади (каоліністі піски) внаслідок ерозійних розмивів мають острівне розповсюдження. На міжрічкових просторах широко представлені горизонти глин, крупними плямами розповсюджені також бурі глини.

Четвертинні відклади представлені товщею четвертинних озерних суглинків, що перекриваються утвореннями дніпровського льодовикового комплексу (підморена, морена та надморена товщі), на яких залягає покров лессов та лесовидних суглинків. Потужність покрову четвертинних відкладень досягає 15–23 м на міжрічкових просторах, на схилових поверхнях вона збільшується до 30 м.

Поверхня району слабохвиляста, із абсолютними відмітками висот 220–180 м на міжріччях, помірно розчленована яружно-балковою мережею систем річок Ірпінь, Унава, Каменка. Придолинні ділянки розчленовані яружною ерозією (селища Козичанка, Сосновка, Снигурівка та ін.). В північно-західній частині району ступінь розчленованості поверхні на міжріччях помітно зменшується, домінують рівнинні поверхні з помітно

викладеними схилами. На них у товщі лесових порід інколи проявляються просадкові явища та виражені ерозійні процеси (південна частина Фастівського району) (рис. 8.3).

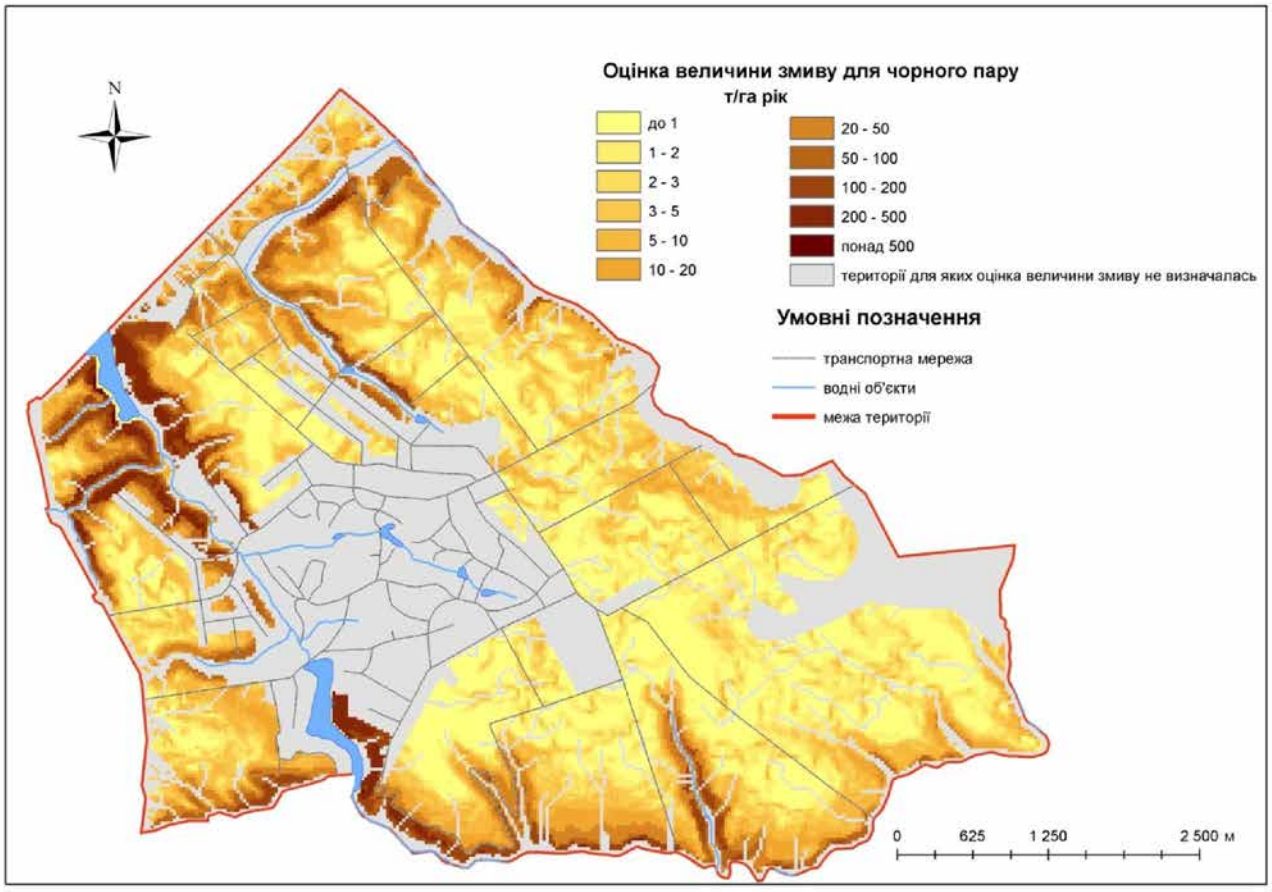


Рис. 8.3. **Поширення максимальних величин площинного змиву ґрунту (за моделлю RUSLE) на землях дослідних полів (особливо цінних землях) ВП НУБіП України Великоснітинське НДГ ім. О. Музиченка**

(Ковальчук І.П., Євсюков Т.О., Мкртчян О.С., Лобанська Н.І., 2009)

В долинах річок Ірпінь, Унава, Кам'янка разом із заплавою розвинута перша надзаплавна тераса, що складена з поверхні товщею алювіальних пісків, які іноді піддаються еоловим процесам. Товща алювіальних відкладів заплав річок залягає на докембрійських та палеогенових утвореннях, її потужність коливається в межах 10–12 м. Перші надзаплавні тераси річок Ірпіня, Унави, Кам'янки складені товщею верньочетвертинного пісково-суглинистого алювію потужністю до 18 м. В схилових частинах долин слаборозвинуті зсувні процеси. Зсуви зустрічаються частіше на горизонтах морени та значно рідше на горизонті бурих глин.

8.1.6. Агрометеорологічні умови в роки проведення досліджень

Інтенсивність прояву водної ерозії дуже залежить від погодних умов – випадання зливових опадів чи сніготанення. Клімат території досліджень – помірно-континентальний з середньорічною температурою повітря близько +7 °С. Кількість атмосферних опадів знаходиться в межах 450–550 мм, залежно від особливостей погодних умов року. Відомо, що Правобережний Лісостеп характеризується нестійким зволоженням. Це проявляється у затяжній серії зливових дощів у літньо-осінній період та значному періоді спекотних днів, що триває близько місяця. Тому прояв ерозійних процесів має циклічний характер і залежить від кількості опадів у вигляді дощу та снігу. Кліматичні умови обумовлюють періодично-промивний тип водного режиму з гідротермічним коефіцієнтом близько одиниці. Середня багаторічна кількість опадів 507 мм.

Сніговий покрив нестійкий, середня потужність шару снігу, в основному, не перевищує 30 см. Середньобагаторічна глибина промерзання ґрунту близько 45 см. Взимку можливі відлиги, що за різкого зниження температури сприяє утворенню льодової кірки.

Розподіл опадів має чіткий максимум у літні місяці (червень-серпень) Характеристика погодних умов за період дослідження подана по метеостанції Миронівка. За її даними (табл. 2.1) відмічаємо, що 2004 року у весняний найбільш ерозійно-небезпечний період (березень-квітень) місячна кількість опадів була дещо меншою за середню багаторічну, але в зимові місяці (січень-лютий) кількість опадів була помітно більшою і складала 58 і 46 мм. Відповідно запаси снігової води були достатніми для можливого розвитку ерозійних процесів, особливо на вільних від рослинності ділянках ґрунту.

Перша половина літнього періоду взагалі виявилася малодощовою, кількість опадів у червні складала лише 12,3 мм, що послабило розвиток сільськогосподарських культур. В же той час у І-й та ІІ-й декадах липня випали інтенсивні дощі, які становили 54,9 і 54,6 мм. Для характеристики ерозійної небезпеки дощів нами були використані плювіометричні спостереження двох метеостанцій із добовою сумою опадів більше 10 мм. У результаті тільки за одну добу 10 липня випало 42,5 мм опадів (табл. 8.2) з середньою інтенсивністю 0,17 мм/хв, але в окремі періоди дня дощ мав зливовий характер. Подібні дощі випадали і влітку 2005 та 2006 років.

Таблиця 8.2. **Дата та інтенсивність випадання дощів за роки досліджень**

Дата	Кількість опадів, мм	Тривалість дощу, хв	Середня інтенсивність дощу, мм/хв
дані метеостанції Миронівка			
16.06.04	8,3	15	0,55
10.07.04	42,5	240	0,17
27.01.05	19,7	62	0,32
10.07.05	39,7	360	0,11
17.08.05	40,3	120	0,34
14.06.06	25,6	102	0,25
20.06.06	78,7	195	0,40
31.07.06	25,5	82	0,31
03.09.06	22,5	133	0,17
дані метеостанції Фастів			
15.07.04	33,5	540	0,06
28.07.04	19,0	120	0,16
01.08.04	27,5	480	0,06
03.08.04	36,8	420	0,09
04.08.04	26,2	180	0,15
09.08.04	17,2	28	0,61
10.08.04	14,1	62	0,23
22.08.04	16,9	70	0,24
17.06.05	23,3	90	0,26

Характеризуючи кліматичні умови 2005 року можна відмітити, що в березні в період танення снігу місячна сума опадів була нижчою за норму і становила 21,1 мм. Початок відлиги зафіксовано 15 березня за потужності снігового покриву 14 см. Сніготанення відбувалося поступово впродовж чотирьох днів. За таких умов інтенсивність вбирання води із снігу переважає над рідким стоком, а ґрунтова товща добре насичується вологою.

8.2. Вплив агротехнічних заходів на протиерозійну стійкість та властивості ґрунтів

8.2.1. Агрофізичні властивості

Агрофізичні властивості ґрунтів відіграють провідну роль у створенні оптимальних умов росту і розвитку сільськогосподарських культур та стабілізації екологічного стану агроландшафтів. До числа агрофізичних чинників слід віднести гранулометричний та структурно-агрегатний склад ґрунтів, їх водопроникність та щільність складення, водний, повітряний та тепловий режими.

Інтенсифікація сільського господарства, постійний обробіток ґрунту, його надмірне розорювання та внесення різних агрохімікатів призвело в багатьох випадках до руйнування агрономічно-цінної структури, погіршення агрофізичних властивостей ґрунтів, зниження їх стійкості до водної ерозії (додаток Г).

У зв’язку з цим для збереження фізичних параметрів ґрунтів і захисту їх від ерозійних процесів необхідно застосовувати переважно плоскорізний обробіток ґрунту та поступово переходити на мінімалізацію обробітку. Також значна роль у призупиненні деградації ґрунтів відводиться вивченню різних систем органо-мінерального удобрення культур, пошуку альтернативних форм органічних добрив, заміни гною соломою та сидератами, які б сприяли розширеному відтворенню родючості ґрунтів, підвищенню їх протиерозійної стійкості і продуктивності сільськогосподарських культур. Суттєву роль у протиерозійній стійкості чорноземних ґрунтів відіграє структурно-агрегатний склад, особливо водостійкість агрегатів, а також висока інфільтраційна здатність поверхневих шарів ґрунту *(С.Ю. Булыгин, 1990).*

8.2.1.1. Гранулометричний і мікроагрегатний склад. У чорноземних ґрунтах процес оструктурювання відбувається за схемою: механічний елемент – мікроагрегат – макроагрегат *(В.В. Медведев, 1994).* На рівні мікроагрегатів в адгезії беруть участь тонкодисперсні колоїдні та мулисті фракції за участю гумусових речовин та полівалентних катіонів. Мікроагрегатний склад, як і гранулометричний, відносно стабільний у часі, а змінюється тільки тоді, коли змінюються вище перелічені агенти мікроструктурення.

Результати лабораторних досліджень, проведених на чорноземі типовому еродованому, показали, що гранулометричний склад ґрунту за класифікацією Н.А. Качинського – мулувато-крупнопилувато легкосуглинковий з умістом фізичної глини 20–26%, у тому числі мулу – 13,8–15,9% (табл. 8.3).

Таблиця 8.3. **Гранулометричний і мікроагрегатний склад чорнозему типового еродованого за різних систем обробітку*, 2004 р.**

Обробіток	Глибина, см	Фракції, мм і їх уміст, %					
		1,0–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	менше 0,001
Оранка, 20-22 см	0–10	0,41 3,10	19,1 32,9	61,1 54,5	4,32 5,21	1,24 3,39	13,8 0,95
	10–20	0,43 18,7	18,9 34,3	54,4 38,7	8,20 3,54	4,07 3,96	14.0 0,87
Плоскорізний, 10-12 см	0–10	0,58 3,88	19,4 35,2	58,0 50,6	2,39 6,62	3,84 2,46	15,9 1,17
	10–20	0,41 8,66	18,1 30,1	59,8 55,6	3,17 2,34	3,37 2,07	15,2 1,23

* Чисельник - дані гранулометричного складу, знаменник – мікроагрегатного

Встановлено, що потенційна здатність до оструктурювання еродованого чорнозему підвищувалась при застосуванні мілкого плоскорізного обробітку за якого гранулометричний показник структурності за О.Ф. Вадюніною складав 22,9–24,6 проти 20,7–21,0 за оранки. Ступінь дисперсності мулистої фракції за Н.А. Качинським був у межах 6,2–8,1, що оцінюється за шкалою *Є.В. Шеїна (2001)* як невисока (табл. 8.4). Це вказує на те, що мул на 90% взяв участь у мікрооструктурюванні ґрунту. Варто відмітити, що і пилуваті частки також брали певну участь у мікроагрегації, про що свідчить задовільний ступінь агрегованості (45,7–61,6), розрахований по Бейверу і Роадесу. У цілому чинник потенціальної агрегованості за *А.Д. Воронiним (1986),* що характеризується відношенням між активною цементуючою частиною ґрунту (< 0,001 мм) і пасивною скелетною (> 0,001 мм), знаходився у межах 0,16–0,19. На агрофоні з використанням мілкого плоскорізного обробітку цей показник був трохи вищим у порівнянні з традиційною оранкою, що вказує на кращу здатність ґрунту до агрегування.

Таблиця 8.4. **Потенційна здатність до агрегації чорнозему типового еродованого за різних систем обробітку*, 2004 р.**

Обробіток	Глибина, см	Грануло-метричний показник структур-ності за Вадюніною	Фактор дисперс-ності за Качин-ським	Ступінь агрего-ваності по Бейверу і Роадесу	Фактор потенці-альної агрего-ваності за Вороніним	Показник проти-ерозійної стійкості за Вороніним, Кузнєцовим
Оранка, 20-22 см	0–10	20,7	6,88	45,7	0,16	2,33
	10–20	21,0	6,23	61,6	0,16	2,61
Плоскорізний, 10-12 см	0–10	24,6	7,40	49,0	0,19	2,55
	10–20	22,9	8,11	52,3	0,18	2,21
$НІР_{05}$		3,65	1,83	12,5	0,03	0,95

З метою узагальнення даних гранулометричного і мікроагрегатного аналізів ґрунту відомі вчені *А.Д. Воронін* та *М.С. Кузнєцов (1970)* запропонували свій показник, який назвали показником протиерозійної стійкості ґрунтів. Він показує відношення фактору потенційної агрегованості до фактору дисперсності за *Н.А. Качинським (1958),* і чим вище значення цього показника, тим кращою вважається протиерозійна стійкість ґрунту:

$$K_{пр.ст} = \frac{K_{п.а.}}{K_{дисп.}} \times 100 \qquad (8.1)$$

У своїй роботі *М.С. Кузнєцов* і *Г.П. Глазунов (1996)* наголошують на тісній зворотній кореляції протиерозійної стійкості з коефіцієнтом дисперсності за Качинським. Згідно наших даних, показник протиерозійної стійкості чорнозему типового еродованого за різних способів обробітку ґрунту суттєво не відрізнявся і складав для верхнього 0–10 см шару за оранки – 2,33, за обробітку без обертання скиби – 2,55. Оцінюючи отримані результати за класифікацією *А.Д. Вороніна (1986)* відмічаємо, що протиерозійна стійкість чорнозему типового еродованого знаходиться на переході від низької (< 2,50) до середньої (2,5–10).

Дослідження гранулометричного та мікроагрегатного складу дослідного поля в НДГ „Великоснітинське" на чорноземі типовому показали, що класифікувати цей ґрунт за градацією Н.А. Качинського можна як середньосуглинковий, оскільки вміст фізичної глини на більшості агрофонів перевищував 30% – 25,9–35,4% (табл. 8.5).

Таблиця 8.5. **Гранулометричний та мікроагрегатний склад чорнозему типового повнопрофільного за різних систем обробітку і удобрення*,**

Обробіток, удобрення	Глибина, см	Розмір фракцій, мм і їх уміст, %					
		1,0 – 0,25	0,25 – 0,05	0,05 – 0,01	0,01 – 0,005	0,005 – 0,001	менше 0,001
Без добрив (контроль)							
Оранка, 25–27 см	0–10	0,64 7,71	10,8 22,6	57,3 59,2	8,24 7,02	5,77 1,56	17,3 2,01
	10–20	0,31 3,85	11,0 23,6	57,1 62,1	2,43 7,66	8,24 1,05	20,9 1,80
Плоскорізний, 25–27 см	0–10	0,52 5,75	3,90 19,6	67,6 64,0	3,14 6,12	6,54 3,24	18,3 1,28
	10–20	1,08 5,48	16,6 21,9	49,8 60,8	5,32 6,95	3,54 3,40	23,7 1,46
Плоскорізний, 10–12 см	0–10	0,77 4,77	6,90 35,2	61,4 60,0	4,53 8,85	5,98 4,60	20,4 1,44
	10–20	0,58 22,0	2,73 24,1	67,1 53,9	3,58 5,10	5,27 3,11	20,7 0,85
Гній, 40 т/га + $N_{110}P_{90}K_{90}$							
Оранка, 25–27 см	0–10	0,44 7,60	7,02 17,7	66,6 63,0	5,32 8,32	1,69 2,79	19,0 0,57
	10–20	0,53 11,6	1,21 18,7	69,8 59,1	6,92 4,91	2,97 5,20	18,5 0,56
Плоскорізний, 25–27 см	0–10	0,31 10,3	7,36 16,7	56,9 62,6	10,3 6,06	1,23 3,55	23,9 0,85
	10–20	0,39 6,65	8,68 22,7	58,0 63,1	5,44 4,43	3,62 2,31	23,9 0,76
Плоскорізний, 10–12 см	0–10	0,68 5,75	7,59 21,7	63,0 62,5	6,43 5,48	1,81 4,06	20,6 0,50
	10–20	0,40 27,6	14,3 31,1	54,6 34,9	2,30 3,25	9,44 2,60	19,0 0,52
Солома, 4 т/га + сидерати + $N_{110}P_{90}K_{90}$							
Оранка, 25–27 см	0–10	0,76 4,54	6,13 24,4	64,0 63,4	0,11 3,60	8,81 3,43	20,2 0,60
	10–20	1,21 6,44	7,69 20,9	65,2 65,9	3,21 2,22	4,94 3,25	17,7 1,27
Плоскорізний, 25–27 см	0–10	0,77 7,06	3,05 28,6	65,8 56,0	12,0 6,14	0,09 0,75	18,3 1,47
	10–20	2,37 5,18	7,90 27,6	63,4 60,1	7,28 3,80	1,91 2,02	17,2 1,29
Плоскорізний, 10–12 см	0–10	0,51 5,99	8,73 27,0	61,1 55,2	1,71 7,71	7,24 2,39	20,7 1,70
	10–20	0,45 23,8	9,27 19,6	61,6 49,7	1,32 4,73	5,32 1,16	22,0 0,97

* Чисельник - дані гранулометричного складу, знаменник – мікроагрегатного

Аналіз потенційної здатності до оструктурення чорнозему типового свідчить, що на контролі без добрив кращий ступінь мікроагрегованості за Бейвером-Роадесом (80,8–92,8) та найменший фактор дисперсності 4,11–7,06 відмічений за мілкого плоскорізного обробітку під кукурудзу на 10–12 см, а також і протиерозійна стійкість чорнозему (табл. 8.6).

Таблиця 8.6. **Потенційна здатність до оструктурення чорнозему типового середньосуглинкового за різних систем обробітку та удобрення, 2004 р.**

Обробіток	Глибина відбору, см	Грануло-метричний показник структур-ності	Фактор дисперсності по Качинському	Ступінь агрегованості по Бейверу Роадесу	Фактор потенціальної агрегованості	Показник протиерозійної стійкості
Контроль (без добрив)						
Оранка, 25–27 см	0-10	24,3	11,6	62,3	0,21	1,81
	10-20	30,8	8,61	58,8	0,26	3,02
Плоскорізний, 25–27 см	0-10	23,7	6,99	82,6	0,22	3,15
	10-20	40,4	6,16	35,4	0,31	5,03
Плоскорізний, 10–12 см	0-10	28,4	7,06	80,8	0,26	3,68
	10-20	27,3	4,11	92,8	0,26	6,33
Гній 40 т/га + $N_{110}P_{90}K_{90}$						
Оранка, 25–27 см	0-10	25,8	3,00	70,5	0,23	7,67
	10-20	23,2	3,03	94,3	0,23	7,60
Плоскорізний, 25–27 см	0-10	34,9	3,56	71,6	0,31	8,71
	10-20	35,6	3,18	69,1	0,31	9,75
Плоскорізний, 10–12 см	0-10	28,9	2,43	69,9	0,26	10,7
	10-20	28,6	2,74	75,0	0,23	8,39
Солома 4 т/га + сидерати + $N_{110}P_{90}K_{90}$						
Оранка, 25–27 см	0-10	27,7	2,97	76,2	0,25	8,42
	10-20	24,1	7,16	67,4	0,22	3,07
Плоскорізний, 25–27 см	0-10	23,5	8,03	89,3	0,22	2,74
	10-20	23,7	7,50	68,7	0,21	2,80
Плоскорізний, 10–12 см	0-10	29,6	8,21	72,0	0,26	3,17
	10-20	32,2	4,41	77,6	0,28	6,35
<u>Для шару ґрунту 0-10 см:</u>						
$НІР_{05}$ обр. і удоб. (А і Б)		4,42	0,48	2,97	0,04	1,93
$НІР_{05}$ взаємодія (АБ)		7,70	0,83	5,17	0,07	3,36
<u>Для шару ґрунту 10-20 см:</u>						
$НІР_{05}$ обр. і удоб. (А і Б)		3,63	0,54	2,20	0,03	0,76
$НІР_{05}$ взаємодія (АБ)		6,32	0,94	3,83	0,05	1,32

Внесення під кукурудзу гною у дозі 40 т/га з мінеральними добривами $N_{110}P_{90}K_{90}$ помітно підвищувало показники протиерозійної стійкості досліджуваного чорноземного ґрунту до 7,67–7,60 за оранки на глибину 25–27 см і 8,71–9,75 за глибокого плоскорізного обробітку та 10,7–8,39 за мілкого плоскорізного обробітку на 10–12 см. Внесення соломи з сидератами замість гною не змінило суттєво мікроагрегованість даного ґрунту порівняно з контролем.

Цікавим у науковому аспекті є підхід до аналізу структуроутворення, запропонований *В.В. Медведєвим (1988),* який полягає у встановленні розміру часточок, які дійсно взяли участь у процесі мікроагрегації ґрунту. Його знаходження відбувається шляхом фіксування точки перетину кривих графіків на основі результатів мікроагрегатного та гранулометричного аналізів досліджуваних ґрунтів. Так, у шарі 0–10 см на чорноземі еродованому за оранки на глибину 23-25 см основний розмір часточок, які складають мікроагрегати знаходиться на межі 4,5 мк та 6,2 мк за плоскорізного обробітку на глибину 10–12 см (рис. 8.4). У шарі ґрунту 10–20 см ці значення дещо вищі і становлять 5,0 та 10,0 мк відповідно. Кращими вважаються умови оструктурення, коли механічні елементи з якомога меншим розміром беруть участь у процесі мікроагрегації, створюючи при цьому більш крупні часточки (первинні мікроагрегати). Таким чином, чим менша кількість неагрегованого матеріалу зовсім малого розміру (вільних дисперсних механічних елементів) буде наявна при мікроагрегатному аналізі, тим вищою вважається оструктуреність чорнозему та кращою буде його стійкість до ерозійних процесів. Отже, більш сприятливі умови мікрооструктуреності агрегатів відмічені у верхньому (0–10 см) шарі ґрунту і пов’язані вони, ймовірно, з кращою його біогенністю.

Характеризуючи результати досліджень, проведених на чорноземі типовому середньосуглинковому у верхньому (0–10 см) шарі відмічаємо, що за використання ґрунтозахисних агрозаходів з органічними добривами механічні елементи меншого розміру краще залучаються до мікроагрегатів порівняно із контролем. Так, на фоні внесеного гною з мінеральними добривами розміри агрегованих часток складали 4,6–4,8 мк, на фоні соломи та сидератів – 5,0–7,5 мк, а без добрив – 6,4–9,6 мк (рис. 8.5). Обробіток ґрунту плоскорізними знаряддями теж позитивно вплинув на проходження цього процесу. Так, за обробітку на глибину

23–25 см величина розміру часток, що створюють мікроструктуру, дорівнює 4,8–7,5 мк, за обробітку на глибину 10–12 см – 4,6–7,2 мк, за оранки – 4,7–10 мк.

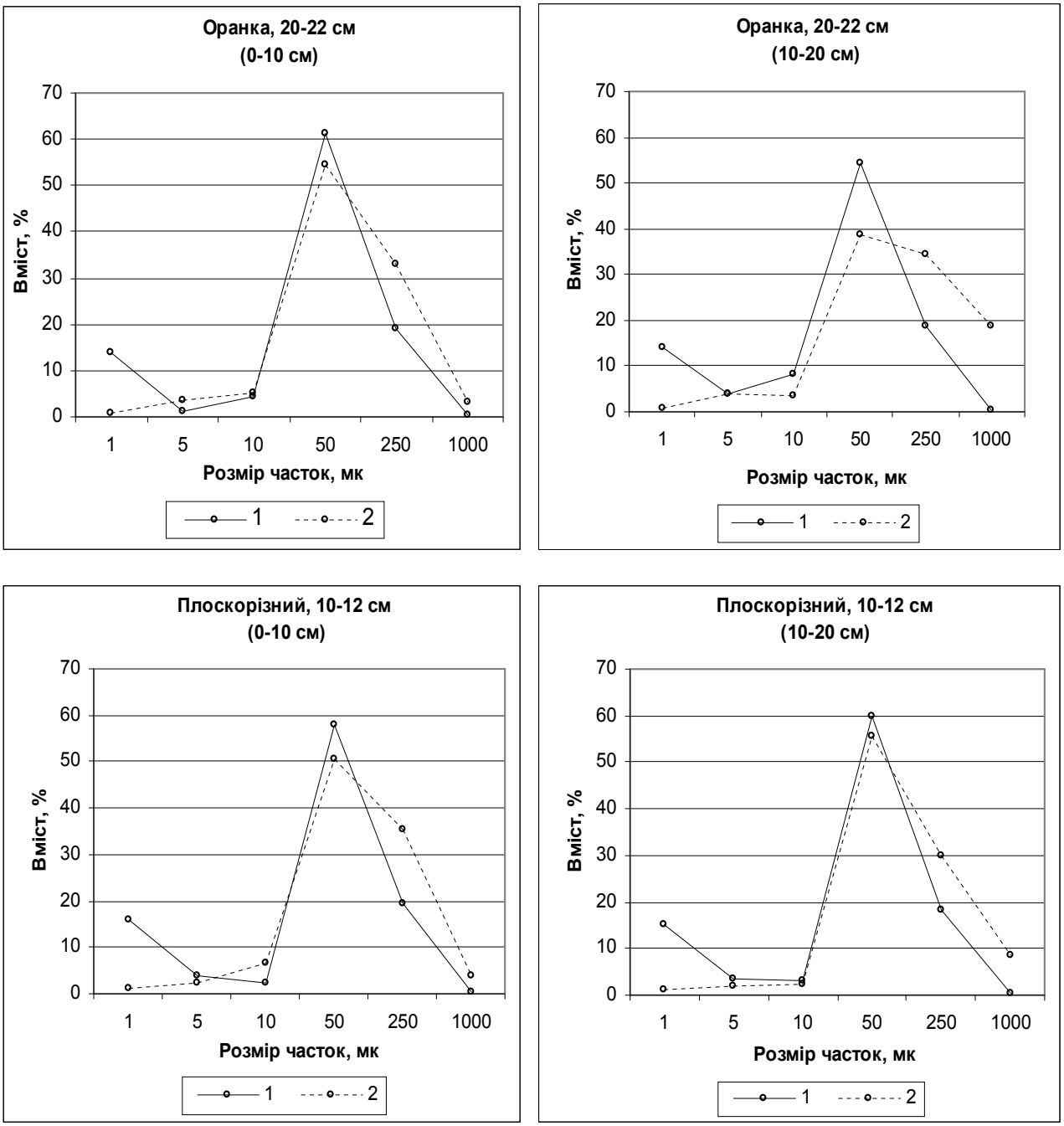
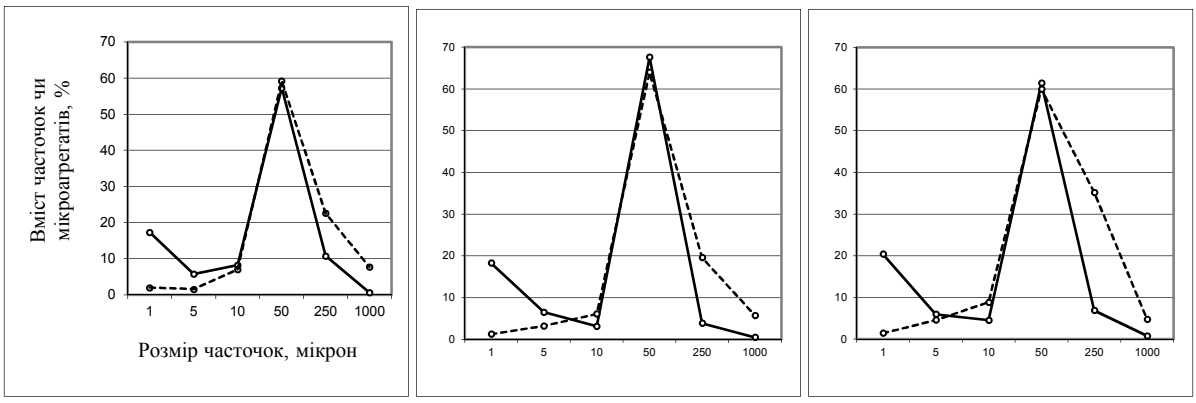


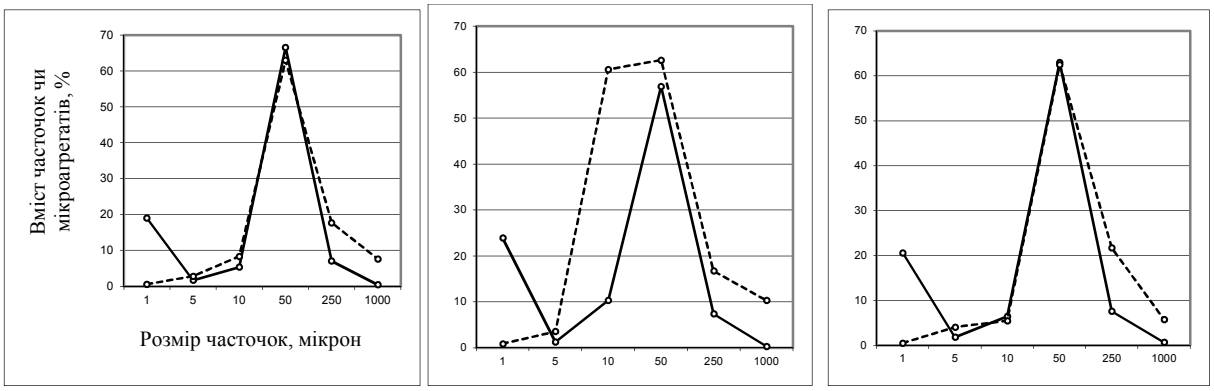
***Рис. 8.4*. Ступінь залучення механічних елементів в мікроагрегати за різних систем обробітку чорнозему типового еродованого:**

1. ––·––·–– крива гранулометричного складу,
2. – ·– ·– ·– крива мікроагрегатного складу.



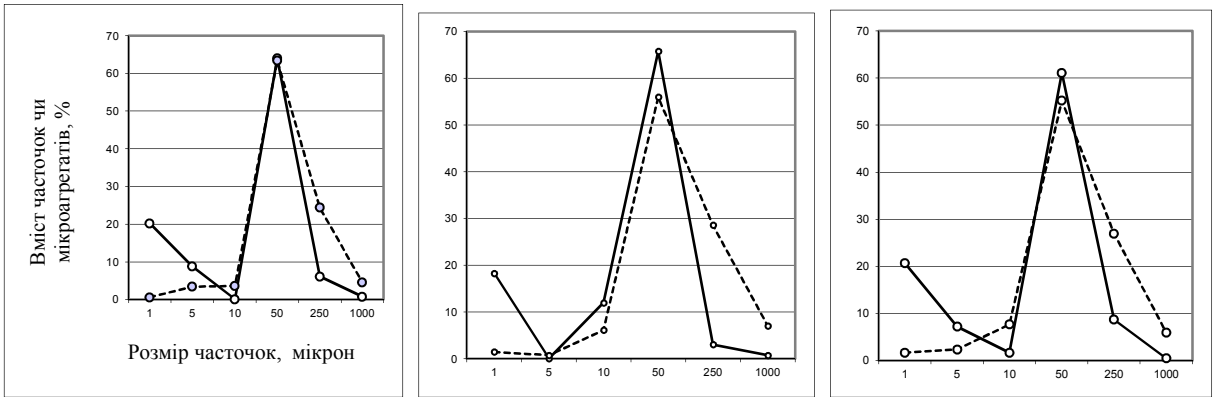
1. 2. 3.

Без добрив (контроль)



4. 5. 6.

Гній, 40 т/га + $N_{110}P_{90}K_{90}$



7. 8. 9.

Солома, 4 т/га + сидерати + $N_{110}P_{90}K_{90}$

***Рис. 8.5*. Ступінь залучення механічних елементів в мікроагрегати за різних систем обробітку та удобрення ґрунту (шар 0–10 см):**

1, 4, 7 – оранка, 25–27 см;

2, 5, 8 – плоскорізний, 25–27 см;

3, 6, 9 – плоскорізний, 10–12 см.

––– крива гранулометричного складу;

- - - крива мікроагрегатного складу

Отже, показники протиерозійної стійкості чорнозему типового еродованого за різних систем обробітку суттєво не відрізнялися і складали за оранки – 2,33 за мілкого плоскорізного обробітку 2,55. Внесення гною з мінеральними добривами на чорноземі типовому повнопрофільному сприяло підвищенню його протиерозійної стійкості ґрунту. Заміна гною соломою і сидератами була менш ефективною.

8.2.1.2. Структурно-агрегатний склад. Визначальним чинником, що впливає на агрофізичні параметри чорнозему, є макроструктура ґрунту. У добре оструктуреному ґрунті мають оптимальні параметри водний, повітряний та тепловий режими. Завдяки цьому інтенсивно розвиваються ґрунтові мікроорганізми та мезофауна, що у свою чергу, сприяє підвищенню доступності поживних речовин для рослин, розвитку їх кореневих систем і скріпленню механічних елементів у структурні агрегати, і відповідно підвищуючи при цьому протиерозійну стійкість ґрунтів. Характеризуючи протиерозійну стійкість чорноземів, можна відмітити, що за своєю генетичною складовою та властивостями вони мають високу потенційну здатність протистояти ерозії. Однак значний антропогенний уплив значною мірою порушує їх стійкість, що в результаті призводить до еродованості *(В.В. Медведев, 1988).*

Серед різноманітної кількості агроприйомів значна роль у підтриманні структурно-агрегатного складу ґрунтів належить обробітку. Виконуючи його на різну глибину та в різні строки певними ґрунтообробними знаряддями, можна покращувати структурний стан ґрунтів, оскільки оструктурений ґрунт з невисокою щільністю складення обумовлює хорошу водопроникність і практично відсутність поверхневого стоку. Сприятливий водний режим ґрунтів є основною умовою для отримання високих і стабільних урожаїв. А у високопродуктивних агроценозах з добре розвиненою кореневою системою рослин відбувається стабілізація гумусового стану та фізичних параметрів ґрунтів. В агрономічному аспекті цінними вважаються структурні агрегати розміром 10–0,25 мм, які створюють при цьому певну шорсткість ґрунтової поверхні і її протиерозійну стійкість. Підвищена брилястість ріллі є одним з негативних показників якості обробітку ґрунту. За такого стану ґрунту збільшується випаровування вологи, знижується інтенсивність мікробіологічних процесів, погіршуються фізико-хімічні, а

також накопичення поживних речовин, що у підсумку призводить до зменшення урожайності культур *(М.О. Парфенов, 1990).*

На основі проведених досліджень встановлено (табл. 8.7), що вміст агрономічно-цінних агрегатів у чорноземі типовому еродованому за даними сухого розсіву становить 60,8–69,8%, і характеризує за шкалою В.В. Медведєва (2002) середній рівень окультуреності.

Таблиця 8.7. **Структурно-агрегатний склад чорнозему типового еродованого за різних систем обробітку під сільськогосподарськими культурами, 2004–2006 рр.**

Обробіток	Глибина, см	Розмір фракцій, мм та їх вміст, %			Середньо-зважений діаметр сухих агрегатів, мм	Коефіцієнт структурності
		брили	агрономічно-цінна структура	пил		
		більше 10	10–0,25	менше 0,25		
2004 рік (у посівах ріпаку озимого)						
Оранка, 20–22 см	0–10	24,6 ± 5,56	66,4 ± 4,70	8,99 ± 1,27	4,74 ± 0,53	1,97
	10–20	34,2 ± 5,60	60,8 ± 5,82	5,02 ± 0,47	5,83 ± 0,33	1,55
Плоскорізний 10–12 см	0–10	30,1 ± 4,58	63,0 ± 5,43	6,86 ± 1,32	5,29 ± 0,37	1,70
	10–20	33,8 ± 0,81	60,8 ± 1,41	5,41± 0,80	5,84 ± 0,07	1,55
2005 рік (у посівах люцерни 1-го року використання)						
Оранка, 20–22 см	0–10	19,4 ± 5,14	69,5 ± 4,14	11,0 ± 1,28	4,49 ± 0,44	2,28
	10–20	33,2 ± 6,01	61,1 ± 5,16	5,66 ± 1,09	5,76 ± 0,52	1,57
Плоскорізний 10–12 см	0–10	26,2 ± 7,05	67,4 ± 6,69	6,20 ± 0,49	5,11 ± 0,50	2,09
	10–20	27,2 ± 5,50	69,1 ± 5,56	3,73± 0,56	5,42 ± 0,69	2,24
2006 рік (у посівах люцерни 2-го року використання)						
Оранка, 20–22 см	0–10	20,3 ± 5,13	66,9 ± 6,08	12,8 ± 3,60	4,50 ± 0,49	2,02
	10–20	22,6 ± 9,48	69,8 ± 9,56	7,58 ± 1,20	5,02 ± 0,70	2,32
Плоскорізний 20–22 см	0–10	23,5 ± 3,49	64,4 ± 5,02	12,1 ± 2,86	4,82 ± 0,26	1,81
	10–20	28,2 ± 7,17	65,3 ± 5,93	6,50 ± 1,29	5,41 ± 0,59	1,88
Плоскорізний 10–12 см	0–10	16,8 ± 2,41	67,6 ± 4,26	15,6 ± 2,13	4,08 ± 0,17	2,09
	10–20	23,5 ± 5,06	69,0 ± 4,36	7,54 ± 1,06	5,21 ± 0,42	2,22

$M \pm t_m$, при n = 4

Суттєвої різниці за цим показником між варіантами систем обробітку ґрунту не відмічено. Однак слід зазначити, що в цьому ґрунті дещо підвищений був уміст брилистої фракції – 24,6–34,2%, особливо в посівах ріпаку озимого. Найдрібніша фракція пилу < 0,25 мм знаходилася у межах 6,86-8,99% у верхньому 0–10 см шарі та 5,02–5,41% у шарі 10–20 см.

Застосування на схилових землях ґрунтозахисного плоскорізного обробітку під озимий ріпак істотною мірою не вплинуло на підвищення умісту агрономічно-цінних агрегатів. Так, їх уміст в шарі 0-10 см за плоскорізного обробітку становив 63,0 ± 5,43%, за оранки – 66,4 ± 4,70%, у нижньому 10-20-см шарі вміст цінних агрегатів становив відповідно – 60,8 ± 1,41% та 60,8 ± 5,82%, а коефіцієнт структурності залежно від обробітку був у межах 1,55–1,97. В посівах люцерни за плоскорізного обробітку на глибину 10–12 см та при оранці відмічається дещо вищий уміст агрономічно-цінних агрегатів у порівнянні з посівами ріпаку озимого і становить 67,4 і 69,1% та 69,5 і 61,1% у шарах рунту 0–10 і 10–20 см відповідно. Також вищим був коефіцієнт структурності, що становив для оранки 2,28 і 1,57, а для плоскорізного обробітку – 2,09 і 2,24. Така тенденція спостерігається і під люцерною 2-го року використання, де вміст агрономічно-цінних агрегатів був помітно вищим (у межах 64,4–69,8%) у порівнянні з структурним станом під посівами ріпаку озимого, а коефіцієнт структурності становив 1,81–2,32.

На нашу думку, доцільно більш детально охарактеризувати середньозважений діаметр сухих агрегатів за даними розсіювання дрібнозему ґрунту, особливо для поверхневого шару, оскільки їх величина і шорсткість помітно впливають на прояви водної ерозії. Відомо, що дощова вода, попадаючи на грудку, спочатку її капілярно змочує, а потім залежно від величини грудки і її водостійкості проходить дезагрегація і розпливання. Ймовірно, за однакового якісного складу структурних агрегатів їх розмір буде впливати на швидкість руйнування ґрунтової поверхні. З цієї точки зору можливо протиерозійну цінність структури оцінювати не через коефіцієнт структурності, а якраз через середньозважений діаметр сухих агрегатів. Дослідженнями *В.Я. Григор'єва та інших авторів (1993)* на основі багаточисельних експериментальних даних установлено тісний зв'язок між середньозваженим діаметром сухих агрегатів та водостійких, визначених за методом Савінова.

Стосовно якісних показників ґрунтових агрегатів при вивченні кінетики ерозійних процесів доцільно застосовувати метод Андріанова, який характеризує у часі водостійкість найбільш цінних за величиною агрегатів 3–5 мм шляхом розмокання їх у стоячій воді, що може певною мірою імітувати природний процес, особливо у випадку з ранньовесняним сніготаненням чи зливовими дощами. Вибір структурних елементів розміром 3–5 мм, на думку багатьох авторів *(И.Н. Антипов-Каратаев, 1948; Д.В. Хан, 1969; В.В. Медведев, 1988; С.Ю. Булыгин, Ф.Н. Лисецкий, 1991)* обумовлений тим, що утворення водостійких агрегатів розміром від 0,25 до 5,0 мм відбувається у результаті послідовного залучення і закріплення механічних елементів спочатку в мікро-, а потім у макроагрегати, в основному, шляхом коагуляції тонкодисперсних механічних часток за участю органічного вуглецю та полівалентних катіонів. Для крупних агрегатів (розміром > 5 мм) основне значення мають кореневі системи, а також чинник обробітку ґрунту, який забезпечує той чи інший ступінь роз'єднаності ґрунтової маси.

Результати наших досліджень показали, що водостійкість агрегатів чорнозему типового еродованого, визначена за методом Андріанова, у посівах ріпаку була в межах 52,2–58,1% і суттєво не відрізнялася по варіантах обробітку ґрунту (табл. 8.8). Тенденція підвищення стійкості агрегатів до розмокання відмічається у посівах люцерни, особливо 2-го року використання. Паралельне визначення водостійкості ґрунтових агрегатів на приладі Бакшеєва підтвердило цю закономірність. Так, вирощування люцерни другий рік поспіль сприяло підвищенню умісту водостійких агрегатів розміром > 0,25 мм і складало у верхньому 0–10 см шарі за умов оранки до 66,3%, за плоскорізного обробітку на глибину 10–12 см – 70,3%. За класифікацією *В.В.Медведєва (2002)* така водостійкість характеризується як середня. Слід відмітити, що і вміст ерозійно-стійких агрегатів розміром більше 1 мм був значно вищим у посівах люцерни 2-го року використання і становив за оранки – 35,8 та 36,0%, за плоскорізного обробітку на глибину 10–12 см – 49,1–44,7%. Висока водостійкість цих агрегатів вплинула на зростання середньозваженого діаметра, який знаходився у межах 1,25–1,77 мм залежно від системи обробітку. Причиною покращання водостійкості структури ми вважаємо підсилення мікробіологічних процесів та розвиток кореневих систем люцерни, які сприяють кращому з'єднанню мікрочасток в макроагрегатах.

Таблиця 8.8. **Водостійкість чорнозему типового еродованого за різних систем обробітку, 2004–2006 рр.**

Обробіток	Глибина, см	Кількість макроагрегатів при мокрому просіюванні, % розмір, мм			Коефіцієнт водостійкості за Медведєвим	Середньозважений діаметр водостійких часточок, мм
		> 1,0 мм	1,0–0,25 мм	> 0,25 мм		
2004 рік (у посівах ріпаку озимого)						
Оранка, 20-22 см	0–10	16,3 ± 1,59	43,9 ± 1,76	60,2 ± 1,76	0,66	0,69 ± 0,06
	10–20	14,6 ± 2,23	44,7 ± 2,01	59,3 ± 3,22	0,62	0,62 ± 0,08
Плоскорізний, 10-12 см	0–10	19,9 ± 3,70	45,1 ± 4,67	65,0 ± 4,87	0,70	0,75 ± 0,10
	10–20	12,0 ± 3,38	52,6 ± 4,33	64,6 ± 3,91	0,68	0,62 ± 0,05
2005 рік (у посівах люцерни 1-го року використання)						
Оранка, 20-22 см	0–10	19,6 ± 2,64	45,2 ± 2,22	64,7 ± 2,98	0,66	0,80 ± 0,08
	10–20	22,2 ± 3,38	45,9 ± 3,08	68,1 ± 3,28	0,66	0,78 ± 0,05
Плоскорізний, 10-12 см	0–10	24,3 ± 1,60	42,3 ± 2,95	66,6 ± 3,60	0,65	0,92 ± 0,06
	10–20	26,9 ± 1,37	47,5 ± 2,38	74,4 ± 1,83	0,71	1,06* ± 0,07
2006 рік (у посівах люцерни 2-го року використання)						
Оранка, 20-22 см	0–10	35,8 ± 3,49	30,4 ± 5,04	66,3 ± 2,71	0,76	1,25 ± 0,07
	10–20	36,0 ± 2,89	25,5 ± 3,29	61,4 ± 4,33	0,66	1,36 ± 0,08
Плоскорізний, 20-22 см	0–10	45,0 ± 2,68	21,2 ± 2,37	66,3 ± 1,15	0,75	1,62* ± 0,12
	10–20	47,2 ± 5,97	22,8 ± 2,80	70,0 ± 4,75	0,75	1,77* ± 0,13
Плоскорізний, 10-12 см	0–10	49,1 ± 5,68	21,2 ± 4,01	70,3 ± 4,80	0,83	1,72* ± 0,14
	10–20	44,7 ± 4,60	21,4 ± 2,93	66,1 ± 4,27	0,71	1,61* ± 0,12

* – достовірний вплив обробітку на 0,95 рівні вірогідності $M \pm t_m$, при $n = 8$

Дещо кращі результати макроструктурення спостерігаємо на чорноземі типовому повнопрофільному середньосуглинковому на лесі, дослідні ділянки на якому розміщені на рівнинній території з незначним ухилом до 2°–3° по периметру. Тут вивчення упливу обробітку та удобрення на формування ерозійно-стійких агрегатів показали наступне. Способи основного обробітку помітно не вплинули на структурно-агрегатний склад ґрунту, оскільки за ґрунтозахисної агротехніки на варіантах з мілким (10–12 см) та глибоким (25–27 см) плоскорізними обробітками вміст агрономічно-цінних агрегатів на неудобрених фонах був на рівні оранки і знаходився у межах 62,0–72,1% (табл. 8.9).

Таблиця 8.9. **Структурно-агрегатний склад чорнозему типового за різного обробітку і удобрення під кукурудзою на зерно, 2004 р.**

Обробіток	Глибина, см	Розмір фракцій, мм			Середньозважений діаметр сухих агрегатів	Коефіцієнт структурності
		брили	агрономічно-цінна структура	пил		
		більше 10	10– 0,25	менше 0,25		
Без добрив (контроль)						
Оранка, 25–27 см	0–10	19,0 ± 4,67	56,7 ± 4,37	24,3 ± 1,94	2,75 ± 0,30	1,31
	10–20	37,3 ± 5,59	49,7 ± 8,19	13,0 ± 4,38	4,11 ± 0,52	0,99
Плоскорізний, 25–27 см	0–10	12,9 ± 4,34	67,4 ± 4,51	19,7 ± 4,20	3,34 ± 0,52	2,07
	10–20	24,8 ± 4,33	62,0 ± 3,41	13,3 ± 2,73	4,87 ± 0,48	1,63
Плоскорізний, 10–12 см	0–10	15,5 ± 1,60	62,3 ± 2,23	22,2 ± 1,14	3,61 ± 0,28	1,65
	10–20	13,6 ± 5,66	72,1 ± 5,15	14,3 ± 1,91	3,99 ± 0,51	2,58
Гній, 40 т/га + $N_{110}P_{90}K_{90}$						
Оранка, 25–27 см	0–10	26,9 ± 7,86	56,5 ± 4,54	16,7 ± 4,02	4,80 ± 0,83	1,30
	10–20	27,5 ± 7,00	60,7 ± 5,32	11,8 ± 2,32	5,32 ± 0,64	1,54
Плоскорізний, 25–27 см	0–10	21,5 ± 2,27	61,4 ± 3,61	17,1 ± 1,72	4,27 ± 0,16	1,59
	10–20	23,4 ± 6,23	65,0 ± 4,97	11,6 ± 1,56	4,89 ± 0,61	1,86
Плоскорізний, 10–12 см	0–10	16,1 ± 4,34	67,7 ± 5,85	16,3 ± 2,23	3,85 ± 0,24	2,10
	10–20	18,7 ± 5,28	72,8 ± 5,29	8,43 ± 1,16	4,83 ± 0,50	2,68
Солома, 4 т/га + сидерати + $N_{110}P_{90}K_{90}$						
Оранка, 25–27 см	0–10	10,2 ± 4,82	70,5 ± 2,52	19,3 ± 2,72	3,07 ± 0,54	2,39
	10–20	16,3 ± 5,37	72,5 ± 5,58	11,2 ± 0,83	4,20 ± 0,39	2,64
Плоскорізний, 25–27 см	0–10	13,7 ± 3,00	69,7 ± 1,96	16,6 ± 2,43	3,68 ± 0,51	2,30
	10–20	16,8 ± 5,80	74,2 ± 4,41	8,96 ± 1,85	4,45 ± 0,47	2,88
Плоскорізний, 10–12 см	0–10	12,3 ± 4,89	74,1 ± 4,13	13,6 ± 3.96	3,55 ± 0,49	2,86
	10–20	13,4 ± 2,63	78,5 ± 3,09	8,08 ± 3,99	4,17 ± 0,52	3,65

$M \pm t_m$, при n = 4

Тенденція покращання макроструктури ґрунту відмічається на фоні удобрення 4 т/га соломи + сидерати + $N_{110}P_{90}K_{90}$ з застосуванням мілкого плоскорізного розпушування під кукурудзу, де відмічено вищий уміст агрономічно-цінних агрегатів (10–0,25 мм) як в шарі 0–10 см – 74,1 ± 4,13%, так і в шарі 10–20 см – 78,5 ± 3,09%, що за параметрами екологічної стійкості ґрунтів оцінюється як підвищена протиерозійна стійкість.

Характеризуючи водостійкість агрегатів за методом Андріанова слід відмітити, що внесення соломи із сидератами сприяло покращанню цього показника як за мілкого плоскорізного обробітку (56,7–60,9%), так і за полицевої оранки – 59,8–67,9%, порівняно з контролем без добрив. За внесення під кукурудзу 40 т/га гною + $N_{110}P_{90}K_{90}$ помітного покращання водостійкості структурних агрегатів не виявлено.

Визначення водостійкості ґрунтових агрегатів шляхом „купання" їх на приладі Бакшеєва у водному середовищі на ситах різного діаметру показало, що система плоскорізного обробітку ґрунту сприяла частковому покращанню водостійкості часточок розміром > 0,25 мм як за умов мілкого (65,7–74,9%), так і за глибокого обробітку – 63,3–70,0%, тоді як за полицевої оранки показники знаходились у межах 53,2–64,8% (табл. 8.10). За мілкого обробітку в шарі 0–10 см також був найбільший уміст ерозійно-стійких часточок розміром > 1 мм – 17,6–28,7% порівняно з іншими варіантами обробітку.

Застосування органо-мінерального удобрення мало позитивну дію на вміст водостійких агрегатів, особливо за внесення гною з мінеральними добривами. Якщо на контролі без добрив уміст водостійких агрегатів розміром більше 0,25 мм складав 53,2–72,7%, то на фоні гною з мінеральними добривами – 62,2–74,9%. На варіанті з замуленням соломи та сидерату редьки олійної також спостерігаємо певне підвищення умісту водостійких агрегатів у межах 59,6–71,0%; за шкалою Савінова така водостійкість оцінюється як відмінна.

Важливе значення у протиерозійній стійкості ґрунту мають показники середньозваженого діаметру водостійких агрегатів, який характеризує добуток середнього розміру фракції на її уміст. Найменший розмір середньозваженого діаметра отримано при застосуванні оранки без добрив – 0,56–0,58 мм, а найбільший – за мілкого плоскорізного обробітку на фоні внесення 40 т/га гною + $N_{110}P_{90}K_{90}$ – 1,07–1,11 мм. За даними *С.Ю. Булигіна (1993),* обробіток ґрунту на протязі 150 років призвів до зменшення середньозваженого діаметру водостійких агрегатів у чорноземних ґрунтах у 2–3 рази і зараз цей показник стабілізувався на рівні 0,50–0,75 мм, унаслідок чого розорані ґрунти мають стійкий показник протиерозійної стійкості, яка меншою мірою залежить від показників агрофізичного стану, а більшою – від ґрунтово-генетичних характеристик.

Таблиця 8.10. Водостійкість чорнозему типового за різних систем удобрення і обробітку під кукурудзою на зерно

Обробіток	Глибина, см	Кількість макроагрегатів при мокрому просіюванні, %			Коефіцієнт водостійкості за Медведєвим	Середньо зважений діаметр водостійких часточок, мм
		> 1,0 мм	1,0 – 0,25 мм	> 0,25 мм		
Без добрив (контроль)						
Оранка, 25-27 см	0–10	12,3 ± 2,68	40,9 ± 9,83	53,2 ± 8,68	0,70	0,56 ± 0,07
	10–20	15,0 ± 4,36	43,8 ± 2,76	58,8 ± 6,96	0,68	0,58 ± 0,15
Плоскорізний, 25-27 см	0–10	18,6 ± 2,78	46,1 ± 1,71	64,7 ± 1,57	0,81	0,81*± 0,11
	10–20	19,0 ± 4,61	49,0 ± 5,39	68,0 ± 5,09	0,78	0,74 ± 0,09
Плоскорізний, 10-12 см	0–10	25,7 ± 5,82	40,0 ± 4,50	65,7 ± 2,16	0,84	0,97* ± 0,13
	10–20	36,1 ± 4,57	36,6 ± 4,91	72,7 ± 3,17	0,86	1,04* ± 0,09
Гній, 40 т/га + $N_{110}P_{90}K_{90}$						
Оранка, 25-27 см	0–10	21,0 ± 3,92	41,3 ±3,97	62,2 ± 1,87	0,75	0,78 ± 0,09
	10–20	20,3 ± 2,19	44,5 ± 3,57	64,8 ± 1,38	0,73	0,86 ± 0,08
Плоскорізний, 25-27 см	0–10	25,4 ± 2,29	44,8 ± 4,92	70,0 ± 4,39	0,84	1,08* ± 0,18
	10–20	20,1 ± 3,62	49,1 ± 8,26	69,2 ± 5,11	0,78	0,80 ± 0,14
Плоскорізний, 10-12 см	0–10	28,7 ± 2,81	46,2 ± 2,57	74,9 ± 1,77	0,89	1,11* ± 0,09
	10–20	25,5 ± 0,92	44,3 ± 4,22	69,8 ± 3,83	0,76	1,07* ± 0,11
Солома, 4 т/га + сидерати + $N_{110}P_{90}K_{90}$						
Оранка, 25-27 см	0–10	13,9 ± 2,70	45,8 ± 4,21	59,6 ±1,75	0,74	0,62 ± 0,09
	10–20	16,2 ± 1,28	47,6 ± 4,23	63,8 ± 5,21	0,72	0,63 ± 0,05
Плоскорізний, 25-27 см	0–10	16,0 ± 4,07	47,3 ± 3,08	63,3 ± 1,21	0,76	0,71 ± 0,11
	10–20	16,2 ± 1,21	49,7 ± 2,73	65,9 ± 1,77	0,72	0,73 ± 0,06
Плоскорізний, 10-12 см	0–10	17,6 ± 4,32	51,1 ± 2,06	68,7 ± 3,65	0,80	0,78 ± 0,15
	10–20	15,0 ± 2,90	56,0 ± 5,31	71,0 ± 4,70	0,77	0,66 ± 0,06

$M \pm t_m$, при n = 8

Дані структурно-агрегатного складу 2005 року, визначеного методом сухого розсіювання на ситах, свідчать, що вміст агрономічно цінних агрегатів був подібним до значень 2004 року. З табл. 3.8 видно, що за умов плоскорізного обробітку на глибину 10-12 см він становив 62,8-72,5%, на 25-27 см – 57,2-74,1%, за полицевої оранки – 54,8-73,8%. Удобрення сприяло деякому збільшенню умісту агрегатів розміром 10-0,25 мм, особливо на варіантах з застосуванням соломи та сидерату. При цьому за плоскорізного обробітку на глибину 25-27 см їх уміст складав 71,6-74,1%, а за мілкого плоскорізного обробітку – 68,1-69,7%, що за *В.В. Медведєвим (1988)* оцінюється як середній та високий рівень оструктуреності.

Літній період 2005 року характеризувався посушливою і бездощовою погодою. Завдяки цьому в ґрунті спостерігався дефіцит вологи, через який суттєво зріс уміст брилистої фракції, особливо в шарі 10–20 см, де ця величина знаходилась в межах 21,2–38,7% (табл. 8.11). У верхньому (0–10 см) шарі відсоток агрегатів більше 10 мм становив 11,6-29,5%. Така чітка диференціація умісту брил у різних шарах дослідженого ґрунту спостерігається на всіх без винятку агрофонах і свідчить про можливість захисту поверхні від змиву дрібнозему. Найвищий відсоток брил відмічаємо на глибокому плоскорізному обробітку при застосуванні гною та мінеральних добрив – 20,5–36,8%.

Таблиця 8.11. **Структурно-агрегатний склад чорнозему типового за різних систем удобрення і обробітку під кукурудзою на силос**

Обробіток і удобрення	Глибина, см	Розмір фракцій, мм			Коефіцієнт структурності	Середньозважений діаметр сухих агрегатів, мм
		брили	агрономічно-цінна структура	пил		
		більше 10	10–0,25	менше 0,25		
Без добрив (контроль)						
Оранка, 25–27 см	0–10	17,3 ± 5,87	69,0 ± 5,87	13,8 ± 2,07	2,23	3,96 ± 0,47
	10–20	38,7 ± 6,99	54,8 ± 5,60	6,57 ± 1,48	1,21	6,09 ± 0,60
Плоскорізний, 25–27 см	0–10	15,3 ± 3,81	71,4 ± 4,28	13,3 ± 2,88	2,50	3,87 ± 0,34
	10–20	29,5 ± 7,27	64,1 ± 7,40	6,34 ± 0,42	1,79	5,66 ± 0,56
Плоскорізний, 10-12 см	0–10	20,6 ± 4,76	64,5 ± 2,77	14,9 ± 2,80	1,82	4,23 ± 0,45
	10–20	30,9 ± 10,5	63,0 ± 9,34	6,09 ± 1,74	1,70	5,77 ± 0,70
Післядія 40 т/га гною + $N_{110}P_{90}K_{60}$						
Оранка, 25-27 см	0–10	11,6 ± 9,62	73,8 ± 6,48	14,6 ± 6,82	2,82	4,28 ± 1,28
	10–20	38,9 ± 4,66	54,8 ± 4,60	6,33 ± 1,25	1,21	6,05 ± 0,36
Плоскорізний, 25-27 см	0–10	20,5 ± 7,35	66,7 ± 5,87	12,9 ± 3,15	2,00	4,26 ± 0,78
	10–20	36,8 ± 2,48	57,2 ± 1,65	5,34 ± 1,40	1,34	6,11 ± 0,26
Плоскорізний, 10-12 см	0–10	13,3 ± 6,25	72,5 ± 2,72	14,2 ± 4,04	2,64	3,60 ± 0,66
	10–20	31,1 ± 8,00	62,8 ± 7,63	6,13 ± 0,58	1,69	5,65 ± 0,61
Післядія соломи 4 т/га + сидерати + $N_{110}P_{90}K_{90}$						
Оранка, 25-27 см	0–10	19,7 ± 2,43	71,6 ± 1,54	8,79 ± 1,32	2,52	4,38 ± 0,32
	10–20	31,9 ± 5,35	65,1 ± 4,98	3,03 ± 0,50	1,87	5,78 ± 0,34
Плоскорізний, 25-27 см	0–10	14,8 ± 1,47	71,6 ± 1,18	13,6 ± 0,81	2,52	3,80 ± 0,07
	10–20	21,2 ± 4,04	74,1 ± 4,34	4,76 ± 0,91	2,86	4,98 ± 0,44
Плоскорізний, 10-12 см	0–10	29,5 ± 4,31	68,1 ± 5,13	7,84 ± 1,54	2,13	4,94 ± 0,29
	10–20	26,2 ± 3,46	69,7 ± 2,61	4,08 ± 0,89	2,30	5,45 ± 0,36

$M \pm t_m$, при n = 4

Застосування добрив та грунтозахисних обробітків позитивно вплинуло і на вміст водостійких агрегатів (> 0,25 мм). Найвищі показники відмічено за мілкого плоскорізного обробітку – 74,5–73,2% у післядії гною з $N_{110}P_{90}K_{90}$ та 66,8–70,0% на варіанті з соломою та сидератами (табл. 8.12).

Таблиця 8.12. **Водостійкість чорнозему типового за різних систем удобрення і обробітку під кукурудзою на силос, 2005 р.**

Обробіток і удобрення	Глибина, см	Кількість макроагрегатів при мокрому просіюванні, % розмір, мм			Коефіцієнт водостійкості за Медведєвим	Середньозважений діаметр водостійких часточок, мм
		> 1,0 мм	1,0–0,25 мм	> 0,25 мм		
Без добрив (контроль)						
Оранка, 25–27 см	0 – 10	16,0 ± 3,85	46,4 ± 6,10	62,4 ± 6,45	0,72	0,73 ± 0,11
	10 – 20	22,4 ± 3,08	43,2 ± 2,33	65,6 ± 2,24	0,77	0,85 ± 0,11
Плоскорізний, 25–27 см	0 – 10	17,4 ± 2,54	52,0 ± 2,49	69,4 ± 2,13	0,80	0,79 ± 0,12
	10 – 20	19,7 ± 1,85	41,3 ± 2,00	61,0 ± 2,12	0,65	0,71 ± 0,03
Плоскорізний, 10–12 см	0 – 10	20,3 ± 5,01	45,8 ± 4,14	66,1± 6,38	0,78	0,80 ± 0,20
	10 – 20	21,5 ± 2,85	42,8 ± 4,09	64,3 ± 5,09	0,79	0,71 ± 0,07
Післядія 40 т/га гною + $N_{110}P_{90}K_{90}$						
Оранка, 25–27 см	0 – 10	24,0 ± 1,78	38,9 ± 2,70	62,9 ± 1,41	0,74	0,88 ± 0,04
	10 – 20	22,2 ± 2,39	40,3 ± 1,94	62,5 ± 3,43	0,67	0,86 ± 0,09
Плоскорізний, 25–27 см	0 – 10	28,3 ± 3,02	44,6 ± 3,29	72,9* ± 2,80	0,84	1,03 ± 0,14
	10 – 20	27,3 ± 1,87	49,9 ± 4,20	77,1* ± 2,37	0,82	1,10* ± 0,03
Плоскорізний, 10–12 см	0 – 10	26,9 ± 2,24	47,6 ± 5,38	74,5* ± 3,35	0,87	1,02* ± 0,09
	10 – 20	25,2 ± 1,44	48,0 ± 3,92	73,3* ± 3,02	0,79	1,05* ± 0,04
Післядія соломи 4 т/га + сидерати + $N_{110}P_{90}K_{90}$						
Оранка, 25–27 см	0 – 10	14,3 ± 1,46	44,1 ± 3,86	58,3 ± 5,13	0,64	0,65 ± 0,06
	10 – 20	15,6 ± 3,65	49,7 ± 3,11	65,3 ± 4,42	0,67	0,65 ± 0,11
Плоскорізний, 25–27 см	0 – 10	18,2 ± 4,17	49,3 ± 4,08	67,4* ± 2,52	0,78	0,81± 0,11
	10 – 20	18,1 ± 1,15	46,3 ± 3,10	64,5 ± 2,66	0,68	0,73± 0,05
Плоскорізний, 10–12 см	0 – 10	16,1 ± 1,25	50,7 ± 1,33	66,8* ± 1,26	0,68	0,71± 0,06
	10 – 20	23,0 ± 2,03	47,0 ± 6,26	70,1 ± 5,82	0,73	0,78± 0,14

* – достовірний вплив обробітку на 0,95 рівні вірогідності M± t_m , при n = 8

Таким чином, проведені агротехнічні заходи сприяють створенню сприятливих умов для формування агрономічно-цінних агрегатів та зростання їх водостійкості.

Характеризуючи структурно-агрегатний склад чорнозему типового під пшеницею озимою 2006 року, відмічаємо тенденцію до підвищення умісту агрономічно-цінних агрегатів при проведенні базованих на плоскорізному розпушуванні ґрунтозахисних обробітків на фоні внесення добрив. Так, при післядії гною у дозі 40 т/га разом з $N_{60}P_{40}K_{40}$ в 0–10-см шарі вміст агрегатів розміром 10–0,25 мм складав за глибокого плоскорізного обробітку 80,8%, мілкого – 73,7%, а при післядії соломи 4 т/га і сидерату редьки олійної і $N_{60}P_{40}K_{40}$ – відповідно 73,1 і 69,4% (табл. 8.13).

***Таблиця 8.13*. Структурно-агрегатний склад чорнозему типового за різних систем удобрення і обробітку під озимою пшеницею, 2006 р.**

Обробіток	Глибина, см	Розмір фракцій, мм			Коефіцієнт структурності	Середньозважений діаметр сухих агрегатів, мм
		брили	агрономічно-цінна структура	пил		
		більше 10	10-0,25	менше 0,25		
Без добрив (контроль)						
Оранка, 20–22 см	0 – 10	17,1 ± 2,92	79,4 ± 4,96	3,54 ± 2,21	3,85	4,18 ± 0,32
	10 – 20	17,5 ± 3,92	78,7 ± 5,60	3,81 ± 2,62	3,70	4,35 ± 0,42
Плоскорізний, 20–22 см	0 – 10	22,4 ± 3,29	71,3 ± 0,75	6,35 ± 3,21	2,48	4,37 ± 0,41
	10 – 20	20,1 ± 1,19	72,2 ± 2,10	7,66 ± 0,42	2,60	4,54 ± 0,27
Плоскорізний, 10–12 см	0 – 10	18,5 ± 4,78	73,3 ± 3,25	8,13 ± 2,57	2,75	4,39 ± 0,54
	10 – 20	16,1 ± 3,72	77,5 ± 3,54	6,38 ± 1,35	3,45	4,38 ± 0,31
Післядія 40 т/га гною + $N_{60}P_{40}K_{40}$						
Оранка, 20–22 см	0 – 10	15,0 ± 6,19	75,7 ± 4,72	9,25 ± 3,36	3,12	4,15 ± 0,48
	10 – 20	23,6 ± 4,43	69,4 ± 5,19	6,98 ± 0,84	2,27	4,98 ± 0,22
Плоскорізний, 20–22 см	0 – 10	16,5 ± 4,49	79,7 ± 6,08	3,77 ± 1,73	3,93	4,62 ± 0,25
	10 – 20	22,8 ± 2,11	73,3 ± 2,75	3,97 ± 1,10	2,74	5,09 ± 0,08
Плоскорізний, 10–12 см	0 – 10	16,9 ± 2,71	73,7 ± 5,66	9,37 ± 3,43	2,80	4,31 ± 0,14
	10 – 20	22,0 ± 4,01	73,0 ± 5,47	5,00 ± 2,09	2,70	5,00 ± 0,22
Післядія соломи 4 т/га + сидерати + $N_{60}P_{40}K_{40}$						
Оранка, 20–22 см	0 – 10	15,7 ± 4,64	79,0 ± 2,47	5,29 ± 4,97	3,25	4,32 ± 0,12
	10 – 20	21,7 ± 4,03	71,8 ± 6,08	6,54 ± 2,63	2,55	4,51 ± 0,35
Плоскорізний, 20–22 см	0 – 10	22,5 ± 2,65	73,1 ± 8,54	4,50 ± 6,15	2,72	4,76 ± 0,07
	10 – 20	17,2 ± 2,53	77,9 ± 2,82	4,87 ± 0,90	3,52	4,63 ± 0,28
Плоскорізний, 10–12 см	0 – 10	23,5 ± 2,25	69,8 ± 0,99	6,74 ± 2,36	2,30	4,82 ± 0,27
	10 – 20	20,4 ± 4,16	74,0 ± 5,09	5,59 ± 2,25	3,84	5,32 ± 0,15

$M \pm t_m$, при $n = 4$

На агрофоні оранки без внесення добрив було отримано теж високі значення цього показника, що свідчить про загалом сприятливі умови для формування стійкої структури. Варто відзначити, що середньозважений діаметр сухих агрегатів також був помітно вищий за глибокого і мілкого плоскорізних обробітків і становив у 0–10-см шарі на контролі без добрив – 4,37 і 4,39 мм, на фоні органо-мінерального удобрення – 4,62 і 4,31 мм, внесення соломи з $N_{50}P_{45}K_{45}$ і заорювання сидерату – 4,76 і 4,82 мм відповідно. Коли взяли до уваги розмір ґрунтових агрегатів, то помітили, що більший діаметр часток вважається стійкішим до змиву та краще агрегованим, і відповідно, для відриву агрегатів дощовими краплями знадобиться більша кінетична енергія.

Застосування гною в поєднанні з мінеральними добривами сприяло підвищенню умісту водостійких агрегатів (> 0,25 мм). Зокрема, у шарі 0–10 см при оранці, глибокому та мілкому плоскорізних обробітках їх уміст становив 77,0, 73,7 та 78,4%, а без удобрення – 72,1, 70,3 і 68,6% відповідно (табл. 8.14).

Таблиця 8.14. **Водостійкість чорнозему типового за різних систем удобрення і обробітку під озимою пшеницею**

Обробіток	Глибина, см	Кількість макроагрегатів при мокрому просіюванні, % розмір, мм			Коефіцієнт водостійкості за Медведєвим	Середньозважений діаметр водостійких часточок, мм
		> 1,0 мм	1,0-0,25 мм	> 0,25 мм		
Без добрив (контроль)						
Оранка, 20–22 см	0 – 10	29,9 ± 3,59	42,2 ± 5,28	72,1 ± 5,75	0,75	1,01 ± 0,02
	10 – 20	27,7 ± 7,48	42,2 ± 6,20	69,9 ± 5,04	0,73	1,01 ± 0,20
Плоскорізний, 20–22 см	0 – 10	37,3 ± 4,16	33,0 ± 2,08	70,3 ± 5,28	0,75	1,45* ± 0,06
	10 – 20	34,5 ± 4,73	34,0 ± 3,57	68,5 ± 7,37	0,73	1,07 ± 0,09
Плоскорізний, 10–12 см	0 – 10	42,6 ± 12,3	26,0 ± 3,42	68,6 ± 10,3	0,75	1,47* ± 0,34
	10 – 20	40,5* ± 1,32	27,5 ± 7,46	68,0 ± 8,31	0,73	1,45* ± 0,29
Післядія 40 т/га гною + $N_{60}P_{40}K_{40}$						
Оранка, 20–22 см	0 – 10	34,6 ± 1,45	42,3 ± 1,71	77,0 ± 0,74	0,85	1,23 ± 0,07
	10 – 20	42,1 ± 3,01	37,1 ± 13,1	79,3± 11,5	0,85	1,47 ± 0,38
Плоскорізний, 20–22 см	0 – 10	43,7 ± 7,20	30,1 ± 3,56	73,7 ± 9,63	0,77	1,54* ± 0,22
	10 – 20	60,5* ± 5,64	19,1 ± 4,08	79,6 ± 6,75	0,83	1,81 ± 0,10
Плоскорізний, 10–12 см	0 – 10	50,3* ± 9,52	28,0 ± 6,36	78,4 ± 5,21	0,87	1,63* ± 0,25
	10 – 20	47,6 ± 3,20	30,3 ± 7,61	77,9 ± 9,73	0,82	1,47 ± 0,10

Продовження таблиці 8.14

Післядія соломи 4 т/га + сидерати + $N_{60}P_{40}K_{40}$						
Оранка, 20-22 см	0 – 10	20,6 ± 2,39	46,5 ± 3,08	67,2 ± 5,09	0,71	0,93 ± 0,15
	10 – 20	35,2 ± 6,51	40,3 ± 3,02	75,4 ± 3,82	0,81	1,15 ± 0,36
Плоскорізний, 20-22 см	0 – 10	27,7 ± 4,61	36,5 ± 7,78	64,1 ± 11,9	0,67	1,10 ± 0,19
	10 – 20	31,2 ± 14,3	45,6 ± 8,76	76,8 ± 6,02	0,81	1,08 ± 0,32
Плоскорізний, 10-12 см	0 – 10	35,3* ± 7,46	34,2 ± 10,1	67,5 ± 7,10	0,72	1,13 ± 0,16
	10 – 20	32,5 ± 4,43	44,7 ± 5,13	77,2 ± 2,41	0,82	1,16 ± 0,25

$M \pm t_m$, при n = 8

На цьому фоні удобрення був помітно вищим і середньозважений діаметр водостійких агрегатів, який за різних систем обробітку знаходився у межах 1,23–1,81 мм, тоді як на контролі без добрив – у межах 1,01–1,47 мм.

Отже, застосування ґрунтозахисних обробітків на чорноземі еродованому позитивно вплинуло на вміст водостійких агрегатів розміром > 0,25 мм. Так, у посівах ріпаку за мілкого плоскорізного обробітку їх уміст був вищим на 4,3-4,8%, а при вирощуванні люцерни двох років використання – на 4,0-4,7% порівняно з оранкою.

При вирощуванні кукурудзи на зерно використання гною у дозі 40 т/га з $N_{110}P_{90}K_{90}$ на чорноземі типовому середньосуглинковому підвищувало водостійкість агрегатів на 1,2–9,0%, а середньозважений діаметр водостійких грудочок в 1,03–1,48 рази, обумовлюючи більшу стійкість ґрунту до прояву водної ерозії.

8.2.1.3. Щільність складення Щільність складення є фізичною характеристикою ґрунту, що визначає його ефективну родючість, а отже і врожайність сільськогосподарських культур. Культурні рослини негативно реагують як на ущільнені ґрунти *(Л.И. Салышев и др., 1993; А.Л. Шенявский, 1971),* так і на ґрунти, що мають пухке зложення *(П.П. Колмаков, А.М. Нестеренко (1991),* яке позбавляє кореневу систему рослин необхідного контакту з твердою частиною ґрунту. При цьому зростають втрати вологи через дифузне випаровування, зменшується об'ємна концентрація поживних речовин. Надзвичайно пухкі ґрунти легко піддаються дефляції, особливо їх пилова фракція. Підвищена щільність з протиерозійної точки зору так само сприяє низькій водопроникності і, відповідно, поверхневому стоку та змиву дрібнозему.

Відомо, що щільність складення залежить від мінералогічного і гранулометричного складу ґрунту, його структурного стану, умісту органічної речовини. Значний вплив на щільність саправляє обробіток ґрунту, який направлений на регулювання і підтримку його оптимальних параметрів, боротьбу з бур'янами та зароблення органічних добрив. Сама по собі щільність створює таку будову оброблюваного шару, за якого в ґрунті складаються нормальні повітряні умови та зволоження. Цей показник також суттєво обумовлює поглинання води ґрунтом та її фільтрацію. Для більшості сільськогосподарських культур оптимальною вважають щільність у межах 1,10–1,30 г/см^3. Наші дослідження на чорноземі типовому еродованому показали, що щільність 0–10 см шару ґрунту в посівах ріпаку озимого знаходиться в оптимальних межах і становить за плоскорізного обробітку 1,30 г/см^3, на оранці – 1,27 г/см^3 (табл. 8.15).

Таблиця 8.15. **Щільність і пористість чорнозему типового еродованого за різних систем обробітку, 2004–2006 рр.**

Обробіток	Глибина, см	Щільність твердої фази, г/см^3	Щільність складення г/см^3	Загальна пористість, %	Пористість аерації, %
2004 рік (ріпак озимий)					
Оранка, 20–22 см	0–10	2,59	1,27 ± 0,06	51,0	30,2
	10–20	2,58	1,40 ± 0,02	45,7	22,2
Плоскорізний, 10–12 см	0–10	2,61	1,30 ± 0,08	50,2	27,8
	10–20	2,59	1,38 ± 0,06	46,7	24,5
2005 рік (люцерна 1-го року використання)					
Оранка, 20–22 см	0–10	2,58	1,22 ± 0,04	52,7	37,1
	10–20	2,57	1,31 ± 0,03	49,0	30,6
Плоскорізний, 10–12 см	0–10	2,60	1,16 ± 0,05	55,4	38,6
	10–20	2,59	1,28 ± 0,04	50,6	32,0
2006 рік (люцерна 2-го року використання)					
Оранка, 20–22 см	0–10	2,59	1,29 ± 0,08	50,2	35,6
	10–20	2,58	1,48 ± 0,04	42,7	21,6
Плоскорізний, 20–22 см	0–10	2,60	1,33 ± 0,06	47,3	28,0
	10–20	2,59	1,42 ± 0,03	45,2	23,8
Плоскорізний, 10-12 см	0 – 10	2,61	1,34 ± 0,04	48,7	31,4
	10 – 20	2,60	1,49 ± 0,04	42,7	21,3

M± t_m , при n = 4

Шар ґрунту 10-20 см був помітно ущільнений, відповідно 1,38 г/см^3 і 1,40 г/см^3, що ймовірно спричинило його низьку фільтраційну здатність. Щільність твердої фази ґрунту становила 2,58–2,61 г/см^3, що теж є характерною для цього типу ґрунтів. Значення загальної пористості на обох варіантах обробітку були близькими і становили для верхнього 0–10 см шару 51,0% за полицевої оранки і 50,2% за плоскорізного обробітку. У нижній частині ґрунту пористість була низькою, відповідно – 45,7 і 46,7; при цьому пори, зайняті повітрям, мали такий об'єм – 22,2 і 24,5%. Аналізуючи показники щільності за період 2005 року під посівами люцерни, відмічаємо дещо нижчі значення у порівнянні з 2004 роком. Так, в 0–10-см шарі за полицевої оранки вона складала 1,22 г/см^3, за плоскорізного обробітку – 1,16 г/см^3. Шар ґрунту 10–20 см був щільнішим – 1,31 і 1,28 г/см^3. За *В.В. Медведєвим (2002)* показники щільності знаходились в оптимальних межах і за випадання інтенсивних опадів цей чорноземний ґрунт за вказаної щільності може поглинути значну частину води.

Показники щільності складення після збирання люцерни 2-го року використання на чорноземі еродованому дали підставу стверджувати, що в цей період ґрунт був дещо ущільненим. У поверхневому (0-10 см) шарі параметри щільності становили на оранці – 1,29 ± 0,08 г/см^3, за плоскорізного обробітку на 10–12 см – 1,34 ± 0,04 г/см^3. Вищими були значення у шарі ґрунту 10–20 см – 1,48 та 1,49 г/см^3 відповідно. Цілком ймовірно, що висока щільність складення під бобовою культурою зумовлена її значною корененасиченістю, особливо у 2-й рік її використання. За умов вегетації люцерни високий протиерозійний ефект створюється як за рахунок коренів рослин, так і значної вегетативної маси. Однак після скошування люцерни і проведення обробітків в осінній період, тобто з відкритою від рослинності поверхнею, ґрунт може бути вразливим після випадання інтенсивних опадів до змиву.

Аналіз щільності складення чорнозему типового за різних систем обробітку та удобрення під кукурудзу на зерно в НДГ "Великоснітинське" показали, що на неудобрених ділянках за плоскорізного рихлення на глибину 10–12 см щільність знаходилась у межах 1,25–1,32 г/см^3, тоді як за оранки ґрунт був помітно пухкіший – 1,12–1,14 г/см^3 (табл. 8.16).

Таблиця 8.16. **Щільність складення чорнозему типового під різними сільськогосподарськими культурами, г/см³, 2004–2006 рр.**

Обробіток	Глибина, см	Удобрення (на 1 га сівозмінної площі)		
		Контроль	Гній 12 т/га + $N_{50}P_{45}K_{45}$	Солома 1,2 т/га + сидерати + $N_{50}P_{45}K_{45}$
2004 р., кукурудза на зерно				
Оранка, 25–27 см	0–10	1,14 ± 0,02	1,30 ± 0,03	1,16 ± 0,06
	10–20	1,12 ± 0,06	1,35 ± 0,06	1,33 ± 0,07
Плоскорізний, 25–27 см	0–10	1,12 ± 0,03	1,31 ± 0,05	1,20 ± 0,05
	10–20	1,25 ± 0,08	1,33 ± 0,05	1,30 ± 0,04
Плоскорізний, 10–12 см	0–10	1,25 ± 0,07	1,28 ± 0,08	1,25 ± 0,05
	10–20	1,32* ± 0,03	1,31 ± 0,03	1,28 ± 0,03
2005 р., кукурудза на силос				
Оранка, 25–27 см	0–10	1,23 ± 0,04	1,16 ± 0,06	1,15 ± 0,04
	10–20	1,39 ± 0,05	1,37 ± 0,08	1,29 ± 0,02
Плоскорізний, 25–27 см	0–10	1,17 ± 0,03	1,29* ± 0,06	1,16 ± 0,06
	10–20	1,32 ± 0,09	1,47 ± 0,05	1,35 ± 0,04
Плоскорізний, 10–12 см	0–10	1,22 ± 0,02	1,27* ± 0,03	1,25 ± 0,08
	10–20	1,41 ± 0,06	1,43 ± 0,06	1,39* ± 0,02
2006 р., пшениця озима				
Оранка, 25–27 см	0–10	1,24 ± 0,07	1,24 ± 0,07	1,19 ± 0,06
	10–20	1,28 ± 0,06	1,26 ± 0,08	1,26 ± 0,05
Плоскорізний, 25–27 см	0–10	1,23 ± 0,05	1,20 ± 0,06	1,36* ± 0,04
	10–20	1,28 ± 0,04	1,29 ± 0,08	1,39* ± 0,03
Плоскорізний, 10–12 см	0–10	1,20 ± 0,02	1,22 ± 0,06	1,28 ± 0,09
	10–20	1,25 ± 0,06	1,24 ± 0,06	1,39* ± 0,04

* – достовірне ущільнення від обробітку на 0,95 рівні вірогідності ; $M \pm t_m$, при n = 4

Для кращого водопостачання кореневих систем кукурудзи, особливо в липні, коли у верхніх горизонтах вологи недостатньо, сприятливіші умови створюються за більш щільної упаковки агрегатів, тоді капілярний підтік води буде більш виражений. До речі, така щільність була характерною за всіх систем обробітку ґрунту з внесенням органічних добрив у вигляді гною і складала 1,30–1,35 г/см^3 за оранки, 1,31–1,33 г/см^3 – глибокого плоскорізного обробітку, 1,28–1,31 г/см^3 – мілкого плоскорізного обробітку. Застосування соломи і сидератів сприяло підтриманню щільності чорнозему в оптимальних параметрах. Загальна пористість чорнозему типового знаходилась у межах 48,6–57,0% і не лімітувала нормальний ріст і розвиток кукурудзи.

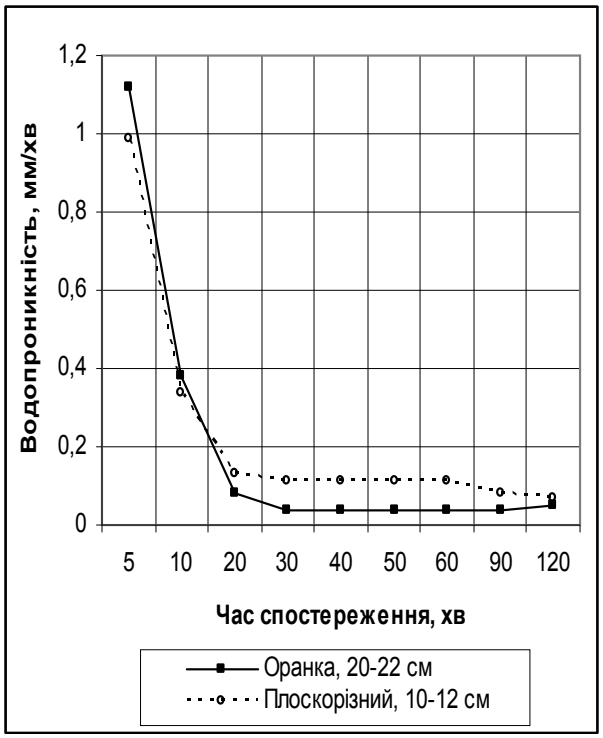
Результати визначення щільності складення улітку 2005 року показали, що її величини значно зросли, порівняно з попереднім роком у шарі 10–20 см. Простежується чітка тенденція до ущільнення саме цього шару майже на всіх агрофонах, особливо помітно це за плоскорізного обробітку на глибину 10–12 см (1,38–1,41 г/см^3). У верхньому 0–10 см шарі представлених варіантів щільність знаходилась в оптимальних межах – 1,15–1,29 г/см^3. Можливо, однією з причин такої її диференціації по шарах ґрунту є надзвичайно висока температура, однак з ерозійної точки зору це може стати вагомою причиною втрат ґрунту при значних опадах. Отже, як бачимо, навіть упровадження ґрунтозахисних агротехнічних заходів не спрацювало в напрямку цього показника в шарі ґрунту 10–20 см.

Аналізуючи щільність складення чорнозему типового у 2006 році під пшеницею озимою, встановили, що цей показник знаходився в оптимальних межах на більшості агрофонів – 1,19–1,29 г/см^3. Помітної різниці стосовно щільності ґрунту по варіантах обробітку відмічено не було. Однак більш ущільненим був шар 10–20 см за плоскорізних обробітків при удобренні соломою з сидератами та мінеральними добривами, де щільність досягала 1,39 г/см^3. За такого складення цієї товщі ґрунту значна кількість води буде вбиратися внутрішньоагрегатними порами, що, ймовірно, не викличе помітного збільшення поверхневого стоку.

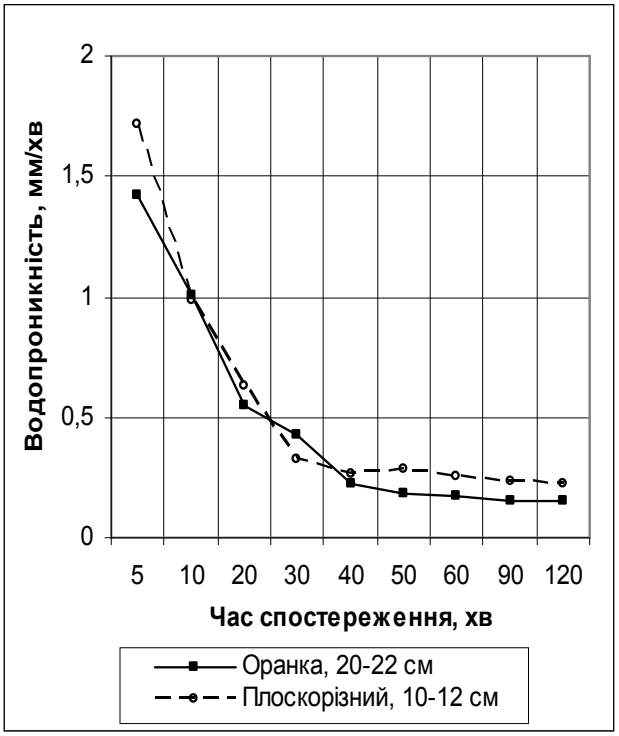
8.2.1.4. Водопроникність. Інфільтраційній здатності ґрунтів належить ключова роль серед показників, які визначають водний режим. Важливим чинником упливу на процеси водної ерозії є водопроникність ґрунту, тобто здатність цього природного тіла вбирати і пропускати воду атмосферних опадів, а також талих снігових вод. Її величина залежить від багатьох чинників, насамперед, від агрофізичних властивостей (структурно-агрегатного складу, водостійкості ґрунтових агрегатів, щільності, наявності порового простору, його величини і конфігурації). *В.В.Медведєвим (1988)* встановлено, що вбирання води ґрунтом визначається наявністю в орному шарі водостійких агрегатів розміром більше 1 мм, котрі мають високу міжагрегатну пористість. Однак мікроагрегати і менше 0,25 мм відіграють певну роль у фільтраційній здатності ґрунту та проникненні вологи в глибші шари *(М.С. Кузнецов, 1994).*

Відомо, що, чим краща водопроникність ґрунту, тим меншим є поверхневий стік та змив. Особливо актуального значення дослідження водопроникності набувають за умов схилового ландшафту, коли під час інтенсивних опадів ґрунт значну частину води не встигає поглинути, і вона стрімким потоком разом з дрібноземом виноситься до підніжжя схилу. Покращання цього показника можливе через оптимізацію структури, загальної пористості тощо. Згідно досліджень *Є.М. Смирнової (1989)* чорноземи типові Правобережного Лісостепу характеризуються високими водопроникністю (близько 113–131 мм/год.) та вмістом агрономічно-цінних агрегатів (63–78%), однак їх еродовані відміни мають значно гірші агрофізичні параметри та інфільтраційну здатність.

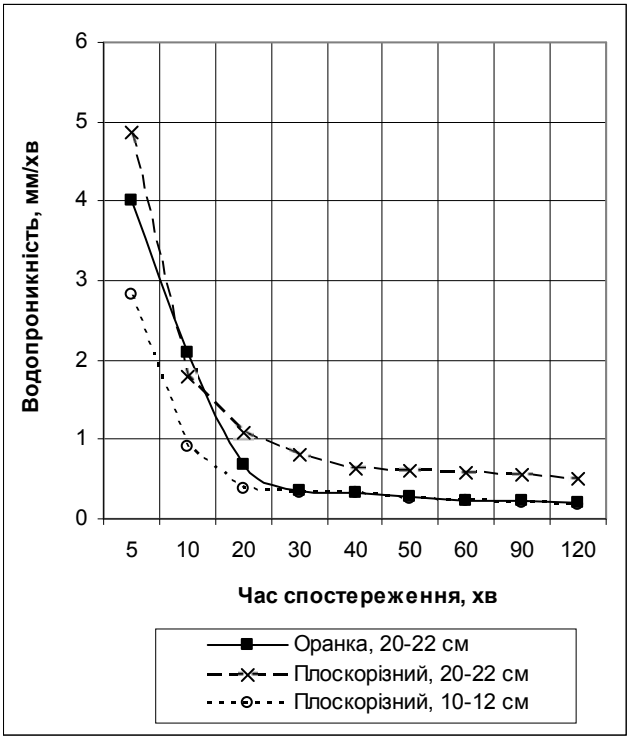
Отримані результати досліджень, проведені на чорноземі типовому еродованому, свідчать про низьку водопроникність ґрунту в посівах ріпаку озимого на всіх агротехнічних фонах, що за Н.А. Качинським характеризується як низька. Дещо краща інфільтрація спостерігається за мілкого плоскорізного обробітку і становить 0,22 мм/хв. у першу годину визначення та 0,07 мм/хв. – у другу годину експерименту (рис. 8.6а). На агрофоні з оранкою ці показники складали 0,17 та 0,05 мм/год відповідно. Переваги ґрунтозахисної системи землеробства пов’язані, напевне, із створенням належного порового простору і його вертикальною орієнтацією порівняно з оранкою, а також більшою водостійкістю ґрунтових агрегатів.



а) ріпак озимий



б) люцерна 1-го року використання



в) люцерна 2-го року використання

Рис.. 8.6. **Водопроникність чорнозему типового еродованого за різних систем обробітку, 2004–2006 рр.**

Детально аналізуючи водопроникність у часі, бачимо, що за перші п’ять хвилин спостережень вона знаходилась на рівні 1,00–1,12 мм/хв. Через 10 хвилин всотування суттєво знизилось на різних варіантах до 0,35–0,38 мм/хв. Процес вбирання води ґрунтом тривав приблизно 20 хв., а потім вона фільтрувалася верхніми шарами ґрунту, як показано на графіку (рис. 8.6а). При цьому швидкість фільтрації води ґрунтом була низькою і складала за плоскорізного обробітку – 0,11 мм/хв., за оранки 0,04-0,05 мм/хв. Відповідно, за такої низької інфільтрації та випадання дощів середньої інтенсивності (більше 0,3 мм/хв.) прояви змиву дрібнозему на розораних ґрунтах будуть суттєвими, особливо на схилах понад 5°. Більш раціональним засобом використання таких земель, в протиерозійному відношенні, є посів багаторічних трав, які своїм корінням міцно скріплюють ґрунт і покращують його водно-повітряний режим.

Характеризуючи водопроникність чорнозему еродованого у 2005 році в посівах люцерни, спостерігаємо її часткове підвищення порівняно з попереднім роком, коли вирощували ріпак озимий. У середньому за дві години спостереження на варіанті з мілким плоскорізним обробітком вона становила 0,32 мм/хв., на оранці – 0,26 мм/хв. (рис. 3.3 б). Це зумовлено, на нашу думку особливостями бобової культури та їх упливом на покращання водно-повітряного режиму. Однак у цілому, оцінюючи цей рівень водопроникності як низький, можна передбачити на схилових землях змив ґрунту за сильних опадів.

Вирощування люцерни другий рік поспіль на одному місці сприяло зростанню рівня водопроникності на чорноземі сильнозмитому. Найвища інфільтраційна здатність спостерігалась на фоні плоскорізного обробітку на 20-22 см, що складала в середньому 0,85 мм/хв. за дві години спостереження (рис. 8.6в). При застосуванні оранки цей показник становив 0,51 мм/хв., тоді як на мілкому плоскорізному обробітку – 0,38 мм/хв. Як бачимо, обов’язкове вирощування у сівозміні багаторічних трав сприяє покращанню рівня водопроникності чорнозему сильнозмитого і зумовлює зменшення поверхневого стоку і змиву ґрунту.

Дослідження водопроникності чорнозему типового повнопрофільного у тривалому досліді в НДГ „Великоснітинське” 2004 року показали, що за внесення 40 т/га гною та $N_{110}P_{90}K_{90}$,

водопроникність протягом першої години становила 67,5 мм/год за мілкого плоскорізного обробітку та 41,8 мм/год при застосуванні оранки (рис. 8.7).

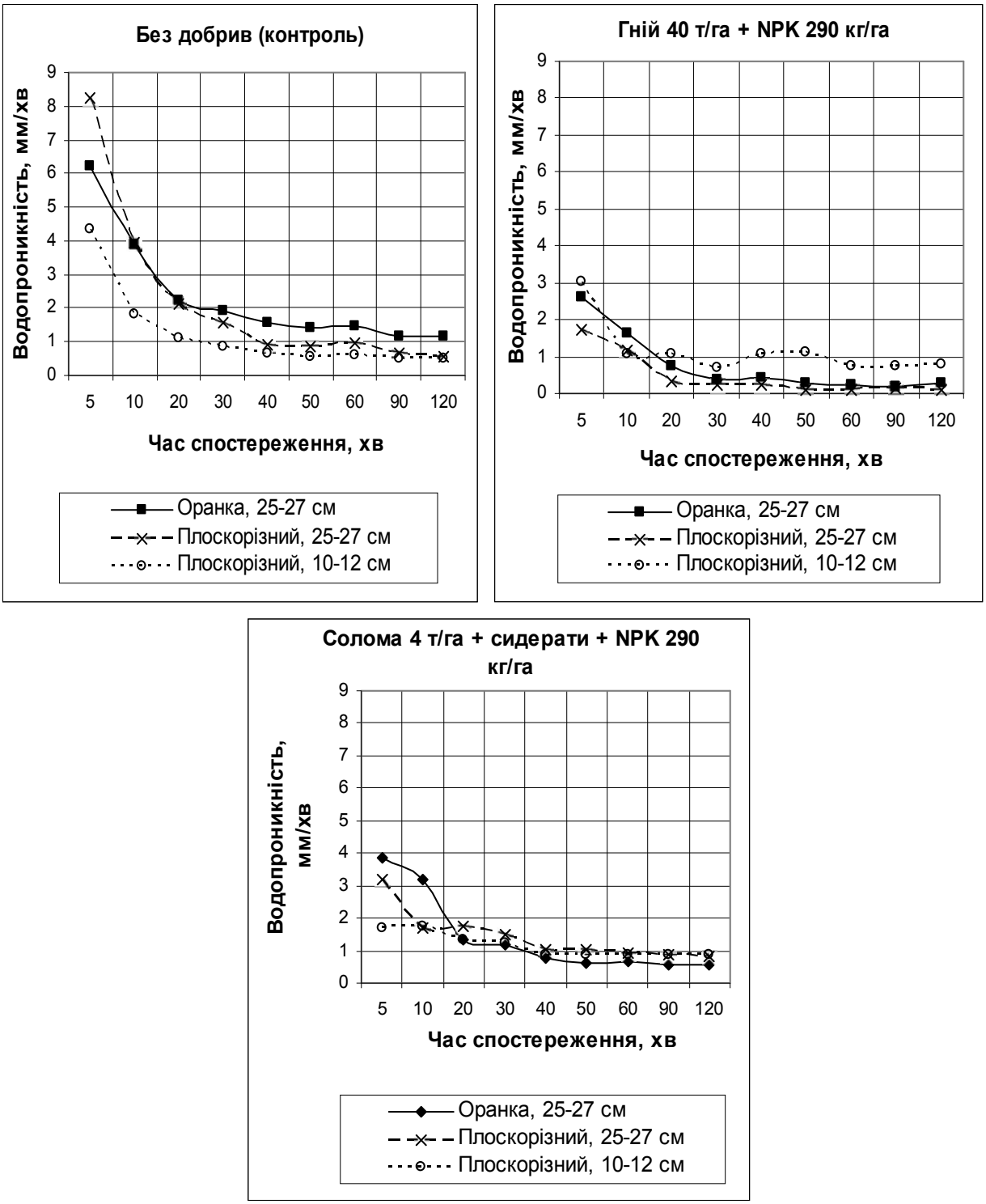
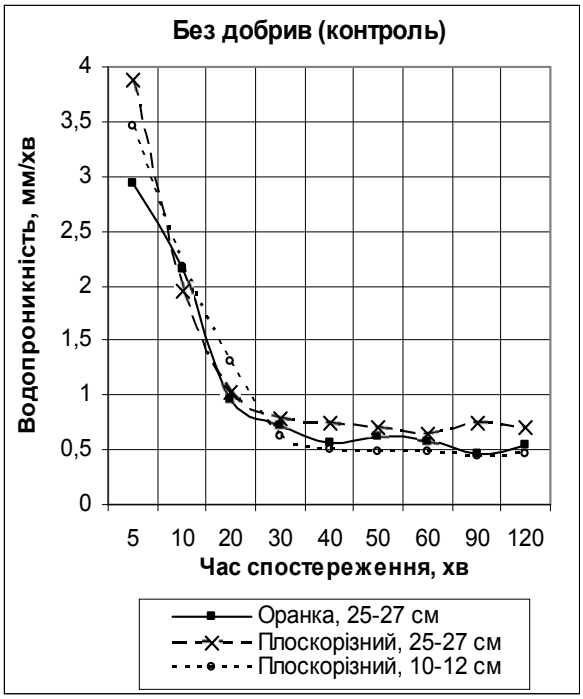
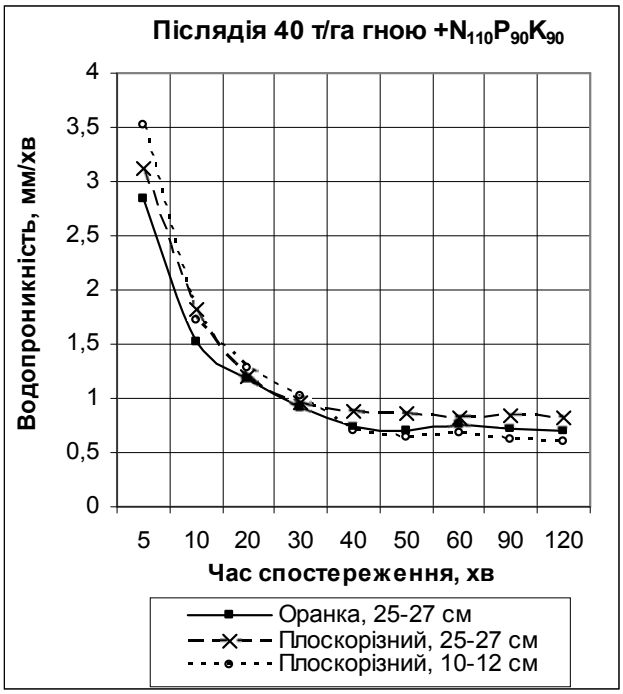


Рис.3.4. **Водопроникність чорнозему типового за умов різного обробітку та удобрення при вирощуванні кукурудзи на зерно, 2004 р.**

При цьому вбирання води ґрунтом, яке тривало понад 20 хв, проходило з інтенсивністю 1,0–3,0 мм/хв. за плоскорізного обробітку та 0,8–2,7 мм/хв. – за оранки, що у великій мірі сприяє поглинанню води сильних дощів, які проходять на даній території. Фільтрація води на протязі двох годин була на рівні 0,3–0,7 мм/хв. За такого рівня інфільтрації при сильних опадах можливе руйнування макроструктури ґрунту під дією енергії падаючого дощу до дрібніших грудочок, які за пухкого зложення ґрунту призведуть до кольматації міжагрегатного простору. На нашу думку, у цьому випадку кращим способом обробітку є плоскорізний.

Визначення інфільтраційної здатності чорнозему типового в полі кукурудзи на силос у 2005 році показало помітно кращу водопроникність на удобрених агрофонах. Так, на контролі без добрив за полицевої оранки за дві години спостережень вона становила 45,4 мм/год., за глибокого плоскорізного обробітку – 55,7 мм/год., мілкого плоскорізного обробітку – 44,7 мм/год. (рис. 8.8), тоді як по післядії 40 т/га гною + $N_{110}P_{90}K_{90}$ ці показники становили відповідно – 54,1 мм/год., 61,2 мм/год та 53,4 мм/год. Також ефективною стосовно водопроникності була післядія соломи і сидератів як добрив, особливо за глибокого плоскорізного розпушування – 68,6 мм/год., що зумовлено більшою кореннасиченістю верхньої частини ґрунту.





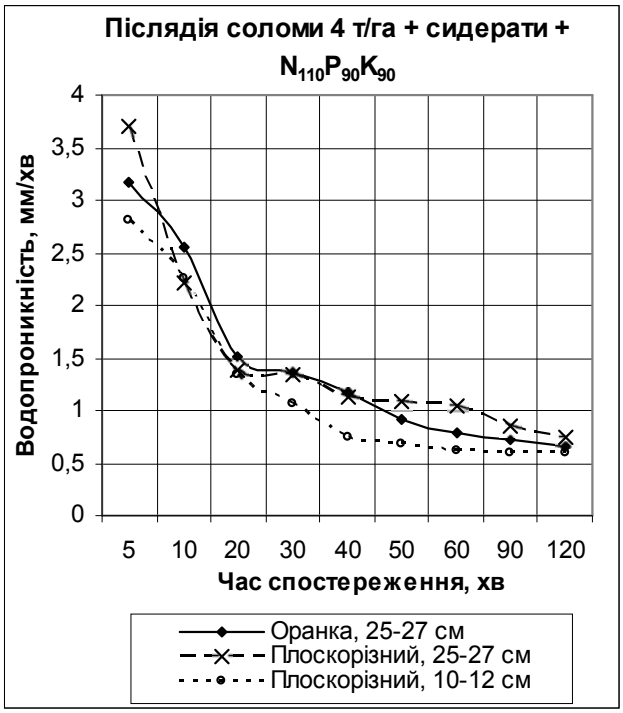


Рис. 8.8. **Водопроникність чорнозему типового за умов різного обробітку та удобрення під кукурудзою на силос**

За оцінкою *В.В. Медведєва (1988)* така водопроникність відповідає середньому рівню окультуреності ґрунту (додаток Д).

Як видно з графіків, вбирання вологи на більшості агрофонів тривало 30-40 хв. і свідчить, що ґрунт добре вбирає й акумулює воду при інтенсивних опадах. Дійсно, згідно класифікації ґрунтів по стійкості до ерозії, яка базується на даних водопроникності і розроблена *А.М. Бурикіним (1987),* якраз всотування води є важливим при поглинанні інтенсивних опадів та зменшенні змиву ґрунту.

Характеризуючи рівень водопроникності чорнозему типового у 2006 році під посівами пшениці озимої у фазу цвітіння, відмічаємо, що на контролі без добрив найбільшою ця величина була за плоскорізного обробітку на глибину 10-12 см і становила за першу годину 66,5 мм/год. (рис. 8.9). На інших двох варіантах обробітку цей показник був значно меншим. При внесенні органо-мінеральних добрив найкраща інфільтраційна здатність ґрунту відмічена після оранки на глибину 20–22 см, коли коефіцієнт фільтрації складав по фону післядії 40 т/га гною + $N_{60}P_{40}K_{40}$ – 1,14 мм/хв., а по післядії соломи 4 т/га, сидератів та $N_{60}P_{40}K_{40}$ – 0,58 мм/хв.

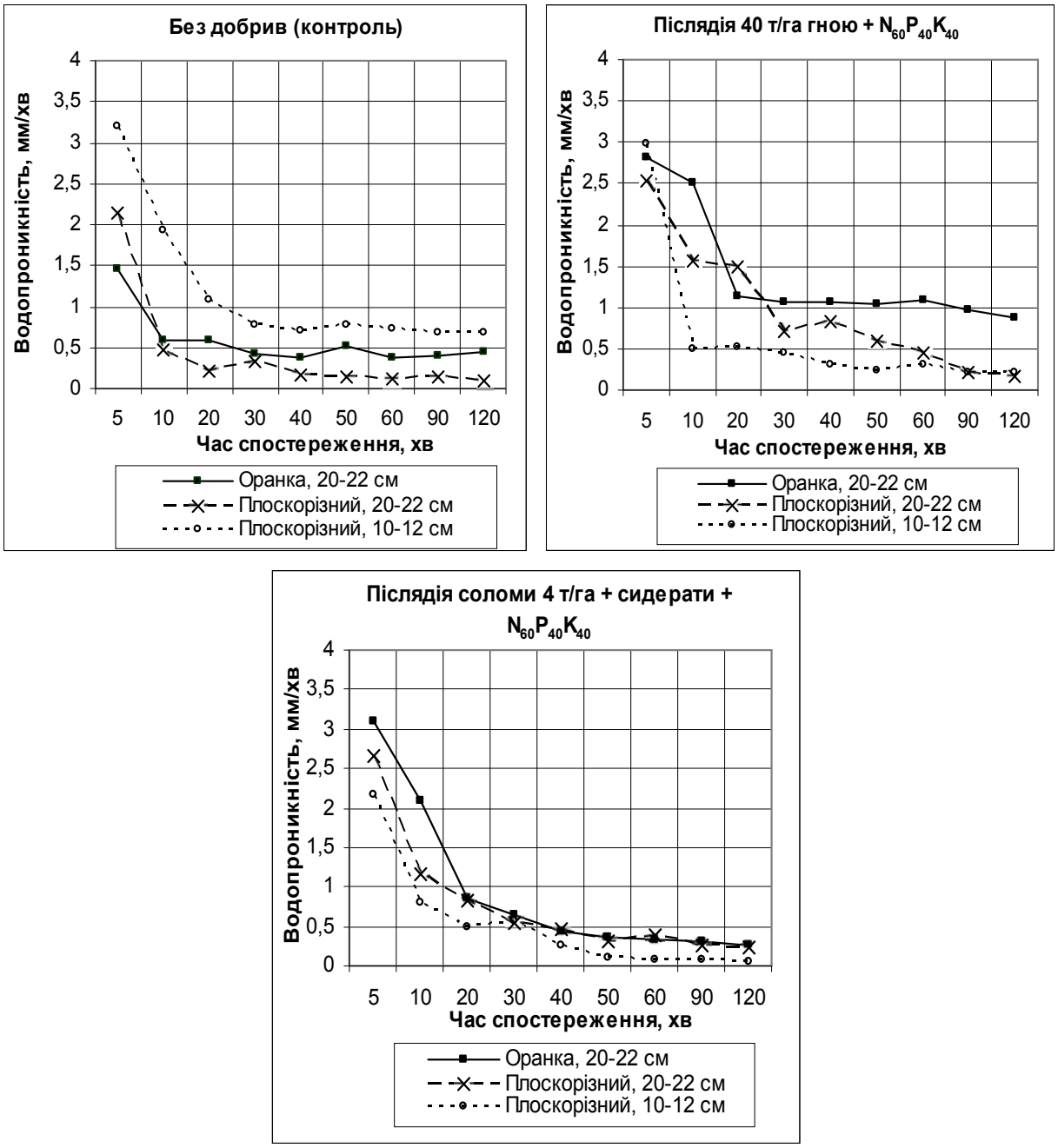


Рис. 8.9. **Водопроникність чорнозему типового за умов різного обробітку та удобрення під озимою пшеницею, 2006 р.**

У цілому, оцінюючи водопроникність чорноземів типових, слід відмітити, що в умовах схилових агроландшафтів на покращання інфільтраційної здатності чорнозему еродованого впливає обробіток ґрунту без обертання скиби, а також вирощування у ґрунтозахисній сівозміні люцерни дворічного використання. На чорноземі типовому повнопрофільному помітне підвищення водопроникності відбувалося за внесення в зерно-просапній сівозміні мінеральних та органічних добрив, включаючи солому і сидерати.

8.2.2. Фізико-хімічні показники

У формуванні агрономічно-цінної структури ґрунту особлива роль належить колоїдам, які здатні за певних умов коагулювати, тобто змінювати свій фізичний стан, переходити із стану золя у гель чи навпаки. У першому випадку має місце укрупнення часточок та підвищення протиерозійної стійкості ґрунту. При коагуляції утворюються первинні мікроагрегати, які в подальшому об'єднуються в агрегати більшого розміру. Процес коагуляції колоїдів відбувається під впливом іонів, зокрема катіонів- структуроутворювачів кальцію і магнію. Вища насиченість ґрунтово-вбирного комплексу цими елементами сприяє підвищенню водостійкості ґрунту, а відтак і його опірності змиву. Указану закономірність можна дослідити за широкого моніторингу фізико-хімічних властивостей ґрунту.

8.2.2.1. Обмінні катіони. Значна роль у формуванні родючості чорнозему через його агрономічні властивості та вміст ерозійно-стійких агрегатів належить також мулистій фракції у цілому, що поєднує в собі комплекс органо-мінеральних сполук, здатних виконувати роль природного клею. При цьому активний гумус, зкоагульований кальцієм, забезпечує відносно міцні зв'язки органо-мінеральних мікроагрегатів у структурних макроагрегатах, унаслідок чого підвищується їх зв'язність і відповідно стійкість *(И.Н. Лактионов, Л.К. Корецкая, 1974).* Однак в інших авторів можна зустріти твердження про те, що в процесі агрегування твердої фази ґрунту певну роль відіграє детрит, який об'єднує напіврозкладені, з втраченою анатомічною будовою органічні рештки. Така органічна маса адсорбує на своїй поверхні гумусові речовини, які виконують роль в'яжучого матеріалу при утворенні структурних макроагрегатів *(М.М. Кононова, 1963).* Необхідну міцність ґрунтовим агрегатам надають гумусові речовини – гумінова і особливо ульмінова кислоти, які утворюються при відмиранні коренів рослин *(В.Ф. Вальков, 1986).*

Як відомо, роль обмінного кальцію в оструктуренні ґрунту є досить значною. Недарма його було названо академіком О.Н. Соколовським „охоронцем" ґрунтової родючості, здатним коагулювати новоутворені гумусові речовини в органо-мінеральні сполуки і завдяки поліпшенню структурного стану оптимізовувати фізичні параметри ґрунтів. Тому у

своїх дослідженнях ми вивчали, на якому з агрофонів уміст обмінних катіонів є найвищим.

Визначення суми обмінних катіонів, де переважають кальцій та магній, по фонах обробітку чорнозему типового еродованого показало, що найвищий показник відмічений за плоскорізного обробітку на глибину 10–12 см. Він становив 23,5 мг-екв/100 г ґрунту (табл. 8.17). Відповідно була вищою і місткість катіонного обміну 24,2 в шарі 0–10 см і 24,6 мг-екв/100 г ґрунту в шарі 10–20 см.

Таблиця 8.17. **Фізико-хімічні показники чорнозему типового еродованого за різних систем обробітку, 2006 р**

Обробіток	Глибина, см	Гідролітична кислотність	Сума обмінних основ	Місткість катіонного обміну	Ступінь насичення ґрунту основами, %
		мг-екв/100 г ґрунту			
Оранка, 20–22 см	0–10	2,51± 0,14	21,2 ± 0,73	23,7 ± 0,63	89,4 ± 0,82
	10–20	2,71 ± 0,17	21,0 ± 1,46	23,7 ± 1,63	88,5 ± 0,09
Плоскорізний, 20–22 см	0–10	0,89* ± 0,17	22,8 ± 1,26	23,7 ± 1,11	96,2 ± 0,86
	10–20	1,06* ± 0,19	22,6 ± 0,99	23,7 ± 0,37	95,5 ± 0,92
Плоскорізний, 10–12 см	0–10	0,74* ± 0,08	23,3* ± 0,28	24,1 ± 0,21	96,9 ± 0,37
	10–20	1,18* ± 0,22	23,3* ± 0,23	24,5 ± 0,49	95,2 ± 0,80

* – достовірний уплив обробітку на 0,95 рівні вірогідності M± t_m, при n = 3

Варто зазначити, що ступінь насичення ґрунту основами в цілому знаходився у межах 88,4–96,9% і був дещо вищим як за ґрунтозахисних обробітків ґрунту. Вважаємо, що в ґрунті, обробленому без обертання скиби, проходять активніше фізико-хімічні процеси через більш сприятливий водно-повітряний режим. Тому основні катіони-структуроутворювачі кальцій та магній активніше вступають до реакцій обміну з ґрунтовим розчином і краще закріплюються в ґрунтово-вбирному комплексі.

8.2.2.2. Гумус. Серед фізико-хімічних показників, які прямо чи опосередковано впливають на протиерозійну стійкість чорноземних ґрунтів, найбільшу роль відіграють уміст гумусу та якісний склад

органічної речовини, а також наявність у ґрунтово-вбирному комплексі кальцію та полівалентних катіонів як основних агентів макроструктурення. Відомо, що важливим чинником утворення агрономічно-цінної водостійкої структури є органічні речовини грунту. Саме вони є неодмінним компонентом у складі ґрунтових агрегатів, виконуючи важливу функцію, яка полягає у склеюванні гумусових речовин, мінеральної частини мулу за допомогою катіонів Ca, Mg, Al, Fe в єдиний стійкий макроагрегат. Основна роль у цьому процесі належить, насамперед, гуміновим кислотам, добре насиченим кальцієм. Гумати Ca і Fe забезпечують формування у ґрунтах зернистої структури із задовільним поровим простором, яка є стійкою до руйнівної дії води *(J. Quastel, 1952).*

У складній проблемі управління грунтовою родючістю з метою забезпечення протиерозійної стійкості чорноземів важливим є контроль за станом органічної речовини. Регулювання кількісного і якісного складу гумусових речовин, а особливо гумінових сполук шляхом застосування різноманітних джерел поповнення органічної частини дозволяє виявити, який саме з агротехнічних заходів найкраще проявляє себе за тих чи інших умов.

Особливого акценту це питання набуває на схилових землях з сильноеродованими ґрунтами, в яких більша частина гумусового горизонту відсутня. При визначенні вмісту загального вуглецю та гумусу нами згідно *С.Ю. Булигіна (1999)* відібрано наважку ґрунту не з загального зразку, а з ерозійно-стійких ґрунтових агрегатів розміром 3–5 мм, бо саме в процесах агрегування та зв’язності мікроагрегатів бере участь органічний вуглець, а також катіони кальцію та магнію.

Для оцінки гумусного стану ґрунтів і агрегатів нами було визначено вуглець і загальний уміст гумусу. Результати впродовж трьох років визначення дещо відрізнялися по варіантах обробітку. Якщо за оранки вміст гумусу у 2004 році під посівами ріпаку озимого у верхньому 0–10-см шарі ґрунту становив 1,78%, а потім зменшився у середньому до 1,67% 2005 року та 1,71% 2006-го, то за плоскорізного обробітку на глибину 10–12 см його вміст навпаки, зростав, і найбільші значення отримано 2006 року за вирощування люцерни другого року використання – 1,72% в шарі ґрунту 0–10 см та 1,66% в шарі 10–20 см (табл. 8.18). Отже, використання у сівозміні бобової культури сприяє

підвищенню загального вмісту гумусу за плоскорізного обробітку, що вказує на кращу зв'язність мікроагрегатів, яку він забезпечує та вищу протиерозійну стійкість чорнозему.

Таблиця 8.18. **Уміст гумусу чорнозему типового еродованого за різних систем обробітку, 2004-2006 рр.**

Обробіток	Глибина, см	Культура та роки проведення досліджень					
		Ріпак озимий, 2004 р.		Люцерна 1-го року використання, 2005 р.		Люцерна 2-го року використання, 2006 р.	
		$C_{орг}$, %	Уміст гумусу,%	$C_{орг}$, %	Уміст гумусу,%	$C_{орг}$, %	Уміст гумусу,%
Оранка, 20–22 см	0–10	1,03	1,78 ± 0,19	0,97	1,67 ± 0,32	0,99	1,71 ± 0,11
	10–20	0,97	1,67 ± 0,29	0,98	1,68 ± 0,09	0,97	1,67 ± 0,15
Плоскорізний, 20–22 см	0–10	-	не визнач.	-	не визнач.	1,02	1,66 ± 0,10
	10–20	-	не визнач	-	не визнач	0,96	1,63 ± 0,17
Плоскорізний, 10–12 см	0–10	0,96	1,65 ± 0,14	0,98	1,70 ± 0,16	0,96	1,72 ± 0,19
	10–20	0,89	1,54 ± 0,06	0,90	1,56 ± 0,32	0,95	1,66 ± 0,09

$M \pm t_m$, при n = 4

Уміст рухомого гумусу, який бере активну участь у структуроутворенні та певною мірою зумовлює стійкість ґрунту до водної ерозії ми приводимо за результатами наших попередників. Дослідження *О.І. Наумовської (2003)* у 1999–2002 рр. показали, що удобрення ґрунту за безполицевих обробітків збільшує вміст рухомих гумусових речовин, які у шарі 0–15 см становили 0,17–0,29 %, а в шарі 15–30 см – 0,23–0,25%. Отже, використання удобрення як у вигляді гною, так і соломи, сидератів та мінеральних добрив покращує якісні характеристики гумусу (фракції гумінових кислот). Таким чином, за даних агрофонів створюються сприятливі умови для підвищення протиерозійної стійкості ґрунту.

Якісний склад гумусу ґрунту має істотне значення в процесах агрегування. Аналіз групово-фракційного складу гумусу чорнозему

типового повнопрофільного показав, що для типової другої фракції гумінових кислот, яка пов'язана з кальцієм і проявляє коагулюючу властивість в утворенні водостійких агрегатів, відмічена тенденція до підвищення її умісту на мілкому плоскорізному обробітку в шарі ґрунту 0–15 см на 7,7% порівняно з оранкою на фоні насичення сівозміни гноєм 12 т/га + $N_{50}P_{45}K_{45}$ *(О.І. Наумовська, 2003).*

Характеризуючи загальний уміст гумусу в чорноземі типовому за весь період досліджень відмічаємо незначну тенденцію його зростання порівняно з вихідними показниками, отриманими при закладанні досліду (1998 р.). Внесення традиційного напівперепрілого підстилкового гною позитивно діє як на продуктивність вирощуваних культур, так і на зв'язність (силу зчеплення) агрегатів. Застосування гною та його післядія у ланці зерно-просапної сівозміни сприяла підвищенню умісту гумусу порівняно з контролем (без добрив) за всіх систем обробітку, особливо за глибокого плоскорізного, де вміст гумусу по шарах 0–10 і 10–20 см становив під кукурудзою на зерно 3,84 і 3,76%, кукурудзою на силос – 3,79 і 3,67%, пшеницею озимою – 3,80 і 3,72% (табл. 8.19).

Таблиця 8.19. Уміст гумусу залежно від систем обробітку та удобрення чорнозему типового, 2004–2006 рр.

Обробіток і удобрення (на 1 га сівозмінної площі)	Глибина, см	Сорг, %	Уміст гумусу, %	Сорг, %	Уміст гумусу, %	Сорг, %	Уміст гумусу, %
		Кукурудза на зерно		Кукурудза на силос		Пшениця озима	
Без добрив (Контроль)							
Оранка, 20–27 см	0 – 10	2,08	3,59 ± 0,16	2,10	3,55 ± 0,06	2,09	3,60 ± 0,18
	10 – 20	2,10	3,53 ± 0,09	2,10	3,53 ± 0,12	2,05	3,53 ± 0,05
Плоскорізний, 20–27 см	0 – 10	2,10	3,62 ± 0,07	2,08	3,59 ± 0,08	2,10	3,62 ± 0,09
	10 – 20	2,06	3,56 ± 0,14	2,08	3,58 ± 0,19	2,09	3,61 ± 0,15
Плоскорізний, 10–12 см	0 – 10	2,12	3,65 ± 0,10	2,11	3,64 ± 0,09	2,12	3,66 ± 0,16
	10 – 20	2,11	3,64 ± 0,14	2,11	3,63 ± 0,07	2,09	3,60 ± 0,09
Гній, 12 т/га + $N_{50}P_{45}K_{45}$							
Оранка, 20–27 см	0 – 10	2,13	3,67 ± 0,17	2,12	3,65 ± 0,20	2,15	3,65 ± 0,20
	10 – 20	2,12	3,65 ± 0,19	2,07	3,57 ± 0,18	2,15	3,70 ± 0,11
Плоскорізний, 20–27 см	0 – 10	2,23	3,84 ± 0,07	2,20	3,79 ± 0,08	2,20	3,80 ± 0,09
	10 – 20	2,18	3,76 ± 0,03	2,13	3,67 ± 0,08	2,16	3,72 ± 0,08
Плоскорізний, 10–12 см	0 – 10	2,13	3,68 ± 0,10	2,18	3,75 ± 0,12	2,16	3,73 ± 0,05
	10 – 20	2,11	3,63 ± 0,15	2,13	3,67 ± 0,13	2,15	3,71 ± 0,11

Продовження таблиці 8.19

Солома, 1,2 т/га + сидерати + $N_{50}P_{45}K_{45}$							
Оранка, 20–27 см	0 – 10	2,12	3,66 ± 0,13	2,09	3,61 ± 0,07	2,12	3,65 ± 0,10
	10 – 20	2,13	3,68 ± 0,24	2,03	3,50 ± 0,15	2,09	3,60 ± 0,16
Плоскорізний, 20–27 см	0 – 10	2,14	3,69 ± 0,14	2,08	3,59 ± 0,17	2,12	3,65 ± 0,05
	10 – 20	2,12	3,65 ± 0,10	2,07	3,57 ± 0,04	2,10	3,62 ± 0,14
Плоскорізний, 10–12 см	0 – 10	2,14	3,69 ± 0,06	2,13	3,67 ± 0,08	2,15	3,71 ± 0,11
	10 – 20	2,11	3,63 ± 0,11	2,09	3,60 ± 0,15	2,12	3,66 ± 0,14

Дослідженнями *J.H. Quastel (1952)* встановлено, що за внесення гною основну протиерозійну функцію виконує подрібнена солома, присутня у ньому, бо її роль полягає у зв'язуванні ґрунтових агрегатів, а також у сприянні процесам структуроутворення. *Т.Н. Лактіонова (1990)* вказує, що волокна детриту при внесенні в ґрунт гною є активними чинниками структуроутворення, що відображається на збільшенні крупних (> 1 мм) агрегатів та вмісту органічного вуглецю.

Однак за сучасних умов господарювання та відсутності достатньої кількості поголів'я великої рогатої худоби, а також незначної кількості фермерських господарств альтернативою, на наш погляд, є застосування зеленого органічного добрива, вирощеного після збирання основного врожаю. Мовиться про сидерат, їх використання дає можливість частково компенсувати нестачу органічних речовин у ґрунті та стабілізувати його родючість. Також недорогим і загальнодоступним засобом поповнення ґрунту органічними речовинами і підвищення його протиерозійної стійкості є використання побічної продукції – соломи. У комплексі з ґрунтозахисним обробітком це зменшує мінералізацію гумусу та підвищує гуміфікацію внесеного органічного субстрату *(Ю.О. Тараріко, 2000; С.Ю. Булигін, 2002).*

У наших тривалих дослідах заплановано варіант поповнення органічних речовин ґрунту заорюванням зеленої маси редьки олійної з одночасним використанням соломи попередника та мінерального удобрення. За цих умов солома відіграє роль як джерела надходження органічних компонентів, так і захисну мульчуючу. За такого удобрення дещо зростає уміст гумусу порівняно з контролем без добрив, де найвищий його уміст був у верхньому 0–10-см шарі ґрунту за плоскорізного обробітку на глибину 10–12 см – 3,67–3,71%. Слід

відзначити, що солома також є потужним енергетичним компонентом ґрунту, а відповідно і джерелом покращання діяльності мікроорганізмів, оскільки переважно (близько 85%) складається із органічної речовини *(Ю.О. Тараріко, 1994)*.

За даними *О.Е. Аврор і З.М. Мороза (1979)* хімічний склад соломи пшениці озимої містить сухої речовини – 78,2%, сирої целюлози – 36,4%, золи – 6,4%, кальцію та фосфору 2,7 та 0,8 г/кг відповідно. За внесенні у ґрунт вона частково гуміфікується, що сприяє зростанню умісту запасів гумусу та вмісту колоїдної фракції, а також підвищенню вбирної здатності, вологоємності, покращанні структурного стану, теплового та повітряного режимів. За даними *В. Бергмана (1969),* знаходимо, що в 1 т соломи міститься 4–7 кг азоту, 1–1,3 кг фосфору, 12–18 кг калію, 2–3 кг кальцію, 0,8–1,2 кг магнію.

У чорноземних ґрунтах за допомогою гуматів кальцію утворюються первинні агрегати (мікроагрегати). Вони пов’язані інтерміцелярними зв’язками органічних колоїдів з мінералами типу монтморилоніту, завдяки чому формуються макроагрегати *(И.Н. Антипов-Каратаев, В.В. Келлерман, Д.В. Хан, 1948).* Відмічено, що для чорноземів характерні пористі агрегати, оскільки вони мають вузловий (нерівномірний) розподіл органічного „клею” – гумінові кислоти, рухомість яких обмежена явищами коагуляції за допомогою кальцію *(В.В. Келлерман, 1959).*

Отже, результати досліджень показують зростання умісту гумусу на 0,02–0,20% за внесення гною та на 0,01–0,13% за внесення соломи та сидерату редьки олійної. Поєднання цих заходів разом з плоскорізним обробітком на чорноземах типових створює помітний позитивний ефект у захисті їх від змиву.

8.3. Значення біологічного чинника у формуванні протиерозійної стійкості ґрунту

8.3.1. Характеристика поверхні та її вплив на прояв водної ерозії

Найбільш вразливою до руйнуючої дії крапель дощу є абсолютно відкрита поверхня ґрунту за відсутності рослинності. У протиеро-

зійному аспекті досить важливо, щоб поверхневий шар мав певну шорсткість та грудкуватість, що зумовлює супротив розмиву поверхні водою та зменшує диспергацію структурних агрегатів. У початковий період випадання опадів на незахищену поверхню ґрунту дощові краплі викликають руйнівну розбризкуючу дію, здатну розбивати структурні окремості на агрегати меншого розміру *(М. Киркби, Дж. Морган, 1984; Ц.Е. Мирцхулава, 1970; Ю.П. Сухановский, 1981; P.C. Ekern, 1953; W.D. Ellison, 1955; G.R. Foster & L.J. Lane, 1983; Ts.E. Mirtskhoulava, 1987).*

Спостереження за ступенем грудкуватості поверхні чорнозему типового еродованого (розмір грудок > 3 см) на агрофонах обробітку та удобрення у 2004 році показали, що більша кількість грудочок знаходилась на варіанті плоскорізного обробітку на глибину 10–12 см незалежно від фону удобрення і становила в середньому 8,9 шт./м^2 (табл. 8.20). Значна кількість грудок була також і на варіанті з оранкою без внесення добрив – 8,6 шт./м^2, а за мінерального удобрення грудкуватість зменшувалась до 7,8 шт./м^2. У середньому в кожній повторності досліду грудкуватість перебувала в межах 5-12 шт./м^2.

Звідси важливим показником у зменшенні еродуючої дії води на схилових землях є наявність рослинних решток на поверхні ґрунту. Підрахунок залишків стерні по варіантах дослідів показав, що на контролі без добрив кількість соломин розміром 5-15 см становила за оранки –119 шт./м^2, плоскорізного обробітку на 10-12 см – 125 шт./м^2.

На удобрених варіантах відмічалось збільшення рослинних решток на поверхні ґрунту, а найбільша їх кількість – 142 шт./м^2 знаходилась на агрофоні мілкого плоскорізного обробітку. Отже, залишки стерні на поверхні, а також мульчування ґрунту післяжнивними рештками є необхідним агротехнічним заходом у боротьбі з водною ерозією.

Деякі вчені *(О.О. Созінов, 1998; К.М. Маринеску, 2001)* рекомендують на сильноеродованих відмінах залишати на поверхні ґрунту всю подрібнену солому, використовуючи її при цьому і як добриво, і як захисний протиерозійний екран. Протягом зимового періоду 30–50% стерні розкладається і тому навіть плоскорізний обробіток не забезпечує надійного захисту ґрунту, але все таки він є більш ефективним від оранки *(А.Б. Лавровский, Д.И. Уткин, В.П. Стрельченко, 1990).*

Таблиця 8.20. **Грудкуватість та кількість рослинних решток на поверхні чорнозему типового еродованого, 2004, 2006 рр.**

Обробіток та удобрення	Кількість грудок, шт./м^2		Кількість рослинних решток, шт./м^2	
	2004 рік	2006 рік	2004 рік	2006 рік
Оранка, 20–22 см				
Контроль, (без добрив)	8,6 ± 1,41	27,0 ± 3,20	119 ± 22,3	47,5 ±15,9
$N_{60}P_{45}K_{45}$	7,8 ± 2,03	24,4 ± 6,05	129 ± 19,7	90,5 ± 21,7
Плоскорізний, 10–12 см				
Контроль, (без добрив)	8,9 ± 3,36	38,3 ± 9,60	125 ± 19,8	169* ± 29,6
$N_{60}P_{45}K_{45}$	8,9 ± 2,05	43,8* ± 7,84	142 ± 4,56	154* ± 18,8

* – достовірне збільшення від обробітку на 0,95 рівні вірогідності ; M± t_m , при n = 10

Після збирання люцерни восени 2006 року перед посівом пшениці озимої кількість рослинних решток була суттєво вищою за мілкого плоскорізного обробітку і складала 169 шт./м^2 на контролі без добрив і 154 шт./м^2 за мінерального удобрення, проти 47,5 та 90,5 шт./м^2 за полицевої оранки відповідно.

Як показує практика, застосування ґрунтозахисного обробітку сприяє нагромадженню рослинних решток у поверхневому шарі, тоді як за полицевої оранки ці компоненти заорюються в глибші горизонти і помітного протиерозійного захисту не забезпечують.

Необхідно відмітити і кращу дрібногрудкуватість поверхні за обробітку стерні люцерни плоскорізними знаряддями. При цьому кількість ґрудок становила 38,3 ± 9,60 шт./м^2 на контролі (без добрив) і 43,8 ± 7,84 шт./м^2 за мінерального удобрення.

Отже, можна стверджувати про доцільність застосування плоскорізних технологій обробітку ґрунту на схилових агроландшафтах, оскільки при таких заходах апріорі створюється протиерозійний захист у вигляді грудкуватості поверхні та наявності рослинних решток.

8.3.2. Значення надземної і підземної біомаси рослин у підвищенні протиерозійної стійкості ґрунту

Окрім будови та властивостей ґрунту, які визначаються його генетичним походженням, істотний вплив на протиерозійну стійкість ґрунту мають також біологічні чинники, представлені рослинністю, грунтовою мезофауною та мікроорганізмами. Від їх кількісного співвідношення залежать значною мірою об'єми втрат ґрунту, а відповідно і його потенційна родючість.

Проективне укриття вегетуючою рослинністю створює захисну дію, а його протиерозійне значення проявляється за достатньої кількості рослин на одиницю площі схилу, що залежить від фази росту та розвитку культури. Як правило, у весняний період під час танення снігу рослинний покрив на поверхні ґрунту відсутній, за виключенням посівів озимих культур, які частково створюють шорсткість, завдяки чому менш інтенсивно відбувається змив. По мірі наростання біомаси зростає проективне укриття як злакових, так і просапних культур, і захисна роль рослинності підвищується. При цьому краплі великих розмірів подрібнюються на менші, більш безпечні, і вже в розсіяному стані потрапляють на грунт. Найвищий протиерозійний ефект від рослинності спостерігається у період максимального розвитку надземної вегетативної маси.

Характеризуючи дослідження продуктивності кукурудзи на силос у максимальний період вегетації (друга декада липня) по агрофонах досліду відмічаємо, що на контролі без добрив найбільша площа листкової поверхні була за оранки і становила 2,39 $м^2/м^2$ (табл. 8.21). Застосування органічних і мінеральних добрив сприяло як підвищенню біомаси кукурудзи, так і зростанню площі листкової поверхні, яка в післядії внесення гною була 2,44 $м^2/м^2$ за оранки і 2,78 та 2,74 $м^2/м^2$ за глибокого та мілкого плоскорізних обробітків. Післядія застосування соломи з сидератами сприяла утворенню меншої біомаси вегетуючих рослин порівняно з гноєм, створювалося менше проективне вкриття листками кукурудзи – 2,33 та 2,49 і 2,35 $м^2/м^2$ на оранці, глибокому та мілкому плоскорізних обробітках відповідно**.** Отже, відмічено кращий протиерозійний захист поверхні ґрунту за вирощування кукурудзи на

удобрюваних агрофонах, оскільки за цих агрозаходів відмічено вищі біометричні показники.

Таблиця 8.21. **Біометричні показники кукурудзи на силос за різного обробітку та удобрення чорнозему типового**

Обробіток	Висота рослин, см	Площа листків однієї рослини, м^2	Біомаса рослин, г	Кількість листків на м^2	Кількість рослин на 1 га, тис
Без добрив (контроль)					
Оранка, 25–27 см	100 ± 7,94	0,34 ± 0,09	310 ± 142	70,5	70,3
Плоскорізний, 25–27 см	88,3 ± 8,48	0,23 ± 0,02	251 ± 61,9	67,8	71,3
Плоскорізний, 10–12 см	95,5 ± 22,4	0,27 ± 0,14	331 ± 140	60,3	66,8
Післядія гною 40 т/га + $N_{110}P_{90}K_{90}$					
Оранка, 25–27 см	117 ± 8,82	0,33 ± 0,07	315 ± 65,1	64,7	70,3
Плоскорізний, 25–27 см	115 ± 5,45	0,37 ± 0,05	352 ± 20,7	69,0	73,1
Плоскорізний, 10–12 см	115 ± 10,4	0,37 ± 0,12	333 ± 95,3	66,4	72,2
Післядія соломи 4 т/га + сидерати + $N_{110}P_{90}K_{90}$					
Оранка, 25–27 см	112 ± 7,27	0,32 ± 0,06	247 ± 65,8	62,7	67,8
Плоскорізний, 25–27 см	107 ± 9,78	0,35 ± 0,09	274 ± 73,1	65,2	70,5
Плоскорізний, 10–12 см	111 ± 5,49	0,33 ± 0,04	318 ± 70,9	65,0	70,3

M± t_m , при n = 4

Не лише надземна вегетативна маса рослин своїм габітусом захищає поверхню ґрунту від ерозійних процесів. Надзвичайно важлива роль у покращанні структурності ґрунту і, відповідно, його стійкості до розмиву належить кореневій системі рослин, де головну роль виконують, насамперед, тонкі корінці діаметром < 1 мм. Вони здатні

проникати всередину агрегатів і зв’язувати їх один з одним. Якщо надземна маса рослин сприяє зменшенню дії кінетичної енергії падаючої краплі, то протиерозійне значення коренів полягає у зниженні донної розмиваючої швидкості потоків *(М.С. Кузнецов, 1981).*

Вивчення насиченості ґрунту кореневою системою та рослинними рештками проводили на агрофонах з різним обробітком та удобренням шляхом взяття моноліту ґрунту у квадраті 25×25×10 см загальним об’ємом 6250 $см^3$. При цьому характеризувався верхній 0–10 см шар ґрунту, найбільш піддатливий до змиву.

Спостереження за кількістю рослинних решток під кукурудзою на силос показало, що значно більша їх маса знаходилась на варіантах плоскорізних обробітків і складала по фону післядії 40 т/га гною разом з $N_{110}P_{90}K_{90}$ за глибокого розпушування на глибину 25-27 см 5,44 ц/га, за мілкого на глибину 10-12 см – 7,68 ц/га, тоді як за оранки – 1,94 ц/га (табл. 8.22). Плоскорізний обробіток на глибину 10-12 см також сприяв зростанню загальної сухої маси коренів та рослинних решток. Так, за умов післядії удобрення агрофону гноєм та мінеральними добривами загальна маса становила 48,7 ц/га, а в післядії удобрення 4 т/га соломою, сидератами і $N_{110}P_{90}K_{90}$ – 36,1 ц/га. Напевне такий обробіток кращий як для проростання насіння кукурудзи, так і для подальшого росту кореневої системи, що підвищує потенційну стійкість ґрунту до змиву. Про це свідчать також дані кореннасиченості верхнього шару ґрунту, де найвищі показники відмічені саме за мілкого плоскорізного обробітку – 1,06 і 1,13 % на різних фонах удобрення.

Відповідним чином плоскорізний обробіток і удобрення кукурудзи на силос сприяли зростанню загального вмісту коренів та коренів розміром < 1 мм. Так, на фоні післядії 40 т/га гною з мінеральними добривами суха маса коренів за глибокого плоскорізного обробітку становила 24,6 ц/га, а на фоні післядії соломи, сидератів та мінеральних добрив – 23,1 ц/га, за мілкого плоскорізного – 48,7 і 36,1 ц/га, за оранки – 20,9 і 26,9 ц/га. Отже, протиерозійна роль кореневої системи кукурудзи ("армування" та скріплення ґрунтових часток) буде вищою за плоскорізного обробітку та удобрення ґрунту органічними і мінеральними добривами. Альтернативний вид удобрення чорноземного ґрунту в цьому випадку – солома в поєднанні з

сидератами, – може стати замінником традиційного гною як у захисті ґрунтів від ерозії, так і в стабілізації їх ефективної родючості.

Таблиця 8.22. **Біомаса та кореннасиченість кукурудзи на силос на чорноземі типовому за різного обробітку та удобрення, 2005 р.**

Обробіток	Сира маса коренів, ц/га	Об'єм коренів, $см^3$	Суха маса, ц/га				Коренe-насиче-ність, %
			рослинні рештки	корені крупні d > 1 мм	корені тонкі d < 1 мм	всього	
Контроль (без добрив)							
Оранка, 25–27 см	27,9 ± 6,47	26,7 ± 8,64	0,40 ± 0,20	7,20 ± 0,83	2,85 ± 0,97	10,5	0,43 ± 0,14
Плоскорізний, 25–27 см	44,5 ± 7,06	41,3 ± 5,81	1,88* ± 1,02	16,9 ± 1,01	6,37* ± 1,26	25,2	0,66 ± 0,09
Плоскорізний, 10–12 см	39,8 ± 1,98	33,3 ± 6,53	7,23* ± 1,66	8,82 ± 2,03	9,07* ± 3,10	25,1	0,53 ± 0,10
Післядія гною 40 т/га + $N_{110}P_{90}K_{90}$							
Оранка, 25–27 см	46,9 ± 8,27	68,0 ± 6,30	1,94 ± 0,96	10,7 ± 0,64	8,30⁺ ± 1,20	20,9	1,09⁺ ± 0,10
Плоскорізний, 25–27 см	37,7 ± 9,19	41,0 ± 5,99	5,44* ± 0,67	14,2 ± 1,98	4,99 ± 0,63	24,6	0,66 ± 0,10
Плоскорізний, 10–12 см	62,8 ± 3,83	66,0 ± 4,08	7,68* ± 0,68	31,4 ± 1,80	9,65 ± 1,29	48,7	1,06⁺ ± 0,07
Післядія соломи 4 т/га + сидерати + $N_{110}P_{90}K_{90}$							
Оранка, 25–27 см	45,9 ± 1,65	58,3 ± 6,53	4,69 ± 0,76	13,9 ± 1,93	8,32⁺ ± 0,91	26,9	0,93⁺ ± 0,10
Плоскорізний, 25–27 см	32,8 ± 5,61	56,7 ± 3,27	4,58 ± 0,80	13,1 ± 0,52	5,41 ± 2,43	23,1	0,91⁺ ± 0,05
Плоскорізний, 10–12 см	66,3 ± 5,63	70,7 ± 6,82	4,18 ± 1,36	16,6 ± 0,74	15,3*⁺ ± 3,04	36,1	1,13⁺ ± 0,11

* – достовірний вплив обробітку на 0,95 рівні вірогідності; ⁺ удобрення - $M \pm t_m$, при n =4

Дослідження кореневої системи пшениці озимої проводили у фазу її молочної стиглості, у період формування максимальної біомаси. Варто відмітити тенденцію до збільшення кореневої системи по післядії удобрення ґрунту соломою у дозі 4 т/га, сидератами та $N_{60}P_{40}K_{40}$, коли сира маса була по оранці в 1,54 рази вища, за плоскорізних обробітків на 20–22 та 10–12 см в 1,76 і 2,10 разів вища, ніж на контролі без добрив (табл. 8.23).

Таблиця 8.23. **Біомаса та корененасиченість пшениці озимої на чорноземі типовому за різного обробітку та удобрення, 2006 р.**

Обробіток	Сира маса коренів, ц/га	Об'єм коренів, $см^3$	Суха маса, ц/га			Корене-насиче-ність, %
			рослинні рештки	корені крупні, d > 1 мм	корені тонкі, d < 1 мм	
Без добрив (контроль)						
Оранка, 20–22 см	25,8 ± 5,86	10,7 ± 1,31	8,93 ± 1,67	20,1 ± 3,27	0,65 ± 0,35	0,17 ± 0,02
Плоскорізний, 20–22 см	45,4* ± 6,23	19,6* ± 7,07	16,9* ± 2,34	22,3 ± 2,21	11,9* ± 3,74	0,31* ± 0,02
Плоскорізний, 10–12 см	31,7 ± 3,97	19,3* ± 1,31	8,33 ± 2,53	36,2 ± 13,2	5,24* ± 1,86	0,31 ± 0,11
Післядія гною 40 т/га + $N_{60}P_{40}K_{40}$						
Оранка, 20–22 см	20,1 ± 3,81	15,3 ± 3,27	6,05 ± 1,99	16,3 ± 0,87	2,90 ± 1,50	0,24 ± 0,05
Плоскорізний, 20–22 см	35,7 ± 15,5	26,7* ± 1,73	11,3* ± 1,54	24,2* ± 0,65	6,54* ± 1,50	0,43* ± 0,03
Плоскорізний, 10–12 см	37,2* ± 6,23	20,0 ± 1,96	10,5* ± 1,36	26,2* ± 4,43	9,73* ± 2,65	0,32 ± 0,03
Післядія соломи 4 т/га, сидератів та $N_{60}P_{40}K_{40}$						
Оранка, 20–22 см	39,8 ± 10,4	22,0 ± 4,93	9,33 ± 0,63	16,0 ± 2,15	7,55 ± 1,12	0,35 ± 0,08
Плоскорізний, 20–22 см	80,1* ± 12,2	39,7* ± 7,70	17,9 ± 9,65	34,1 ± 17,3	16,5* ± 3,33	0,64* ± 0,12
Плоскорізний, 10–12 см	66,8 ± 16,7	30,7 ± 9,22	13,6 ± 7,37	18,5 ± 6,42	18,8* ± 2,81	0,49 ± 0,15

* – достовірно більше на 0,95 рівні вірогідності; M± t_m, при n = 4

Відповідно за такого удобрення спостерігалась і значно вища кореннасиченість ґрунту, що знаходилася у межах 0,35–0,64% залежно від проведеного обробітку ґрунту. Післядія внесення гною у поєднанні з мінеральними добривами стосовно кореннасиченості була менш ефективною. За технологій обробітку чорнозему типового без обертання скиби в посівах пшениці озимої на поверхні ґрунту зберігалось значно більше післяжнивних решток, ніж за оранки, що також створює помітний протиерозійний ефект. Так, на фоні післядії внесення 40 т/га гною та $N_{60}P_{40}K_{40}$ за плоскорізних обробітків суха маса післяжнивних решток була достовірно більшою і становила 11,3 і 10,5 ц/га, тоді як на полицевій оранці – 6,05 ц/га. Подібна тенденція відмічається і на фоні післядії удобрення чорнозему соломою, сидератами та мінеральними добривами.

Таким чином, проведені дослідження показали, що ґрунтозахисний обробіток та органо-мінеральне удобрення сприяють наростанню біомаси вегетуючих рослин та коренів у верхньому 0–10-см шарі чорнозему типового, а це відповідно міцніше скріплює ґрунт і захищає його при випаданні інтенсивних дощів.

8.3.3. Вплив агротехнічних заходів на розвиток мезофауни ґрунту

В агроландшафтах важлива роль у накопиченні органічної речовини ґрунту, а через це і в підвищенні стійкості ґрунту до ерозійних процесів належить також біоті та мікроорганізмам. Велике значення має ґрунтова мезофауна, зокрема, дощові черв'яки. Вони є "живими" оструктурювачами ґрунту, завдяки їхній роботі відбувається покращання структурно-агрегатного стану чорноземів, поліпшується їх водостійкість та інфільтраційна здатність. Ходи черв'яків активно використовуються коренями рослин, які при цьому здатні проникати в глибші горизонти і відповідно краще скріплювати ґрунт *(Т.С. Перель, 1979).*

Досить часто діяльність дощових черв'яків порівнюється з роботою плуга, функція їх полягає у розпушенні і перемішуванні шарів ґрунту, зокрема, за прямої сівби *(Г.А. Безбородов, Р.А. Халбаева, 1983).* Завдяки рослинним залишкам, збагаченню гумусом родючого шару, та

створенню вертикальних ходів покращується водопроникність та шпаруватість, а відтак і протиерозійна стійкість ґрунту *(Л.О. Карпачевский, 1983).*

Значення інших представників грунтової мезофауни в протиерозійній стійкості чорнозему менш вагома, однак і їх діяльність заслуговує на увагу, оскільки вони є деструкторами рослинних та кореневих решток. При цьому відбувається процес руйнування мікроорганізмами клітин рослинного опаду, листків, коренів, що значно прискорює утворення органічних сполук. А як відомо, із зростанням умісту гумусових речовин покращується водостійкість агрегатів, що є запорукою захисного ефекту власне самого ґрунту *(М.С. Гиляров, Д.А. Криволуцкий, 1985).*

Підрахунок чисельності дощових черв'яків чорнозему типового еродованого (досліди ІЗ УААН) після розкопування ґрунту свідчить про вищу заселеність ними шару 0–10 см, де протягом трьох років досліджень за оранки було зафіксовано 17–34 особин/м^2 і 11–25 особин/м^2 у шарі 10-20 см (табл. 8.24).

***Таблиця 8.24*. Кількість дощових черв'яків та вертикальних пор у чорноземі еродованому за різного обробітку, 2004–2006 рр.**

Обробіток	Глибина, см	Роки проведення досліджень			Середнє за 3 роки
		2004	2005	2006	
Кількість дощових черв'яків, особин/м^2					
Оранка 20–22 см	0–10	28 ± 6,30	34 ± 5,99	17 ± 4,08	26,3
	10–20	11 ± 2,99	25 ± 8,16	21 ± 5,99	19,0
Плоскорізний, 10–12 см	0–10	40 ± 16,0	52* ± 10,8	14 ± 3,00	35,3
	10–20	14 ± 4,93	48* ± 9,67	27 ± 9,26	29,7
Кількість вертикальних пор, шт/м^2					
Оранка 20–22 см	0–10	24 ± 4,93	20 ± 5,99	22 ± 6,30	22,0
	10–20	9 ± 2,99	14 ± 4,53	24 ± 2,99	15,7
Плоскорізний, 10–12 см	0–10	37 ± 9,00	32* ± 4,90	24 ± 4,08	31,0
	10–20	15 ± 4,93	19 ± 2,99	30* ± 2,99	21,3

* – достовірно більша чисельність на 0,95 рівні вірогідності;

M± t_m, при n = 3

За плоскорізного обробітку спостерігається дещо вища кількість дощових черв'яків як весною (2004 р.), так і восени (2005–2006 рр.), коли імовірно, створюються сприятливіші умови для їх життєдіяльності, ніж за оранки. Чисельність черв'яків за плоскорізного обробітку коливалася у межах 14–52 особини/м^2 у шарі 0-10 см та 14–48 особин/м^2 у шарі 10–20 см, і в середньому за три роки збільшувалась в 1,34–1,56 разів порівняно з оранкою. Варто відмітити, що і кількість вертикальних ходів була вищою за мілкого плоскорізного обробітку і становила 15–37 ходів/м^2, і в середньому за три роки в 1,35–1,41 разів вища, ніж за оранки. Вважаємо, що така діяльність дощових черв'яків має вагому протиерозійну значимість, особливо за умов обробітку еродованого грунту.

Чисельність дощових черв'яків і пор визначали також на чорноземі типовому повнопрофільному у тривалому досліді НАУ в НДГ „Великоснітинське". Встановлено, що кількість дощових черв'яків при вирощуванні кукурудзи на зерно була найбільшою на варіанті з внесенням соломи і сидератів, коли створювались кращі екологічні умови для розвитку мезофауни через більшу зволоженість ґрунту та насиченість його мортмасою. Кількість дощових черв'яків на цьому варіанті удобрення становила за оранки – 18, глибокого плоскорізного обробітку – 30, мілкого плоскорізного обробітку – 31 особин/м^2, а кількість вертикальних пор відповідно – 27, 72, і 30 шт/м^2 (табл. 8.24). Подібна закономірність спостерігалась і у 2005 році за вирощування кукурудзи на силос. При цьому чисельність виявлених дощових черв'яків за умов плоскорізних обробітків на фоні післядії соломи, сидератів та мінеральних добрив становила 42, за оранки – 17 особин/м^2.

У посівах пшениці озимої кількість дощових черв'яків була помітно меншою порівняно з просапними культурами і знаходилась у межах 6–27 особин/м^2 залежно від агрофону (табл. 8.25). Тенденція зростання чисельності черв'яків у верхньому шарі відмічена за плоскорізного обробітку на глибину 10–12 см як на контролі без добрив, так і по післядії гною і соломи з сидератами.

Таким чином, насиченість ґрунтової товщі дощовими черв'яками покращує структурний стан чорнозему, а вертикальні ходи черв'яків збільшують поровий простір, через що підвищується рівень інфільтрації

та відбувається додаткове надходження вологи в нижні горизонти. Відповідно за цих умов буде зменшуватись ризик виникнення ерозійних процесів.

Таблиця 8.25. **Кількість дощових черв'яків та вертикальних пор за різного обробітку та удобрення чорнозему типового, 2004–2005 рр.**

Удобрення (на 1 га сівозмінної площі)	Глибина, см	Кількість дощових черв'яків, м^2	Кількість вертикальних пор, м^2	Кількість дощових черв'яків, м^2	Кількість вертикальних пор, м^2
		Кукурудза на зерно (2004 р.)		Кукурудза на силос (2005 р.)	
		Оранка, 25-27 см		*Оранка, 25-27 см*	
Контроль	0-10	6 ± 5,23	7 ± 2,61	7 ± 5,23	9 ± 6,91
	10-20	18 ± 9,86	16 ± 4,53	9 ± 2,61	13 ± 6,91
Гній 12 т/га + $N_{50}P_{45}K_{45}$	0-10	8 ± 4,53	27 ± 17,1	8 ± 7,84	17 ± 14,6
	10-20	7 ± 5,23	35* ± 13,8	8 ± 4,53	20 ± 13,6
Солома 1,2 т/га + сидерати + $N_{50}P_{45}K_{45}$	0-10	18 ± 5,23	27* ± 11,4	17 ± 6,91	23 ± 6,91
	10-20	15 ± 2,61	31 ± 14,6	25 ± 14,6	24 ± 13,6
		Плоскорізний, 25-27 см		*Плоскорізний, 25-27 см*	
Контроль	0-10	5 ± 2,60	11 ± 9,40	13 ± 7,30	15 ± 9,40
	10-20	16 ± 12,0	12 ± 12,0	15 ± 11,4	19 ± 9,42
Гній 12 т/га + $N_{50}P_{45}K_{45}$	0-10	8 ± 7,80	20 ± 16,3	9 ± 2,60	19 ± 6,90
	10-20	12 ± 7,84	35 ± 21,4	9 ± 10,5	20 ± 13,6
Солома 1,2 т/га + сидерати + $N_{50}P_{45}K_{45}$	0-10	31 ± 5,20	72 ± 13,6	43 ± 13,8	39 ± 18,3
	10-20	17 ± 6,91	55 ± 15,9	31 ± 14,6	24 ± 16,3
		Плоскорізний, 10-12 см		*Плоскорізний, 10-12 см*	
Контроль	0-10	7 ± 5,20	5 ± 2,60	11 ± 13,1	7 ± 5,20
	10-20	9 ± 6,91	12 ± 4,53	16 ± 11,6	15 ± 6,91
Гній 12 т/га + $N_{50}P_{45}K_{45}$	0-10	7 ± 2,60	41* ± 13,8	16 ± 9,10	32 ± 25,2
	10-20	35* ± 13,8	28* ± 7,84	21 ± 19,0	28 ± 7,84
Солома 1,2 т/га + сидерати + $N_{50}P_{45}K_{45}$	0-10	31* ± 11,4	31* ± 13,1	43 ± 13,8	36 ± 12,0
	10-20	19 ± 6,91	37 ± 9,42	33 ± 17,1	31 ± 17,1

* – достовірно більша чисельність на 0,95 рівні вірогідності; M± t_m, при n = 3

Дощові черви не лише проявляють розпушуючу дію на ґрунт, у їх шлунковому тракті відбувається „склеювання" дрібнозему разом з рослинними залишками і мінеральними часточками за допомогою слизистих виділень стінок шлунка і утворюються структурні окремості ґрунту – копроліти, що мають високу міцність та стійкість до розмивання і високо ціняться в агрономічній практиці. Тому більша

кількість копролітів позитивно впливає на зв'язність агрегатів *(Д.А. Криволуцкий, 1969).*

Таблиця 8.26. **Кількість дощових черв'яків та вертикальних пор за різного обробітку та удобрення чорнозему типового, 2006 р.**

Удобрення (на 1 га сівозмінної площі)	Глибина, см	Кількість дощових черв'яків, м²	Кількість вертикальних пор, м²
		Озима пшениця (2006 р.)	
		Оранка, 25-27 см	
Контроль	0–10	8 ± 4,53	9 ± 6,91
	10–20	7 ± 5,23	5 ± 2,61
Гній 12 т/га + $N_{50}P_{45}K_{45}$	0–10	15 ± 9,42	24 ± 13,6
	10–20	23 ± 6,91	22 ± 2,61
Солома 1,2 т/га + сидерати + $N_{50}P_{45}K_{45}$	0–10	7 ± 2,61	7 ± 2,61
	10–20	7 ± 5,23	16 ± 12,0
		Плоскорізний, 25-27 см	
Контроль	0–10	12 ± 4,53	15 ± 6,91
	10–20	8 ± 4,53	13 ± 6,91
Гній 12 т/га + $N_{50}P_{45}K_{45}$	0–10	9 ± 10,5	15 ± 6,91
	10–20	11 ± 2,61	12 ± 4,53
Солома 1,2 т/га + сидерати + $N_{50}P_{45}K_{45}$	0–10	7 ± 2,61	7 ± 5,23
	10–20	9 ± 2,61	12 ± 7,84
		Плоскорізний, 10-12 см	
Контроль	0–10	21 ± 9,42	15 ± 5,23
	10–20	11 ± 2,61	18 ± 9,42
Гній 12 т/га + $N_{50}P_{45}K_{45}$	0–10	27 ± 9,42	21 ± 13,8
	10–20	12 ± 4,53	17 ± 9,42
Солома 1,2 т/га + сидерати + $N_{50}P_{45}K_{45}$	0–10	8 ± 7,84	11 ± 2,61
	10–20	8 ± 4,53	17 ± 6,91

Порівняльне визначення водостійкості структурних агрегататів чорнозему та копролітів показали, що утворені копроліти дощових черв'яків є більш стійкими до процесів змиву, ніж звичайні ґрунтові агрегати. Так, водостійкість копролітів чорноземів середньосуглинкового та легкосуглинкового еродованого, визначених на приладі Бакшеєва, складала відповідно 82,5 і 76,5%, тоді як у звичайних ґрунтових агрегатах вона була помітно нижчою – 66,9 та 62,5% (табл. 8.27), (рис. 8.10 і 8.11).

Таблиця 8.27. **Уплив дощових черв'яків на водостійкість структурних окремостей**

Грунт	Водостійкість агрегатів на приладі Бакшеєва, %			
	більше 1,0 мм	1,0-0,25 мм	більше 0,25 мм	менше 0,25 мм
Копроліти				
Чорнозем еродований	31,8 ± 3,55	44,7 ± 2,78	76,5 ± 5,73	23,5
Чорнозем типовий	40,0 ± 3,77	42,5 ± 4,22	82,5 ± 4,67	17,5
Структурні агрегати				
Чорнозем еродований	17,3 ± 3,19	45,2 ± 4,81	62,5 ± 3,91	37,5
Чорнозем типовий	21,0 ± 3,60	45,9 ± 4,58	66,9 ± 4,21	33,1

$M \pm t_m$, при n = 4



а) після аналізу б) до аналізу

Рис. 8.10. **Агрегати розміром 3-5 мм та їх водостійкість (зменшено у 2 рази)**



а) до аналізу б) після аналізу

Рис. 8.11. **Копроліти розміром 3-5 мм та їх водостійкість (зменшено у 2 рази)**

Отже, дані спостереження певною мірою показують, що роль дощових черв'яків у протиерозійній стійкості ґрунту є вагомою.

Важлива роль у формуванні водостійкої структури ґрунтів належить різного виду мікроорганізмам. Мінералізація рослинних і тваринних решток, синтез складних гумусових речовин, утворення інших продуктів ґрунтотвірного процесу, за допомогою яких механічні часточки склеюються у структурні окремості, всі ці біохімічні реакції проходять за їх безпосередньої участі. У процесі проходження різноманітних біохімічних реакцій утворюються як розчинні у воді, так і колоїдно-дисперсні клеючі сполуки, які обумовлюють виникнення

полімерних плівок на поверхні механічних часточок, формуючи таким чином водостійкі структурні окремості і підвищуючи протиерозійну стійкість ґрунту *(М.В. Недвига, 2005).*

Помітний уплив на проходження мікробіологічних процесів у ґрунті справляють способи його обробітку та удобрення. Проведення технологічних операцій визначає структурно-функціональні особливості мікробних угрупувань як основного діагностичного критерію оцінки екологічного стану ґрунту. При підвищенні запасів органічних речовин ґрунту за рахунок післяжнивних і кореневих решток посилюється життєдіяльність мікроорганізмів *(К.І. Андреюк, Г.О. Іутинська, А.Ф. Антипчук, 2001).*

Дослідження І.П. Шевченка, Ю.О. Драча, С.В. Яценко (2006), проведені в тривалому досліді ІЗ УААН по визначенню основних таксономічних і функціональних груп мікроорганізмів на чорноземі еродованому, показали, що найсприятливішы умови для інтенсивного проходження мікробіологічних процесів створювалися у шарі 0–20 см на фоні глибокого плоскорізного обробітку ґрунту. За умов ґрунтозахисного обробітку було відмічено оптимальне співвідношення фосформобілізуючих, вільноіснуючих азотфіксаторів, амоніфікуючих мікроорганізмів. Значну частку в структурі мікробного ценозу займали олігонітрофіли, яких за проведення глибокого плоскорізного обробітку в шарі 0–10 см було зафіксовано 22,4 млн. бактерій, а на фоні оранки – 15,5 млн. Варто зазначити, що в цьому ґрунті за плоскорізного обробітку було відмічено незначну кількість (близько 3%) азотобактера, завдяки якому створюється дрібногрудочкувата водостійка структура, а на розораному фоні цыэъ групи мікроорганізмів виявлено не було. Причиною може бути втрата вологи за умов прояву водної ерозії.

Отже, підсумовуючи результати досліджень упливу біологічного чинника на підвищення протиерозійної стійкості чорнозему типового, слід відмітити позитивну роль застосування у зерно-просапній сівозміні добрив у вигляді гною, соломи, сидератів за плоскорізного обробітку грунту. При цьому зростає порівняно з оранкою корененасиченість верхнього шару грунту в 1,5–2,5 рази, шорсткість поверхні у 2,5 рази, а також має місце стійка тенденція до збільшення заселеності грунту дощовими черв’яками, чисельності вертикальних пор.

8.4. Інтегральна оцінка протиерозійної стійкості ґрунту

У природних умовах на схилових агроландшафтах зливові опади значної інтенсивності є однією з причин поверхневого стоку та змиву ґрунтових часточок. Досить часто подібні явища непомітні для людського ока, бо водна ерозія проявляється навіть на незначних схилах у межах 0,5–2,0º будь-якої експозиції і викликає площинний змив *(М.К. Шикула, та ін., 2001; W.H. Wishmeier, D.D. Smith, 1978).* Але насправді тривалий дощ навіть незначної інтенсивності здатний до переміщення дезагрегованого дрібнозему та вимивання разом з ним основних елементів живлення рослин. Багаторічне повторення цього процесу супроводжується змиванням верхнього шару ґрунту та поступовим зниженням його родючості. Щоб мати кількісні та якісні параметри небезпеки ступеню прояву водної ерозії в певній ґрунтово-кліматичній зоні, застосовують модельні дослідження з використанням дощувальних установок, принцип дії яких полягає в імітуванні випадання справжніх опадів різної інтенсивності.

Відомо, що найбільш стійкими до змиву ґрунтами є чорноземи, які характеризуються високою водопроникністю та низьким коефіцієнтом стоку. Значною мірою негативні наслідки, спричинені водною ерозією, зумовлені власне властивостями самого ґрунту, такими як зв’язність, водопроникність, повна вологоємність, стійкість до розбризкуючої ерозійної дії крапель дощу. Комплексним показником, який характеризує супротив ґрунтів ерозії, вважають нерозмиваючу швидкість схилового стоку, яка залежить як від властивостей ґрунту, так і від гідравлічних параметрів стоку *(Ц.Е Мирцхулава, 1967).*

Краплі малого розміру в межах 0,5–2 мм не спричинюють дезагрегацію ґрунтових часточок, оскільки кінетична енергія їх відносно мала. Однак із збільшенням діаметру дощових крапель за потрапляння їх на поверхню ґрунту ґрунтові часточки і агрегати розпадаються у всіх напрямках. При рівномірному падінні дощових крапель на горизонтальну поверхню ґрунту не спостерігатиметься втрат часточок, а лише відбуватиметься їх розкидання у взаємно перпендикулярних напрямках. Сумарне переміщення агрегатів за таких умов буде приблизно нульовим, оскільки втрати ґрунту, спричинені ударною дією одної групи крапель, будуть приблизно дорівнювати ударній дії іншої

групи крапель, що випадають поряд. У природних умовах ідеально горизонтальних поверхонь рельєфу майже не існує і тому постійно відбувається переміщення дрібнозему по мікропониженнях, де більші втрати ґрунту спостерігатимуться за більшого кута нахилу поверхні *(К.М. Яловицкий, И.С. Константинов, 1979).*

Подальше випадання опадів на поверхню ґрунту спричинює схиловий стік і створює еродуючу дію на розрихлений, розущільнений ударами крапель ґрунт. За умов значного схилового стоку ударна дія дощових крапель втрачає свою силу в товщі потоку, і вже руйнівним чинником ґрунту стає власне стік. Так, дощові краплі за потрапляння у шар води висотою 12 мм втрачають свою кінетичну енергію, і вже в такому стані створюють водний захисний екран поверхні ґрунту *(Ц.Е. Мирцхулава, 1970).*

8.4.1. Ґрунтозахисна ефективність елементів агротехнологій

Наявність проективного вкриття ґрунту рослинами зумовлює шорсткість і помітно краще захищає його поверхню від руйнування краплями дощу порівняно з відкритим фоном. Однак, цілком можливо навіть за відсутності вегетуючих рослин істотною мірою вплинути на величину втрат дрібнозему, досягаючи при цьому меншого змиву шляхом мульчування верхньої товщі ґрунту післяжнивними рештками.

Модельні експерименти були проведені в тривалому досліді НДГ „Великоснітинське” на чорноземі типовому середньосуглинковому в посівах кукурудзи на силос. Стокові майданчики розміщувались у міжряддях цієї просапної культури на контролі без добрив та на фоні післядії удобрення соломою, сидератами і мінеральними добривами, а захисний ефект листкової поверхні був майже нульовим. Крутість схилу становила ≈ 3°, інтенсивність дощування – 2 мм/хв., а тривалість експерименту 30 хвилин.

Дощування ґрунту на фонах з різними способами обробітку показало, що найпомітніші ерозійні процеси спостерігаються за оранки на глибину 25-27 см, де стік води складав 80,6 м^3/га, а змив 3,21 т/га (табл. 8.28).

Таблиця 8.28. **Результати дощування чорнозему типового за застосування різних систем обробітку та удобрення, 2005 р.**

Параметри дощування	Обробіток і удобрення					
	Оранка, 25–27 см	Плоско-різний, 25–27 см	Плоско-різний, 10–12 см	Оранка, 25–27 см	Плоско різний, 25–27 см	Плоско різний, 10–12 см
	Без добрив (контроль)			Післядія 4 т/га соломи, сидератів і $N_{110}P_{90}K_{90}$		
Крутість схилу, град	3	3	3	3	3	3
Інтенсивність дощу, мм/хв	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Тривалість дощування, хв	30	30	30	30	30	30
Початок стоку після початку дощування, хв	9	12	8	5	2	9
Достокове водопоглинення , мм	26,3	31,2	25,0	23,8	10,6	28,1
Достокова інтенсивність водопоглинання, мм/хв	2,92	2,60	3,13	4,75	5,31	3,13
Водовбирання ґрунтом під час стоку, мм	28,1	24,8	30,8	21,0	36,0	27,9
Інтенсивність вбирання води під час стоку, мм/хв	1,34	1,38	1,40	0,84	1,29	1,33
Загальна кількість поглинутої води, мм	54,4	56,0	55,8	44,8	46,6	54,0
Загальна кількість фільтрату з облікового майданчика, мл	1290	1020	1085	2850	2540	1030
Маса змитого ґрунту з облікового майданчика, г	51,3	31,9	44,0	40,4	14,2	13,7
Інтенсивність стоку, мм/хв	0,38	0,36	0,31	0,71	0,57	0,31
Стік, мм	7,98	6,56	6,82	17,8	15,9	6,51
Мутність стоку, г/л	39,8	31,3	40,6	14,2	5,59	13,3
Стік води, $м^3$/га	80,6	63,8	67,8	178	159	64,4
Змив ґрунту, т/га	3,21	1,99	2,75	2,53	0,89	0,87
Відкритість фону, %	95	89	83	87	82	80

Менш помітна ерозія відмічається за плоскорізного обробітку на глибину оранки, де об’єм стоку становив 63,8 $м^3$/га, а змив ґрунту – 1,99 т/га (рис. 8.12) та мілкого плоскорізного обробітку – 67,8 $м^3$/га і 2,75 т/га відповідно.



а. *б.*

Рис. 8.12. **Поверхня чорнозему типового до і після дощування за плоскорізного обробітку на глибину 25–27 см (контроль без добрив)**

а) до дощування *б) після дощування*

Подібну тенденцію відмічено за дощування агротехнічних фонів по післядії внесеної соломи, сидератів та мінеральних добрив. Так, найвищий стік 178 м^3/га та змив ґрунту 2,53 т/га було отримано на агрофоні полицевої оранки. Втрати ґрунту при застосуванні плоскорізних обробітків на 10–12 і 25–27 см становили 0,87 та 0,89 т/га відповідно, що у 2,8 рази менше, ніж за оранки. При цьому суттєвим чинником зменшення змиву за вказаних обробітків був саме стан поверхні ґрунту, який створюється при його оброблюванні плоскорізними знаряддями, оскільки попередником кукурудзи на силос була кукурудза на зерно і значна частина її вегетативної маси залишилася на поверхні поля. Таким чином, мульчування ґрунтової поверхні і є, на нашу думку, тим позитивним чинником, який створює вищу стійкість чорноземів до змиву.

Оцінюючи отримані дані за градацією величини водної ерозії, розробленої проф. *М.К. Шикулою (2001),* відзначаємо, що одноразовий дощ подібної інтенсивності та тривалості спричинить прояв слабкої ерозії і істотних втрат ґрунту не викличе. Однак за частого випадання інтенсивних опадів і відсутності рослинного покриву негативні наслідки лише зростатимуть.

Значний інтерес представляють дослідження з дощування агротехнічних фонів на чорноземі еродованому більшої крутизни схилу.

Також з метою формування екологічно-стійких агроландшафтів корисною може виявитись порівняльна інформація результатів досліджень ґрунтів, відмінних між собою за гранулометричним складом і вмістом органічної речовини.

Дощування проводилося у вересні як після збирання попередника, у період підготовки поля до посіву пшениці озимої. Саме за таких умов поверхня ґрунту є найбільш вразливою до руйнування краплями дощу та змиву дрібнозему схиловим стоком під час осінніх злив. При дощуванні ґрунту на схилі 6° використовували інтенсивність дощу 3 мм/хв., тривалість експерименту становила 30 хвилин.

Проведені дослідження показали, що поверхневий стік води на фоні оранки на глибину 20–22 см був найбільшим і становив 125,6 м^3/га (табл. 8.29).

Таблиця 8.29. **Результати дощування чорнозему еродованого за застосування різних систем обробітку (без добрив, контроль)**

Параметри дощування	Обробіток		
	Оранка 20–22 см	Плоскорізний, 20–22 см	Плоскорізний, 10–12 см
Крутість схилу, град	6	6	6
Інтенсивність дощу, мм/хв	3,0	3,0	3,0
Тривалість дощування, хв	30	30	30
Початок стоку після початку дощування, хв	5	9	6
Достокове водопоглинення, мм	11,5	30,5	16,0
Достокова інтенсивність водопоглинання, мм/хв	2,30	3,39	2,67
Водовбирання ґрунтом під час стоку, мм	40,0	26,8	36,2
Інтенсивність вбирання води під час стоку, мм/хв	1,60	1,52	1,51
Загальна кількість поглинутої води грунтом, мм	51,5	57,3	52,2
Загальна кількість фільтрату з облікового майданчику, мл	2010	920	1640

Продовження таблиці 8.29

Загальна кількість рідкого стоку з облікового майданчику, мл	1935	910	1590
Маса змитого дрібнозему з облікового майданчику, г	158	12,5	83,5
Інтенсивність стоку, мм/хв	0,52	0,27	0,43
Стік, мм	13,1	5,67	10,3
Мутність стоку, г/л	78,6	13,6	50,9
Стік води, $м^3$/га	125,6	57,5	102,5
Змив ґрунту, т/га	9,88	0,78	5,21
Відкритість фону, %	92	20	45

Відповідно й величина змиву ґрунту була суттєвою – 9,88 т/га. При цьому мутність стоку складала 78,6 г/л. Таким чином, у період відкритості ґрунту та відсутності належного скріплення його коренями при випаданні зливових опадів високої інтенсивності наслідки змиву ґрунту достатньо серйозні. Враховуючи, що досліджуваний ґрунт має невисоку водопроникність, помірну щільність та значну відкритість поверхні схилу, зливові опади можуть стати основною причиною не лише площинного змиву, а навіть і певних лінійних розмивів.

За умов дощування поверхні ґрунту обробленої плоскорізом на глибину 10–12 см, рідкий стік почався майже тоді, як і на фоні оранки – через 6 хвилин, і лише коли поверхневий шар був достатньо насичений вологою, разом з водою почав змиватися і власне сам ґрунт, мутність стоку становила 50,9 г/л. Загальний стік води за такого фону складав 102,5 $м^3$/га, а змив 5,21 т/га, що в 1,9 разів менше, ніж за оранки. За плоскорізного обробітку на глибину 20–22 см протиерозійний ефект був ще більш помітний, змив ґрунту становив всього 0,78 т/га, а поверхневий стік – 57,5 $м^3$/га.

Спостерігаючи за станом поверхні ґрунту, обробленої плоскорізними знаряддями, візуально було помічено високу шорсткість, спричинену наявністю рослинних решток попередника – люцерни (рис. 8.13, 8.14). Пожнивні рештки стали, імовірно, основною причиною кращої інфільтрації води ґрунтом, сприяли розпаду крапель дощу до меншого розміру і, відповідно, знижували його змив порівняно з оранкою.



Рис. 8.13. **Стан поверхні ґрунту після проведення оранки**



Рис. 8.14**. Стан поверхні ґрунту після плоскорізного обробітку**

Як видно з результатів дощування, переваги плоскорізного рихлення очевидні, адже при цьому створюється достатній захисний екран з рослинних решток, що залишаються у полі після збирання культури. Натомість за полицевої оранки солома та інший післяжнивний матеріал заорюється на глибину 15–25 см, він виступає джерелом збагачення ґрунту органічними речовинами, що активно використовуються мікроорганізмами, однак у протиерозійному відношенні поверхня ґрунту залишається у великій мірі незахищеною.

8.4.2. Уплив мульчування поверхні ґрунту на протиерозійну стійкість

З практики американських вчених та фермерів істотним засобом захисту поверхні ґрунту від вимивання дрібнозему та виносу з ним важливих елементів живлення рослин є застосування різноманітних агрозаходів з мульчування верхньої товщі ґрунту післяжнивними рештками. НДГ „Великоснітинське" має зерно-буряковий напрямок рослинництва і значні земельні площі відводяться під посів зернових культур. Після їх збирання залишається солома, тому ми намагалися використати її як джерело надходження у ґрунт органічного добрива, своєрідний захисний протиерозійний екран на поверхні ґрунту.

Моделювання заробляння соломи з розрахунку 4 т/га у приповерхневу товщу ґрунту плоскорізними знаряддями на глибину 10–12 см показало, що створення високої шорсткості поверхні стало основою у захисті ґрунту від водної ерозії. За умов інтенсивності дощу 2 мм/хв. стік води та змив ґрунту взагалі були мінімальними і становили 0,81 м^3/га та 0,24 т/га відповідно (табл. 8.30). Значно більший стік води (140 м^3/га) спостерігався за оранки на глибину 25–27 см, хоча втрати дрібнозему при цьому були невеликі – 0,30 т/га. Мутність стоку теж була невисокою і складала 2,14 г/л.

На нашу думку, причиною високого рівня стоку води є кольматація пор при застосуванні оранки, за якої дисперговані часточки ґрунту закупорюють проміжки між агрегатами, унаслідок чого знижується водопроникність і створюються сприятливі умови для стікання води по відкритій поверхні, яка має ухил. За ймовірного проходження зливових опадів переважна більшість води стече низхідними потоками в нижню частину схилу, не змиваючи при цьому ґрунтових часточок.

Отже, найвагоміший протиерозійний ефект створюватиметься на чорноземах типових за впроваджування альтернативної системи удобрення, при залишенні соломи на поверхні ґрунту та частковому її зароблюванні в поверхневу товщу.

Моделювання фону з внесенням традиційного органічного удобрення (гною) у дозі 40 т/га показало відсутність ерозійних процесів за проведення мілкого плоскорізного обробітку на глибину 10–12 см. Унесення гною під плоскорізний обробіток на глибину оранки зумовило

дещо меншу протиерозійну стійкість чорноземного ґрунту, змив становив 1,69 т/га.

Таблиця 8.30. **Результати дощування чорнозему типового за застосування різних систем обробітку та удобрення**

Параметри дощування	Оранка, 25–27 см	Плоскорізний, 25–27 см	Плоскорізний, 10–12 см	Оранка, 25–27 см	Плоскорізний, 25–27 см	Плоскорізний, 10–12 см
	Гній в нормі 40 т/га			Солома в нормі 4 т/га		
Крутість схилу, град	3	3	3	3	3	3
Інтенсивність дощу, мм/хв	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Тривалість дощування, хв	30	30	30	30	30	30
Поява стоку після початку дощування, хв	6	11	–	9	11	–
Достокове водопоглинення, мм	23,4	29,0	–	27,0	28,8	–
Достокова інтенсивність водопоглинання, мм/хв	3,91	2,84	–	3,00	2,61	–
Водовбирання ґрунтом під час стоку, мм	28,8	21,3	–	21,6	30,4	–
Інтенсивність вбирання води під час стоку, мм/хв	1,20	1,12	–	1,03	1,60	–
Загальна кількість поглинутої води, мм	52,2	50,3	–	48,6	59,2	–
Загальна кількість фільтрату з облікового майданчику, мл	1640	1950	–	2240	540	–
Маса змитого дрібнозему з облікового майданчику,г	12,5	27,0	–	4,8	9,3	–
Інтенсивність стоку, мм/хв	0,43	0,64	–	0,67	0,18	–
Стік, мм	10,3	12,2	–	14,0	3,42	–
Мутність стоку, г/л	76,2	13,8	немає	2,14	17,2	–
Стік води, $м^3$/га	103	122	немає	140	33,8	0,81
Змив ґрунту, т/га	7,81	1,69		0,30	0,58	0,24
Відкритість фону, %	90	76	60	85	48	40

Порівнюючи отримані результати з неудобрюваним фоном, відмічаємо позитивну дію від використання органічних добрив. Разом з тим, на фоні оранки зафіксований суттєвий змив ґрунту – 7,81 т/га (рис. 8.15).



а) до дощування *б) після дощування* *в) твердий стік у стокоприймальній ємкості*

Рис. 8.15. **Стан поверхні ґрунту до (а) і після (б) проведення дощування при моделюванні агрофону з внесенням гною за полицевої оранки**

Паралельно з визначенням твердого і рідкого стоку води було проведено аналіз агрофізичних параметрів, таких як вологість, водопроникність, щільність складення, температура ґрунту і повітря рис. 8.16, додатки К і Л.



Рис. 8.16. **Дослідження агрофізичних параметрів ґрунту в польових умовах та проведення дощування**

Підсумовуючи результати модельних дослідів, можна зробити висновок, що внесення органічних добрив на чорноземі типовому за незначної крутизни схилу (до 3°) сприяє зменшенню як стоку, так і змиву дрібнозему. Застосування гною під плоскорізний обробіток зменшує стік у 2–6 разів, а за внесення соломи у верхній шар ґрунту значно більше порівняно з контролем без добрив.

8.4.3. Математико-статистичне відображення прояву ерозійних процесів при дощуванні

Під моделлю будь-якої системи слід розуміти більш чи менш адекватне дійсності відображення структури цієї системи та її функцій. Таке відображення має на меті отримання інформації про зміни, що відбуваються під дією як внутрішніх, так і зовнішніх чинників. Стохастичні моделі будують на статистичній основі, а точніше на основі результатів дослідження кореляційних зв'язків і відповідних їм рівнянь регресії. Серед стохастичних моделей дуже поширені багатовимірні або кластерні, у яких окремі факторіальні параметри є математичними виразами, що включають цілий ряд характеристик досліджуваної системи, а також параметри, що впливають на неї ззовні.

На сьогодні багатьма вченими як у нашій країні, так і за кордоном велика увага приділяється розробленню моделей ерозії, які, маючи певну кількість параметрів, могли б об'єктивно описувати ерозійний процес. На сьогодні серед найвідоміших моделей прогнозування ерозійних процесів є універсальне рівняння втрат ґрунту від ерозії (USLE), яке показує середньорічні втрати ґрунту з певної площі *(W.D. Wishmeier, D.D. Smith, 1978).* Доволі поширеною у США вважається модель ерозії WEPP (1995). В Україні велике практичне значення має модель ерозії *Г.І. Швебса (1974)*, розроблена на основі значної кількості фактичного матеріалу. Популярними серед фахівців-ерозіоністів є гідромеханічна модель *Ц.Є. Мірцхулави (1970)* та рівняння максимальної нерозмиваючої швидкості водяного потоку *М.С. Кузнєцова (1973).*

Кількісні показники стоку і змиву ґрунту ми отримали з допомогою методу дощування стокових майданчиків, який широко використовується в ерозійних дослідженнях. Застосування цього методу дає можливість оцінити можливі втрати ґрунту за випадання

інтенсивних опадів, характерних для досліджуваної грунтово-кліматичної зони, а потім, створивши математичну модель, прогнозувати ерозійну небезпеку від прояву зливових дощів. Експерименти проводилися на схилах крутизною 6 та 3º південної та північно-східної експозиції. Результативними параметрами кореляційних залежностей у наших дослідженнях були змив ґрунту ($у_1$, т/га), поверхневий стік ($у_2$, м^3/га) та достокове вбирання води грунтом ($у_3$, мм). Помноживши значення $у_3$ на 10 отримаємо величину достокового вбирання води ґрунтом у м^3/га, тобто в одиницях, порівнюваних з поверхневим стоком.

Проведені нами польові експерименти дощування стокових майданчиків на різних агрофонах чорноземних ґрунтів виявили можливість узагальнення емпіричних параметрів дощу, ґрунтових властивостей, стану поверхні ґрунту і характеристик ерозії – стоку води і змиву ґрунту.

За результатами аналізу емпіричних даних малої вибірки було проведено множинну кореляцію між основними показниками, виведено рівняння регресії і розроблено на їх основі математико-статистичні моделі.

Для побудови моделі досліджуваної нами системи були використані такі параметри (факторіальні ознаки кореляційних залежностей):

$Х_Е$ – ерозійна (післястокова) енергія крапель штучного дощу, кДж/м^2;

$Х_а$ – крутість схилу в градусах;

$Х_С$ – уміст в орному шарі ґрунту фракції фізичної глини (<0,01 мм), %;

$Х_h$– уміст в орному шарі ґрунту гумусу, %;

$Х_{of}$ – відкритість поверхні ґрунту, %;

d – середньозважений діаметр частки ґрунту, що рухається у водно-ерозійному потоці (м);

I – інтенсивність штучного дощу, мм/хв.;

$К_ф$ – середній коефіцієнт безнапірної (достокової) водопроникності грунту (мм/хв.):

$К_{фс}$ – середній коефіцієнт водопроникності грунту під час стоку, мм/хв.;

ЗП – загальна пористість орного шару грунту перед дощуванням, % від об'єму грунту;

$П_{аер}$ – пористість аерації орного шару грунту перед дощуванням, % від об'єму грунту.

Первинні матеріали досліджень представлені в табл. 8.31 і 8.32:

Таблиця 8.31. **Основні параметри ґрунту, які використано в математико-статистичних залежностях прояву ерозійних процесів при дощуванні, 2005–2006 рр.**

Агрофон	X_E	X_a	X_C, %	Xh, %	X_{of}, %
Чорнозем типовий еродований (стаціонарні досліди ІЗ УААН с. Халеп'є)					
Без добрив (контроль)					
Оранка, 20–22 см	1,50	6	19	1,70	92
Плоскорізний, 20–22 см	1,50	6	24	1,64	20
Плоскорізний, 10–12 см	1,50	6	22	1,64	45
Чорнозем типовий середньосуглинковий (стаціонарні досліди НДГ „Великоснітинське")					
Без добрив (контроль)					
Оранка, 20–22 см	1,00	3	31	3,55	95
Плоскорізний, 20–22 см	1,00	3	27	3,59	89
Плоскорізний, 10–12 см	1,00	3	31	3,64	83
Солома 1,2 т/га + сидерати + $N_{50}P_{45}K_{45}$					
Оранка, 25–27 см	1,00	3	29	3,56	87
Плоскорізний, 25–27 см	1,00	3	30	3,58	82
Плоскорізний, 10–12 см	1,00	3	30	3,64	80
Гній, 40 т/га					
Оранка, 25–27 см	1,00	3	26	3,61	90
Плоскорізний, 25–27 см	1,00	3	35	3,76	66
Плоскорізний, 10–12 см	1,00	3	29	3,71	60
Солома, 4 т/га					
Оранка, 25–27 см	1,00	3	26	3,64	85
Плоскорізний, 25–27 см	1,00	3	35	3,68	48
Плоскорізний, 10–12 см	1,00	3	29	3,70	40

Отримана нами математико-статистична модель досліджуваної системи включає рівняння, у яких крім перерахованих факторіальних характеристик, включено ще і th X_a – гіперболічний тангенс крутості схилу в градусах:

$$y_1 = \frac{1\times10^{-2} X_{Of} \times X_a \times X_E{}^{2,7}}{X_h \times X_C \times П_{аер} \times d} + 1{,}5\times10^{-2} X_{of} \times thX_a \qquad (8.1)$$

$$y_2 = \frac{14 \times K_ф \times I \times X_{of} \times X_a \sqrt{X_h \times X_C}}{K_{ф.с.} \times ЗП \times П_{аер}} \qquad (8.2)$$

$$y_3 = 7 + \frac{14{,}5 П_{аер} \sqrt{X_h \times X_C (1{,}052 - 0{,}086 X_a)}}{X_{of} \sqrt{K_ф \times I}} \qquad (8.3)$$

Таблиця 8.32. **Основні параметри ґрунту, які використано в математико-статистичних залежностях прояву ерозійних процесів при дощуванні, 2005–2006 рр.**

Агрофон	d, м	I, мм/хв	$K_ф$ мм/хв	$K_{фс}$ мм/хв	ЗП, %	$Р_{аер}$, %
Чорнозем типовий еродований						
Без добрив (контроль)						
Оранка, 20–22 см	$0{,}6\times10^{-3}$	3,0	2,30	1,60	50,2	32,5
Плоскорізний, 20–22 см	$0{,}8\times10^{-3}$	3,0	3,39	1,52	48,7	27,2
Плоскорізний, 10–12 см	$0{,}7\times10^{-3}$	3,0	2,67	1,61	47,5	28,2
Чорнозем типовий середньосуглинковий						
Без добрив (контроль)						
Оранка, 20–22 см	$0{,}73\times10^{-3}$	2,0	2,92	1,34	51,9	33,7
Плоскорізний, 20–22 см	$0{,}79\times10^{-3}$	2,0	2,60	1,38	54,9	41,8
Плоскорізний, 10–12 см	$0{,}80\times10^{-3}$	2,0	3,13	1,40	52,6	32,0
Солома 1,2 т/га + сидерати + $N_{50}P_{45}K_{45}$						
Оранка, 25–27 см	$0{,}65\times10^{-3}$	2,0	4,75	0,84	55,3	39,2
Плоскорізний, 25–27 см	$0{,}81\times10^{-3}$	2,0	5,31	1,29	54,9	36,6
Плоскорізний, 10–12 см	$0{,}71\times10^{-3}$	2,0	3,13	1,33	51,7	32,2
Гній, 40 т/га						
Оранка, 25–27 см	$0{,}88\times10^{-3}$	2,0	3,91	1,20	54,8	34,8
Плоскорізний, 25–27 см	$1{,}03\times10^{-3}$	2,0	2,84	1,12	50,0	31,7
Плоскорізний, 10–12 см	немає	2,0	немає	немає	50,8	28,9
Солома, 4 т/га						
Оранка, 25–27 см	$0{,}88\times10^{-3}$	2,0	3,00	1,03	54,8	36,5
Плоскорізний, 25–27 см	$1{,}03\times10^{-3}$	2,0	2,61	1,60	50,0	30,1
Плоскорізний, 10–12 см	немає	2,0	немає	немає	50,8	29,8

Знаючи тривалість та середню інтенсивність штучного дощування та інші важливі характеристики варіантів дослідів, за допомогою трьох результативних параметрів моделі (y_1, y_2 та y_3) можна розрахувати і загальну величину водопоглинання ґрунту в мм чи $м^3$/га.

Досліджуючи статистичний зв'язок між результативними показниками водно-ерозійних процесів (y_1, y_2; y_3) та факторами, що обумовлюють ці процеси, ми орієнтувалися на існуючі в Україні математико-статистичні моделі розрахунку втрат ґрунту та води при зливових опадах *(И.Н. Безручко, Л.Я. Мильчевская, 1990).*

Ці моделі відзначаються простотою і доступністю параметрів, на відміну від, наприклад, досить громіздкої і непростої за параметрами моделі *Ц.Є. Мірцхулави (1970).* Не досить чітко визначеними є і параметри відповідної моделі *Г.І. Швебса (1974).* Однак, на нашу думку, математико-статистична модель, даючи цілком вірогідні величини змиву ґрунту, не достатньо точно оцінює втрати води (поверхневий стік) і дає, в основному, завищені дані поверхневого стоку. До того ж, згідно з цією моделлю, чим більші втрати ґрунту, тим і поверхневий стік більший, що буває далеко не завжди і особливо пов'язане з відкритістю фону (X_{of}) та крутістю схилу (X_a). Але це питання залишається недостатньо вивченим в українському ерозіознавстві.

Пошук залежності ерозійних втрат ґрунту від досліджуваних чинників проводився за допомогою елементарної логіки. Чинники, які сприяють ерозії, записувались як множники у чисельник, а ті, що їй протидіють, – у знаменник, у такий спосіб отримано багатовимірний факторіальний параметр.

У процесі кореляційного аналізу виявилося, що залежність y_1 від $X_E^{2,7}$ відсутня, також статистично незначима кореляція між y_1 та $X_{of} \times E^{2,7}$. Значимою вона виявилася між y_1 та добутком $X_{of} \times X_a \times E^{2,7}$ для невеликої вибірки (n=9) тривалого досліду у НДГ „Великоснітинське". Ця кореляція характеризувалась наступними параметрами:

$r = 0{,}902$; $r^2 = 0{,}814$; $S_r = 0{,}143$; $t_ф = 6{,}31$; ($t_{05} = 2{,}26$). Статистично значимою виявилася лінійна кореляція між y_1 та $X_{of} \times X_a \times E^{2,7}$ і для більш широкої вибірки (n = 13), що включала варіанти тривалого досліду Інституту землеробства УААН біля с. Халеп'є Обухівського району ($r = 0{,}890$; $r^2 = 0{,}793$; $S_r = 0{,}131$; $t_ф = 6{,}39$; ($t_{05} = 2{,}18$). Але ще точнішою виявилася кореляція між y_1 та багатовимірним параметром:

$$\frac{X_{of} \times X_a \times X_E{}^{2.7}}{X_h \times X_C \times \Pi_{aep} \times d} \qquad (8.4)$$

(r =0,924; r^2 = 0,854; S_r = 0,110 $t_ф$ = 8,38 (t_{05} = 2,18; t_{01} = 3,06; t_{001} = 4,32 за числа ступенів свободи υ = 13-1=12). Кореляція виявилась статистично достовірною на всіх рівнях значимості. Це дало змогу вивести рівняння лінійної залежності змиву ґрунту від зазначеного багатовимірного параметра:

$$y_1 = \frac{0,01\, X_{of} \times X_a \times X_E{}^{2,7}}{X_h \times X_C \times \Pi_{aep} \times d} + 1,26 \qquad (8.5)$$

Враховуючи те, що за „ідеалізованих" умов ерозія (y_1) має бути відсутня при X_{of} = 0, створена на основі рівняння (5.4) математична модель має вигляд:

$$y_1 = \frac{1 \times 10^{-2}\, X_{of} \times X_a \times X_E{}^{2,7}}{X_h \times X_C \times \Pi_{aep} \times d} + 0,015\; X_{of} \times thX_a \qquad (8.6)$$

При значній крутості схилу th $X_a \longrightarrow 1$, а при X_a = 0, th X_a = 0.

Кореляція між експериментальними та розрахунковими за моделлю даними втрат ґрунту (табл. 8.33) характеризується такими параметрами: r =0,938; r^2 = 0,880; S_r = 0,100 $t_ф$ = 9,38; при n-1=12 t_{05} = 2,18; t_{01} = 3,06; t_{001} = 4,32. Кореляція достовірна на всіх рівнях значимості.

Розуміючи обмеженість обсягу досліджень, ми не можемо в повній мірі рекомендувати отриману модель як прогнозну. Але вона дозволяє скорегувати програму наших подальших досліджень і має певне методологічне значення.

Досліджуючи залежність величини поверхневого стоку від чинників упливу на нього, які були об'єктом вивчення в тривалих дослідах, ми виявили, що величини змиву ґрунту і поверхневого стоку практично не корелюють між собою. За математико-статистичною моделлю *(И.Н. Безручко, Л.Я. Мильчевская, 1990)* величина стоку (Arw, $м^3$/га) має бути прямопропорціональною до добутку величин:

$X_E{}^2\, Xh^{-2}\, X_C\, X_a\, X_{of}{}^{1,4}$.

У наших дослідженнях ця кореляція не виявилася значимою (r =0,198).

Таблиця 8.33. Експериментальні та розраховані за моделями показники змиву ґрунту (y_1, т/га), поверхневого стоку (y_2, м³/га) та достокового водовбирання (y_3, мм) на агрофонах дощування

Агрофон	Змив ґрунту (y_1), т/га		Поверхневий стік, (y_2), м³/га		Достокове вбирання води ґрунтом, (y_3), мм	
	E*	P*	E	P	E	P
Чорнозем типовий еродований (стаціонарні досліди ІЗ УААН с. Халеп'є)						
Без добрив (контроль)						
Оранка, 20-22 см	9,88	10,9	126	115	11,5	12,7
Плоскорізний, 20-22 см	0,78	1,11	58	53	30,5	27,5
Плоскорізний, 10-12 см	5,21	3,78	102	92	16,0	17,4
Чорнозем типовий середньосуглинковий (стаціонарні досліди в НДГ „Великоснітинське")						
Без добрив (контроль)						
Оранка, 25-27 см	3,21	1,68	81	98	26,3	25,0
Плоскорізний, 25-27 см	1,99	1,47	64	60	31,2	30,5
Плоскорізний, 10-12 см	2,75	1,29	68	96	25,0	25,8
Солома, 1,2 т/га + сидерати + $N_{50}P_{45}K_{45}$						
Оранка, 25-27 см	2,53	1,69	178	198	23,8	24,2
Плоскорізний, 25-27 см	0,89	1,63	159	148	Вибраковано	
Плоскорізний, 10-12 см	0,87	1,44	64	100	28,1	26,4
Гній, 40 т/га						
Оранка, 25-27 см	0,78	1,68	103	125	23,4	22,6
Плоскорізний, 25-27 см	1,69	1,08	122	100	29,0	33,5
Плоскорізний, 10-12 см	-	-	-	-	-	-
Солома, 4 т/га						
Оранка, 25-27 см	0,30	1,48	140	102	27,0	26,2
Плоскорізний, 25-27 см	0,58	0,78	34	48	вибраковано	
Плоскорізний, 10-12 см	-	-	-	-	-	-
Коефіцієнт кореляції ($R=\pm S_r$)	0,938±0,100		0,897 ±0,142		0,945±0,103	

* E – експериментальне; P – розрахункове значення результативного параметру

Після тривалих спроб пошуку лінійної кореляції між y_2 та чинниками впливу на нього виявлено хоч і не таку тісну як для втрат ґрунту, але статистично значиму додатню кореляцію між y_2 та параметрами ґрунту:

$$\frac{K_ф \times I \times X_{of} \times X_a \sqrt{X_h \times X_C}}{K_{ф.с.} \times ЗП \times П_{аер}} \qquad (8.7)$$

(n = 13; r =0,862; r^2 = 0,743; S_r = 0,146; $t_ф$ = 5,89), котра дала підставу для виведення рівняння регресії:

$$y_2 = \frac{13 \times K_ф \times I \times X_{of} \times X_a \sqrt{X_h \times X_C}}{K_{ф.с.} \times ЗП \times П_{аер}} + 4 \qquad (8.8)$$

Дещо відкоректувавши це рівняння регресії, ми пропонуємо таку математичну модель, яка описує поверхневий стік у наших дослідженнях:

$$y_2 = \frac{14 \times K_ф \times I \times X_{of} \times X_a \sqrt{X_h \times X_C}}{K_{ф.с.} \times ЗП \times П_{аер}} \qquad (8.9)$$

Кореляція між розрахованими за моделлю та експериментальними даними характеризується такими параметрами:

r =0,897; r^2 = 0,756; S_r = 0,142 $t_ф$ = 6,10. Кореляція достовірна на всіх рівнях значимості (05, 01 та 001).

Нас зацікавила залежність достокового вбирання води ґрунтом (y_3, мм) від чинників, що на неї впливали в умовах наших досліджень. Цей інтерес був обумовлений досягненням можливості визначати: 1) достокову норму поливу; 2) інтенсивність штучного дощування за встановленої норми поливу, котра б не призводила до поверхневого стоку і змиву ґрунту. Після вибраковування дослідних варіантів 8 та 14 отримано тісну кореляцію між y_3 та ґруповим параметром:

$$\frac{П_{аер} \sqrt{X_h \times X_c (1{,}052 - 0{,}086 X_a)}}{X_{of} \sqrt{K_ф \times I}} \qquad (8.10)$$

r =0,945; r^2 = 0,893; S_r = 0,103; n=11; $t_ф$ = 9,17), котра дала підставу для виведення рівняння регресії:

$$y_3 = \frac{14{,}5 \times П_{аер} \sqrt{X_h \times X_c (1{,}052 - 0{,}086 X_a)}}{X_{of} \sqrt{K_ф \times I}} + 7 \qquad (8.11)$$

Рівняння регресії (5.10) можна запропонувати як математико-статистичну модель для розрахунку достокового водовбирання.

Як уже зазначалось, ми не переоцінюємо практичного значення отриманих залежностей через недостатній обсяг об'єктів досліджень та малу площу ділянки дощування, але думаємо, що і вони заслуговують на увагу дослідників, як ерозіоністів, так і меліораторів. У цілому вважаємо, що результати досліджень водно-ерозійних процесів за штучного дощування чорноземних ґрунтів в умовах тривалих дослідів виявились придатними до математико-статистичного опису і побудови стохастичних моделей прогнозування втрат грунту (т/га), поверхневого стоку ($м^3$/га) та достокового вбирання води грунтом (мм).

Отже, отримані регресійні залежності можуть виявитися корисними для моделювання цих процесів на більших площах схилових земель.

8.5. Еколого-економічна оцінка ефективності агротехнічних заходів

В агротехнічних дослідах основним результуючим показником, що обумовлює необхідність та економічну доцільність впровадження того чи іншого агрозаходу, а також їх вплив на екологічний стан оточуючого середовища є урожайність сільськогосподарських культур. Вона є прямим індикатором рівня родючості грунту. Величина біологічного врожаю тієї чи іншої культури безпосередньо залежить від ґрунтових параметрів та кліматичних умов зони, у якій вирощується продукція рослинництва.

8.5.1. Еколого-біоенергетична оцінка

Сутність руйнівної дії водної ерозії полягає у здатності водних потоків руйнувати ґрунт з одночасним переміщенням та відкладанням дрібнозему в нижніх елементах рельєфу. Кількісну оцінку ерозії встановлюють за інтенсивністю та розмірами втрат ґрунту з одиниці

площі за одиницю часу, в т/га. Однак разом із змивом дрібнозему, біоти, макро та мікроелементів також одночасно втрачається і значна кількість енергії, зосередженої, як правило, в органічній речовині ґрунту. За таких змін порушуються енергетичні зв'язки в ґрунті як біологічної системи, що призводить до поступової деградації агроландшафту.

Акад. *В.А. Ковдою (1986)* наголошувалося, що в гумусі ґрунтів планети зв'язано 10^{19-20} Ккал енергії, яка забезпечує життєві процеси всієї флори і фауни. Визначення енергетичних характеристик, зокрема родючих чорноземних ґрунтів, є необхідною умовою для регулювання потоків енергії в агроекосистемах з метою покращання екологічного стану ґрунтів *(Г.А. Булаткин, 1986).*

На основі математичного аналізу значної кількості експериментальних даних *Ю.О. Тараріко (2003)* було одержано універсальну формулу, яка відображає залежність між умістом гумусу та енергоємністю ґрунту. При цьому була побудована крива, за якою, знаючи тип ґрунту і показники вмісту гумусу, досить легко визначити енергетичні втрати. Відповідним чином, знаючи загальний уміст гумусу та втрати твердого стоку ґрунту вираховуємо втрати гумусу на площі 1 га. Подібні розрахунки проводимо і щодо основних елементів живлення рослин, фіксуючи кількість втраченого азоту, рухомого фосфору та обмінного калію (табл. 8.33).

Аналізуючи отримані дані втрат енергії гумусових речовин чорнозему типового повнопрофільного внаслідок змиву, бачимо, що найвищі втрати енергії відбувались за дощування фону оранки з внесенням гною у дозі 40 т/га, вони становили 5974 МДж/га. Найменші енергетичні втрати зафіксовано за плоскорізного обробітку на глибину 10–12 см при застосуванні соломи в дозі 4 т/га – 186 МДж/га. Відповідно, втрата гумусу внаслідок змиву при проведенні цих агрозаходів складала 287 кг/га за оранки по фону гною і 8,98 кг/га при зароблені соломи за мілкого плоскорізного обробітку.

Відомо, що разом з втратою верхнього родючого шару ґрунту через його змив відбувається і виніс макроелементів. Втрата елементів живлення створює не лише економічну проблему, але й екологічну, оскільки при цьому зазнає змін територія підніжжя схилу. На неудобрюваній площі найбільші втрати амонійного азоту

спостерігалися за мілкого плоскорізного обробітку 4,07 мг/м^2, а рухомих сполук фосфору (P_2O_5) та обмінного калію (K_2O) на оранці – 87,3 і 76,4 мг/м^2 відповідно (додаток Й). Найменший винос елементів живлення спостерігався за умов внесення соломи. Так, відповідно до змиву ґрунту втрати амонійного азоту в залежності від обробітку становили 0,37–0,73, P_2O_5 – 11,4–17,1 мг/м^2, K_2O – 13,2–19,7 мг/м^2.

Таблиця 8.34. **Втрати поживних елементів та ґрунтової енергії у результаті змиву при дощуванні різних агротехнічних фонів, 2005–2006 рр.**

Обробіток і удобрення	Середній уміст гумусу, %	Енергоємність ґрунту залежно від умісту гумусу, КДж/ кг	Змив ґрунту, т/га	Втрата гумусу, кг/га	Втрата енергії в гумусових сполуках, МДж / га
Чорнозем типовий еродований (без добрив, контроль)					
Оранка, 20–22 см	1,66	251,4	9,88	164	2478
Плоскорізний, 20–22 см	1,66	251,4	0,78	12,9	196
Плоскорізний, 10–12 см	1,63	247,2	5,21	84,9	1285
Чорнозем типовий повнопрофільний (без добрив, контроль)					
Оранка, 20–22 см	3,57	752,4	3,21	115	2420
Плоскорізний, 20–22 см	3,57	752,4	1,99	71,0	1500
Плоскорізний, 10–12 см	3,57	752,4	2,75	98,2	2066
Гній, 40 т/га					
Оранка, 20–22 см	3,68	765	7,81	287	5974
Плоскорізний, 20–22 см	3,77	781,7	1,69	63,7	1321
Плоскорізний, 10–12 см	3,77	781,7	відсутній	»- »	»- »
Солома, 4 т/га					
Оранка, 20–22 см	3,64	760,7	0,30	10,9	228
Плоскорізний, 20–22 см	3,74	752,4	0,58	21,7	450
Плоскорізний, 10–12 см	3,74	775,2	0,24	8,98	186

На чорноземі типовому еродованому найбільші втрати енергії зафіксовано на фоні оранки, вони складали 2478 МДж/га. За плоскорізного обробітку на глибину 20-22 см ці втрати були в 12,7 рази меншими і становили 196 МДж/га. При цьому значно меншими були і втрати поживних елементів.

Аналізуючи отримані результати ймовірних втрат енергії чорнозему типового, акумульованої в органічних сполуках, вважаємо, що найкращим протиерозійним заходом є зароблювання соломи в дозі 4 т/га під оранку та плоскорізний обробіток на глибину 25–27 см. Використання на полях гною у дозі 40 т/га за плоскорізного обробітку на глибину 10–12 см мало теж значний протиерозійний ефект. Саме на цих агрофонах було виявлено найменші як екологічні, так і енергетичні втрати.

Таким чином, для сталого та належного впорядкування ерозійностійкого агроландшафту необхідною умовою є мульчування та удобрення чорнозему типового, насамперед органічними добривами. Це дасть змогу не лише стабілізувати рівень його родючості, але й істотно сприятиме закріпленню як самого дрібнозему ґрунту, так і енергії, зосередженої у ньому.

8.5.2. Оцінка агротехнічних заходів за врожайністю сільськогосподарських культур та їх економічна ефективність

Необхідні параметри, які певною мірою характеризують протиерозійну стійкість чорнозему типового та його потенційну здатність до змиву, були отримані в результаті польових і лабораторних досліджень. Однак ефективність використання будь-якого агрозаходу в сільськогосподарській практиці завжди спрямована на отримання прибутку від його застосування порівняно з контролем. Таким критерієм оцінки досліджуваних технологій обробітку та удобрення, як було вже зазначено є рівень урожайності культур сівозміни.

Трирічні дослідження протиерозійної стійкості чорнозему типового повнопрофільного проводились кожного року на одному і тому самому полі стаціонару. При цьому змінювались лише сільськогосподарські культури, які чергувалися за наступною схемою: кукурудза на зерно (2004 р.) – кукурудза на силос (2005 р.) –пшениця озима (2006 р).

Кукурудза на зерно є провідною зерновою та кормовою культурою. Вирощування її є особливо актуальним за наявності потужної тваринницької бази в господарстві. Облік рівня врожайності початків кукурудзи гібриду „Одеський-10” проводили поділянково у

фазу повної стиглості культури в середині жовтня. Результати обліку врожаю кукурудзи по варіантах обробітку та удобрення показали, що найвищий рівень урожайності був за плоскорізних обробітків при внесенні 40 т/га гною + $N_{110}P_{90}K_{90}$ і становив 7,57 і 7,76 т/га (табл. 8.35).

Таблиця 8.35. **Продуктивність ланки сівозміни в залежності від технологій обробітку та удобрення, т/га кормових одиниць основної продукції, 2004–2006 рр.**

Обробіток і удобрення ґрунту (на 1 га сівозмінної площі)	Урожайність, т/га			Середнє, т к.о./га
	Кукурудза на зерно	Кукурудза на силос	Озима пшениця	
	2004	2005	2006	
Без добрив (контроль)				
Оранка, 20–27 см	4,56	48,1	3,66	6,79
Плоскорізний, 20–27 см	4,77	49,2	3,31	6,81
Плоскорізний, 10–12 см	4,37	51,2	3,42	6,81
Гній, 12 т/га + 140 кг/га NPK				
Оранка, 20–27 см	7,18	59,4	4,72	9,16
Плоскорізний, 20–27 см	7,57	60,3	4,57	9,65
Плоскорізний, 10–12 см	7,76	62,0	4,48	9,48
Солома, 1,2 т/га + сидерати + 140 кг/га NPK				
Оранка, 20–27 см	7,00	58,3	3,54	8,51
Плоскорізний, 20–27 см	7,47	61,1	4,14	9,15
Плоскорізний, 10–12 см	7,55	61,8	3,75	9,07
$НІР_{05}$, обр.(А), т/га	*0,8*	*1,1*	*0,2*	
$НІР_{05}$, удоб.(В), т/га	*0,8*	*1,1*	*0,2*	
$НІР_{05}$, (АВ), т/га	*1,4*	*1,8*	*0,4*	

Це вказує на значну позитивну дію добрив, які забезпечують 59–78% приросту врожаю порівняно з контролем. Що стосується системи обробітку, то її дія була менш вираженою і складала 5,4–10,8%.

Отримані дані врожайності кукурудзи на силос свідчать, що система обробітку ґрунту мала певний уплив на кількість отриманої продукції. Особливо це спостерігається за використання технології мілкого плоскорізного обробітку, де врожайність культури була на 3–5% вищою, порівняно з оранкою, і становила 51,2–62,0 т/га (табл. 8.36).

Характеризуючи врожайність по варіантах удобрення, слід зазначити, що найвищі показники відмічені при органо-мінеральному удобренні на фоні післядії 40 т/га гною та $N_{110}P_{90}K_{90}$, вони становили за плоскорізного обробітку 60,3–62,0 т/га, за умов заміни традиційного удобрення соломою та сидератами відповідно 61,1-61,8 т/га. Приріст урожайності на цих варіантах по відношенню до контролю без добрив є достовірним і становить 20–26%. Таким чином, безполицевий обробіток ґрунту сприяє не лише покращанню водно-фізичних властивостей, а також підвищенню врожайності кукурудзи на силос.

Після аналізу рівня врожайності пшениці озимої сорту „Поліська-90” по фонах обробітку та удобрення встановлено, що насичення зерно-просапної сівозміни гноєм з мінеральними добривами позитивно вплинуло на врожайність культури, бо приріст, порівняно з неудобреним фоном, залежно від обробітку знаходився у межах 0,93–1,26 т/га (табл. 8.35).

Таблиця 8.36. **Приріст ланки сівозміни в залежності від технологій обробітку та удобрення, т/га кормових одиниць основної продукції, 2004–2006 рр.**

Обробіток і удобрення ґрунту (на 1 га сівозмінної площі)	Приріст, к.о.			
	т/га		%	
	добрива	обробіток	добрива	обробіток
Без добрив (контроль)				
Оранка, 20–27 см	–	–	–	–
Плоскорізний, 20–27 см	–	0,02	–	0,29
Плоскорізний, 10–12 см	–	0,02	–	0,29

Продовження таблиці 8.36

Гній, 12 т/га + 140 кг/га NPK				
Оранка, 20–27 см	2,37	–	34,9	–
Плоскорізний, 20–27 см	2,84	0,49	41,7	5,35
Плоскорізний, 10–12 см	2,67	0,24	39,2	3,49
Солома, 1,2 т/га + сидерати + 140 кг/га NPK				
Оранка, 20–27 см	1,72	–	25,3	–
Плоскорізний, 20–27 см	2,34	0,64	34,4	7,52
Плоскорізний, 10–12 см	2,26	0,56	33,2	6,58

Внесення соломи, сидератів та мінеральних добрив сприяло підвищенню урожайності лише за мілкого плоскорізного обробітку від 3,42 т/га на контролі до 3,75 т/га на фоні удобрення. З досліджених систем обробітку ґрунту найвищі показники врожайності відмічені за полицевої оранки – 3,54–4,72 т/га.

Таким чином, оцінюючи продуктивність ланки сівозміни кукурудза на зерно – кукурудза на силос – пшениця озима в кормових одиницях необхідно відмітити, що найефективнішим на чорноземі типовому повнопрофільному було застосування різноглибинного плоскорізного обробітку по фону застосування гною з мінеральними добривами, за якого продуктивність становила 9,65 т к.о./га

Відомо, що економічна ефективність вирощування сільськогосподарських культур значною мірою залежить від обсягів вкладення матеріальних ресурсів у певні ланки технології, основними з яких є обробіток ґрунту, застосування органічних та мінеральних добрив, унесення хімічних препаратів для захисту рослин, догляд за посівами та збирання урожаю. За вирощування просапних культур найбільшу частку в затратах займають добрива та пестициди, що суттєво впливає на собівартість рослинницької продукції (додатки М, Н, П).

Розрахунки ефективності вирощування кукурудзи на зерно (табл. 8.37) показали, що найменша собівартість була на варіанті із застосуванням плоскорізного обробітку на 10–12 см по фону 4 т/га

соломи + сидерати + $N_{110}P_{90}K_{90}$. і складала 19,7 грн./ц. На цьому варіанті одержано і найвищий умовно чистий прибуток – 1907 грн./га, хоча врожайність за цього обробітку і удобрення соломою із сидератами була дещо нижчою, ніж за внесення гною, що зв'язано з вищими затратами на його застосування.

Таблиця 8.37. **Економічна ефективність технологій вирощування кукурудзи на зерно, 2004 р.**

Удобрення	Урожайність т/га	Вартість зерна, грн.	Затрати, грн./га	Собівартість, грн./ц	Умовно чистий прибуток, з 1 га, грн.	Прибуток грн./ц
Традиційна за полицевої оранки на 25–27 см						
Без добрив (контроль)	4,56	2052	1050	23,0	1002	21,9
Гній, 40 т/га + $N_{110}P_{90}K_{90}$	7,18	3231	2031	28,3	1200	16,7
Солома, 4 т/га + сидерати + $N_{110}P_{90}K_{90}$	7,00	3150	1535	21,9	1615	23,1
Ґрунтозахисна за плоскорізного обробітку на 25–27 см						
Без добрив (контроль)	4,77	2147	1028	21,6	1119	23,4
Гній, 40 т/га + $N_{110}P_{90}K_{90}$	7,57	3407	1986	26,2	1421	18,8
Солома, 4 т/га + сидерати + $N_{110}P_{90}K_{90}$	7,47	3362	1519	20,3	1843	24,7
Ґрунтозахисна за плоскорізного обробітку на 10–12 см						
Без добрив (контроль)	4,37	1967	994	22,7	973	22,3
Гній, 40 т/га + $N_{110}P_{90}K_{90}$	7,76	3492	1961	25,3	1531	19,7
Солома, 4 т/га + сидерати + $N_{110}P_{90}K_{90}$	7,55	3398	1491	19,7	1907	25,3

Собівартість вирощування кукурудзи на силос була найменшою на варіантах без внесення добрив і складала за оранки 1,74 грн./ц, плоскорізного обробітку на 25–27 см – 1,64 грн./ц, плоскорізного обробітку на 10–12 см – 1,51 грн./ц. (табл. 8.37). Очевидно, це пов'язано не тільки з деяким підвищенням урожайності кукурудзи за плоскорізних обробітків на варіантах без добрив, але й помітним зменшенням на 21–36 грн./га затрат за основного обробітку ґрунту (додаток Н). Внесення ж мінеральних добрив по фону післядії гною і соломи та сидератів було ефективним за всіх систем обробітку ґрунту, про що свідчить високий умовно чистий прибуток.

Технологічні затрати при вирощуванні озимої пшениці були помітно меншими, ніж у просапними культурами, що пов'язано з обмеженим застосуванням хімічних препаратів під час догляду за пшеницею (додаток П). Це позитивно вплинуло на зменшення собівартості вирощуваної продукції. Необхідно відмітити, що внесення мінеральних добрив по післядії соломи і сидератів було малоефективним. Умовно чистий прибуток на цьому агрохімічному варіанті становив: за оранки на глибину 20–22 см 818 грн./га, плоскорізного обробітку на глибину оранки – 1152 грн./га, мілкого плоскорізного обробітку – 986 грн/га (табл. 8.38). Найвищий прибуток одержали при застосуванні оранки під пшеницю озиму по фону післядії гною та мінеральних добрив.

Таблиця 8.38. **Економічна ефективність технологій вирощування кукурудзи на силос, 2005 р.**

Удобрення	Урожайність, т/га	Вартість силосу, грн.	Затрати, грн./га	Собівартість, грн./ц	Умовно чистий прибуток, з 1 га, грн.	Прибуток грн./ц
Традиційна за полицевої оранки на 25–27 см						
Без добрив (контроль)	48,1	6253	837	1,74	5416	11,3
Післядія гною, 40 т/га + $N_{110}P_{90}K_{90}$	59,4	7722	1199	2,02	6523	10,9
Післядія соломи, 4 т/га + сидерати + $N_{110}P_{90}K_{90}$	58,3	7579	1181	2,02	6398	10,9

Продовження таблиці 8.38

Ґрунтозахисна за плоскорізного обробітку на 25–27 см						
Без добрив (контроль)	49,2	6396	806	1,64	5590	11,4
Післядія гною, 40 т/га + $N_{110}P_{90}K_{90}$	60,3	7839	1171	1,94	6668	11,1
Післядія соломи, 4 т/га + сидерати + $N_{110}P_{90}K_{90}$	61,1	7943	1143	1,87	6800	11,1
Ґрунтозахисна за плоскорізного обробітку на 10–12 см						
Без добрив (контроль)	51,2	6656	771	1,51	5885	11,5
Післядія гною, 40 т/га + $N_{110}P_{90}K_{90}$	62,0	8060	1137	1,83	6923	11,2
Післядія соломи, 4 т/га + сидерати + $N_{110}P_{90}K_{90}$	61,8	8034	1126	1,82	6908	11,2

Таблиця 8.39. Економічна ефективність технологій вирощування пшениці озимої, 2006 р.

Удобрення	Урожайність, т/га	Вартість зерна, грн.	Затрати, грн./га	Собівартість, грн./ц	Умовно чистий прибуток, з 1 га, грн	Прибуток грн./ц
Традиційна за полицевої оранки на 20–22 см						
Без добрив (контроль)	3,66	1647	361	9,81	1287	35,17
Післядія гною, 40 т/га + $N_{60}P_{40}K_{40}$	4,72	2124	726	15,4	1398	29,62
Післядія соломи, 4 т/га + сидерати + $N_{60}P_{40}K_{40}$	3,54	1593	775	21,9	818	23,11

Продовження таблиці 8.39

Ґрунтозахисна за плоскорізного обробітку на 20–22 см						
Без добрив (контроль)	3,31	1490	313	9,47	1177	35,6
Післядія гною, 40 т/га + $N_{60}P_{40}K_{40}$	4,57	2057	667	14,6	1390	30,4
Післядія соломи, 4 т/га + сидерати + $N_{60}P_{40}K_{40}$	4,14	1863	711	17,2	1152	27,8
Ґрунтозахисна за плоскорізного обробітку на 10–12 см						
Без добрив (контроль)	3,42	1539	303	8,86	1236	36,1
Післядія гною, 40 т/га + $N_{60}P_{40}K_{40}$	4,48	2016	657	14,7	1359	30,3
Післядія соломи, 4 т/га + сидерати + $N_{60}P_{40}K_{40}$	3,75	1687	701	18,7	986	26,3

У цілому насичення ланки зерно-просапної сівозміни органо-мінеральними добривами позитивно вплинуло не тільки на врожайність вирощуваних культур, а й суттєво підвищило економічні показники.

ВИСНОВКИ

Представлено результати досліджень упливу агротехнічних заходів на протиерозійну стійкість чорноземів Правобережного Лісостепу. Теоретично обґрунтовано і визначено напрями управління їх протиерозійною стійкістю, способи вдосконалення окремих елементів агротехнологій з метою зменшення ерозії та отримання сталих урожаїв сільськогосподарських культур.

1. Встановлено, що потенційна здатність до оструктурення чорнозему еродованого підвищувалась при систематичному застосуванні мілкого плоскорізного обробітку за якого гранулометричний показник структурності становив 22,9–24,6 порівняно з 20,7–21,0 за оранки. Протиерозійна стійкість цього ґрунту за шкалою А.Д.Вороніна знаходилася в інтервалі від низької (< 2,5) до середньої (2,5–10). Показники протиерозійної стійкості чорнозему типового помітно підвищувались за органо-мінеральної системи удобрення. Для верхнього шару вони становили: за оранки – 7,67, плоскорізного обробітку на глибину 20–27 см – 8,71, плоскорізного обробітку на глибину 10–12 см –10,7.

2. За органо-мінеральної системи удобрення відмічено тенденцію збільшення умісту водостійких агрегатів за всіх технологій обробітку. Інтегральний показник водостійкості (середньозважений діаметр агрегатів) знаходився на контролі (без добрив) у межах 0,56–1,47 мм, за внесення гною (12 т/га) – 0,78–1,81 мм, соломи (1,2 т/га) і сидератів – 0,62–1,16 мм. Вирощування люцерни на чорноземі еродованому істотно вплинуло на зростання водостійкості агрегатів на фоні плоскорізного обробітку, де середньозважений діаметр становив 1,72 ± 0,14 мм, а за оранки – 1,25 ± 0,07 мм.

3. Щільність складення верхнього 0–10-см шару чорнозему еродованого знаходилась в оптимальних межах як за оранки, так і за плоскорізного обробітку. Шар ґрунту 10–20 см був помітно ущільнений в усіх варіантах обробітку, що спричинило його низьку фільтраційну здатність. Рівноважна щільність чорнозему типового в зерно-просапній сівозміні в меншій мірі залежала від систем обробітку та удобрення і в цілому була оптимальною упродовж періоду досліджень.

4. Водопроникність чорнозему еродованого в посівах ріпаку озимого була низькою. За такої інфільтрації води ґрунтом цілком імовірний прояв водної ерозії. Дворічне вирощування у сівозміні багаторічних трав сприяло підвищенню вбирання води ґрунтом, особливо за глибокого плоскорізного обробітку. Водопроникність чорнозему типового була помітно вищою. При застосуванні органо-мінеральної системи удобрення під кукурудзу інфільтрація на більшості агрофонів відповідала середньому рівню окультурення ґрунту і становила 45,4–69,4 мм/год.

5. Кореневі системи рослин скріплюють ґрунт, збільшуючи тим самим опір розмиву. Корененасиченість кукурудзи в 0–10-см шарі ґрунту (контроль, без добрив) становила 0,43–0,66%, за післядії 40 т/га гною і $N_{110}P_{90}K_{90}$ – 0,66–1,09%, за післядії соломи, сидератів і $N_{110}P_{90}K_{90}$ – 0,91–1,13%. Подібна закономірність спостерігалась і при дослідженні кореневої системи пшениці озимої. Найбільша кількість післяжнивних решток на поверхні ґрунту відмічена за використання мілкого плоскорізного обробітку.

6. При дослідженні чисельності дощових черв'яків у верхньому (0–10 см) шарі чорнозему еродованого у весняно-літній період виявлено за оранки 28–34 особин/м^2, за мілкого плоскорізного обробітку – 40–52 особин/м^2, а кількість їх вертикальних ходів 20–24 та 32–37 шт./м^2 відповідно, що впливає на зменшення стоку води за незначного рослинного покриву або його відсутності.

7. Найвища протиерозійна ефективність агрозаходів за результатами дощування чорнозему типового виявлена за плоскорізного обробітку на глибину 25–27 см, коли поверхневий стік становив 63,8 м^3/га, а змив ґрунту – 1,99 т/га. Істотне зменшення втрат ґрунту відмічено також за його удобрення гноєм і соломою. Проективне покриття верхнього шару чорноземного ґрунту органічними добривами за плоскорізного розпушування мінімізувало прояви водної ерозії.

8. Виявлено тісний зв'язок між результатами фізичного моделювання ерозійних процесів у польових умовах та основними ґрунтовими параметрами, що впливають на протиерозійну стійкість ґрунту, який описується регресійними залежностями. При цьому коефіцієнт кореляції поверхневого стоку між отриманими

експериментальними даними і розрахунковими становив r = 0,897 ± 0,142, а змиву ґрунту – r = 0,938 ± 0,100.

9. Найменші втрати ґрунту від ерозійних процесів і, відповідно, акумульованої в ньому енергії та поживних макроелементів спостерігались за плоскорізного обробітку на глибину 20–27 см по фону внесення гною з мінеральними добривами. У цьому варіанті також була відмічена найвища продуктивність ланки сівозміни, що становила 9,65 т к.о./га. Застосування в зерно-просапній сівозміни органо-мінеральних добрив позитивно вплинуло не тільки на врожайність вирощуваних культур, а й сприяло підвищенню економічних показників.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для підвищення протиерозійної стійкості чорноземів типових в умовах північної частини Правобережного Лісостепу України в зерно-просапній сівозміні необхідно застосовувати різноглибинний плоскорізний обробіток із залишанням всієї маси соломи на поверхні ґрунту. Використання такого обробітку сприяє зменшенню змиву ґрунту в 2,8–2,9 рази порівняно з оранкою та приросту продуктивності ланки сівозміни кукурудза на зерно – кукурудза на силос – пшениця озима на 0,56–0,64 т/га кормових одиниць.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аврор О.Е. Использование соломы в сельском хозяйстве / О.Е. Аврор, З.М. Мороз - Л.: Колос, 1979. – 200 с.
2. Агроэкологическая оценка условий роста сельскохозяйственных культур / Под ред. Медведева В.В. – К.: Урожай. – 1998. – 185 с.
3. Адиньев Э.Д. Предотвращение эрозии пахотных земель и горных кормовых угодий / Э.Д. Адиньев // Земледелие. – 2004. – №1. – С. 4–5.
4. Актуальные вопросы эрозиоведения / Под ред. А.Н.Каштанова, М.Н. Заславского. – М.: Колос, 1984. – 224 с.
5. Алепкеров К.А. Противоэрозионная стойкость почв Азербайджанской ССР / Изд-во АзССР. - Сер. биол. и с.-х. наук. – 1959. – №2. С. 55–62.
6. Андриенко В.А. Влияние гетеротрофных организмов на формирование плодородия чернозема типичного мощного под культурами зерносвекловичного севооборота: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. с.-х. наук: спец. 06.01.03. «Агрофизика» / В.А. Андриенко. – К.: УСХА, 1987. – 25 с.
7. Андреюк К.І. Формування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження / Андреюк К.І., Іутинська Г.О., Антипчук А.Ф. – К.: Обереги, 2001. – 239 с.
8. Антипов-Каратаев И.Н. О почвенном агрегате и методах его исследования / Антипов-Каратаев И.Н., Келлерман В.В., Хан Д.В. – М.: АН СССР, 1948. – 82 с.
9. Ахметов Ш.И. Опыт минимализации обработки почвы в Мордовии / Ахметов Ш.И., Костров К.А., Балабаева Р.М., Смолин Н.В. // Земледелие. – 1990. – №2. - С. 63–65.
10. Бабьева И.П. Биология почв / И.П. Бабьева, Г.М. Зенова // Под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: Изд-во Моск. ун-та. – 1989. – 335 с.
11. Баканина Ф.М. К вопросу биологической активности эродируемых почв / Ф.М. Баканина // Труды Горьковского СХИ, 1965. - Т.16. - С. 24-25.
12. Банников А.Г. Охрана природы / А.Г. Банников, А.К. Рустамов, А.А. Бакулин. – М.: Агропромиздат. – 1985. – 287.

13. Барабанов А.Т. Прогноз стока талых вод / А.Т. Барабанов, М.М. Ломакин // Вест. с.-х. наук. 1989. – №9. – С.133–135.

14. Бараков П.Ф. Опыт изучения естественнонаучных основ полеводства / П.Ф. Бараков. – Спб. – Ч.1. – 1898. – 112 с.

15. Барановський В.А. Агроекологічна оцінка ґрунтів, масштаб 1:3 000 000 / В.А. Барановський, П.Г.. Тищенко – К.: 2002. – 35 с.

16. Барзилович Е.А. К вопросу исследования противоэрозионной стойкости почв / Е.А. Барзилович, М.П. Волокитин // Почвозащитные технологии полива и повышение надежности противопаводковой защиты. – Пущино. – 1990. – С. 28–31.

17. Бастраков Г.В. Опыт определения противоэрозионной устойчивости земель / Г.В. Бастраков // Геоморфология. – 1975. – №1. – С. 48–52.

18. Бастраков Г.В. Эрозионная прочность почвенного покрова и оценка противоэрозионной устойчивости территории / Г.В. Бастраков // Современные аспекты изучения эрозионных процессов. – Новосибирск.: 1980. - С. 33-39.

19. Безбородов Г.А. Влияние дождевых червей на водопроницаемость почвы / Г.А. Безбородов, Р.А. Халбаева // Почвоведение. – 1983. – №1. – С. 64–67.

20. Бергман В. Анализ почв и применение удобрений как меры сохранения и повышения почв плодородия / В. Бергман: Пер. с нем. А.Н. Кулюкина. – М.: Колос, 1969. – 104 с.

21. Бережняк М.Ф. Зміна агрофізичних властивостей ґрунтів під впливом ґрунтозахисних технологій вирощування культур / Бережняк М.Ф., Гнатенко О.Ф., Пляха М.Г., Горбаченко В.М. // Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві. – К.: Оранта, 1998. – С. 102–122.

22. Бефани А.Н. Основы теории ливневого стока / А.Н. Бефани // Труды ОГИ. – Ч. I-II. – вып. XIV. – Л.: Гидрометеоиздат, 1958. – С. 416–483.

23. Богданов Х.П. Влияние эродированости почв на сток и смыв / Х.П. Богданов // Вопросы эрозии и повышения продуктивности склоновых земель. – Кишинев.: Картя Молдовеняске. – 1969. – Т.6. – С. 68–75.

24. Болдырев А.П. Водопроницаемость некоторых черноземов Молдавии / А.П. Болдырев, И.Р. Ильин // Почвоведение. – 1975. – №2. – С. 82–91.

25. Болокан Н.И. Воздействие сельскохозяйственных культур и агротехнических приемов на водопроницаемость почвы / Н.И. Болокан. – Кишинев: Штиинца, 1986. – 146 с.

26. Бондар О.І. Моніторинг деградаційних ґрунтових процесів Зах. Полісся / О.І. Бондар, О.Е. Цвірук // Вісн. аграр. науки. – 1999, – №12 – С. 56–58.

27. Будаговский А.И. Впитывание воды в почву / А.И. Будаговский. – М.: Изд-во АН СССР. - 1955. – 136 с.

28. Бука А.Я. Комплекс агротехнических приемов для склонов / А.Я. Бука, А.П. Коваленко // Земледелие. – 1980. – №12. – С. 34–36.

29. Булаткин Г.А. Эколого-энергетические аспекты продуктивности агроценозов / Г.А. Булаткин. – Пущино: АН СССР. – 1986. – 208 с.

30. Булыгин С.Ю. Агрофизические характеристики почв и проектирование их противоэрозионной защиты / С.Ю. Булыгин // Почвоведение. – 1990. – №5. – С.107–117.

31. Булигін С.Ю. Ґрунтово-екологічна та агроекологічна оцінка збитків від спалювання стерні / С.Ю. Булигін // Вісн. аграр. науки. –2002. – №7. – С. 62–65.

32. Булыгин С.Ю. Количественная оценка эрозионной опасности почв / С.Ю. Булыгин // Почвоведение. – 1993. – №3. – С. 74–79.

33. Булыгин С.Ю. Микроагрегированность как показатель противоэрозионной стойкости почв / С.Ю. Булыгин, Ф.Н. Лисецкий // Почвоведение. – 1991. - №12. – С. 98–103.

34. Булыгин С.Ю. Некоторые прикладные подходы к формированию противоэрозионной защиты почвенного покрова Украины / С.Ю. Булыгин, М.М. Котова // Вісн. аграр. науки. – 1996. – №1. – С. 35–40.

35. Булигін С.Ю. Оцінка географічного середовища та оптимізація землекористування / Булигін С.Ю., Думін Ю.В., Куценко М.В. – Харків: Світло зі Сходу, 2002. – 168 с.

36. Булыгин С.Ю. Почвенно-экологический подход в оценке систем земледелия / С.Ю. Булыгин// Земледелие. – 1987. – №5. – С. 14–16.

37. Булыгин С.Ю. Почвоводоохранная оптимизация агроландшафтов: Монография / С.Ю. Булыгин, В.А. Белолипский. – К.: Аграр. наука, 2012. – 352 с.

38. Булыгин С.Ю. Принципы оценки агрегатного состава почвы для целей управления и мониторинга / С.Ю. Булыгин, Ф.Н. Лисецкий // Аграрная наука. –1993. – №5. – С. 43.

39. Булыгин С.Ю. Стратегия борьбы с эрозией почв / С.Ю. Булыгин// Земледелие. – 1991. – №3. – С. 27–30.

40. Булигін С.Ю. Сучасні науково обґрунтовані підходи до використання землі / С.Ю. Булигін // Вісн. аграр. науки. – 2003. – №1. – С. 6–16.

41. Булыгин С.Ю. Формирование экологически сбалансированных ландшафтов: проблема эрозии / С.Ю. Булыгин, М.А. Неаринг. – Харьков: Изд-во Инст. почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского, 1999. – 271 с.

42. Булигін С.Ю. Формування екологічно сталих агроландшафтів / С.Ю. Булигін. – К.: Урожай, 2005. – 300 с.

43. Булыгин С.Ю. Эрозия почв в Украине: опасность, проявление, охрана / С.Ю. Булыгин, В.Н. Кривов // Современные проблемы охраны земель. – К.: СОПС Украины НАН Украины, 1997. – Ч.3. – С. 25–27.

44. Бурыкин А.М. Влажность почвы и эрозия (на примере влажных субтропиков СССР) / А.М. Бурыкин // Почвоведение. – №3. – 1960. – С. 88–95.

45. Бурыкин А.М. Темпы эрозии в естественных и техногенных ландшафтах / А.М. Бурыкин// Почвоведение. – 1986. – №4. – С. 80–89.

46. Бурыкин А.М. Темпы эрозии на различных агроландшафтах / А.М. Бурыкин // Земледелие. – 1987. – №5. – С. 35–39.

47. Бурыкин А.М. Устойчивость почв к водной эрозии и ее динамика / А.М. Бурыкин// Почвоведение. – 1987. – №12. – С. 110–119.

48. Бутенко Л.Г. Почвозащитная и агрономическая роль валов-террас на темно-серых лесных почвах в условиях Курской области: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. с.-х. наук: спец. 06.01.01. «Общее земледелие» / Л.Г. Бутенко. – Киев, УСХА. – 1984. – 24 с.

49. Вадюнина А.Р. Методы исследования физических свойств почв / З.А. Корчагина. – М.: Наука. – 1986. – 413 с.

50. Вальков В.Ф. Почвенная экология сельскохозяйственных растений / В.Ф. Вальков. - М.: Агропромиздат, 1986. – 208 с.

51. Ванин Л.Е. Валы-террасы на пашне / Ванин Л.Е., Шикула Н.К., Подгорный В.К. и др. М.: Изд. ВНИИ информации, 1976. – 54 с.

52. Вершинин П.В. Почвенная структура и условия ее формирования / П.В. Вершинин. – М.-Л.: Изд-во Акад наук СССР. – 1958. – 188 с.

53. Виленский Д.Г. Агрегация почв, ее теория и практическое приложение / Д.Г. Виленский. – М.-Л.: АН СССР. – 1945. – 110 с.

54. Вильямс В.Р. Земледелие с основами почвоведения / В.Р. Вильямс. – М.: Сельхозгиз, 1939. – 462 с.

55. Виноградов Б.В. Аэрокосмический моніторинг екосистем. – М.: Наука, 1984. – 320 с.

56. Власнин В.Н. Научные основы стратегии адаптивного растениеводства Северно-Восточной Европейской части России / В.Н. Власнин // Матер. науч-практ. конф. – Киров: 1999. – С. 223–227.

57. Вознесенский А.С. Прибор для определения смываемости почв / Вознесенский А.С. Гагошидзе М.С., Гуссак В.Б. // Вопросы противоэрозионной устойчивости почв. – Тбилиси, 1940. – С.48–53.

58. Волков П.О. / Природні механізми стабільного існування екосистеми / П.О. Волков // Спец. випуск до VI з'їзду УТГА, Харків. – 2002. – С. 29–31.

59. Волкова Н.И. Рекомендации к ландшафтному обоснованию природоохранных систем земледелия / Волкова Н.И., Жучкова В.К. Николаев В.А. – М: Колос, 1990. – 61 с.

60. Волокитин М.П. Оценка деградации некоторых агрофизических показателей почв / Волокитин М.П., Хан К.Ю., Сон Б.К., Золотарева Б.Н. // Почвоведение. – 1997. – №1. – С. 57–63.

61. Волощук М.Д. Еродовані ґрунти та екологічні аспекти їх використання / М.Д. Волощук, М.І. Гагалюк // Агрохімія і ґрунтознавство. – Спец. випуск до VI з'їзду УТГА. –Харків: Друкарня №13, 2002. – С. 32–34.

62. Волощук М.Д. Сучасний стан та перспективи розвитку землеробства / М.Д. Волощук // Етапи встановлення та засади

екологічно-чистого землеробства в Україні. – Харків: Друкарня №13, 2002. – С. 3–5.

63. Вольни Э. Физические свойства почвы / Э. Вольни: Пер. с фран. Одесса: 1896. – 22 с.

64. Ворона Л.І. Урожайність та якість ріпаку ярого залежно від способів обробітку ґрунту і доз мінеральних добрив / Л.І. Ворона, Є.М. Данкевич // Збірн. наук. пр. УкрНДІЗ УААН. - К.: 2002. – Вип. 3–4. – С. 41–45.

65. Воронин А.Д. Основы физики почв / А.Д. Воронин. – Учеб. пособие. – М.: Изд-во. МГУ. – 1986. – 244 с.

66. Воронин А.Д. Опыт оценки противоэрозионной стойкости почв / А.Д. Воронин, М.С. Кузнецов // Эрозия почв и русловые процессы. – М.: Изд-во МГУ. – 1970. – Вып. 1. – С. 99–115.

67. Гаршинев Е.А. О влиянии уклона на поверхностный сток / Е.А. Гаршинев // Водная эрозия и борьба с ней. - М.: Колос, 1980. – 367 с.

68. Гахов В.Ф. Влияние обработок и мелиоративных приемов на сток, смыв почвы и урожай сельскохозяйственных культур / В.Ф. Гахов, М.С. Медведев // Эффективность почвозащитных технологий обработки эродированных почв Украинской ССР. – К.: Сб науч. тр. / ВАСХНИЛ Юж. отд-ние. – 1987. – С. 25–32.

69. Гахов В.Ф. Противоэрозионная устойчивость черноземов степной зоны УССР / Гахов В.Ф., Медведев М.С., Христенко Н.М., Плеханова Л.И. // Тезисы докладов I делегатского съезда почвоведов и агрохимиков Украинской ССР. – Харьков: АН СССР. ВАСХНИЛ. Юж. от-ние. – 1982. – С. 68.

70. Гиляров М.С. Жизнь в почве / М.С. Гиляров, Д.А. Криволуцкий. – М.: Мол. гвардия, 1985. – 191 с.

71. Гиляров М.С. Методы почвенно-зоологических исследований / М.С. Гиляров. – М.: Наука, 1975. – 278 с.

72. Гічка М.М. Визначення грубизни ґрунтового профілю георадарним методом / М.М. Гічка, С.Р. Трускавецький, Т.Ю. Биндич // Мат. міжн. наук.-практ. конф. із 50-ти річчя з дня створення Інституту грунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського. – Харків, 2006. – С. 36–37.

73. Гічка М.М. Радіолокаційне зондування агрофізичних властивостей ґрунтів // Вісник ХНАУ. – 2005. – №1. – С. 65–69.

74. Горбачева А.Е. Влияние длительного применения безотвальной обработки на содержание органического вещества в черноземах Степной зоны УССР / А.Е. Горбачева // Почвоведение. – 1983. – №10. – С. 84–88.

75. Григорьев В.Я. Оценка влияния исходной влажности на противоэрозионную стойкость рыхлых почв в период их иссушения / В.Я. Григорьев, А.В. Бобков// Вестн. Моск. ун-та. Сер.17. – Почвоведение. – 1997. – №1. – С. 42–46.

76. Григорьев В.Я. Охрана черноземных почв от эрозии при поливе дождеванием / Григорьев В.Я., Кузнецов М.С., Хан К.Ю. // Проблемы охраны, рационального использования и рекультивации черноземов. – М.: Наука. – 1989. – С. 54–66.

77. Григорьев В.Я. Оценка противоэрозионной стойкости почвы в следах трактора / Григорьев В.Я., Пехник Л.М., Подсядловский С.К. // Почвоведение. – 1993. – №2. – С. 84–89.

78. Гудзон Н. Охрана почвы и борьба с эрозией / Н. Гудзон. – Пер. с англ. В.Н. Горинского. – М.: Колос, 1974. – 304 с.

79. Гуссак В.Б. Изучение процессов смыва и эрозии в лотке / В.Б. Гуссак. – Почвоведение. – 1945. – № 1. – С. 29–39.

80. Гуссак В.Б. Эродируемость почв, пути ее исследования и некоторые связанные с ней проблемы: автореф. дис. на соискание науч. степени д-ра. с.-х. наук: спец. 06.01.03 «Агрофизика» / В.Б. Гуссак. – Ташкент, 1959. – 40 с.

81. Демидов В.В. Повышение водопроницаемости и противоэрозионной стойкости почв при дождевании / В.В. Демидов, Н.И. Игошин// Почвозащитные технологии полива и повышение надежности противопаводковой защиты. –Пущино: 1990. – С. 45–49.

82. Демихов В.Т Эрозионные свойства почв пахотных земель некоторых территорий Европейской части России: автореф. дис. на соискание науч. степени канд с.-х. наук: спец. 06.01.03 «Агрофизика»/ В.Т. Демихов. – Брянск, Брян. гос. с.-х. акад. – 2001. – 23 с.

83. Джамаль В.А. Контурное земледелие на склонах / Джамаль В.А., Шелякин М.М., Медведев Н.В. // Вест. с.-х. науки. – 1984. – №3. – С. 38–42.

84. Джос А.М. Еколого-ландшафтне обґрунтування оптимізації складу сільськогосподарських угідь під час передачі у приватну

власність / А.М. Джос // Агрохімія і ґрунтознавство. – Спец. випуск до VI з'їзду УТГА. – Харків: Друкарня №13, 2002. – С. 55–57.

85. Дзюбинский Н.Ф. Охрана и использование земель в Украине / Н.Ф. Дзюбинский // Охрана почв и оптимизация агроландшафтов. Сб. науч. трудов. – Луганск.: 1998. – С. 5–8.

86. Добровольский Г.В. Экологические функции почв / Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин – М.: Изд-во Моск. ун-та. – 1986. – 135 с.

87. Довідник з агрохімічного та агроекологічного стану ґрунтів України / Б.С. Носко, Б.С. Прістер, М.В. Лобода та ін. – К.: Урожай, 1994. – 336 с.

88. Долгилевич М.И. Механизм отрыва эрозионной частицы от поверхности почвы / М.И. Долгилевич, Ю.И. Васильев // Бюл. Всесоюзн. НИИ агролесомелиорации. – 1973. – Вып. 12 (66). С. 12–15.

89. Долгилевич М.И. Научные основы прогнозирования и система предупреждения эрозионных процессов / Долгилевич М.И., Швебс Г.И., Зыков И.Г. – М.: Колос, 1992. – 147 с.

90. Дусаев Х.Б. Противоэрозионная оценка приемов обработки почвы в звене зернопарового севооборота на склоновых землях степной зоны Южного Урала: автореф. дис. на соискание научной степени канд. с.-х. наук: спец. 06.01.03 «Агрофизика»/ Х.Б. Дусаев. – Алма-Ата, 1987. – 24 с.

91. Єргіна О.І. Критерії визначення стійкості ерозійно-небезпечних ландшафтів // Вісник Львівського ун-ту. – Серія географічна. – Вип. 31. – 2004. – С. 271–276.

92. Жилко В.В. Эродированные почвы Белоруссии и их использование / В.В. Жилко. – Минск: Урожай, 1976. – 167 с.

93. Заславский М.Н. Эрозиоведение / М.Н. Заславский. – М.: Высшая школа, 1983. – 320 с.

94. Заславский М.Н. Эрозиоведение: основы противоэрозионного земледелия / М.Н. Заславский. – М.: Высшая школа, 1987. – 376 с.

95. Заславский М.Н. Эрозия почв и земледелие на склонах / М.Н. Заславский. – Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1966. – 494 с.

96. Заславский М.Н. Эрозия почв / М.Н. Заславский. – М.: Мысль, 1979. – 244 с.

97. Заславський М.Н. Учет почвозащитной способности культур / Заславський М.Н., Жарнова Ю.Г., Ларионов Г.А. // Земледелие. – 1987. – №2. – С. 50–51.

98. Захаров П.С. Эрозия почв и меры борьбы с ней / П.С. Захаров. – М.: Колос, 1978. – 176 с.

99. Защита пахотных почв от эрозии в Молдавии / И.С. Константинов. – Кишинев: Штиинца, 1976. – 83 с.

100. Защита почв от эрозии / Я.И. Потапенко, Н.Р. Толоков, В.И. Манченко, Б.А. Музыченко. – М.: Колос, 1975. – 128 с.

101. Зубов О.Р. Використання й розміщення ґрунтозахисних заходів постійної дії в агроландшафті / Зубов О.Р.// Вісн. аграр. науки. – 2000. – №11. – С. 60–62.

102. Зыков И.Г. Лесные насаждения в комплексе противоэрозионных мероприятий / И.Г. Зыков // Защитное лесоразвидение в СССР. – М.: Агропромиздат, 1986. – С. 31–40.

103. Иванов В.Д. Влияние крутизны и длины склонов на смыв почвы / В.Д. Иванов // Почвоведение. – 1983. – №5. – С. 115–124.

104. Иванов В.Д. Эрозионная опасность как сопряженная функция интенсивности дождя и водопроницаемости почв / Иванов В.Д., Кузнецова Е.В., Попов В.Г. // Почвоведение. – 1990. – №8. – С. 106–117.

105. Иовса А.Б. Агрофизические свойства чернозема типичного сильносмытого при применении почвозащитных технологий возделывания сельскохозяйственных культур: автореф. дис.на соискание науч. степени канд. с.-х. наук: спец. 06.01.03 «Агрофизика»/ А.Б. Иовса. –Киев, УСХА. – 1983. – 24 с.

106. Ібатуллін І.І. Практикум з годівлі сільськогосподарських тварин / Ібатуллін І.І., Панасенко Ю.О., Кононенко В.К.. – К.: 2000. – 371 с.

107. Казаков В.А. Экспериментальное изучение смыва на красноземах Аджарии / В.А. Казаков // Вопросы противоэрозионной устойчивости почв. – Тбилиси: 1940. – С. 34–47.

108. Калинин А.Б. Система обработки почвы в энергосберегающих технологиях / А.Б. Калинин, Ю.Н. Сидычанов // Аграрная наука. – 2004. – №1. – С. 17–18.

109. Калиниченко Н.П. Противоэрозионная лесомелиорация / Н.П. Калиниченко, И.Г. Зыков– М.: Агропромиздат, 1986. – 279 с.

110. Канаш О.П. Сучасні проблеми землекористування: екологічна орнопридатність земель / О.П. Канаш // Науковий вісник НАУ. – 2005. – №81. – С. 154–157.

111. Канівець В.А. Життя ґрунту / В.А. Канівець. – К.: Аграрна наука. – 2001. – 131 с.

112. Карпачевский Л.О. Зеркало ландшафта / Л.О. Карпачевский. - М.: Мысль, 1983. – 156 с.

113. Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения / Н.А. Качинский. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 192 с.

114. Качинський Н.А. Физика почв / Н.А. Качинський. – М.: Высшая школа, 1965. – Ч.1 – 323 с.

115. Каштанов А.Н. Эрозия почв России и сопридельных стран / А.Н. Каштанов. – М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2001. – 58 с.

116. Каштанов А.Н. Почвоохранное земледелие / А.Н. Каштанов, М.Н. Заславский. – М.: Колос, 1984. – 462 с.

117. Келлерман В.В. Физико-химические свойства водоустойчивых агрегатов в различных типах почв СССР / В.В. Келлерман // Вопросы физико-химии почв и методы исследования. – М.: АН СССР, 1959. – 192 с.

118. Киркби М. Эрозия почв / М. Киркби, Р. Морган: Пер. с англ. – М.: Колос, 1984. – 416 с.

119. Климентьев А.И. Эколого-гидрологический анализ эрозионной устойчивости агроландшафтов / А.И. Климентьев, В.Е. Тихонов // Почвоведение. – 2001. – №6. С. 756–766.

120. Ковальчук І.П. Геопросторове моделювання потенціалу розвитку деградаційних процесів на орних землях / І.П. Ковальчук, Т.О. Євсюков, О.С. Мкртчян, Н.І. Лобанська // Землеустрій і кадастр: Наук.-вироб. журнал. - К.: Урожай, 2009. – Вип. 4 – С. 72–82.

121. Ковальчук И.П. Эрозионные процессы на Волыно-Подольской возвышености / И.П. Ковальчук // Эрозия почв и русловые процессы. – М.: МГУ. – 1983. – Вып. 9. – С. 42–54.

122. Ковда В.А. Биогеохимия почвенного покрова / В.А. Ковда. – М.: Наука, 1986. – 317 с.

123. Ковда В.А. Проблемы защиты почвенного покрова и биосферы планеты / В.А. Ковда. – Пущино: ОНТИ НЦБИ ПН СССР, 1989. – 156 с.

124. Козменко А.С. Борьба с эрозией почв / А.С. Козменко. – М.: Колос, 1964. – 148 с.

125. Колесниченко М.В Лесомелиорация с основами лесоводства / М.В. Колесниченко. –М., Агропромиздат. –1981. – 335 с.

126. Колмаков П.П. Излишнюю обработку заменить гербицидами / П.П. Колмаков, А.М. Нестеренко // Земледелие. – 1991. – №5. – С. 29–31.

127. Комаров М.И. Обоснование приемов основной обработки почвы на склонах в целях защиты ее от водной эрозии в Центральной черноземной зоне: автореф. дис. на соискание науч. степени докт. с.-х. наук: спец. 06.01.03 «Агрофизика» / М.И. Комаров. – Воронеж, 1972. – 54 с.

128. Комаров М.И. Сохранение плодородия почв на склоновых землях в центрально-черноземной зоне / М.И. Комаров. - Воронеж.: Центр. черн. кн. изд, 1984. – 79 с.

129. Комплексне окультурення ґрунтів / Під ред. О.О. Созінова. – К.: 1998. – 60 с.

130. Кононова М.М. Органическое вещество почвы, его природа, свойства и методы изучения / М.М. Кононова. – М.: АН СССР. – 1963. – 314 с.

131. Константинов И.С. Защита пахотных почв от эрозии в Молдавии / И.С. Константинов. – Кишинев: Штиинца, 1976, – 83 с.

132. Концепція охорони ґрунтів від ерозії в Україні. – Х.: ННЦ «Інститут ґрунтознавства і агрохімії», 2008. – 53 с.

133. Кореньков А.Д. О применении удобрений на эродированных почвах / А.Д. Кореньков // Защита почв от эрозии. – М.: Колос. – 1971. – С. 217–220.

134. Корчевой И.А. Эффективность почвозащитных технологий возделывания озимой пшеницы на черноземе типичном северной Лесостепи Украинской ССР: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. с.-х. наук: спец. 06.01.01 «Агрофизика»/ И.А. Корчевой. – Киев, УСХА. – 1986. – 24 с.

135. Костяков А.Н. Основы мелиорации / А.Н. Костяков. – М.: Сельхозгиз. – 1960. – 751 с.

136. Котляров О.Г. Динамика численности и активности микроорганизмов при различных способах обработки почвы и внесение минеральных удобрений на склоновых землях / Котляров О.Г., Винокурова Е.В., Гриднев А.Б. // Почвозащитная обработка и рациональное применение удобрений. – Каменная Степь. – 1989. – С. 36–41.

137. Котляров О.Г. Почвозащитная система земледелия в ЦЧЗ / О.Г. Котляров // Состояние черноземов и пути повышения их плодородия. – Каменная Степь: 1989. – С. 23–30.

138. Кравцова В.И. Космические методы исследования почв. – М.: Аспект Пресс, 2005. – 190 с.

139. Краев В.Ф. Об условиях развития эрозионных процессов на Украине в четвертичном периоде / В.Ф. Краев, С.А. Осипчук // Физическая география и геоморфология. – 1989. – Вып. 36. – С. 94–98.

140. Криволуцкий Д.А. Животный мир почвы / Д.А. Криволуцкий. – М.: Знание. – 1969. – 145 с.

141. Кудрик А.П. До питання відновлення родючості еродованих чорноземів типових / А.П. Кудрик // Агрохімія і ґрунтознавство. – Спец. випуск до VI з'їзду УТГА. – Харків: Друкарня №13, 2002. – С. 88–89.

142. Кузнецов М.С. К вопросу о методике исследования эродируемости почв / М.С. Кузнецов // Эрозия почв и русловые процессы. – М.: Изд-во Моск. ун-та, Вып. 3. – 1973. – С. 126–134.

143. Кузнецов М.С. Новый метод оценки влияния влажности почвы на ее противоэрозионную стойкость / М.С. Кузнецов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. почвовед. – №1. – 1977. – С. 27–31.

144. Кузнецов М.С. О влиянии корневых систем растений и плотности сложения почвы на ее проивоэрозионную стойкость / М.С. Кузнецов// Вестн. Моск. ун-та. Сер. биол. и почвовед. – 1976. – №6. – С. 108–110.

145. Кузнецов М.С. Опыт изучения противоэрозионной стойкости пахотных горизонтов серых лесных почв Северной Лесостепи / Кузнецов М.С., Григорьев В.Я., Александрова Е.Г., Глазунов Г.П. // Научные доклады высшей школы. Сер. биол. науки. – №2. – 1975. – С. 122–125.

146. Кузнецов М.С. Противоэрозиооная стойкость почв / М.С. Кузнецов. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 135 с.

147. Кузнецов М.С. Структурное состояние почвы и ее противоэрозионная стойкость / М.С. Кузнецов // Почвоведение. – 1994. – № 11. – С. 31–33.

148. Кузнецов М.С. Эрозия и охрана почв / М.С. Кузнецов, Г.П. Глазунов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1996. – 334 с.

149. Кузнецова И.В. К оценке роли различных составных частей почвы в создании водопрочной почвенной структуры / И.В. Кузнецова // Почвоведение. – 1966. – №9. – С. 55–65.

150. Кузник И.А. Агролесомелиоративные мероприятия, весенний сток и эрозия почв / И.А. Кузник. – Л.: Гидрометеоиздат, 1962. – 220 с.

151. Лавровский А.Б. К методике определения устойчивости почв и агротехнических фонов ливневой эрозии / Лавровский А.Б., Игуменцев А.Ф., Николаенко В.И., Анисимов С.В. // Эродированные почвы и повышение их плодородия. – Новосибирск: Наука, 1985. – С. 131–135.

152. Лавровский А.Б. Способы формирования эрозионно-устойчивой поверхности почв / Лавровский А.Б., Уткин Д.И., Стрельченко В.П. // Справ. по почв. земл. – Л.: Урожай. – 1990. – С. 8–16.

153. Лактионов Н.И. Влияние окультуривания на содержание гумуса в черноземах Лесостепи / Н.И. Лактионов, Л.К. Корецкая // Сб. науч. тр. Харьк. СХИ. Т.196. – Харьков: Харьк. СХИ. – 1974. – С.11–15.

154. Лактионов Н.И. Органическая часть почвы / Н.И. Лактионов. – Харьков: Хар. СХИ. – 1988. – 36 с.

155. Лактионова Т.Н. Изменение физических свойств чернозема при внесении навоза / Т.Н. Лактионова // Почвоведение. – 1990. – №8. – С. 73–81.

156. Ларионов Г.А. Эрозия и дефляция почв / Г.А. Ларионов // Основные закономерности и количественные оценки. – М.: Из-во Моск. ун-та, 1993. – 200 с.

157. Литвиненко А.Ф. Определение параметров водопроницаемости мульчированной почвы при дождевании / А.Ф. Литвиненко // Почвоведение. – 1987. – №5. – С. 123–127.

158. Лукьянчикова З.И. Влияние длительного применения плоскорезной обработки в севообороте на почву и урожай в степи УССР / Лукьянчикова З.И., Фесенко З.И., Ильченко Т.Н., Щербаков В.И.,

Истомина Р.Ф., Зуза А.Г. // Агрохимия и почвоведение. – 1985. – №48. – С. 57–63.

159. Лысак Г.Н. Противоэрозионная устойчивость почв Сибири от эрозии и дефляции / Г.Н. Лысак. – Новосибирск: Наука, 1981. – 31 с.

160. Ляхов А.И. Удобрения на эродируемых землях / А.И. Ляхов. – М.: Россельхозиздат, 1975. – С. 5–73.

161. Львович М.И. Человек и воды / И.И. Львович. – М.: Гос. изд-во геогр. лит, 1963. – 357 с.

162. Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в ее бассейне / Н.И. Маккавеев. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 46 с.

163. Мальцев Т.С. Вопросы земледелия / Т.С. Мальцев. – М.: Колос, 1971. – 391 с.

164. Маринеску К.М. Микроорганизмы и мезофауна эродированных почв: восстановление и охрана / К.М. Маринеску // Эрозия почв. Pontos – 2001. – С. 368–379.

165. Медведєв В.В. Відновлення екологовідтворних і продуктивних функцій ґрунтів як найважливіший етап реалізації концепції сталого розвитку України / В.В. Медведєв // Вісн. аграр. науки. – 1997. – №9. – С. 16–20.

166. Медведев В.В. Влияние органических удобрений на гумусное состояние и физические свойства чернозема типичного Лесостепи УССР / Медведев В.В., Чесняк Г.Я., Лактионова Т.Н. // Повышение эффективности использования удобрений и плодородия почв в Украинской ССР. - Харьков: ВАСХНИЛ. Юж. от-ние. – 1985. – С. 118.

167. Медведев В.В. Конструирование культурного агроландшафта / В.В. Медведев, С.Ю. Булыгин // Земледелие. – 1989. – №2. – С.45–48.

168. Медведев В.В. Механизмы образования макроагрегатов черноземов / В.В. Медведев // Почвоведение. – 1994. – №11. – С. 24–30.

169. Медведев В.В. О некоторых новых приемах косвенной характеристики почвенной структуры / В.В. Медведев // Природные и трудовые ресурсы Левобережной Украины и их использование. Мат. науч. конф. Том. 8. - М.: Недра. – 1972. – С. 38–43.

170. Медведев В.В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов / В.В. Медведев. – М.: Агропромиздат, 1988. – 160 с.

171. Медведев М.С. Оценка интенсивности эрозионных процесов и повышение противоэрозионной устойчивости почв: автореф. дис. на

соискание науч. степени канд. с.-х. наук: спец. 06.01.03 «Агрофизика» / М.С. Медведев. –Харьков: Ин-т почвоведения и агрохимии им. Соколовского УААН, 1992. - 21 с.

172. Медвєдєв В.В. Про державні пріоритети і національну програму з охорони і підвищення родючості ґрунтів / Медвєдєв В.В., Рижук С.М., Кисіль В.І. // Вісн. аграр. науки. №7. – 2003. – С. 5–9.

173. Медведєв В.В. Спрощена методика обстеження та оцінка агрофізичного стану орних земель / В.В. Медведєв, Т.М. Лактіонова // Агроекологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель. – К.: Фітосоціоцентр. – 2002. – С. 59–63.

174. Медведев В.В. Теоретические аспекты и количественная оценка экологической устойчивости почв / В.В. Медведев, И.А. Хоролей // Вісн. аграр. науки. – 1999. – №10. – С. 14–20.

175. Медведев В.В. Физическая деградация черноземов, ее причины, следствие и пути устранения / В.В. Медведев // Успехи почв: Сов. почвоведы и XIII Межд. конф. почв. – Гамбург. – 1986. – М.: Наука. – 1986. – С. 23–26.

176. Мельнійчук М.М. Сучасні чинники деградації земельних ресурсів Волинської області / Мельнійчук М.М., Нетробчук І.М, Чижевська Л.Т. // Агрохімія і ґрунтознавство. – Спец. випуск до VI з'їзду УТГА. – Харків: Друкарня №13, 2002. – С. 96–98.

177. Мельник С.І. Інтеграція науки і виробництва у XXI столітті / С.І. Мельник // Зб. наук. праць ін-ту землеробства УААН. – К.: 1999. – Вип. 4. – С. 27–31.

178. Методические рекомендации по разработке и осуществлению почвозащитной системы земледелия с контурно-мелиоративной организацией территории на ландшафтной основе / М.: 1993. – 39 с.

179. Методические указания по моделированию процессов ливневой эрозии с использованием искусственного дождевания / Ванин Д.Е., Рожков А.Г., Дмитриева Г.А. и др. – М.: ВАСХНИЛ, 1980. – 71 с.

180. Мирцхулава Ц.Е. Водная эрозия почв / Ц.Е. Мирцхулава. – Тбилиси: Мецниереба, 2000. – 420 с.

181. Мирцхулава Ц.Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии / Ц.Е. Мирцхулава. – М.: Колос, 1970. – 240 с.

182. Мирцхулава Ц.Е. Размыв русел и методика оценки их устойчивости. – М.: Колос, 1967. – 179 с.

183. Мирцхулава Ц.Е. Размывающие и допускаемые (неразмывающие) скорости течения воды для связных грунтов / Ц.Е. Мирцхулава // Труды Груз. НИИГиМ. – 1960. – Вып. 21а. – С. 61–75.

184. Молчанов А.А. Гидрологическая роль леса / А.А. Молчанов. – М.: АН СССР. – 1960. – 487 с.

185. Моргун Ф.Т. Почвозащитное земледелие / Моргун Ф.Т., Шикула Н.К. Тарарико А.Г. – К.: Урожай, 1983. – 240 с.

186. Назаров Т.В. Гидрологическая роль почвы / Т.В. Назаров. – Л.: Наука, 1981. – С. 71–149.

187. Наукові та прикладні основи захисту ґрунтів від ерозії в Україні / За ред. С.А. Балюка та Л.Л. Товажнянського. – Х.: НТУ «ХПУ», 2010. – 460 с.

188. Наумовська О.І. Зміни показників фізико-хімічних та біологічних властивостей чорнозему типового Правобережного Лісостепу в умовах застосування ґрунтозахисних технологій: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.01.03 «Агрогрунтознавство і агрофізика» / О.І. Наумовська. – К.: НАУ. – 2003. – 20 с.

189. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України / За ред. С.А. Балюка, В.В. Медведєва і А.Д. Балаєва. – К.: НААНУ. – 2010. – 153 с.

190. Недвига М.В. Структура ґрунту / Недвига М.В. – Умань: УВПП, 2005. – 232 с.

191. Новаковський Л.Я. Консервація деградованих і малопродуктивних орних земель України / Новаковський Л.Я., Канаш О.П., Льонець В.О. // Вісн. аграр. науки. – 2000. – №11. – С. 54–59.

192. Нормативи ґрунтозахисних контурно-меліоративних систем землеробства / За ред. О.Г. Тараріко, М.Г. Лобаса. – К., 1998. – 158 с.

193. Нормативы затрат при почвозащитной системе земледелия / П.А. Данисенко, В.А. Джамаль, П.М. Коваленко и др. – К.: Урожай, 1984. – 336 с.

194. Методы определения противоэрозионной устойчивости почв / Л.М. Носирова, А.Ф. Путилин // Эродированные почвы и повышение их плодородия. – Новосибирск: Наука, 1985. – С. 97–101.

195. Носко Б.С. Сучасний стан і майбутнє чорноземів України / Б.С. Носко // Вісник аграрної науки. – 1996. – №5. – С. 18–23.

196. Овражная эрозия / Под ред. Р.С. Чалова. –М.: Изд-во МГУ, 1989. – 168 с.

197. Орлов А.Д. Эрозия и эрозионноопасные земли Западной Сибири / А.Д. Орлов. –Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1983. – 207 с.

198. Осипчук С.А Проблемы эрозии почв Украины / С.А. Осипчук // Аграр наука. – 2001. – №5. – С. 19–20.

199. Охорона ґрунтів: Навч. посіб. / М.К. Шикула, О.Ф. Гнатенко, Л.Р. Петренко, М.В. Капштик – К.: Знання, 2001. – 398 с.

200. Охотин В.В. Влияние поглощенных оснований на физические свойства почв и ґрунтов / В.В. Охотин О.Ф. Смирнова // Дорога и автомобиль. – 1931. – №5–6. – С. 130–133.

201. Пабат И.А. Противоэрозионная устойчивость чернозема обыкновенного под кукурузой и пути ее повышения / И.А. Пабат // Тезисы докладов I делегатского съезда почвоведов и агрохимиков Украинской ССР. – Харьков: АН СССР. ВАСХНИЛ. Юж. отд-ние. – 1982. – С. 65.

202. Пабат И.А. Противоэрозионные влагосберегающие приемы обработки почвы и ухода за чистым паром / Пабат И.А., Горобец А.Г., Ярошенко С.С. // Охрана почв и оптимизация агроландшафтов. Сб. науч. трудов. – Луганск: 1998. – С. 37–43.

203. Панников В.Д. Эрозия почв и борьба с ней / В.Д. Панников. – М.: Колос, 1980. – 367 с.

204. Парфенов М.О. Протиерозійна система обробітку грунту / М.О. Парфенов. – Одеса: Маяк, 1990. – 96 с.

205. Пат. 63224 Україна, A01B13/16. Лабораторна установка для вивчення міграції речовин в ґрунті при ерозійно-гідрологічних процесах: Пат. 63224 Україна, A01G25/00 Зубов О.М., Тарасов В.І., Михайлов В.В. (Україна); Луганський інститут агропромислового виробництва; Заявл. 06.03.2003; Опубл. 15.01.2004. Бюл. №1. – 4 с.

206. Патика В.П. Агроекологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель / В.П. Патика, О.Г. Тараріко. – К.: Фітосоціоцентр, 2002. – 296 с.

207. Перель Т.С. О некоторых особенностях разложения опада в широколиственных лесах. Pedobiologia / Т.С. Перель, Л.О. Карпачевский. – 1968. – С. 306–312.

208. Перель Т.С. Распространение и закономерности распределения дождевых червей фауны СССР / Т.С. Перель. – М.: Наука. – 1979. – 293 с.

209. Пестряков В.К. Охрана почв и повышение их плодородия / В.К. Пестряков. – Л.: Лениздат, 1977. – 95 с.

210. Петренко Л.Р. Зміна біологічних властивостей ґрунтів під впливом обробітку ґрунту без обертання скиби / Петренко Л.Р., Андрієнко В.О., Рідей Н.М. // Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві / НАУ. – К.: Оранта. – 1998. – 680 с.

211. Пилипенко О.І. Системи захисту ґрунтів від ерозії / Пилипенко О.І., Юхновський В.Ю., Ведмідь М.М. – К.: Златояр, 2004. – 435 с.

212. Подгорный В.К. Валы-террасы на пашне как составная часть контурно-мелиоративного земледелия: автореф. дис. на соискание науч. степени докт. с.-х. наук: спец. 06.01.01. «Общее земледелие» / В.К. Подгорный. – Харьков, ХСХИ, 1989. – 48 с.

213. Позняк С.П. Охорона ґрунтів України / С.П. Позняк // Спец. випуск до VI з'їзду УТГА, Харків. – 2002. – С.121–123.

214. Полупан В.И. Сравнительная оценка мелиоративного воздействия обработок и удобрений на агрофизические свойства чернозема обыкновенного среднеэродированого / В.И. Полупан, В.Н. Полупан // Тез. докл. II съезда почвоведов и агрохимиков Украинской ССР. – Харьков. – 1986. – Ч.2. – С. 171.

215. Полупан М.І. Природний механізм захисту схилових ґрунтів від водної ерозії / Полупан М.І., Балюк С.А., Соловей В.Б., Величко В.А., Волков П.О. – К.: Фенікс, 2011. – 144 с.

216. Поляков Ю.П. Прогнозирование размыва / Ю.П. Поляков. – Новочеркасск: ЮжВНИИГиМ, 1976. – 38 с.

217. Почвоведение с основами геоботаники / Л.П. Груздева, А.А. Яскин, В.В. Тимофеев и др., – М.: Агропромиздат, 1991. – 448 с.: ил.

218. Практикум по почвоведению / Под. ред. И.С. Кауричева. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1986. – 272 с.

219. Прихожай Н.И. Противоэрозионная устойчивость лесостепных и степных черноземов Оренбургского Предуралья: показатели, генезис, подтиповые отличия, динамика: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. с.-х. наук: спец. 06.01.03 «Агрофизика» / Н.И. Прихожай. – Уфа, Башкир. гос. аграр. ун-т. – 2004. – 22 с.

220. Рачинскас А.С. Оценка достоверности методов изучения смыва почв талыми и ливневыми водами / А.С. Рачинскас // Современные аспекты изучения эрозионных процесов. – Новосибирск. – 1980. –С. 132–136.

221. Родючість ґрунтів. Моніторинг та управління / За ред. В.В. Медведєва. – К.: Урожай, 1992. – 245 с.

222. Рожков А.Г. К вопросу выявления связи эродированости почв и рельефа / Рожков А.Г., Шелякин Н.М., Нестеренко А.Ф. // Современные аспекты изучения эрозионных процесов. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние. – 1980. – С. 113–119.

223. Рошкован Д.М. Динамика растительного покрова в агроландшафтах Молдавии / Д.М. Рошкован. – Кишинев: Штиинца. – 1988. – 108 с.

224. Русин Г.А. Физико-химические методы анализа в агрохимии / Г.А. Русин. – М.: Агропромиздат, 1990. – 303 с.

225. Сайко В.Ф. Наукові підходи щодо раціонального землекористування в умовах здійснення аграрної реформи / В.Ф. Сайко // Вісник аграрної науки. – 2000. – №5. – С. 5–10.

226. Сайко В.Ф. Науковий супровід систем землеробства і агротехнологій / В.Ф. Сайко, П.І. Коваленко // Вісник аграрної науки. – 2006. – №12. – С. 15–19.

227. Салишев Л.И. Минимальная обработка и воспроизводство плодородия типичного чернозема / Салишев Л.И., Бахтизин Н.Р., Рамазанов Р.Я. Фаизов Х.Ф. и др. – Уфа. – 1993. – 111 с.

228. Сальников М.И. Потери питательных веществ со смытой почвой в ЦЧЗ. Почвозащитная обработка и рациональное применение удобрений / М.И. Сальников. – Каменная Степь: 1989. – С. 27–30.

229. Светличный А.А. Количественая оценка характеристик склонового эрозионного процеса и вопросы оптимизации использования эрозионноопасных земель: автореф. дис. на соискание науч. Степени д-ра. геогр. наук: спец. 11.00.07 «Гідрологія суші, водні

ресурси, гідрохімія» / А.А. Светличный. – Одесса, Одесский гос. ун. им. Мечникова. –1995. – 39 с.

230. Світличний О.О. Основи ерозієзнавства / О.О. Світличний, С.Г. Чорний. – Підручник. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2007. – 266 с.

231. Седлецкий И.Д. Коллоидно-дисперсные минералы и водно-физические свойства связных грунтов / И.Д. Седлецкий, А.К. Ларионов. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. –Т.102, №5. – С. 1013–1016.

232. Сівозміни у землеробстві України / За ред. В.Ф. Сайка, П.І. Бойка. – К.: Аграрна наука. – 2002. – 146 с.

233. Сильвестров С.И. Эрозия и севообороты / С.И. Сильвестров. – М.: Изд-во М-ва сельск. хоз-ва, 1959. – 143 с.

234. Скородумов А.С. Эродированные почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур / А.С. Скородумов. – К.: Урожай, 1973. – 270 с.

235. Скородумов А.С. Эрозионная неустойчивость крупнопылеватых почв северной лесостепи УССР и система противоэрозионных мероприятий на них / А.С. Скородумов // Борьба с эрозией и повышение плодородия эродированных почв Украины. – К.: Изд-во Укр. акад. с.-х.наук. – 1962. – С. 221–232.

236. Скурятін Ю.М. Оптимізація фізичного стану ґрунту перелогів / Ю.М. Скурятін // Вісн. аграр. науки. – 2003. – №8. – С. 14–16.

237. Сластихин В.В. Исследования эрозии почв при помощи стандартных короткоструйных дождевальных установок / В.В. Сластихин // Труды почвенного ин-та им. Н.А. Димо Молд. филиала Ан СССР. – 1960. – Вып VI. – С. 3–14.

238. Сластихин В.В. Ливневый сток и смыв / В.В. Сластихин. – М.: Изд-во М-ва сельского хозяйства СССР. – 1958. – 10 с.

239. Слюсар І.Т. Ефективність основного обробітку чорнозему опідзоленого в короткоротаційній сівозміні західного Лісостепу / І.Т. Слюсар, Ф.С.Галиш // Збірн. наук. пр. УкрНДІЗ УААН. – К.: 2002. – Вип. 3-4. – С. 38–41.

240. Смирнова Е.М. Эрозия черноземов Украины и пути ее предотвращения / Е.М. Смирнова // Проблемы рационального использования и рекультивации черноземов. – М.: Наука, 1989. – С. 42–54.

241. Смирнова Е.М. Эрозия почв и пути решения противоэрозионной проблемы / Е.М. Смирнова, Г.А. Можейко // Чтобы не убывало плодородие земли. – К.: Урожай. – 1989. – С. 19–44.

242. Соболев С.С. Развитие эрозионных процесов на территории Европейской части СССР, борьба с ними / С.С. Соболев. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, – 1948. –Т.1. – 135 с.

243. Соболев С.С. К изучению противоэрозионной стойкости почв / Соболев С.С., Пономарев С.И. // Почвоведение. – 1945. – №9–10. – С. 495–496.

244. Созыкин Н.Ф. Водный режим лесных почв / Н.Ф. Созыкин, В.И. Рутковский– М.-Л.: Гослесдумиздат. – 1948. – 32 с.

245. Спиридонов А.И. Геоморфологическое картографирование / А.И. Спиридонов. – М.: Недра, 1975. – 184 с.

246. Справочник по почвозащитному земледелию / Под ред. И.Н. Безручко, Л.Я. Мильчевской. – К.: Урожай, 1990. – 279 с.

247. Станков Н.З. Корневая система полевых культур / Н.З. Станков. – М.: Колос, 1964. – 280 с.

248. Стифеев А.И. Экологическая роль дифференцированных севооборотов и мульчирование почвы в современном земледелии / Стифеев А.И., Герасименко Е.В., Панченко А.Г., Стифеев А.А. // Вопросы современного земледелия в Центральном Черноземье. Мат. науч-практ. конф. – Курск: 2003. – С. 6–7.

249. Стратегія збалансованого використання, відтворення і управління ґрунтовими ресурсами України / За наук. ред. С.А. Балюка, В.В. Медведєва. – К.: Аграр. наука, 2012. – 240 с.

250. Сурмач Г.П. Водная эрозия и борьба с ней / Г.П. Сурмач. – Л.: Гидрометеоиздат, 1976. – 253 с.

251. Сурмач Г.П. Водорегулирующая и противоэрозионная роль насаждений / Г.П. Сурмач. – М.: Лесная пром-сть. – 1971. – 111 с.

252. Сухановский Ю.П. Многофакторные зависимости для дождевого стока / Ю.П. Сухановский // Доклады ВАСХНИЛ. – 1981. – №1. – С. 40–42.

253. Сушкина Н.Н. Невидимая жизнь в почве / Н.Н. Сушкина. – М.Л. АН СССР, 1939. – 64 с.

254. Схема эрозионного районирования Украины. – К.: Ин-ут землеустройства УААН, – 1992. – 16 с.

255. Тарарико А.Г. Агроэкологические основы почвозащитной системы земледелия в Лесостепи УССР / А.Г. Тарарико // Тезисы докладов I делегатского съезда почвоведов и агрохимиков Украинской ССР. – Харьков: АН СССР. ВАСХНИЛ. Юж. отд-ние. – 1982. – С. 58.

256. Тараріко О.Г. Довгострокове застосування різних технологій обробітку ґрунту і мінеральних добрив та родючість чорнозему типового еродованого / Тараріко О.Г., Міронов Г.І., Корчовий І.А., Шевченко І.П., Коваленко О.Д.// Агроекологія і біотехнологія. – К.: Аграрна наука. – 1996. – С. 96–101.

257. Тараріко О.Г. Каталог заходів з оптимізації структури агроландшафтів та захисту земель від ерозії / О.Г. Тараріко, В.М. Москаленко. – К.: Фітосоціоцентр, 2002. – 64 с.

258. Тараріко О.Г. Методичні рекомендації з організації охорони та раціонального використання ґрунтів / О.Г. Тараріко, М.К. Шикула та інші, К.: НАУ. – 1998.

259. Тарарико А.Г. Мульчирование как фактор повышения противоэрозионной устойчивости почв / Тарарико А.Г., Миронов Г.И., Положай В.В., Заика В.В. // Тезисы докладов I делегатского съезда почвоведов и агрохимиков Украинской ССР. – Харьков: АН СССР. – 1982. – С. 70.

260. Тарарико А.Г., Почвозащитная контурно-мелиоративная система земледелия / А.Г. Тарарико, В.А. Вергунов. – К.: УкрИНТЭИ, УкрНИИЗ, – 1992. – 76 с.

261. Тарарико А.Г. Прогнозирование эрозии почв в Лесостепной зоне Украины / Тарарико А.Г., Фролова Е.Н., Положай В.В., Шевченко И.П. // Вестник с.-х. науки. – 1985. – №5. – 3 с.

262. Тараріко О.Г. Особливості агрохімічного обстеження еродованих земель / О.Г. Тараріко, М.В. Козлов // Агроекологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель. – К.: Фітосоціоцентр. – 2002. – С. 68–76.

263. Тараріко О.Г. Охорона ґрунтів – необхідна умова сталого розвитку агроекологічних систем / О.Г. Тараріко // Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві. – К.: Оранта, 1998. – С. 29–35.

264. Тараріко О.Г. Сучасні проблеми охорони та організації еколого-агрохімічного моніторингу України / О.Г. Тараріко,

М.І. Майстренко // Агрохімія і ґрунтознавство. – Спец. випуск до VI з'їзду УТГА. – Харків: Друкарня №13, 2002. – С. 134–136.

265. Тараріко О.Г. Формування екологічно стійких агроландшафтів в умовах змін клімату / Тараріко О.Г., Ільєнко Т.В., Кучма Т.Л. // Агроекологічний журнал. – №4. – 2013. – С. 13–20.

266. Тарарико А.Г. Эффективность почвозащитных технологий на склоновых землях при выращивании зерновых культур / Тарарико А.Г., Миронов Г.И., Заика В.В., Положай В.В. // Защита почв от эрозии. – К.: ВАСХНИЛ. Юж. от-ние. – 1981. – С. 31–37.

267. Тараріко Ю.О. Біоенергетична оцінка сільськогосподарського виробництва / Ю.О. Тараріко. – К.: Аграрна наука, 2005. – 200 с.

268. Тараріко Ю.О. Біологічне землеробство та баланс гумусу в різних сівозмінах Лісостепу України / Ю.О. Тараріко // Ґрунтозахисна біологічна система землеробства в Україні. – К.: Оранта. – 2000. – С. 285–289.

269. Тараріко Ю.О. Застосування соломи на добриво – важливий фактор підвищення енергетичної ефективності технологій вирощування польових культур / Ю.О. Тараріко // Землеробство. – 1994. – Вип. 69. – С. 64–67.

270. Тараріко Ю.О. Наукові основи формування моделей сталого розвитку агроекосистем в Лісостепу та Поліссі України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра с.-г. наук: спец. 03.00.16 «Екологія» / Ю.О. Тараріко. – Київ, Інститут агроекології та біотехнології УААН, 2003. – 36 с.

271. Томпсон Л.М. Почвы и их плодородие / Л.М. Томпсон, Ф.Р. Троу. – М.: Колос, 1982. – С. 365–423.

272. Трускавецький С.Р. Деякі аспекти картографування чорноземів з використанням матеріалів космічного зондування / С.Р. Трускавецький, А.Б. Ачасов // Наук. вісн. НАУ. – 2003. – Вип. 67. – С. 203–209.

273. Трускавецький С.Р. Напрямки удосконалення дистанційних методів картографування та моніторингу ґрунтів / С.Р. Трускавецький, М.М. Гічка, Т.Ю. Биндич // Науковий вісник НАУ. – 2005. –Вип. 81. – С. 176–180.

274. Трускавецький С.Р. Сучасний погляд на інформаційне забезпечення ґрунтового моніторингу // С.Р. Трускавецький, М.М. Гічка, Т.Ю. Биндич // Вісн. аграр. науки. – 2006. – №4. – С. 87–89.

275. Трушин В.Ф. Опыт минимализации обработки почвы на Среднем Урале / Трушин В.Ф., Мингалев С.К., Малацичев С.А. // Земледелие. – 1990. – №2. – С. 60–63.

276. Турак О.Ю. Ерозія ґрунтів на території Прикарпаття / О.Ю. Турак // Науковий вісник НАУ. – № 81. – 2005. – С. 250–252.

277. Федотов В.С. Особенности проявления ливневой эрозии на крутых склонах // Тезисы докл. VI делегатского съезда всесоюзного общества почвоведов. - Тбилиси: 1981. - С. 186-187.

278. Федотова Н.И. Роль стерни в улучшении водного режима почвы // Земледелие. - 1980. - №1. - С. 28-29.

279. Хан Д.В. Влияние перегнойных веществ, состава минералов и обменных катионов на образование водопрочных агрегатов в черноземных почвах / Д.В. Хан // Почвоведение. – 1957. – №4. – С. 63–69.

280. Хан К.Ю. К вопросу об исследованиях противоэрозионной стойкости почв / Хан К.Ю., Игошин Н.И., Шульга С.А. // Закономерности проявления эрозионных процессов в различных природных условиях. Тез. докл. III Всесоюзн. науч. конф. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – С. 89–90.

281. Хан Д.В. Модифицированный метод мокрого просеивания почвы / Д.В. Хан // Методическое руководство по изучению почвенной структуры. Л.: Колос, 1969. – 463 с.

282. Хан Д.В. Состав перегнойных веществ и их связь с минеральной частью почв / Д.В. Хан // Почвоведение. – 1959. – №1. – С. 10–18.

283. Цибулька Н.Н. Противоэрозионная способность полевых культур и приемы механической обработки почвы / Цибулька Н.Н., Жукова И.И., Юхновец А.В. // Агрохімія і ґрунтознавство. Спец. випуск до VI з'їзду УТГА. – Харків: Друкарня №13, 2002. – С. 156–158.

284. Чистик О.В. Роль удобрений в уменьшении развития процессов эрозии // Под ред. А.И. Мурашко. – Минск: Ураджай, 1989. – 232 с.

285. Чорний пар / Г.Р. Пікуш, А.Я. Гетьманець, Є.М. Лебедь, І.А. Пабат. – К.: Урожай, 1992. – 168 с.

286. Шатохин А.В. Сопряженное изучение черноземов Донбасса наземными и дистанционными методами / А.В. Шатохин, М.А. Лындин // Почвоведение. – 2001. – №9. – С. 1037–1044.

287. Шатохин А.В. Спектрофотометрические исследования почвенных профилей лесостепной и степной зоны Украины // Почвоведение, 1999. – №11. – С. 1350–1358.

288. Шатохина С.Ф. Зависимость биологической активности чернозема обыкновенного от экспозиции склона / Шатохина С.Ф., Христенко С.И., Загородняя Л.А. // Почвоведение. – 2003. №7. – С. 823–827.

289. Швебс Г.И. Материалы к изучению эродирующего действия капель воды / Г.И. Швебс // Почвоведение. – 1968. – №2. – С. 133–140.

290. Швебс Г.І. Охорона ґрунтів від ерозійного руйнування в басейнах річок і водойм України / Швебс Г.І., Антонова С.О., Ігошина В.І., Цуркан О.І., Есаулов Г.І., Ігошин М.І. // Вісник ОНУ. – Т. 8., Вип. 5., 2003. – С. 116–128.

291. Швебс Г.І. Проблеми охорони ґрунтів від ерозійного руйнування в Україні у XXI столітті / Г.І. Швебс, С.О. Антонова, В.І. Ігошина, Г.І. Есаулов, М.І. Ігошин // Зб. статей Львівського Нац. у-ту. – Львів: 2003. – С. 105–111.

292. Швебс Г.И. Роль ударного действия капель дождя в образовании склоновых наносов / Г.И. Швебс, Г.С. Бойчук // Метеорология, климатология и гидрология. Изд-во Киевского ун-та. – 1970. – Вып. 6. – С. 178–184.

293. Швебс Г.И. Теоретические основы эрозиоведения / Г.И. Швебс. – К.: Вища школа, 1981. – 219 с.

294. Швебс Г.И. Формирование водной эрозии стока наносов и их оценка / Г.И. Швебс. - Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – 183 с.

295. Швебс Г.И. Формирование и оценка водной эрозии и стока наносов: автореф. дис. на соискание науч. степени д-р с.-х. наук: спец. 06.01.03 «Агрофизика»/ Г.И. Швебс. – Москва, МГУ им. Ломоносова, 1971. – 38 с.

296. Шведас А.И. Закрепление почв на склонах / А.И. Шведас. - Л.: Колос, 1974. – 183 с.

297. Швець О.М. Потенційна небезпека та ступінь прояву водної ерозії на території Волинської височини / О.М. Швець // Агрохімія і

ґрунтознавство. – Спец. випуск до VI з'їзду УТГА. – Харків: Друкарня №13, 2002. – С. 166–168.

298. Шевцов Н.М. Изменение микроагрегатного и механического состава почв при дождевании / Шевцов Н.М., Поляков Ю.П., Савченко А.Д. // Сб. науч. тр. Южгидроводхоз. – 1975. – Вып. 19. – С.120–128.

299. Шевченко І.П. Агроекологічна ефективність ґрунтозахисних технологій вирощування сільськогосподарських культур / Шевченко І.П., Коломієць Л.П., Каражбей С.П., Терещенко К.Є. // Збірн. наук. пр. УкрНДІЗ УААН. – К.: 2002. – Вип. 3–4. – С. 45–52.

300. Шевченко И.П. Влияние способов обработки и удобрений на противоэрозионную устойчивость чернозема типичного и продуктивность культур: автореф.дис. на соискание науч. степени канд. с.-х. наук: спец. 06.01.01 «Общее земледелие»/ И.П. Шевченко, Киев, УСХА. –1989. – 26 с.

301. Шевченко І.П. Вплив ґрунтозахисних технологій обробітку ґрунту, застосування мінеральних добрив і хімічних меліорантів на родючість чорнозему еродованого / Шевченко І.П., Корчевий І.А., Тараріко Ю.О., Коваленко О.Д. // Вісн. аграр. науки. – 1997. – №5. – С.9–14.

302. Шевченко І.П. Вплив способів обробітку і добрив на стан мікробного ценозу та фітотоксичні властивості чорнозему типового еродованого / Шевченко І.П. Драч Ю.О., Яценко С.В. // Вісн. аграр. науки. – №10. – 2006. – С. 12–15.

303. Шевченко И.П. Потери элементов питания с продуктами эрозии в зависимости от способа внесения удобрений / И.П. Шевченко // Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов в различных природных условиях. – М.: Изд-во Моск. ун-та. – 1987. – С. 154–155.

304. Шеин Е.В. Полевые и лабораторные методы исследования физических свойств и режимов почв / Е.В. Шеин. – Методическое руководство. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 200 с.

305. Шеин Е.В., Милановский Е.Ю. Роль и значение органического вещества в образовании и устойчивости почвенных агрегатов / Е.В. Шеин, Е.Ю. Милановский // Почвоведение. – 2003. – №1. – С. 53–61.

306. Шелякин Н.М. Контурно-мелиоративное земледелие на склонах / Шелякин Н.М., Белолипский В.А., Головченко И.Н. – К.: Урожай, 1990. – 168 с.

307. Шенявский А.Л. Минимальная обработка почвы и ее эффективность / А.Л. Шенявский. – М.: ВНИИТЭИСХ. – 1971. – 72 с.

308. Шикула М.К. Выращивание сахарной свеклы при бессменной минимальной обработке черноземов типичных / Шикула М.К., Назаренко Г.В., Орлов М.П. // Вестн. с.-х. науки. – 1984. – №4. – С. 37–46.

309. Шикула М.К. Ерозія ґрунтів і ґрунтозахисне землеробство / М.К. Шикула, Тараріко О.Г. – К.: Урожай, 1976. – 84 с.

310. Шикула Н.К. Мульчирование и защита почвы от эрозии / Н.К. Шикула, М.М. Ломакин // Земледелие. – 1976. – №1. – С. 38–40.

311. Шикула Н.К. Минимальная обработка черноземов и воспроизводство их плодородия / Н.К. Шикула, Г.В. Назаренко. – М.: Агропромиздат, 1990. – 320 с.

312. Эрозия почв Житомирской области и меры борьбы с ней: Учеб. пособие / Л.Л.Щетинина, Ф.С.Комаров, Л.И.Костенко и др. / За ред. Л.Л. Щетининой. – К.: Укр. с.-х. академия, 1974. – 146 с.

313. Эрозия почв и почвоводоохранное земледелие: Учебное пособие / Под ред. В.Д. Мухи. – Курск: Изд-во КГСХА, 2000. – 173 с.

314. Якубенко Б.Є. Геоботанічна характеристика природних кормових угідь Лісостепу України / Б.Є. Якубенко // Аграрна наука і освіта. – Т.3. – №1-2. – 2002. – С. 13–20.

315. Яловицкий К.М. Снижение водной эрозии при мульчировании почв / К.М. Яловицкий, И.С. Константинов // Защита почв от эрозии на пашне, в садах и виноградниках. – Кишинев: Штиинца. – 1979. – С. 16–24.

316. Яцевич С.Е. Исследования земельных ресурсов по материалам многочастотной радиолокационной съемки / С.Е. Яцевич, В.Б. Ефимов, В.Н. Цымбал, А.Б. Ачасов, А.В. Шатохин // Космічна наука і технологія. – Т. 5. – №2/3. – 1999. – С. 34–40.

317. ГОСТ 26212-91. Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу ЦИНАО. Изд. офиц. - М.: Стандарты, 1992. - 5 с.

318. ГОСТ 27821-88. Почвы. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена. Изд. офиц. - М.: Стандарты, 1988. - 4 с.

319. ДСТУ 11272-2001. Грунти. Визначання щільності складення на суху масу. – Харків: 2004. – С.259–273.

320. ДСТУ 4115-2002. Грунти. Визначання рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова. – Харків: 2004. – С.75–84.

321. Baez-Gonzalez A.D. Large Area maize Yield Forecasting Using Leaf Area Index Based Yield Model / A.D. Baez-Gonzalez, J.R. Kiniry, S.J. Maas, L.M. Tiscareno, C.J. Macias, J.L. Mendoza, C.W. Richardson, G.J. Salinas, J.R. Manjarrez // Agronomy journal. –2005. – Vol. 97. – March-April. – P. 418-425.

322. Buletin de monitoring ecopedologic. – Chisinau. Ed. I. 1993. – 83 p. Ed. II (pedoameliorativ). 1995. – 51 p.

323. Colin Macer. Soil Conservation. Fight against erosion: Word Crops, g-B. 1972. – W.24. – №2. – P. 94–97.

324. Dubois P. Measuring soil moisture with imaging radars / P. Dubois, J. Zyl, T. Engman // IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing. – 1995. – Vol. 33, №4. – P. 915–926.

325. Ekern P.C. Problem of Raindrop Impact Erosion-Agricultural Engineering / P.C. Ekern.– V. 34. – N 1. – 1953. – P. 23–25.

326. Ellison W.D. Mechanics of Water Erosion. Brussels / W.D. Ellison. - 1955. – 165 p.

327. Erosion control and crop farming. Recourse management at its best / Kostielney Janet L. // Eros. Contr. – 1999. – 6, №3. – c.82, 84–89.

328. Finney H.J. The effect of crop cover on rainfall characteristics and splash detachment / H.J. Finney // Agric. Engng. Res, 1984. – №29(4). – P.337–343.

329. Flanagan D.C. WEPP Hill slope Profile Erosion Mode / Flanagan D.C., Ferris J.E. and Lane L.J. – Version 97.5 User Summary // NSERL Report №7. – September, 1991. – 28 p.

330. Flanagan D.C., Laflen J.M. The USDA Water Erosion Prediction Project (WEPP), Producing of an International Workshop on Soil Erosion. – 1993. – P. 16–34.

331. Flanagan D.C., Nearing M.A. USDA –Water Erosion Prediction Project: Hill slope Profile and watershed model documentation // NSERL Report №10, West Lafayette, 1995. – JN47097. – 1196 p.

332. Foster G.R.. Conservation of the universal soil loss equation to SI metric units. / G.R. Foster, D.C. Mc Cool, K.G. Renard and W.C. Moldenhauer. – J. Soil Water Conservation, 36. 1981. – P. 355–359.

333. Foster G.R. A runoff erozivity factor and variable slope length exponents for soil loss estimates / G.R. Foster, L.D. Mezer and C.A. Ostad. – Trans. ASAE 20. – 1977. – P. 683–687.

334. Foster D.L., Fullen M.A., Brandsma R.T., Chapman A.S. Drip-screen rainfall simulators for hydro- and pedo-geomorphological research: the Coventry experience // Earth Surface Processes and Landforms. – 2000. – Vol. 25, №7. – P. 691–707. (http:// www.csa.com).

335. Foster G.R., Lane L.J. Erosion by concentrated flow in farm fields // Proc. Of the D.B. Simons Symposium on Erosion and Sedimentation. Colorado State University: St. Collins, 1983. – P. 9.65–9. 82.

336. Foster G.R. Cool D.C.Mc, Renard K.G., Moldenhauer W.C. 1981. Concervation of the universal soil loss equation to SI metric units // J. Soil Water Concervation, 36. – P. 355–359.

337. Frederick R.Troeh, J.Arthur Hobbs, Roy L. Donahue / Soil and water conservation, editorial assistance, Miriam R. Troeh. – 2-nd ed. – 2001. – P. 318–324.

338. Gitelson A.A. Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction / A.A. Gitelson, Y.J. Kaufman, R. Stark, D. Rundquist // Remote Sensing of Environment. – 2002. – №80. – P. 76–87.

339. Gogerti B. Zero tillage after 10 years / B. Gogerti //. Farmers Digest. – Vol. 38. Nr.8. – 1975. – P.35–37.

340. Govers G. Spatial and temporal variability in rill development processes at the Huldenberg experimental site // Bryan R.B. (ed), Rill Erosion. – CATENA SUPPLEMENT/ – 1987. – Vol. 8. – P.17-34.

341. Holden J., Burt T.P. Infiltration, Runoff and Sediment Production in Blanket Peat Catchments: Implications of Field Rainfall Simulation Experiments. Hydrological Processes. – 2000. – 16 (13). P. 2537–2557.

342. Kaufman Y.J. Atmospherically resistant vegetation index (ARVI) for EOS-MODIS / Y.J. Kaufman, D. Tanre // IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing. – 1992. – Vol. 30. – №2. – March. – P. 261-270.

343. Kawaguchi K., Kita D. Mechanical and chemical constituents of water-stable aggregates of paddy soil with relationship to the aggregate size // Soil & Plant Food. -1957. – V.3, N 1. – P. 215–218.

344. Kinnel P.I. The effect of slope length on sediment concentration associated with side-slope erosion / P.I. Kinnel // Soil. Sci. Soc. Amer. J. – 2000. – 64. № 3. – P. 1004–1008.

345. Klisch A. Dech Remote Sensing as an Important Source for Physically Based Soil Erosion Modelling / A. Klisch, E. Borg // Multidisciplinary Approaches to Soil Conservation Strategies. Zalf-Bericht. – №47. – P. 33–38.

346. Kulemin G.P. Millimeter wave radar targets and clutter. – Boston-London: Artech House, 2003. – 118 p.

347. Laflen J.N., Bacer I.L., Harwig R.O., Buchele W.F., Johnson H.R. Soil and aven loss from Conservation Tillage Systems // Transactions of the ASAE, USA, 1978. – w.21. – №5. – P. 881–886.

348. Lang R.D., McCaffrey L.A. H. Ground cover – its effect on soil loss from grazed runoff plots, Gunnedah. –J. Soil conserve. Serv. N.S.W., 1984, v.40, №1. – P.56–61.

349. Liebenow A.M., Elliot W.J., Laflen J.M., Kohl K.D., Analyzing interrill erodibility on WEPP cropland soils. – Under Review. 1989.

350. Middeleton H.E. Properties of Soil Which Influence Soil Erosion // Technical Bulletin №178. – United States Department of Agriculture. – 1930. – 16 p.

351. Mirtskhoulava Ts. E. Realibility of Hydroallations A.A. Ba klema Rotterdam, 1987. – P. 297.

352. Morgan R.P.C. Splash detachment under plant covers: Results and implications of a field study // Transactions of the ASAE, 1982. – №25(4). – P.987–991.

353. Nearing M.A., Foster G.R., Lane L.J. Finkner S.C. A Process-Based Soil Erosion Model for USDA – Water Erosion Prediction Project Technology // Trans. Of the ASAE. – V.32 (5). – 1989. – P.1587–1593.

354. Onstad C.A., Otterby M.A. Crop residue effects on runoff. – J. Soil and Water Conservation. – 1979. –V.34. – №2. – P.94–96.

355. Petelkau Я., Kunze A. Forschungszentrum fur Boden-fruchtbarkeit Miincheburg der Akademie Land-wirtschaftswissenschaften der DDR // Feldwirtschaft. – 1987. – №18. – P. 16–18.

356. Quastel J.H. Influence of organic matter on aeration and structure of soil // Soil Sci. - 1952. V.73. №6. - P. 419-427.

357. Remy J., Marin-Lafleche A. Lentreiten organique des terres. // Enterprises Agr. 1976. Nr.84. – P. 63–67.

358. Schellentrager G.W. using ground-penetrating radar to update soil survey information / J.A. Doolittle, T.E. Calhoun, C.A. Wettstein // Soil Science. –1988. – V. 52. – P. 746–752.

359. Shi J. Estimation of bare surface soil moisture and surface roughness parameter using L-band image data / J. Shi, J. Wang, A. Hsu, P. O'Neill, E. Engman // IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing. – 1997. – Vol. 35, №5. – P. 1254–1266.

360. Soil and water conservation / Frederick R. Troeh, J. Arthur Hobbs, Roy L. Donahue: editorial assistance, Miriam R. Troeh. – 2nd ed.

361. WEPP User Summary // NSERL Report. – №11. – July, 1995. – 131 pp.

362. Wischmeier W.H., Rainfal erosion petential. – Agric. Engin. 1962, W. 43. – №4. – P. 212–225.

363. Wischmeier W.H., Smith D.D. Predicting rainfall erosion losses. Agricultural handbook №537. – Washington. – 1978. – 65 p.

364. Wischmeier W.M., Johnson C.B., Cross B.V. A soil credibility nomograph for farmland and construction sites // J. Soil and Water Conserv. – 1971. – Vol. 26, № 5. – P.189–193.

365. Yang C.-M. Modeling Rice Growth with Hyperspectral Reflectance Data / C.-M. Yang, R.-K. Chen // Crop Science. – 2004. – Vol. 44. – July-August. – P. 1283-1290.

366. Zheng Fen-li, Huang Chi-hua and Darrel Norton L. Vertical Hydraulic Gradient and Run-On Water and Sediment Effects on Erosion Processes and Sediment Regimes // Soil Science Society of America Journal. – 2000. – №64. – P.4-11.(http:// www. highwire.stanford.edu).

Додаток А

Максимальна гігроскопічність (МГ), вологість стійкого в'янення рослин (ВВ), вологість розриву капілярів (ВРК), найменша вологоємність (НВ), діапазон активної вологи (ДАВ) і відносна доступність вологи (ВДВ) у розорюваних ґрунтах України (за В.В. Медведєвим, Т.М. Лактіоновою, 2011)

Зона, провінція (ПСХР)	Адреса, № розрізу	Ґрунт	Генетичний горизонт, потужність, см	Глибина відбору зразків, см	МГ	ВВ	ВРК	НВ	ДАВ	ВДВ (ДАВ у % від НВ)
					місткість вологи,%					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Полісся Західне	Львівська обл., Яворівський р-н, м. Яворів, р. 345	Дерново-середньо-підзолистий глинисто-піщаний грунт на водно-льодовикових відкладах	HE (0-24) E (24-42) I (e) (42-76) IP (76-150)	0-10 30-40 60-70 100-110 140-150	1,3 1,4 0,8 1,7 1,0	1,7 1,4 0,8 1,7 1,0	9,4 6,7 6,2 54 10,0	17,0 11,9 10,8 9,0 19,0	15,3 10,5 10,0 7,3 18,0	90 88 93 81 95
	Рівненська обл., Радивиловський р-н., с. Барашовка р. 508	Дерново-карбонатний коротко-профільний легкосуглинковий грунт на легкосуглинковому елювії крейдяно-мергельних порід	Hkqka (0-20) HPkqk (20-40) Cr (40-100)	0-10 21-30 41-50	5.8 5.5 6.0	6.7 6.0 6.4	14.2 12.8 10.5	21.5 19.6 14.6	15.0 13.6 8.2	70 69 56
Полісся Право-бережне	Житомирська обл., Коростенський р-н., п. Грозино р.359	Дерново-середньопідзолистий суспіщаний грунт на легкосуглинкових моренних відкладах	HEa (0-19) HE (19-37) E (37-51) Ie (51-86) IP/gl (86-114) Ipgl (114-150)	0-10 20-30 40-50 70-80 90-100 140-150	1.3 0.8 0.7 1.2 1.8 1.3	1.8 1.1 0.9 1.6 2.4 1.7	8.6 6.6 4.7 3.9 5.0 6.0	15.3 12.1 8.4 6.1 7.5 10.2	13.5 11.0 7.5 4.5 5.1 8.5	88 91 89 74 68 83
	Київська обл.., Іванківський р-н., м. Чорнобиль р.368	Дерново-підзолистий глинисто–піщаний глеюватий грунт на піщаних водно-льодовикових	HEa (0-19) HE (19-37) E (37-51) Ie (51-86)	0-10 20-30 40-50 70-80	1.3 0.8 0.7 1.2	1.8 1.1 0.9 1.6	8.6 6.6 4.7 3.9	15.3 12.1 8.4 6.1	13.5 11.0 7.5 4.5	88 91 89 74

		відкладах	IP/gl (86-114) IPgl (114-150)	90-100 140-150	1.8 1.3	2.4 1.7	5.0 6.0	7.5 10.2	5.1 8.5	68 83
Полісся Лівобережне	Чернігівська обл., Бахмачський р-н., с. Нові Млини р.381	Сірий лісовий пилувато-супіщаний грунт на супіщаній лесовій породі	HEa (0-20) Ih (20-52) I (52-120) P (120-150)	0-10 30-40 60-70 110-120 140-150	2.8 1.8 4.8 2.9 2.1	3.8 2.4 6.4 3.8 2.8	11.8 10.7 12.7 11.7 10.3	19.8 19.0 18.9 19.6 17.8	16.0 16.6 12.5 15.8 15.0	81 87 66 81 84
	Чернігівська обл., Корюківський р-н, с. Корюківка р.377	Дерново-середньопідзолистий глеєві супіщаний грунт на супіщаних водно-льодовикових відкладах	HEa (0-20) E (20-40) Igl (40-80) Pgl (80-150) Pgl (80-150)	0-10 30-40 60-70 90-100 140-150	1.4 0.9 0.5 2.0 4.0	2.5 1.7 0.7 2.7 5.1	9.2 6.4 2.4 7.3 10.1	45.9 11.0 4.0 11.8 15.0	13.4 9.3 3.3 9.1 9.9	84 85 83 77 66
Лісостеп Західний	Тернопільська обл.., Бережанський р-н., с. Жуків р.226	Сірий лісовий середньосуглинковий грунт на легкоглинистому лесі	HEa (0-29) Ie(h) (29-45) I (45-82) IP (82-122) Pk (122-135)	0-10 30-40 60-70 90-100 120-130	4.5 4.5 6.4 5.9 5.2	7.8 8.0 9.1 8.5 7.5	16.0 16.0 16.2 15.7 14.7	24.0 24.2 23.3 22.9 21.8	46.4 16.0 14.2 14.4 14.3	69 67 61 63 66
	Тернопільська обл.., Бережанський р-н., с. Жуків р.216	Чорнозем опідзолений вологий середньосуглинковий на середньосуглинковому лесі	HE(gl)a (0-27) He(gl) (27-38) Hpi(gl) (38-60) HPi(gl) (60-99) Phi(gl) (99-139) Pk(gl)(136-160)	0-10 30-35 38-48 70-80 100-110 140-150	4.4 3.9 5.7 6.0 6.0 8.1	6.0 5.3 8.2 7.4 8.5 8.3	15.4 14.7 15.8 14.8 15.2 14.6	24.7 24.5 23.4 22.7 21.8 20.9	18.7 18.7 15.2 14.7 13.3 12.6	76 76 65 65 61 60
Лісостеп Право-бережний	Хмельницька обл., Білогорський р-н., с. Михнів р. 248	Чорнозем типовий потужний малогумусний глибоковзакипаючий легкосуглинковий на середньосуглинковому лесовидному суглинку	Ha (0-30) H (0-30) Hp(55-75) HPk(75-135) Pk (135-150)	0-10 30-40 60-70 100-110 140-150	6.0 6.7 5.6 5.4 4.6	8.0 8.9 7.4 7.2 6.1	18.7 16.6 16.8 16.3 15.0	29.4 24.2 26.2 25.4 23.9	21.4 15.3 18.8 18.2 17.8	73 63 72 72 74
	Вінницька обл., Липовецький р-н., с .В. Митник	Чорнозем типовий потужний малогумусний середньосуглинковий на	Ha (0-33) Hp (33-58) HPk (58-120)	0-10 40-50 60-70	8.2 7.2 7.6	11.0 9.6 10.2	22.0 19.4 19.2	33.0 29.2 28.1	22.0 19.6 17.9	67 67 64

	р.244	середньосуглинковому лесі	P(h)k (120-150)	100-110 140-150	7.9 6.8	10.6 9.1	18.8 18.0	27.0 26.8	16.4 17.7	61 66
	Вінницька обл., Липовецький р-н., с. Росоше р.243	Чорнозем типовий потужний малогумусний, високозакипаючий важкосуглинковий на важкосуглинковому лесовидному суглинку	Hak (0-31) Hpk (31-72) HPk (72-100) Phk(100-140) Pk (140-150)	0-10 40-50 80-90 120-130 140-150	7.7 8.2 7.4 6.7 7.2	10.4 11.0 10.9 9.0 9.6	19.7 20.3 18.4 17.7 18.0	29.0 29.5 26.7 26.4 26.3	18.6 18.5 16.7 17.4 16.7	64 63 63 66 63
	Одеська обл., Любашівський р-н., м. Любашівка р.268	Чорнозем типовий потужний середньогумусний легкоглинистий на важкосуглинковому лесі	Ha (0-26) H (26-43) Hpk (43-74) PHk (74-106) Pk (106-240)	0-10 15-25 44-55 60-70 95-105 130-140	11.2 12.4 11.8 11.8 10.6 10.6	15.0 16.3 15.8 15.8 15.3 14.2	24.1 22.1 21.0 21.0 20.5 19.7	33.1 27.9 26.1 26.1 25.6 25.2	18.1 11.6 10.3 10.3 10.3 11.0	55 42 39 39 40 44
	Київська обл., Фастівський р-н., м. Фастів, р.368	Чорнозем опідзолений крупнопилувато-легкосуглинковий на легкосуглинковому лесі	Hea (0-32) Hpi (32-60) HPI (60-98) Phi(k) (98-130) Pk (130-150)	0-10 40-50 70-0 100-110 140-150	4.7 5.2 5.0 5.2 4.8	6.3 6.9 6.7 7.0 6.4	15.7 15.2 14.7 15.0 13.9	25.0 23.4 22.6 23.0 21.4	18.7 16.5 15.9 16.0 15.0	75 71 70 70 70
	Київська обл., Макарів-ський р-н., с. Копилово р.642	Дерново-слабопідзолистий пилувато-супіщаний на моренному суглинку	H(e) (0-28) H(e)(0-28) H(e)(0-28) PI(28-50) PI(28-50) P(i)(50-67)	0-10 10-20 20-28 30-40 10-50 50-60	0.4 0.6 0.4 0.2 0.3 0.3	0.7 1.0 0.7 0.4 0.4 0.5	4.3 4.1 4.8 4.3 4.3 4.5	8.0 7.3 8.8 8.2 8.1 8.6	7.3 6.4 8.1 7.8 7.7 8.1	92 87 92 95 95 94
Лісостеп Право-бережний	Київська обл., Баришівський р-н. м. Київ Бобрикова гора р.356	Сірий лісовий супіщаний грунт на легкосуглинковому лесі	HEd (0-17) HE(17-30) Ihe(30-66) I(66-90) Pi(90-100) P(110-150)	0-10 20-30 - 90-100 - 140-150	4.0 3.7 - 3.4 - 3.2	5.4 4.9 - 4.5 - 4.3	13.2 9.8 - 9.7 - 9.0	21.0 14.7 - 14.9 - 13.7	15.6 9.8 - 10.4 - 9.4	74 67 - 70 - 69

	Житомирська обл.., Любарський р-н., с. Нова Чарторія р.26	Сірий лісовий середньо-суглинковий грунт на важко-суглинковому лесі	Hea(0-20) E(h)(20-40) Ie(40-80) I(80-150) Pl (115-140)	0-10 20-30 50-60 70-80 100-11	3.7 3.6 7.8 7.7 9.7	5.5 5.8 11.1 13.2 13.6	12.9 12.4 16.9 17.8 16.1	20.2 18.9 22.6 22.4 18.5	14.7 13.1 11.5 9.2 4.9	73 69 51 41 22
Лісостеп Ліво-бережний	Полтавська обл., Лохвицький р-н, Лохвицьке від. Української дослідної станції тютюну та махорки, р. 310	Чорнозем типовий потужний малогумусний середньосуглинковий на середньосуглиниковому лесі	Ha (0-22) H/k (22-48) Hpk (48-86) HPk (86-105) Phk (105 140) Pk (148-150)	0-10 30-40 60-70 90-100 110-120 140-150	5.4 5.9 6.0 5.6 4.6 4.1	7.2 7.8 8.0 8.1 6.2 5.5	14.7 15.4 15.5 15.3 13.3 11.9	22.2 22.9 22.9 21.9 20.4 18.2	15.0 15.1 14.9 14.3 14.2 12.7	68 66 65 65 70 70
	Сумська обл.., Глухівський р-н, м. Глухів р.323	Чорнозем опідзолений пилувато-супіщаний на суспіщано-водно-льодовикових відкладах	Hea (0-25) He (29-48) HPi (48-74) Ph I (74-100) P (100-150)	0-10 30-40 60-70 90-100 140-150	2.5 2.1 4.6 5.8 1.8	3.4 2.9 6.2 7.7 2.5	11.9 10.9 13.7 14.3 10.5	20.3 18.8 21.2 20.8 18.4	16.9 15.9 15.0 13.1 15.9	83 85 71 63 86
	Харківська обл., Зміївський р-н, р.740	Темно-сірий опідзолений супіщаний грунт	He (0-35) Hi (35-70) I(h) (70-110) IP (110-130) P(gl) (130-210)	0-5 5-15 35-45 70-80 117-125 150-160	2.1 2.0 2.7 2.5 1.3 1.2	2.8 2.6 3.6 3.4 1.7 1.5	5.4 5.3 - - - -	8.0 8.0 - - - -	5.2 5.4 - - - -	65 68 - - - -
	Полтавська обл., Кременчуцький р-н., с. Крамаренки р.395	Лучно-чорноземний глибоко- солонцюватий солончаковий важкосуглинковий грунт на середньосуглинковій оглеєній породі	He (0-36) Hp(l) (36-55) Hpiks/gl (55-80) Phiglks (80-112)	0-10 25-35 40-50 65-75 100-110	4.9 4.9 5.3 5.3 5.2	5.4 5.5 7.1 7.4 7.1	15.6 15.0 15.1 15.0 14.5	25.8 24.4 23.0 22.6 21.9	20.4 18.9 15.9 15.2 14.8	79 77 69 67 68
	Київська обл., Баришівський р-н. м. Баришівка	Сірий лісовий глеюватий слабо солончаковий піщано-легкосуглинковий грунт на	Hea (0-27) Ih (27-42) Iksg l(42-80)	0-10 30-40 60-70	2,1 2,5 6,0	2,8 3,3 8,0	10,6 12,0 14,0	18,3 20,6 20,0	15,5 17,3 12,0	85 84 60

	р. 290	супіщаній лесовій породі	Piksgl (80-110) Piksgl (110-140) Pksgl (140-155)	90-100 120-130 140-150	3,1 - -	4,2 - -	8,1 - -	12,0 7,8 9,2	7,8 - -	65 - -
Степ Придунай-ський	Одеська обл. Саратський р-н., с. Крива Балка, р. 8	Чорнозем звичайний міцелярно-карбонатний потужний малогумусний важко суглинковий на важко суглинковому лесі	Ha (0-25) H (25-42) Hpk (42-58) PHk (58-72) Phk (72-92) Pk (92-150)	0-10 30-40 45-55 60-70 - 100-110 140-150	9,5 10,0 8,8 8,5 - 8,9 9,2	12,7 13,4 11,8 11,4 - 11,9 12,3	22,6 19,8 17,3 16,5 - 15,5 16,1	32,5 26,2 22,8 21,6 - 19,1 19,9	19,8 12,8 11,0 10,2 - 7,2 7,6	61 49 48 47 - 38 38
Степ Право-бережний	Одеська обл. Біляївський р-н, с. Яськи, р. 20	Солонець чорноземно-лучний глибокий солончакуватий середньо суглинковий на середньо суглинковому алювії-делювії	H(e)(0-23) HI/ks (23-44) Pi(H)ksgl (44-57) P(h)ksgl (57-73) Pksgl (73-105)	0-10 27-37 45-55 - 80-90	7,8 10,5 8,4 - 7,9	10,4 14,1 11,2 - 10,6	17,2 19,5 16,2 - 16,7	24,0 24,8 21,1 - 22,7	13,6 10,7 9,9 - 12,1	57 43 47 - 53
Степ Ліво-бережний	Донецька обл. Великоново-сілковський р-н, с. Іскра, р. 77	Лучний потужний середньо суглинковий грунт на важкосуглинковому сучасному алювії	H (0-46) Hp (46-69) PHkgl (69-103) Phkgl (103-150) Phkgl (103-150)	0-10 30-40 50-60 80-90 110-120 140-150	6,1 5,8 5,5 7,4 5,4 6,9	8,2 7,8 7,4 9,9 7,2 9,3	16,2 14,4 13,1 13,4 12,1 16,5	24,1 20,9 18,8 16,8 17,0 23,6	15,9 13,1 11,4 6,9 9,8 14,3	197 184 177 135 168 177
Степ посухо-стійкий, Придумай-ський	Одеська обл., Белгород-Дністровський р-н, с. Широке, р. 113	Чорнозем південний малогумусний міцелярноглибокозакипаючий важко суглинковий на легко глинистому лесі	Ha(0-20) H (20-32) Hp (32-46) PHk(46-64) Phk (64-85) Pk (85-150)	0-10 20-30 34-44 50-60 - 90-100 140-150	8, 8,1 8,8 8,5 - 8,1 8,0	10,8 10,9 11,8 11,4 - 10,9 10,8	19,5 18,0 17,8 16,4 - 15,0 14,5	28,2 25,1 23,8 21,4 - 19,1 18,1	17,4 14,2 12,0 10,0 - 8,2 7,3	62 57 50 47 - 43 40
Степ посухо-стійкий,	Одеська обл., Овідіопольський р-н,	Чорнозем південний слабко-солонцюватий легко	H(e) (0-34)	0-10 20-30	8,4 9,0	11,3 12,1	17,9 16,9	24,4 21,6	13,1 9,5	54 44

Право-бережний	с. Березань, р. 169	глинистий на легко глинистому лесі	Hpi (34-58) PHi (58-72) Phk (72-90) Pk (90-165)	40-50 60-70 - 93-103 140-150	10,3 10,2 - 10,0 9,9	13,8 13,7 - 13,4 13,4	17,7 16,9 - 6,0 7,0	21,6 20,0 - 20,8 20,2	7,8 6,3 - 7,4 6,8	36 32 - 36 34
Степ посухо-стійкий Ліво-бережний	Херсонська обл., Велико-лепеихівський р-н, с. Константинівка р.135	Чорнозем південний малогумусний на важкосуглинковий на важкосуглинковому лесі	H (0-30) Hp(i) (30-40) PH(i)k (42-57) Phk (57-71) Pk(71-150)	0-10 20-30 31-41 45-55 60-70 140-150	6.9 7.8 7.4 6.9 6.6 8.3	9.2 10.4 9.9 9.2 8.8 11.1	16.9 16.8 15.1 15.1 14.3 16.2	24.6 23.1 20.2 21.0 19.8 21.2	15.4 12.7 10.3 11.8 11.0 10.1	63 55 51 56 56 48
Степ посушливий Північно-Кримський	АРК, Чорноморський р-н, с. Красносільське р.439	Темно-каштановий слабкосолонцюватий лекоглинистий грунт на легкоглинистому лесі	H(eq)a (0-25) H(eq) (25-34) Hpik (34-44) P(H)ik (44-59) Phikq (59-75) P(i)kq (75-90) Pkq (90-120)	0-25 25-34 34-44 44-59 59-75 75-90 90-120	11,3 11,9 11,5 10,8 9,6 9,3 8,7	15,2 16,0 15,4 14,4 12,9 12,4 11,7	31,0 29,2 28,3 26,6 24,2 22,7 22,4	46,8 42,3 41,1 38,8 35,4 33,0 33,1	34,6 26,3 25,7 24,4 22,5 20,6 21,4	68 62 63 63 64 62 65
Степ сухий Присиваш-ський	Запоріжська обл., Мелітополь-ський р-н, с. Констянтинівка р.173	Темно-каштановий слабкосолонцюватий важкосуглинковий грунт на середньоглинистому лесі	He(e)a (0-24) Hpi (24-45) Phi/k (45-68) Phk (68-90) Pk (90-160)	0-10 10-20 30-40 50-60 80-90 110-120 150-160	9.1 9.2 9.9 9.7 9.5 9.3 8.8	12..2 12.3 13.2 13.0 12.8 12.5 11.8	23.7 20.1 18.7 17.5 17.2 16.9 16.3	35.1 27.9 24.2 21.9 21.6 21.3 20.7	22.9 15.6 11.0 8.9 8.8 8.8 8.9	65 56 45 41 41 41 43
Карпати, Перед-карпаття	Івано-Франківська обл., м. Коломия р.238	Підзолисто-буроземний поверхнево-глеюватий легкосуглинковий помірно теплий грунт на середньо суглинковому делювії	HEarn (0-30) Eglrn (30-40) leglrn (40-70) lgl(rn) (70-140) P(i)glrn(140-150)	0-10 30-40 50-60 80-90 110-120 140-150	7.4 7.4 7.8 8.9 8.4 8.5	9.9 9.9 10.4 11.9 11.2 11.4	21.2 19.0 17.9 17.9 17.3 17.5	32.5 28.1 25.4 23.8 23.3 23.6	22.6 18.2 15.0 11.9 12.1 12.2	70 65 59 50 52 52

Додаток Б

Оцінка структурного стану ґрунтів
(за даними сухого розсіву за М.І. Савіновим)

Вміст агрегатів 0,25–10 мм, % від маси повітряно-сухого ґрунту	Структурний стан
> 80	Відмінний
80–60	Добрий
60–40	Задовільний
40–20	Незадовільний
< 20	Поганий

Оцінка водостійкості структурних агрегатів
(за методом М.І. Савінова)

Сума водостійких агрегатів > 0,25 мм, %	Оцінка водостійкості
<10	Відсутня
10–20	Незадовільна
20–30	Недостатньо задовільна
30–40	Задовільна
40–60	Добра
60–75	Відмінна
Більше 75–80	Надмірно висока

Додаток В

Агроекологічна оцінка умов росту сільськогосподарських культур за даними УНДІГА *(акад. В.В. Медведєв, 1997)*

Показники	Умови*	Озима пшениця	Соняшник	Озиме жито	Ярий ячмінь	Кукурудза на зерно	Цукровий буряк
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Глибина гумусового шару, см	1	> 65	> 65	> 60	> 65	> 65	> 70
	2	65-35	65-35	65-25	65-30	65-35	70-40
	3	< 35	< 35	< 25	< 35	< 35	< 40
2. Грануло-метричний склад **	1	2, 3, 4	3, 4, 5	3, 4	2,3, 4	1,2,3	2,3,4
	2	1	2, 6	1,2,5	1	4	1
	3	5, 6	1	6	5,6	5, 6	5,6
3. Щільність ґрунту, г/см^3	1	1,10-1,35	1,10-1,30	1,10-1,45	1,05-1,35	1,05-1,30	1,10-1,30
	2	1,00-1,10	1,00-1,10	1,00-1,10	0,95-1,05	0,95-1,05	0.90-1,00
	2	1,35-1,45	1,35-1,45	1,45-1,55	1,35-1,45	1,30-1,40	1,30-1,40
	3	< 1,00; > 1,45	< 1,00; > 1,45	<1,00; > 1,55	< 0,95; > 1,45	< 0,95; > 1,40	< 0.90; > 1,40
4. Реакція ґрунтового розчину (pH)	1	6,0-7,5	6,0-7,2	5,6-7,2	6,0-7,2	6,0-7,5	6,0-7,5
	2	5,6-6,0	5,6-6,0	4,5-5,6	5,6-6,0	5,6-6,0	5,6-6,0
	2	7,5-8,0	7,2-8,0	7,2-7,5	7,2-8,0	7,5-8,0	7,5-8,0
	3	5,6; > 8,0	< 5,6; > 8,0	< 4,5; > 7,5	< 5,6; > 8,0	< 5,6; > 8,0	< 5,6; > 8,0
5. Вміст гумусу, % у шарі 0-20 см	1	> 3,5	> 3,5	> 3,0	> 3,5	> 3,5	> 3,5
	2	2,0-3,5	2,0-3,5	1,0-3,0	2,0-3,5	2,0-3,5	2,0-3,5
	3	< 2,0	< 2,0	< 1,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
6. Вміст рухомих фосфатів ***	1	4,5	5	4,5	5	4,5	5
	2	3	4	3	4	3	4
	3	1,2	1, 2, 3	1,2	1, 2, 3	1,2	1, 2, 3
7. Вміст обмінного калію ***	1	4,5	5	4,5	5	4,5	5
	2	3,0	4	3,0	4	3,0	4
	3	1,2	1, 2, 3	1,2	1, 2, 3	1,2	1, 2, 3
8. Сума активних температур (> 10 ºС)	1	1600-2000	2390-2700	1600-2000	2390-2700	1600-2000	2480-2800
	2	1600-1200	2000-2390	1600-1200	2000-2390	1600-1200	2000-2480
	3	< 1200	< 2000; > 2700	< 1200	<2000; > 2200	< 1200	< 2000

9. Температура повітря при появі сходів, ºС	1	6-12	> 9-12	6-12	15-18	6-12	15-17
	2	6-4	7-9	6-4	15-10	6-4	8-15
	3	< 4,0	< 7	< 4,0	< 10; >18	< 4,0	< 8; >17
10. Температура повітря при формуванні генеративних органів цвітіння, °С	1	16-20	23-25	16-20	20-24	16-20	23-25
	2	16-10	15-23	16-10	15-20	16-10	15-23
	2	20-25	25-27	20-25	20-26	20-25	25-27
	3	< 10; > 25	< 15; > 27	< 10; > 25	< 15; > 26	< 10; > 25	< 15; > 27
11. Гідротермічний коефіцієнт (ГТК)	1	0,9-1,2	0,8-1,0	1,1-1,4	0,9-1,3	0,9-1,2	1,0-1,6
	2	0,9-0,7	0,7-0,8	1,1-09	0,9-0,7	0,9-0,7	0,9-1,0
	2	1,2-1,6	1,0-1,3	1,4-1,7	1,3-1,5	1,2-1,6	1,2-2,0
	3	< 0,7; > 1,6	< 0,7; > 1,3	< 0,9; > 1,7	< 0,7; > 1,5	< 0,7; > 1,6	< 0,9; > 2,0
12. Рівень ґрунтових вод (РГВ), м	1	> 4,0	> 4,5	> 4,0	> 3,5	> 4,0	> 4,0
	2	4,0-3,0	3,5-4,5	4,0-3,0	3,5-3,0	4,0-3,0	4,0-3,0
	3	< 3,0	< 3,5	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
13. Запаси продуктивної вологи (мм) в шарі 0-20 см при появі сходів	1	> 30	> 40	> 30	> 40	> 30	> 40
	2	30-10	40-20	30-10	40-20	30-10	40-20
	3	< 10	< 20	< 10	< 20	< 10	< 20
14. Запаси продуктивної вологи (мм) в шарі 0-100 см в період цвітіння	1	> 120	> 120	> 120	> 120	> 120	> 120
	2	120-60	120-8 0	120-60	120-80	120-60	160-8 0
	3	< 60	< 80	< 60	< 80	< 60	< 80

Примітка: * – умови (1 – оптимальні, 2 – допустимі, 3 – критичні),

** – гранулометричний склад ґрунтів (1 – піщаний, 2 – супіщаний, 3 – легкий суглинок, 4 – середній суглинок, 5 – важкий суглинок, 6 – глина),

*** – рівень вмісту рухомих фосфатів та обмінного калію (1 – дуже низький, 2 – низький, 3 – середній, 4 – високий, 5 – підвищений**)**.

Додаток Г

Вплив різних факторів інтенсифікації землеробства на зміни агрофізичних властивостей чорноземів

(за В.В.Медведєвим, 1988)

Фактор впливу	Структурно-агрегатний склад, %		Рівноважна щільність, г/см^3	Водо-проникність (середня за 6 год спостережень), мм/год
	Повітряно сухі агрегати від 10 до 0,25 мм	Водотривкі агрегати понад 0,25 мм		
Мало удобрена рілля	66	31	1,27	55
Усереднений вплив різних прийомів мінімілізації обробітку	77	37	1,24	62
Багаторазовий прохід тракторів	60	43	1,35	22
Мінеральні добрива у підвищених дозах	64	30	1,26	51
Органічні добрива, 20-30 т/га раз за 4-5 років	74	39	1,21	73
20-річне зрошення	22	39	1,34	42
Гіпс, 3 т/га	82	38	1,25	82
Сукупний вплив факторів при високій культурі землеробства (сортодільниці, поля передових господарств)	74	53	1,15	69

Додаток Д

Діагностичні критерії рівнів окультуреності чорноземів за агрофізичними показниками в орному шарі
(за В.В.Медведєвим, 1988)

Рівень окультуреності	Структурно-агрегатний склад, %		Рівноважна щільність, г/см^3	Водопроникність (середня за 6 год спостережень), мм/год
	Повітряно сухі агрегати від 10 до 0,25 мм	Водотривкі агрегати понад 0,25 мм		
Високий	70–90	45–55	1,1–1,2	60–90
Середній	60–70	35–45	1,2–1,3	30–60
Низький	< 60	< 35	> 1,3	< 30

Додаток Ж

Нормативи для оцінки ерозійної безпеки території
(Земельні ресурси України, 1988)

Показники	Характеристика ерозійної небезпеки				
	Відсутня	Слабка	Помітна	Сильна	Катастрофічна
Розораність території, %	< 40	40–45	45–50	50–60	> 60
Співвідношення площ під ріллею і стабільними земельними угіддями	< 40	1–1,3	1,3–1,7	1,7–3,0	> 3,0
Еродованістиь ріллі, %	< 40	21–30	31–40	41–50	> 50
Розораність земель на ухилах > 2 град, %	< 40	21–30	31–40	41–50	> 50
Клас ерозійної небезпеки, сума балів	5	6–10	11–15	16–20	21–25

Додаток 3

Оцінка інтенсивності прояву вітрової ерозії для основних типів ґрунтів України
(за Булигіним С.Ю., 2008)

Ґрунти	Норма ерозії, т/га за рік	Класи інтенсивності ерозії (перебільшення норми ерозії, рази)					
		відсутня	слабка	середня	сильна	дуже сильна	катастро-фічна
Дерново-підзолисті піщані і супіщані	1,5	1–1,5	1,5–15	15–45	45–150	150–450	> 450
Опідзолені ґрунти, оглеєні і реградовані їх види	3,0	1–3	3–30	30–90	90–300	300–900	> 900
Чорноземи типові всіх видів	4,0	1–4	4–40	40–120	120–400	400–1200	> 1200
Чорноземи звичайні всіх видів, чорноземи на щільних глинах	3,0	1–3	3–30	30–90	90–300	300–900	> 900
Темно-каштанові, солонцюваті ґрунти, солонці і солончаки	2,0	1–2	2–20	20–60	60–200	200–600	> 600
Лучно-чорноземні, чорноземно-лучні і лучні ґрунти всіх видів на лесових, алювіальних і делювіальних породах	4,0	1–4	4–40	40–120	120–400	400–1200	> 1200
Лучно-болотні, болотні та торфовища	2,0	1–2	2–20	20–60	60–200	200–600	> 600

Додаток Й

Уміст основних елементів живлення твердого стоку після проведеного дощування на різних агротехнічних фонах

Обробіток	Удобрення	Вміст поживних речовин, мг/кг		
		$N - NH_4^+$	P_2O_5	K_2O
Чорнозем типовий середньосуглинковий				
Оранка, 20–27 см	Без добрив (контроль)	9,50	272	238
Плоскорізний, 20–27 см		9,20	253	126
Плоскорізний, 10–12 см		14,8	257	155
Оранка, 20-27 см	Гній 12 т/га + $N_{50}P_{45}K_{45}$	17,0	398	498
Плоскорізний, 20–27 см		13,2	375	498
Плоскорізний, 10–12 см		18,3	663	657
Оранка, 20–27 см	Солома 1,2 т/га + сидерати + $N_{50}P_{45}K_{45}$	17,3	381	440
Плоскорізний, 20–27 см		12,6	295	339
Плоскорізний, 10–12 см		15,2	487	613
Чорнозем типовий легкосуглинковий еродований				
Оранка, 20–22 см	Без добрив (контроль)	10,8	199	126
Плоскорізний, 20–22 см		19,9	215	166
Плоскорізний, 10–12 см		5,40	149	155

Додаток К

Фізичні параметри чорнозему типового за різних систем обробітку та удобрення перед проведенням дощування
(стаціонарні досліди в НДГ „Великоснітинське”)

Обробіток	Глибина, см	Вологість ґрунту, %	Щільність складення ґрунту, г/см^3	Інтенсивність вбирання до початку стоку, мм/хв	Інтенсивність вбирання під час стоку, мм/хв
Без удобрення (контроль)					
Оранка, 25–27 см	0–10	13,0 ± 1.03	1,23 ± 0.04	2,92	1,34
	10–20	14,7 ± 0.81	1,39 ± 0.05		
Плоскорізний, 25–27 см	0–10	9,30 ± 2.48	1,17 ± 0.03	2,60	1,38
	10–20	11,7 ± 0.99	1,32 ± 0.09		
Плоскорізний, 10–12 см	0–10	14,6 ± 2.68	1,22 ± 0.02	3,13	1,40
	10–20	17,1 ± 2.94	1,39 ± 0.06		
Солома 4 т/га + сидерати + $N_{110}P_{90}K_{90}$					
Оранка, 25–27 см	0–10	12,4 ± 1,08	1,15 ± 0,04	4,75	0,84
	10–20	14,1 ± 2,15	1,29 ± 0,02		
Плоскорізний, 25–27 см	0–10	13,7 ± 1,74	1,16 ± 0,06	5,31	1,29
	10–20	15,5 ± 2,95	1,35 ± 0,04		
Плоскорізний, 10–12 см	0–10	14,7 ± 2,12	1,25 ± 0,08	3,13	1,33
	10–20	15,0 ± 1,60	1,39 ± 0,02		

Додаток Л

Фізичні параметри чорнозему типового за різних систем обробітку та удобрення перед проведенням дощування
(модельні досліди в НДГ „Великоснітинське”)

Обробіток	Глибина, см	Вологість грунту, %	Щільність складення грунту, г/см^3	Інтенсивність вбирання до початку стоку, мм/хв.	Інтенсивність вбирання під час стоку, мм/хв
Гній, 40 т/га					
Оранка, 25–27 см	0–10	16,0 ± 2,31	1,16 ± 0,06	3,91	1,20
	10–20	15,7 ± 0,75	1,37 ± 0,08		
Плоскорізний, 25–27 см	0–10	13,6 ± 0,06	1,29 ± 0,06	2,64	1,12
	10–20	13,6 ± 0,53	1,40 ± 0,05		
Плоскорізний, 10–12 см	0–10	16,5 ± 3,27	1,27 ± 0,03	Стік відсутній, тому середня інтенсивність вбирання за 30 хв близько 2,08 мм/хв	
	10–20	15,8 ± 0,94	1,43 ± 0,06		
Солома, 4 т/га					
Оранка, 25–27 см	0–10	13,6 ± 1,50	1,19 ± 0,05	3,00	1,03
	10–20	15,7 ± 0,92	1,32 ± 0,03		
Плоскорізний, 25–27 см	0–10	15,3 ± 2,71	1,23 ± 0,08	2,61	1,60
	10–20	15,7 ± 1,23	1,34 ± 0,04		
Плоскорізний, 10–12 см	0–10	14,8 ± 2,29	1,29 ± 0,05	Стік відсутній, тому середня інтенсивність впитування за 30 хв близько 2,08 мм/хв	
	10–20	16,6 ± 2,14	1,39 ± 0,03		

Додаток М

Розрахунок затрат на вирощування кукурудзи на зерно

Обробіток і удобрення	Затрати, грн/га						
	насіння	паливно-мастильні матеріали	добрива	хім .препарати	зарплата	інші витрати	всього
Традиційна, за полицевої оранки на 25–27 см							
Без добрив (контроль)	350	139	-	420	93	48	1050
Гній 40 т/га + $N_{110}P_{90}K_{90}$	350	280	762	420	171	48	2031
Солома 4 т/га + сидерати + $N_{110}P_{90}K_{90}$	350	191	392	420	134	48	1535
Ґрунтозахисна, за плоскорізного обробітку на 25–27 см							
Без добрив (контроль)	350	118	-	420	97	43	1028
Гній 40 т/га + $N_{110}P_{90}K_{90}$	350	258	762	420	153	43	1986
Солома 4 т/га + сидерати + $N_{110}P_{90}K_{90}$	350	171	392	420	143	43	1519
Ґрунтозахисна, за плоскорізного обробітку на 10–12 см							
Без добрив (контроль)	350	103	-	420	82	39	994
Гній 40 т/га + $N_{110}P_{90}K_{90}$	350	247	762	420	143	39	1961
Солома 4 т/га + сидерати + $N_{110}P_{90}K_{90}$	350	163	392	420	127	39	1491

Додаток Н

Розрахунок затрат на вирощування кукурудзи на силос

Обробіток і удобрення	Затрати, грн/га						
	насіння	паливно-мастильні матеріали	добрива	хім.препарати	зарплата	інші витрати	всього
Традиційна, за полицевої оранки на 25–27 см							
Без добрив (контроль)	300	139	-	280	83	35	837
Післядія гною 40 т/га + $N_{110}P_{90}K_{90}$	300	159	322	280	103	35	1199
Післядія соломи 4 т/га + сидерати + $N_{110}P_{90}K_{90}$	300	150	322	280	94	35	1181
Ґрунтозахисна, за плоскорізного обробітку на 25–27 см							
Без добрив (контроль)	300	118	-	280	80	28	806
Післядія гною 40 т/га + $N_{110}P_{90}K_{90}$	300	148	322	280	93	28	1171
Післядія соломи 4 т/га + сидерати + $N_{110}P_{90}K_{90}$	300	128	322	280	85	28	1143
Ґрунтозахисна, за плоскорізного обробітку на 10–12 см							
Без добрив (контроль)	300	103	-	280	62	26	771
Післядія гною 40 т/га + $N_{110}P_{90}K_{90}$	300	123	322	280	86	26	1137
Післядія соломи 4 т/га + сидерати + $N_{110}P_{90}K_{90}$	300	118	322	280	80	26	1126

Додаток П

Розрахунок затрат на вирощування озимої пшениці

Обробіток і удобрення	Затрати, грн/га						
	насіння	паливно-мастильні матеріали	добрива	хім .препарати	зарплата	інші витрати	всього
Традиційна, за полицевої оранки на 20–22 см							
Без добрив (контроль)	113	105,3	-	32	76	35	361
Післядія гною 40 т/га + $N_{60}P_{40}K_{40}$	113	126,8	322	32	98	35	726
Післядія соломи 4 т/га + сидерати + $N_{60}P_{40}K_{40}$	113	165,0	322	32	108	35	775
Ґрунтозахисна, за плоскорізного обробітку на 20–22 см							
Без добрив (контроль)	113	79	-	32	61	28	313
Післядія гною 40 т/га + $N_{60}P_{40}K_{40}$	113	94	322	32	78	28	667
Післядія соломи 4 т/га + сидерати + $N_{60}P_{40}K_{40}$	113	126	322	32	90	28	711
Ґрунтозахисна, за плоскорізного обробітку на 10–12 см							
Без добрив (контроль)	113	73,0	-	32	59	26	303
Післядія гною 40 т/га + $N_{60}P_{40}K_{40}$	113	88,0	322	32	76	26	657
Післядія соломи 4 т/га + сидерати + $N_{60}P_{40}K_{40}$	113	120	322	32	88	26	701

ДЛЯ НОТАТОК

-

ДЛЯ НОТАТОК

-

Бережняк Є.М.

Екологічна оцінка водно-ерозійних процесів на ґрунтах Правобережного Лісостепу України: Монографія. – Національний університет біоресурсів і природокористування України. – К.: _____, 2014. – 264 с.

ISBN _____

У монографії наведено результати досліджень вивчення протиерозійної стійкості чорноземів типових та сірих лісових ґрунтів на схилових агроландшафтах Правобережного Лісостепу України, а також прояви водної ерозії на певній території лісової екосистеми Голосієва. Охарактеризовано напрями мінімізації водно-ерозійних процесів за допомогою агротехнічних і гідротехнічних споруд. Показано еколого-економічні збитки внаслідок дії водної ерозії на зазначених об'єктах.

Монографія може бути корисною для студентів, аспірантів та фахівців агрономічного та екологічного профілю.

УДК 502.6:631.459:631.4
ББК

ISBN

© Бережняк Є.М., 2014