



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ



НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР
«ІНСТИТУТ ҐРУНТОЗНАВСТВА ТА АГРОХІМІЇ імені О.Н. СОКОЛОВСЬКОГО»

*100-річчю Національної академії аграрних наук України
присвячується*

АДАПТАЦІЯ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ДО ЗМІН КЛІМАТУ: ҐРУНТОВО-АГРОХІМІЧНІ АСПЕКТИ

За науковою редакцією:

С.А. Балука –

доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка НААН

В.В. Медведєва –

доктора біологічних наук, професора, академіка НААН

Б.С. Носка –

доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка НААН

Харків-2018

УДК 631.4:631.5:631.6:631.8:631.95
A28

Рецензенти:

Д.Г. Тимоченко - доктор сільськогосподарських наук, професор
Г.М. Господаренко - доктор сільськогосподарських наук, професор
В.П. Тим - доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кор. НААН

A28 Адаптація агротехнологій до змін клімату: ґрунтово-агрохімічні аспекти / за наук. ред. С.А. Балика, В.В. Медведєва, Б.С. Носка.
Харків: Стильна типографія, 2018. 364 с.

ISBN 978-617-7602-31-5

В монографії узагальнено результати досліджень динаміки змін кліматичних показників (температури повітря і кількості опадів) за 60-ти річний період (кінець XX і початок XXI століття) по агроґрунтовим зонам України; аналізовано головні чинники впливу підвищених температур на водні і фізичні властивості ґрунтів; обґрунтовано оптимальні параметри агротехнічних заходів для зменшення ризику недостатнього зволоження ґрунтів (системи обробітку, структура посівних площ, зрошення, внесення добрив на використання вологи ґрунту) і підвищення стійкості землеробства; зроблено аналіз та оцінку методів управління балансом вуглецю в агроєкосистемах в контексті його деponування та підходів до регулювання; встановлено закономірності динаміки економічних показників землеробства в умовах глобальних змін клімату.

Видання призначено для співробітників наукових установ, викладачів, студентів і аспірантів, а також для керівників і спеціалістів господарств різних форм власності.

За науковою редакцією:

С.А. Балика - доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка НААН
В.В. Медведєва - доктора біологічних наук, професора, академіка НААН
Б.С. Носка - доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка НААН

*Рекомендовано до друку Вченою радою ІНПЗ
«Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Сокільського»
(протокол № 8 від 06 серпня 2018 р.)*

УДК 631.4:631.5:631.6:631.8:631.95
A28

ISBN 978-617-7602-31-5

© Національний науковий центр «Інститут
ґрунтознавства та агрохімії
імені О.Н. Сокільського», 2018



NATIONAL ACADEMY OF AGRARIAN SCIENCES OF UKRAINE



NATIONAL SCIENTIFIC CENTER
"INSTITUTE FOR SOIL SCIENCE AND AGROCHEMISTRY RESEARCH
named after O.N. SOKOLOVSKY"

*dedicated to the 100th anniversary of the National Academy
of Agrarian Sciences of Ukraine*

**ADAPTATION OF AGROTECHNOLOGIES
TO CLIMATE CHANGE:
SOIL-AGROCHEMICAL ASPECTS**

Edited by:

S.A. Balyuk –
Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of NAAS
V.V. Medvedev –
Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of NAAS
B.S. Nosko –
Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of NAAS

Kharkiv-2018

Reviewers:

B.G. Tykhonenko - Doctor of Agricultural Sciences, Professor

G.M. Hoshcharenko - Doctor of Agricultural Sciences, Professor

P.P. Tkach - Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Corresponding Member of NAAS

A28 Adaptation of Agrotechnologies to Climate Change: Soil-Agrochemical Aspects / by sci. ed. S.A. Baluk, V.V. Medvedev, B.S. Nosko. Kharkiv: «Stylsh printing houses», 2018. 364 p.

ISBN 978-617-7602-31-5

The monograph summarizes the results of research on the dynamics of changes in climatic parameters (air temperature and rainfall) over the 60-year period (the end of the XX and the beginning of the XXI centuries) in the agro-soil zones of Ukraine; the main factors of the negative influence of elevated temperatures on water and physical properties of soils are revealed; the optimal parameters of agrotechnical measures for the reduction of the risk of insufficient soil moisture (cultivation systems, structure of crops, irrigation, fertilizer influence on the use of soil moisture) and increase of agricultural stability are substantiated; the analysis and estimation of methods for managing carbon balance in agroecosystems in the context of its deposition and regulatory approaches; the regularities of the dynamics of economic indicators of agriculture in conditions of global climate change are established.

The publication is intended for employees of scientific institutions, teachers, students and graduate students, as well as for managers and specialists of farms of different forms of ownership.

Edited by:

S.A. Baluk - Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of NAAS

V.V. Medvedev - Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of NAAS

B.S. Nosko - Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of NAAS

It is recommended for publication by the decision of the Scientific Council of the NSC ISSAR (protocol No. 8 of August 8 2018)

UDC: 631.4:631.5:631.6:631.8:631.95

A28

ISBN 978-617-7602-31-5

© National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky"

У підготовці монографії взяли участь науковці та фахівці:

Національної академії аграрних наук України – Довгалик Є.В.

Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколівського» – Батюк С.А., Медведєв В.В., Носко Б.С., Фатєєв А.І., Мірошніченко М.М., Лісовий М.В., Цатко Ю.Л., Скрипник Є.В., Соловей В.В., Лісков І.В., Ласкімова Т.М., Кучер А.В., Захарова М.А., Воронішчева Л.І., Носченко О.А., Гладік С.Ю., Сабурк Л.П., Доганко О.В., Шевченко М.В., Гавриленко В.А., Кутова А.М., Мамонт Г.Ф., Сидоренко М.М., Білізнь І.І., Артем'єва К.С., Москаленко В.П., Товстий Ю.М., Потірий М.А.

Поліської дослідної станції Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколівського» – Гаврилик В.А.

Українського гідрометеорологічного інституту ДСНС України та НАН України – Балабук В.О., Матишук Л.В., Ляриченко О.В.

ДУ «Інститут зернових культур НААН» – Черненко А.В., Шевченко М.С., Чабан В.І., Девяченко Л.М., Ляриченко Ф.А., Подобед О.Ю.

Інституту зрошуваного землеробства НААН – Вожегова Р.А., Мамчук М.П., Морозов О.В., Писаренко П.В., Бідина І.О., Котляр В.В.

ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет» – Морозов В.В., Пичура В.І., Бєлішук Н.В.

Миколаївського національного аграрного університету – Гаманюкова В.В.

Наукові редактори монографії висловлюють глибоку вдячність всім авторам, які відгукнулися на запрошення взяти участь у підготовці цієї книги і надати фактичну інформацію для більшої розділі.

Окрема подяка рецензентам: докторам сільськогосподарських наук, професорам Д.Г. Тихоненку, Г.М. Господаренку, В.П. Ткачу за цінні поради і пропозиції та позитивну оцінку монографії.

Будемо вдячні за зауваження й пропозиції щодо подальшого вирішення проблем єдиний ґрунтознавчих агротехнологій до змістів книги. Своєї відгуку просимо надіслати за адресою: ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколівського», вул. Чкаловська, 4, м. Харків, 61024; E-mail – nsc.issar@gmail.com

3.3 ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ ПОСІВНИХ ПЛОЩ І СИСТЕМИ СІВОЗМІН

В Україні стабільність функціонування сільськогосподарського комплексу значною мірою залежить від кліматичних умов та їх коливань. Протягом XX століття в основних районах виробництва зерна зростає посушливість клімату. Останні 20-30 років виявились найбільш теплими, внаслідок чого тривалість вегетаційного періоду переважної частини вирощуваних культур збільшилась на 3-7 днів. Але при цьому збільшилась повторюваність та інтенсивність літніх посух. Помітно змінюється і зимові умови, зокрема, підвищилась кількість аномально теплих зим, які характеризуються зменшенням висоти снігового покриву, пов'язаним з підвищенням температури повітря взимку, і супроводжувались зменшенням зимових опадів та частими відлигами (Н.Ф. Бобылев, 2006).

Такі зміни мають глобальний характер і серед прогнозів, що стосуються наслідків глобального потепління, слід виділити ті, що найбільше можуть вплинути на аграрну галузь України. Так, підвищення рівня світового океану внаслідок танення льодовиків і полярного льоду приведе до затоплення низинних приморських районів, що обумовить скорочення площ ґрунтів в Одеській, Миколаївській, Херсонській, Запорізькій, Донецькій областях. Разом з тим, зменшення кількості опадів та зміни гідрологічного режиму прискорять процеси аридазації та опустелювання, що підтверджується збільшенням площі Олешківських пісків, єдиної пустелі на території Європи, яка знаходиться на території Херсонської області. Внаслідок опустелювання відбуваються незворотні зміни ґрунтового і рослинного покриву посушливої території, зменшується біологічна продуктивність рослин. Загалом, воно сприяє зниженню або руйнуванню біологічного потенціалу регіону. Наслідком небажаних змін стану ґрунтин та ґрунтово-кліматичних агроєкосистем є прискорена деградація ґрунтів, збільшення ризику ведення сільськогосподарського виробництва. Як наслідок глобального потепління клімату, відбудеться зменшення зони ризикованого землеробства на північ (за існуючими прогнозами принаймні на 200-350 км). Суттєво розшириться територія степової зони. Але площа районів з частими посухами в степовій і лісостеповій зонах, де зосереджена переважна частина аграрного виробництва, може зрости в 1,8 рази (Н.Ф. Бобылев, 2006; К. Флавін та ін., 2002).

За прогнозами, в найближчі 10-20 років унаслідок змін клімату відбудеться значний ріст температур – на 6-8°С взимку й на 4-5°С влітку. Вологозабезпеченість сільськогосподарських культур у літній період знизиться, за рахунок чого загальна біологічна продуктивність може зменшитися на 10-20 %, (стосовно окремих культур і на 30-40 %). Тому в сільському господарстві підвищується небезпека зменшення врожайності внаслідок більшої частоти й повторюваності посух і підвищення посушливості клімату загалом. У таких умовах найбільшу продуктивність можуть забезпечувати рис і кукурудза на зерно, а також озима пшениця, що вирощуються в зрошуваних умовах – без зрошення найякші врожаї дають ярі пшениця і ячмін, зернобобові культури (Н.Ф. Бобылев, 2006; К. Флавін та ін., 2002).

При вирішенні проблем адаптації сільського господарства до кліматичних змін і підвищення стабільності виробництва слід діяти комплексно. Серед основних заходів, що необхідно впроваджувати, слід виділити: заходи з боротьби з посухою, запобігання подальшій ерозії ґрунтів, розробка ґрунтозахисних і вологозберіжних технологій, мінімізація техногенного впливу на ґрунти, оптимальні сівозміни з чистими парами, агролісомеліорація, широке застосування традиційних і нетрадиційних органічних добрив, консервація і виведення з інтенсивної господарської експлуатації найбільш деградованих сільськогосподарських ґрунтів, селекція нових посухостійких сортів і гібридів та ін. У цих умовах також вкрай необхідна ефективна державна підтримка товаровиробників, зразком якої можуть бути закони, що функціонують в Єврозоні (С.А. Балюк, В.В. Медведєв, 2012).

Відомо, що за ґрунтово-кліматичним потенціалом Україна може бути провідною аграрною країною – адже близько 60 % усієї української ріллі займають чорноземи – найбільш родючі ґрунти світу. Але зміни клімату, на фоні яких триває економічна криза, обумовлюють прискорення деградації українських чорноземів. Глобальне потепління клімату поглиблює явища деградації в ґрунті: відбувається зменшення вмісту гумусу, руйнування структури та зниження родючості внаслідок процесів водної та вітрової ерозії, дегуміфікації, декарбонізації, переувільнення верхнього шару під дією сільськогосподарської техніки, порушення агротехніки,

забур'яненості, недостатнього і незбалансованого застосування мінеральних та органічних добрив, забруднення токсичними речовинами. Загалом такі процеси ведуть до порушення екологічної рівноваги ґрунтового покриву і погіршення стану агроценозів у цілому (М.К. Шинкула, 2001).

В Україні ґрунтовий покрив експлуатується дуже інтенсивно: на початок ХХІ століття в Україні сільськогосподарські угіддя займали 41 862 тис. га (72,3 % загальної території суші країни). Під ріллею перебувало 57,5% загальної площі, або 79,5 % площі сільськогосподарських угідь, що становить 33 291,2 тис. га. У розрахунку на душу населення площа сільськогосподарських угідь в Україні становила близько 0,83 га, а площа ріллі — близько 0,66 га. І наслідки такого становища дуже погані: 10,2 млн га орних земель підпадає під дію водної, 5,0 млн га — вітрової ерозії, 10 млн га мають надмірну кислотність. Площа ґрунтів, що можуть бути зруйновані ерозією, досягла 17,0 млн га. Ґрунти щорічно втрачають до 500 млн т маси (це до 24 млн т гумусу, 0,964 млн т азоту, 0,678 млн т фосфору, 9,4 млн т калію), що веде як до зниження родючості, так і до зниження урожайності вирощуваних культур на 20-60% (М.К. Шинкула, 2001).

Серед процесів деградації ґрунтів у зоні Степу, які потребують особливої уваги, слід виділяти: ерозійне зниження потужності верхнього гумусового шару; прискорення темпів мінералізації гумусу в орному шарі з наступним руйнуванням агрономічно цінної структури та погіршенням агрофізичних властивостей ґрунтів, а також вторинне осолонювання, засолення і підтоплення зрошуваних земель (Є.М. Лебідь, 2004).

Досягнення аграрної науки дозволяють значною мірою протистояти розвитку таких негативних явищ. На сьогоднішній день розроблені основні наукові засади функціонування сучасної системи землеробства. Дуже важливим є виконання організаційно-господарських заходів, серед яких першочерговим є раціональне розміщення земельних угідь різного господарського призначення. Оптимальним показником тут є співвідношення дестабілізуючих факторів (рілля, сади) до стабільних (природні кормові угіддя, ліси, лісосмуги), що має не перевищувати одиниці. Це означає необхідність зменшення розораності території для степової зони України на 40-50 % від загальної площі (Є.М. Лебідь, 2005).

Наступним незамінним заходом є формування оптимальної науково обґрунтованої структури посівних площ відповідно до спеціалізації та концентрації виробництва аграрної продукції у певному регіоні з урахуванням зміни природних умов, біологічних особливостей сільськогосподарських культур та матеріально-технічних можливостей конкретних виробників (Л.М. Десятник, 2013; І.А. Шувар, 2014). Параметри такої структури розробляються науковими установами разом з Кабінетом Міністрів України з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов і особливостей спеціалізації виробництва в кожній кліматичній зоні України (табл. 3.3.1).

3.3.1. Рекомендована структура посівних площ для аграрних господарств зони Степу, %

(затверджено постановою № 164 Кабінету Міністрів України від 11.02.2010 р.)

Регіон	Зернові і зерно-бобові	Технічні			Картон-ла і олійно-багаторіч-ні культури	Кормові		Чорний пар
		всього	ріпак	соявишник		всього	в т.ч., багаторіч-ні трави	
Північно-степовий	45-80	10-30	5-10	10-12 (15-20)*	1-2	10-40	10-15	8-15
Південно-степовий	40-80	5-35	5-10	12-15 (20-25)*	1-2	10-40	8-14	10-20

Примітка: * можливе, але небажане розширення площі посівів соя/вишні за умови стабілізації лідротвердості ґрунту і повного виконання агрозахисних заходів технології вирощування

Впровадження структури посівів має базуватись на раціонально побудованих сівозмінах, які є одним з основних факторів, що забезпечують ефективне функціонування системи землеробства в цілому. Сівозміни є основою стабільності землеробства, тут створюються більш сприятливі умови для нормального розвитку агробіоценозу, найважливішою складовою якого є культурні рослини. Вони позитивно впливають на всі важливі ґрунтові режими, насамперед, поживний і водний, сприяють активній утилізації продуктів розпаду пестицидів, інших токсичних речовин. Фітосанітарна функція сівозміни дозволяє зменшувати обсяги застосування хімічних засобів захисту рослин (М.С. Шевченко, 2016; Я.М. Гадзало, 2017).

Сівозміни різних типів (польові, кормові, ґрунтозахисні та інші) розміщують з урахуванням еколого-технологічної категорії земель. Зернопарові та зернопросапні сівозміни з великою часткою просапних культур та наявністю парів розміщують на рівних полях і схилах до 3°. Ґрунтозахисні зерно-трав'яні та трав'яно-зернові сівозміни з великою часткою культур суцільної сівби, багаторічних трав, з мінімальною кількістю або відсутністю парів розміщують на схилах від 3 до 7°. На землях з ухилом більше 7° сівозміни можна розміщати лише за умови, якщо частка багаторічних трав у них буде не нижчою, ніж 75-80 % (М.С. Шевченко, 2015).

Наукові принципи побудови сівозмін – польових, кормових і спеціальних – передбачають правильний добір попередників та оптимальне послідовність культур із дотриманням допустимої періодичності їх повернення на одне й те ж поле. Тривалість ротації сівозміни зумовлює культура, яка має найдовший період повернення на попереднє місце в сівозміні. В сучасному аграрному виробництві мають ефективно використовуватись як багатопільні (7-9 полів), так і короткоротаційні (3-6 полів) сівозміни. Перші краще впроваджувати в господарствах з великою кількістю орних ґрунтів (у декілька тисяч гектарів), другі – в менших за площею і фермерських господарствах (Є.М. Лебідь, 2004).

Застосування сівозмін позитивно впливає на регулювання водного режиму за рахунок економічного використання продуктивної вологи і дозволяє раціональніше використовувати біокліматичний потенціал регіону (П.І. Бойко, 1990; Є.М. Лебідь та ін., 1992; Є.М. Лебідь та ін., 2002; Є.М. Лебідь та ін., 2000; Є.М. Лебідь та ін., 2010). Тому важливим напрямком розвитку та вдосконалення систем землеробства в умовах глобальних змін клімату є розробка, дослідження і впровадження ґрунтозахисних і екологічно спрямованих сівозмін, які б забезпечували високий рівень виробництва рослинницької продукції, при ефективному використанні ґрунтових і ландшафтно-біологічних факторів, традиційних і нетрадиційних органічних добрив та раціональному застосуванні агрохімікатів.

Протягом 2011-2016 рр. у зоні Північного Степу на Єрастівській дослідній станції (ДУ Інститут зернових культур) у ґрунті посівів культур трьох 8-пільних сівозмін проводилися дослідження динаміки продуктивної вологи, які дозволяли виявити її основні закономірності, а також встановити баланс продуктивної вологи в ґрунті сівозмін залежно від систем удобрення.

Досліджувалися такі сівозміни: зерно-паропросапна (чорний пар – озима пшениця – кукурудза на зерно – соя – ячмінь – горох – озима пшениця – сояшник), зерно-просапна (зайнятий пар – озима пшениця – кукурудза на зерно – соя – ячмінь – горох – озима пшениця – сояшник), зерно-трав'яно-просапна (сидеральний пар – озима пшениця – кукурудза на зерно – ячмінь + люцерна – люцерна – люцерна – озима пшениця – сояшник) та чотири системи удобрення ґрунту в сівозміні (внесено на гектар сівозмінної площі з урахуванням агрохімічної діагностики): 1 – без добрив (контроль); 2 – органічна (ґній 12,5 т); 3 – органічно-мінеральна (ґній 7,5 т/га + $N_{25}P_{21}K_{15}$); 4 – мінеральна $N_{35}P_{45}K_{45}$.

Найбільш важливою продовольчою культурою Степу є озима пшениця, яку для отримання максимального врожаю необхідно вирощувати після кращих попередників із застосуванням оптимальної системи удобрення ґрунту. В досліджуваних сівозмінах пшениця розміщена після чорного, зайнятого, сидерального парів, гороху та люцерни.

Рівень урожайності озимої пшениці значною мірою визначається запасами продуктивної вологи, яка накопичується в шарі ґрунту 0-20 см на час проведення сівби, адже для отримання повних дружинних сходів тут має міститись не менше, ніж 20 мм доступної рослинам вологи (Г.Р. Пікуш, 1977; Д.Ф. Проценко и др., 1975). У попередніх дослідженнях (1991-2016 рр.) встановлено, що вміст продуктивної вологи в ґрунті поля чорного пару в цьому шарі складав 20-25,2 мм, після зайнятого та сидерального пару – 16,6-21,4; люцерни та гороху – 14,8-20,9; кукурудзи на силос – 12,2-18,7 мм.

Протягом вегетації найсприятливіший водний режим для росту і розвитку рослин озимої пшениці в шарі 0-150 см спостерігався в ґрунті поля чорного пару, що і забезпечило отримання максимальних показників урожайності зерна 5,54-6,28 т/га залежно від системи удобрення (табл. 3.3.2).

3.3.2. Динаміка вмісту продуктивної води в ґрунті посівів озимої пшениці в шарі ґрунту 0-150 см залежно від попередників та системи удобрення, мм, (середні за 2011-2017 рр.)

Система удобрення ґрунту в сівозміні	Час визначення вмісту води в ґрунті	Попередники			
		чорний пар	зайнятий пар	сидеральний пар	горох
Без добрив	сівба озимої пшениці	202	121	128	126
	відновлення вегетації	221	215	213	210
	збирання озимої пшениці	79	80	65	58
Органічна	сівба озимої пшениці	200	117	123	127
	відновлення вегетації	223	220	216	212
	збирання озимої пшениці	78	77	68	56
Органомінеральна	сівба озимої пшениці	195	107	118	122
	відновлення вегетації	218	214	209	212
	збирання озимої пшениці	71	78	62	52
Мінеральна	сівба озимої пшениці	196	108	110	118
	відновлення вегетації	212	208	213	215
	збирання озимої пшениці	71	70	58	50

При визначенні рівня вологозабезпечення посівів озимої пшениці після гороху, зайнятого і сидерального парів виявилось, що вони мають досить близькі показники (в середньому на 18-21 % менше, ніж по чорному пару). Урожайність озимої пшениці після цих попередників складала 4,82-5,66 т/га.

Найбільш напружений режим забезпечення водою відмічений для посівів, що розміщені по люцерні, де під час сівби пшениці води містилось у 2,7 рази менше, ніж у полі чорного пару. На час відновлення вегетації запаси води поповнювались по всіх попередниках, але по люцерні продуктивної води було на 5-9,5% менше, ніж по інших попередниках. Разом з тим, слід відмітити, що після люцерни – внаслідок поповнення ґрунту органічною речовиною – в удобренних варіантах отримано досить високий урожай пшениці – 4,22-4,87 т/га.

Дослідження, проведені протягом двох ротаций сівозмін (1990-2006 рр.) дозволили зробити висновок, що найменші запаси продуктивної води в ґрунті впродовж вегетації пшениці відмічені в посівах, розміщених після кукурудзи на силос, що значною мірою пояснює і найнижчу урожайність саме по цьому попереднику (3,7-4,58 т/га).

Кукурудза на зерно в сівозмінах розміщена після озимої пшениці. В період сівби (табл. 3.3.3) більші запаси продуктивної води в шарі 0-50 см, накопичились у полі, розміщеному у зерно-паропросапній (у середньому 67,2 мм) та у зерно-просапній сівозмінах (64,2 мм); у зерно-трав'яно-просапній дещо менше – 58,5 мм.

3.3.3. Динаміка продуктивної води в посівах кукурудзи на зерно залежно від сівозмін та системи удобрення, мм (середні за 2011-2017 рр.)

Сівозміна	Система удобрення ґрунту в сівозміні	Перед сівбою		Перед збиранням	
		0-50	0-150	0-50	0-150
Зерно-паропросапна	1	70	208	25	62
	2	68	203	22	60
	3	65	201	20	55
	4	66	209	20	55
Зерно-просапна	1	66	209	21	60
	2	65	197	21	60
	3	62	190	20	56
	4	64	186	16	55
Зерно-трав'яно-просапна	1	62	177	21	66
	2	60	176	21	64
	3	57	167	19	61
	4	55	164	17	60

Примітка. Системи удобрення ґрунту в сівозміні: 1 – без добрив (агрополь); 2 – органічна; 3 – органічно-мінеральна; 4 – мінеральна.

У всьому кореневмістному шарі (0-150 см) зерно-паропросапної сівозміни продуктивної води в цей період було 200-208 мм (залежно від системи удобрення ґрунту); в зерно-просапній сівозміні 186-200, а в зерно-трав'яно-просапній менше – 164-177 мм.

На час збирання кукурудзи запаси продуктивної води в шарі ґрунту 0-50 см дещо кращими виявились при її розміщенні в зерно-паропросапній сівозміні (в середньому 21,75 мм).

У шарі ґрунту 0-150 см вміст продуктивної вологи змінювався незначно, коливаючись в межах 55-64 мм залежно від системи удобрення ґрунту.

Серед систем удобрення меншими витратами вологи визначались варіанти без удобрення та з органічною системою (на 5-9% порівняно з органомінеральною або мінеральною системами удобрення), що пов'язано з формуванням більшого врожаю цієї культури на фоні двох останніх систем – у середньому на 0,4-0,6 т/га.

Урожайність кукурудзи не мала математично підтвердженої залежності від впливу передпосівного (чорний, зайнятий або сидеральний пар). В удобрених варіантах за роки дослідів вона коливалась в межах 5,6-7,4 т/га.

У посівах ярого ячменю відмічені аналогічні закономірності. Так, під час сівби краще забезпеченими вологою виявлялись посіви, розміщені в зерно-паропросапній сівозміні – в середньому 72 мм у шарі ґрунту 0-50 см – (за рахунок позитивного впливу чорного пару на вологозабезпеченість усіх культур сівозміни). Але загалом різниця в запасах вологи була невеликою (в межах 10-12 мм), тому що поповнення ґрунту вологою протягом осінньо-зимового періоду відбувалось майже рівномірно в полях, розміщених у різних сівозмінах.

Найбільші витрати вологи на формування врожаю ячменю відмічені в зерно-трав'яно-просапній сівозміні (на 7-10% більше, ніж у зерно-паропросапній), де ячмінь за схемою дослідів вирощувався з підсівом люцерни. Під час збирання врожаю ячменю відмічена тенденція до дещо меншого вмісту продуктивної вологи в ґрунті варіантів з мінеральною системою удобрення.

За роки досліджень ячмінь в удобрених варіантах дослідів формувалася урожайність на рівні 2,26-3,70 т/га. Дещо більший урожай зібрано при вирощуванні ячменю на фоні мінеральної системи удобрення (в межах 15-19% порівняно з вирощуванням на фоні органічної системи удобрення).

Під час сівби соняшнику, розміщеного після озимої пшениці, більший вміст продуктивної вологи був характерним для ґрунту зерно-паропросапної та зерно-просапної сівозмін (у середньому 63-66 мм у шарі ґрунту 0-50 см, що на 8-11% більше, ніж у зерно-трав'яно-просапній

сівозміні). В період збирання урожаю в шарі 0-50 см запаси вологи були майже однаковими, а в шарі 0-150 см дежа перевага зерно-паропросапної сівозміни зберігалась – 42 мм проти 34 мм у зерно-трав'яно-просапній сівозміні. В середньому по всіх варіантах дослідів урожай насіння соняшнику в зерно-паропросапній та зерно-просапній сівозмінах склав 3,21 і 3,14 т/га, а в зерно-трав'яно-просапній 2,93 т/га.

Як під час сівби, так і в період збирання цієї культури менша кількість вологи залишалась у ґрунті, в який вносились мінеральні або органомінеральні добрива – саме тут сформувалася вищий урожай соняшнику: 3,22-3,54 т/га проти 2,6-2,9 т/га на контролі.

Під час сівби вміст продуктивної вологи в ґрунті під посівами гороху в різних сівозмінах був практично однаковим (у середньому 66 мм у шарі 0-50 см). Вміст вологи в ґрунті варіантів з мінеральною або органомінеральною системами удобрення був дещо нижчим, ніж на контрольному варіанті без внесення добрива або на варіанті з органічною системою удобрення. Це пов'язано з тим, що на фоні мінеральної або органомінеральної систем удобрення попередні культури сівозміни формували більш високий урожай, що обумовлювало і більші витрати вологи. А в період осінньо-зимового накопичення вологи різниця між ділянками з різними системами удобрення повністю не ліквідовувалась.

Урожайність гороху значною мірою залежала від погодних умов. У середньому за роки досліджень горох формувал невисокий урожай – 2,02 т/га (з коливанням від 0,96-1,15 т/га в 2017 р. до 2,90-3,46 в 2016 р.). Спостерігалась тенденція до збільшення урожаю при застосуванні органомінеральної або мінеральної систем удобрення. На формування одиниці врожаю гороху більш економічно витрачалась волога з ґрунту з органомінеральною або мінеральною системами удобрення.

Під час сівби сої в шарі ґрунту 0-50 см в обох сівозмінах, де вона розміщена (зерно-паропросапній і зерно-просапній), містилась майже однакова кількість продуктивної вологи – 63-68 мм. На період збирання сої в шарі ґрунту 0-50 см вологи було 14-19 мм, а в шарі 0-150 см – 43-57 мм. Запаси вологи протягом усієї вегетації незначно нижчими (на 3-5 і 8-10 мм) були в ґрунті з органомінеральною або мінеральною системами удобрення.

На формування урожаю сої значною мірою впливали погодні умови. Вислідом дії літньої посухи в середньому за 2011-2015 р. було отримано низький і практично однаковий урожай (в межах 1,5-1,98 т/га). У вологіші роки спостерігалась тенденція до підвищення рівня урожайності на варіантах із підвищеним рівнем удобрення – в середньому на 13-15 %.

У ґрунті, відведеному під посіви люцерни, перед сівом цієї культури запаси продуктивної вологи в шарі 0-50 см незначно вищими були на варіантах без добрив та з органічною системою удобрення (73-76 мм проти 69-71 мм на інших варіантах). Аналогічна залежність спостерігалась протягом усієї вегетації люцерни як першого, так і другого року використання.

Слід відмітити, що на другий рік вирощування люцерни вміст продуктивної вологи в ґрунті знижувався на 17-20 мм, тобто повного відновлення запасів вологи, витрачених на ріст і розвиток рослини люцерни в перший рік використання, не відбувалось. Таке ж явище спостерігалось і в період збирання: на другий рік використання люцерни ґрунт (у шарі 0-150 см) під її посівами містив на 45-50 мм менше вологи, ніж у перший рік.

У полі пади, зайнятого вісько-вино-гороховою сумішкою, як у шарі ґрунту 0-50 см, так і в шарі 0-150 см у період сіва спостерігалась тенденція до зменшення вмісту вологи на варіантах з мінеральною та органічно-мінеральною системами удобрення, ця закономірність зберігалась протягом усієї вегетації.

Аналогічні закономірності характерні і для ґрунту під посівами редьки олійної в сидеральному парі.

Проведені дослідження дозволили скласти баланс продуктивної ґрунтової вологи в досліджуваних сівозмінах залежно від систем удобрення (табл. 3.3.4).

Отримані результати демонструють, що незалежно від кількості атмосферних опадів, накопичення продуктивної вологи в півтораметровому шарі ґрунту, передусім, визначалося структурою посівних площ у сівозміні. Чим вищий відсоток зернових культур, тим більше накопичувалося вологи (сівозміни 1 та 2). Така закономірність спостерігалась незалежно від системи удобрення ґрунту в сівозміні.

3.3.4. Баланс продуктивної вологи в ґрунті сівозмін залежно від систем удобрення та основного обробітку ґрунту в середньому за 2011-2017 рр.

Сівозміна	Варіанти систем удобрення	Сумарний урожай в перерахунку на сушу, т/га		Запас вологи в шарі 0-150 см, мм		Сумарні витрати вологи, мм	Сумарні витрати вологи на одиницю врожаю, т
		при сіві	при збиранні	при сіві	при збиранні		
Зерно-паро-просапна (1)	1	6,42	204	75	329	30,76	
	2	7,22	201	73	331	45,82	
	3	7,42	197	71	327	44,15	
	4	7,65	186	67	325	42,52	
Зерно-просапна (2)	1	6,46	200	60	334	51,72	
	2	7,03	196	58	334	47,60	
	3	7,52	194	56	326	43,35	
	4	7,50	188	56	323	43,07	
Зерно-трав'яно-просапна (3)	1	5,64	188	58	313	53,83	
	2	5,96	185	57	302	50,59	
	3	6,14	180	54	301	48,94	
	4	6,14	175	50	295	48,78	

Примітка. * – Внесено на 1 га сівозміни: 1 – без добрив; 2 – 12,5 т гною; 4 – 7,5 т гною та $N_{50}P_{20}K_{20}$; 5 – $N_{50}P_{20}K_{20}$; 6 – $N_{50}P_{20}K_{20}$ та заповнення технічної продукції.

Залежно від системи удобрення спостерігалась незначна, але стійка тенденція підвищення вмісту вологи на варіантах із зменшенням рівня удобрення, що пояснюється більш високим рівнем залишкових запасів вологи в зв'язку з формуванням меншого врожаю, а тому і меншими витратами вологи.

Сумарні витрати вологи культурами за вегетаційний період у перерахунку на одиницю врожаю по досліджуваних сівозмінах відрізнялися не суттєво, і були максимальними в зерно-паро-просапній сівозміні (327-331 мм) і мінімальними в зерно-трав'яно-просапній сівозміні (295-313 мм). Сумарні витрати вологи залежно від системи удобрення були практично однаковими в межах сівозміни, але спостерігалась тенденція до їх зменшення на удобрених варіантах дослідів.

Сумарні витрати вологи на одиницю продукції виявлялися мінімальними і практично однаковими в зерно-паро-просапній та зерно-просапній сівозмінах (47,14 і 47,04 т), а максимальними в зерно-трав'яно-просапній сівозміні (51,7 т). Сумарні витрати вологи на одиницю вирощеного врожаю закономірно зменшувалися з підвищенням рівня удобрення варіантів.

Саме в зерно-паро-просапній та зерно-просапній сівозмінах вищим виявляється сумарний урожай у сівозміні в перерахунку на суху речовину (6,42-7,65 т проти 5,64-6,14 т в зерно-трапляно-просапній сівозміні).

Таким чином, в умовах північного Степу України включення до 8-пільної сівозміни поля чорного пару сприяє кращому волого-забезпеченню фактично всіх культур сівозміни і покращує баланс сівозміни в цілому. Близькою до зерно-паро-просапної за рівнем волого-забезпечення і урожайності виявилась зерно-просапна сівозміна. Найвищий рівень урожайності вирощуваних культур в таких сівозмінах забезпечували органіко-мінеральна і мінеральна системи удобрення ґрунту в сівозміні.

Важливою складовою ефективних сівозмін є оптимальна система удобрення ґрунту, яка має базуватись на агрохімічній діагностиці ґрунту та раціональному поєднанні застосування мінеральних і органічних добрив (як традиційних, так і альтернативних, зокрема, найбільш повного використання в якості добрив поживних решток попередньої культури). За умов повного освоєння зональних сівозмін у комплексі з іншими технологічними заходами можна підвищити продуктивність земель, забезпечивши при цьому відтворення родючості ґрунтів і збереження навколишнього середовища.

В забезпеченні ефективного функціонування галузі землеробства важливу роль відіграє відповідна система обробітку ґрунту в сівозміні. Вимогам сучасного землеробства Степу найбільш повно відповідає система диференційованого за способами різноглибинного обробітку ґрунту. Вона має бути адаптованою до зональних умов, динамічної, енерго- і вологозберезливою та природоохоронною, враховувати фітосанітарний стан полів і потенціал культур, забезпечувати підвищення родючості і продуктивності ріллі.

Отже, проявом глобальних змін клімату Землі в умовах Степу України, перш за все, є підвищення посушливості клімату, що обумовлює різкі порушення режиму вологозабезпечення сільськогосподарських культур, сприяє проявам ерозії і деградації ґрунту, як наслідок, негативно відбиваючись на урожайності вирощуваних культур.

У зоні Степу, яка була і є зоною ризикованого землеробства, головним лімітуючим фактором є вологозабезпеченість рослин.

Тут опади далеко не повністю забезпечують потреби сільськогосподарських культур. Реально забезпеченість вологою складає 60-70% від оптимальних показників. Степ – це зона, де агроекологічні умови нестабільні, а в окремі роки екстремально несприятливі для нормального розвитку і формування урожаю культурними рослинами (посухи повторюються практично кожні 2-3 роки). Тому особливого значення тут набуває обов'язкове дотримання науково обґрунтованої структури посівів, важливою складовою якої є наявність парового поля. Саме парове поле (при дотриманні вимог догляду за ним) сприяє накопиченню вологи, поживних речовин і є єдиним попередником, який гарантовано забезпечує посіви достатньою кількістю вологи в будь-яких погодних умовах (М.С. Шевченко та ін., 2015; Л.М. Десятник та ін., 2017).

Як свідчать показники урожайності пшениці озимої, в полі чорного пару отримано найвищий урожай зерна. Важливо ще й те, що чорний пар забезпечував найбільший урожай цієї культури не тільки в посушливі та середні за зволоженням роки, але навіть і в сприятливі за погодними умовами (табл. 3.3.5).

3.3.5. Урожайність пшениці озимої залежно від попередників (Ерастівська дослідна станція)

Попередники	Середнє за 2007-2012 рр., т/га		В тому числі:					
			роки низького урожаю (2009-2011)		роки середнього урожаю (2007, 2008, 2012)		рік найвищого урожаю (2007)	
	т/га	набір до урожаю по чорному пару, %	т/га	набір до урожаю по чорному пару, %	т/га	набір до урожаю по чорному пару, %	т/га	набір до урожаю по чорному пару, %
Чорний пар	4,22	-	5,72	-	2,71	-	2,11	-
Зайнятий пар	3,42	19,0	4,55	20,5	2,29	15,5	0,98	53,6
Горіх	3,12	26,0	4,23	26,0	2,00	26,2	1,12	47,0
Кукурудза на силос	2,53	40,0	3,55	38,0	1,65	55,3	0,75	64,5

Поле чорного пару позитивно впливає не лише на вологозабезпеченість наступної культури в сівозміні, але і на водний баланс сівозміни в цілому. Тому, хоча в тому році, коли поле є паруючим, господарство і не отримує з цього поля продукції, але саме парове поле сприяє поліпшенню фітосанітарного стану ґрунту, покращує забезпечення наступних культур вологою і є певною страховкою на випадок посухи.

Отже, враховуючи позитивну роль парового поля в сівозмінах Степу в умовах підвищення посушливості клімату, в структурі посівів північних районів Степу доцільно не менше 10 % площі відводити під чорний пар, у центральних районах ця цифра має складати 10-15 %, а в південних навіть 15-20 %.

Відомо, що озима пшениця в Степу за площею посівів та врожайністю займає провідне місце, це культура, яка добре реагує на дію попередників, тому 65-70 % її посівів треба розмішувати після сприятливих попередників, з них не менше 50-60 % - по чорних парах та по парах, зайнятих культурами, які рано заільнюють поле, і після збирання залишають у ґрунті достатній запас вологи, а також по сидеральних парах. Але перешкодою до виконання цієї рекомендації є недостатній розвиток тваринництва, який обумовлює катастрофічне скорочення площ, відведених під вирощування культур на зеленій корм та силос і цим збільшує набір попередників для озимої пшениці. У південній і північно-східній частині Степу значення чорного пару зростає ще більше, тому бажано більшу частину посівів цієї культури розмішувати по чорних парах.

Вивчено високу ефективність сидерального пару в богарних умовах Північного Степу. Так, у середньому за 2007-2014 рр. на фоні органіко-мінеральної або мінеральної системи удобрення ґрунту врожайність озимої пшениці по чорному пару складала 4,64-4,82 т/га; по сидеральному пару – 4,35-4,42; по вико-вівсяній суміші та по гороху на зерно – 4,23-4,32; по люцерні – 3,72-3,86; по кукурудзі на силос – 3,54-3,62 т/га. Ефективність сидерального пару значно збільшувалась у більш вологі роки, коли створювались кращі умови для розкладання заораного в ґрунт зеленого добрива. Але в посушливі роки врожай озимої пшениці по цьому попереднику не відрізнявся від урожаю по гороху та люцерні (Є.М. Лебідь, 2012).

Сьогодні внаслідок порушення структури попередників у північних та центральних районах Степу більше 30 % посівів озимої пшениці розміщується по непарових попередниках, серед яких кращими є зернобобові культури, одворічені та багаторічні трави. В посушливі роки висівати озиму пшеницю після непарових попередників недоцільно. Повторні ж її посіви у сівозміні більше двох років поспіль на одному полі (навіть при відповідному застосуванні добрив і засобів захисту рослин) слід вважати неприпустимими. Оптимальним насиченням сівозмін озимою пшеницею слід вважати 30 %, збільшення частки її посівів до 40-50 % небажане. Але в таких випадках не менше 75 % посівів слід розмішувати після сприятливих попередників, а краще вводити до сівозміни два поля чорного пару.

Особливу увагу слід приділяти підбору сортів озимої пшениці, які висіваються в господарстві, використовуючи не менше трьох сортів, що відрізняються між собою за біологічними та господарськими ознаками.

Ярий ячмінь, овес і просо у сівозмінах краще розмішувати після озимої пшениці, кукурудзи, зернобобових та баштанних культур. В умовах погіршення умов вологозабезпечення внаслідок глобального потепління клімату розміщати посіви цих культур після цукрових буряків або соняшнику нерационально. Частка ячменю не має перевищувати 10-12 %. У південних та південно-східних районах Степу до 15 % у структурі посівних площ можуть складати посіви сорго або соризу – вимоги до попередників у цих культур практично такі ж, як і у кукурудзи, але вони більш посухостійкі.

Для кукурудзи сприятливими попередниками слід вважати озиму пшеницю, зернобобові, картоплю та баштанні культури. У посушливих умовах не слід розмішувати її зернові посіви після ячменю, суданської трави, соняшнику, цукрових буряків. Кукурудзу можна вирощувати і в повторних посівах протягом 4-6 років, тому частка посівів кукурудзи в спеціалізованих сівозмінах може складати 40-50 %, і навіть 75-80 % (для переривання повторних посівів кукурудзи можна використовувати горох або сою).

Треба звернути увагу на необхідність скорочення частки посівів соняшнику, який у разі порушення рекомендованих нормативів дуже негативно впливає на вологозабезпеченість наступних культур сівозміни.

Під посіви соняшнику в структурі посівних площ можна (але небажано) відводити не більше 20-25 %. Кращими попередниками для соняшнику є озима пшениця, яка вирощується по чорних і зайнятих парах, кукурудза на силос та зернобобові культури. Розміщення соняшнику після таких попередників, як цукровий буряк, суданська трава, соняшник недопустиме – після них відновлення запасів вологи в глибоких шарах ґрунту відбувається лише через 3-5 років. У зв'язку з тим, що соняшник дуже висушує ґрунт, найбільш раціонально залишати поле після нього під чорний або зайнятий пар.

Розширення посівів ріпаку, яке спостерігається в останні два-три роки, за рахунок зменшення кількості посівів соняшнику слід визнати позитивним явищем за умов дотримання строків його повернення на попереднє місце в сівозміні (4-5 років) і розміщення після сприятливих попередників, якими є багаторічні трави на один укіс, одворічні трави, зернобобові (посіви яких, як ми зазначали вище, на жаль, скорочуються). В умовах погіршення вологозабезпечення необхідним є відповідний добір сортів, які адаптовані до умов Степу і краще переносять посуху.

На жаль, в останні роки звичайним явищем стали порушення рекомендованої структури посівів і відмова від впровадження раціональних сівозмін, що побудовані на її базі. Це веде до негативних змін структури попередників під основу продовольчу зернову культуру – озиму пшеницю, зокрема, у ряді господарств відмовляються від використання чорних парів, скоротились площі посівів зайнятих парів, гороху, одворічних та багаторічних трав, які є сприятливими попередниками для цієї культури. Разом з тим, невиправдано збільшились площі посівів соняшнику. Все це має ряд негативних наслідків, зумовлює погіршення режиму вологозабезпечення культур сівозміни в цілому.

У зв'язку з глобальним потеплінням клімату, що обумовлює посилення його посушливості в Степу, нагальним стає проблема раціонального використання землі, зокрема, вирішення питань трансформації середньо- і сильно еродованих земель на схилах понад 3-5° в масиви, що мають бути залужені багаторічними травами, перетворені на пасовища і виведені з інтенсивного сільськогосподарського використання.

Краще більше коштів вкласти в ту частку земель, де можна буде більш ефективно вести господарювання: отримувати максимальний прибуток з розширеним відтворенням родючості та дотриманням рекомендацій з економного використання ґрунтової вологи, ніж і надалі неефективно, екстенсивно використовувати значні масиви земель (С.М. Лебідь, 2004; М.С. Шевченко, 2016).

Ще тим більш має важливе значення, враховуючи той факт, що рівень розораності земель в Степу перевищує всі можливі екологічні норми і є в 1,5-2 рази вищим аналогічних показників у тих країнах Європи, які є основними виробниками сільськогосподарської продукції (К. Флавін та ін., 2002).

Важливою засадою стабілізації землеробства, особливо південних та південно-східних районів Степу, є збільшення площ зрошуваних земель. Інтенсифікація землеробства та очікувані зміни клімату вимагають нових наукових рішень з розробки та використання сівозмін на таких землях. Цей захід потребує значних капіталовкладень і на сьогодні недоступний для значної частини землекористувачів. Але в умовах посушливого клімату саме на поливних землях можливе гарантоване вирощування програмованих урожаїв, тому конче необхідно тут є державна підтримка.

Отже, боротися з наслідками глобального потепління певною мірою можливо тільки дотримуючись відповідних рекомендацій наукових установ. Такий напрямок роботи має бути стратегічним як за вироблення державної політики щодо економічної та екологічної безпеки, так і за планування діяльності будь-якого аграрного підприємства.