

## ТЕМА 12. ЗМІНА КЛІМАТУ ТА СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО В УКРАЇНІ

### *Питання до вивчення*

- 12.1. Суть та особливості кліматичних змін
- 12.2. Вплив на клімат сільського господарства
- 12.3. Динаміка змін кліматичних та агрокліматичних ресурсів в Україні
- 12.4. Зміна клімату в майбутньому та її вплив на сільське господарство України
- 12.5. Вплив кліматичних змін на розвиток аграрної політики
- 12.6. Адаптаційні заходи аграрного сектору України до кліматичних змін
- 12.7. Механізми адаптації до змін клімату в аграрній політиці: досвід ЄС
- 12.8. Біоенергетика – один із напрямів зниження негативного впливу на екосистему
- 12.9. Розвиток біоенергетики в Європейському Союзі
- 12.10. Біоенергетика України: роль та перспективи розвитку

### 12.1. Суть та особливості кліматичних змін

Зміну клімату за останні десятиліття великою мірою можна вважати справжнім шоком для суспільства не тільки в Україні, а й у світі в цілому. Кліматичні зони зміщуються на північ та захід, спека і посухи стають все більш катастрофічними, багато екстремальних явищ погоди, які раніше були рідкісними, часто повторюються в невластиві сезони та на невластивих для них територіях. Це пов'язано зі зміною клімату, яка позначається на виробництві сільськогосподарських культур, стані лісів та водних об'єктів, тваринництві та рибному господарстві тощо.

Практично всі посівні площі сільськогосподарських культур в Україні знаходяться в зоні ризикованого землеробства (території із природним дефіцитом опадів), де є постійний ризик втрати обсягів урожаю у надто посушливий рік або втрати якості урожаю у надмірно дощовий рік. Аграріям необхідно знати, що фактор глобальної зміни клімату посилює такі ризики. Варто враховувати цей фактор для прийняття ефективних рішень та практичних заходів для пристосування (адаптації) до зміни клімату у довгостроковій перспективі та об'єктивно оцінювати погодні умови кожного року для зниження ризиків у короткостроковій перспективі. Крім того, поінформованість аграрних товаровиробників про погоду, клімат, зміну клімату та адаптацію до неї допоможуть більш оптимістично дивитись у майбутнє.

**Погода** – це стан нижнього шару атмосфери в даній місцевості у даний час або протягом тривалого часу (добу, тиждень, місяць, рік). Погода характеризується показниками та явищами, такими як температура повітря, атмосферний тиск, вологість, сніг, дощ, вітер, хмарність та інші.

Багаторічний режим погоди у конкретній місцевості називають кліматом даної місцевості. **Клімат** – це середній багаторічний режим погоди або показники погоди усереднені за певну кількість років для конкретної місцевості. Згідно рекомендації Всесвітньої Метеорологічної Організації (ВМО), це середня

погода за 30-річний період (1961-1990). Саме цей період вважається нормою, або стандартом клімату із яким порівнюються показники погоди. Наступним стандартом клімату (нормою) будуть середні показники за наступне тридцятиріччя – 1991-2020.

Клімат кожної країни є її природним ресурсом. У нашій країні цей ресурс, у цілому, сприятливий для сільського господарства, однак фактична щорічна погода дуже різноманітна й іноді буває досить несприятливою.

З огляду на це, клімат – це те, на що ми можемо розраховувати, а погода – це те, що маємо кожного дня. Останніми роками фактична погода все частіше надзвичайно відрізняється від клімату і мінливість погодних умов саме й пов'язана зі зміною клімату. Дані спостережень за погодою на метеорологічних станціях світу, зокрема й України, на даний момент не залишають сумнівів в тому, що клімат змінюється.

**Зміна клімату** – це трендові зміни температури поверхні планети та інших кліматичних факторів. Вони відбувалися упродовж всього існування Землі, однак ніколи не були такими стрімкими, як за останні 30 років. Достовірно встановлено, що температура повітря підвищується в усіх частинах світу. Внаслідок цього в атмосфері відбувається перебудова глобальних процесів перенесення тепла і вологи на всіх континентах, яка супроводжується збільшенням гідрометеорологічних катаклізмів – посух, повеней, тайфунів, смерчів, градобоїв та інших.

Вчені пов'язують глобальне потепління зі збільшенням концентрації парникових газів в атмосфері Землі, що значно посилює парниковий ефект. Глобальна зміна клімату, обумовлена парниковим ефектом, стала найважливішою міжнародною та політичною проблемою. Адже «парниковий щит», який наразі підтримує температуру поверхні планети достатньою для збереження життя, може перетворитися у теплову пастку, яка загрожує змінити всю біосферу.

Вуглекислий газ визнано одним з головних винуватців посилення парникового ефекту. Інші відомі парникові гази (їх близько сорока) у сумі спричиняють приблизно половину глобального потепління. Ці гази пропускають сонячну енергію (видиме світло) до поверхні Землі і затримують теплову енергію від нагрітої земної поверхні і, таким чином, збільшують кількість енергії на планеті і роблять клімат більш теплим. Саме тому вони називаються парниковими або англійською «*greenhouse*» (парник). Надлишок в атмосфері парникових газів та аерозолів, сонячна радіація та властивості земної поверхні змінюють енергетичний баланс кліматичної системи.

Зміну клімату за останні 30 років називають «антропогенною», тому, що людство впродовж свого існування втручалось в природу і продовжує це робити – вирубує ліси та бездумно розорює землі, порушуючи режим вологості та вітровий режим планети, а також у великих обсягах спалює викопні палива, що є головним джерелом викидів парникових газів. Коли люди спричиняють будь-які зміни навколишнього середовища, змінюється і клімат. За песимістичними

прогнозами, подальше бездумне руйнування навколишнього середовища людством може спричинити незворотну зміну клімату.

Зараз клімат України у тренді глобального потепління, воно охопило всю територію нашої країни, а швидкість підвищення температури повітря навіть дещо випереджає середньосвітову. Головна характеристика зміни клімату (основний параметр) – це зміна середньої річної температури повітря нижнього шару атмосфери (на висоті 1 метр над поверхнею). Вона визначається за даними вимірювань 163-х метеорологічних станцій України, які мають безперервний період спостережень від 65 до 140 років.

Згідно досліджень цього параметру сучасний клімат України характеризується нерівномірним по території потеплінням, яскраво вираженим у зимові та літні місяці. За останні 30 років середня річна температура повітря в Україні підвищилася більше, ніж на 1 °С. Підвищення температури у холодний період (листопад-березень) складає в середньому 1,3°С, у теплий (квітень-жовтень) – 1,1 °С. Позитивна аномалія (відхилення температури повітря від норми) по всій території країни у період 1989-2019 рр. була найбільшою за всю історію інструментальних спостережень за погодою.

У межах конкретної місцевості, країни, навіть континенту за короткий відрізок часу (менше року) неможливо говорити про будь-які глобальні явища. Глобальний клімат, тобто, клімат Землі – це статистичні дані, зібрані за багаторічний період спостережень. Навіть якщо один рік був дещо холоднішим попереднього, то за десятиріччя тенденція безперечно позитивна, що свідчить про потепління.

На рис. 12.1.1 представлено як змінювалася середня річна температури повітря в Україні за десятиріччями (декади) упродовж ХХ-го та на початку ХХІ-го сторіччя та лінія тренду.

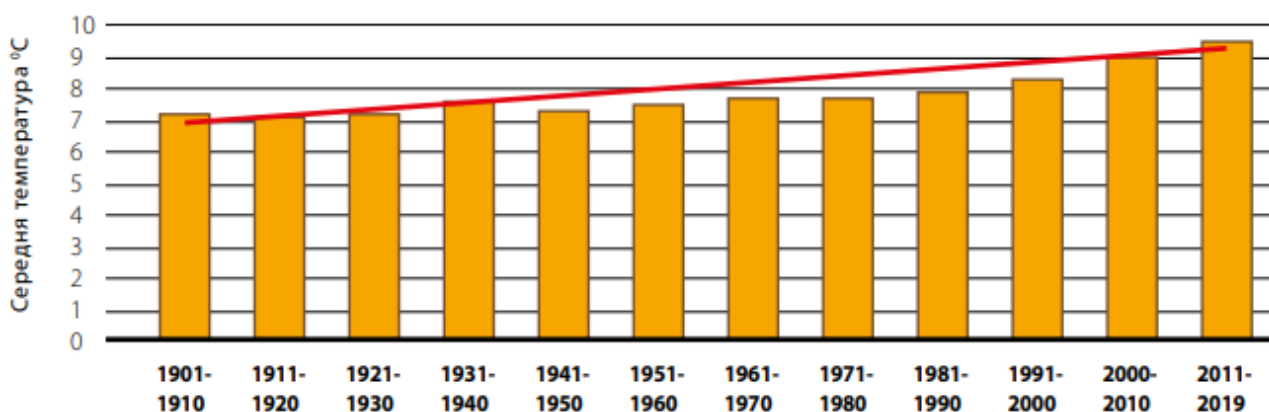


Рис. 12.1.1. Середня річна температура повітря (за десятиріччями) в Україні

Як свідчать дані рис. 12.1.1, починаючи із 1991 року кожне наступне десятиріччя було теплішим попереднього: 1991-2000 – на 0,5 °С, 2001-2010 – на 1,2 °С, 2011-2019 – на 1,7 °С.

## 12.2. Вплив на клімат сільського господарства

Вплив клімату на сільське господарство очевидний. Однак сільське господарство, яке часто потерпає від зміни клімату, одночасно є джерелом викидів парникових газів, а отже однією із причин цієї зміни.

З одного боку, сільське господарство є значним джерелом викидів парникових газів, адже тваринництво і рослинництво пов'язані з викидами вуглекислого газу, метану і оксиду азоту. Відповідно до звітів про викиди, які уряди країн регулярно представляють в Секретаріат Рамкової конвенції ООН зі зміни клімату, на сільське господарство припадає приблизно 15 % від світового обсягу викидів парникових газів.

З іншого боку, парникові гази змінюють клімат і, таким чином, впливають на сільськогосподарське виробництво. При цьому частка сільського господарства в світовому ВВП становить близько 4 %, а це свідчить, що вуглецева інтенсивність сільського господарства (обсяг викидів на одиницю виробленої продукції) досить велика.

Виробництво сільськогосподарської продукції призводить до викидів трьох парникових газів: вуглекислого газу, метану та оксиду азоту. На сільське господарство припадає майже половина світового обсягу викидів двох найбільш потужних парникових газів після вуглекислого: оксиду азоту і метану. Оксид азоту утворюється при мікробіологічних і хімічних перетвореннях органічної речовини, як в окислювальних (нітрифікації) так і відновлювальних реакціях (денітрифікації). Обсяг викидів залежить від типу ґрунтів, вологості, температури і системи обробітку ґрунту. Метан утворюється в результаті переробки мікробами в анаеробних умовах органічної речовини в травному тракті жуйних та інших тварин (кишкова ферментація), при зберіганні органічних добрив, а також при всіх перетворювальних процесах в умовах браку кисню у повітрі.

Сільське господарство також значно впливає на зв'язування (накопичення) вуглецю в ґрунті та викиди вуглекислого газу в результаті зміни землекористування. Наприклад, виснаження органічної складової ґрунту на орних землях і пасовищах, переведення лісових угідь в сільськогосподарське користування.

В Україні, за даними Національного кадастру викидів парникових газів, частка сільського господарства у сукупних викидах у 2017 році складала 12,1 %. Основними джерелами викидів у сільськогосподарському секторі є кишкова ферментація та сільськогосподарські ґрунти – відповідно 22,1 % та 71,0 % від сукупних викидів у 2017 році. Викиди в цьому секторі знизилися на 53,3% в порівнянні з базовим роком (1990) і на 2,4 % у порівнянні з попереднім роком. Водночас, за останнє десятиліття спостерігається тенденція щодо зростання викидів парникових газів від сільського господарства в Україні.

Скорочення викидів метану (-78,1 % і -2,2 % до базового і попередніх років відповідно) пов'язані зі зміною чисельності поголів'я худоби, структури розподілу гною, зменшенням посівної площі рису. Зміна викидів оксиду азоту

пов'язана зі змінами кількості внесених добрив, площ під певними культурами та їх продуктивністю. Значення викидів парникових газів в еквіваленті CO<sub>2</sub> у сільському господарстві наведені в табл. 12.2.1.

Таблиця 12.2.1

Зміни викидів парникових газів у сільському господарстві, тис. т CO<sub>2</sub>-екв

Категорія	1990 р.	2016 р.	2017 р.
Кишкова ферментація	39311	8789	8596
Прибирання, зберігання і використання гною	6508	1957	1920
Вирощування рису	216	89	94
Сільськогосподарські ґрунти	34474	28431	27619
Вапнування	2592	140	169
Внесення сечовини	270	451	512
РАЗОМ	83372	39857	38908

### 12.3. Динаміка змін кліматичних та агрокліматичних ресурсів в Україні

Потепління клімату може здаватися не поганою, а часом навіть бажаною подією. Зими стають м'якшими, літо ще теплішим. Все частіше звучать питання чи будуть в Україні рости бананові гаї та різні екзотичні субтропічні фрукти. Однак, насправді, вже змінюються і надалі будуть змінюватися кліматичні умови, які здавалися непорушними, про трансформацію яких нещодавно навіть не думали. Наприклад, європейці першими відчували зміну клімату на побутовому рівні, адже французькі вина, які століттями вважалися еталонними, стрімко змінюють свої властивості (якість) разом зі зміною клімату.

*Як змінилися умови вирощування сільськогосподарських культур в Україні?*

Останні чотири роки у світі визнані найжаркішими за всю історію метеорологічних спостережень за погодою. Відбувається стійке підвищення температури повітря у всі сезони. Погодні умови 2019 року це підтверджують, адже і в Україні встановлено безліч температурних рекордів. Середня місячна температура повітря у лютому, березні, червні, жовтні та листопаді 2019 року була найвищою або однією із найвищих для цих місяців за весь період інструментальних спостережень за погодою. Кліматологи називають такі аномально теплі роки «вікнами в майбутнє». На жаль, разом із потеплінням збільшується повторюваність екстремальних температур та кількості опадів, які негативно впливають на врожай сільськогосподарських культур.

Вище було зазначено, що середня річна температура повітря є основним параметром для оцінки зміни клімату. В Україні вона підвищилася на 1,2 °C за тридцять останніх років, а якщо розраховувати за останні 10 років, то на 1,7 °C. Однак, для ефективного ведення сільського господарства дуже важливо знати як змінюється не лише середня річна температура повітря, а й тенденції зміни середніх місячних та сезонних температур. Від цих змін значною мірою залежить планування польових робіт.

На рис. 12.3.1 представлені відхилення від норми середніх місячних температур повітря (аномалії) за період 1991-2019 рр. та за період 2010-2019 рр.

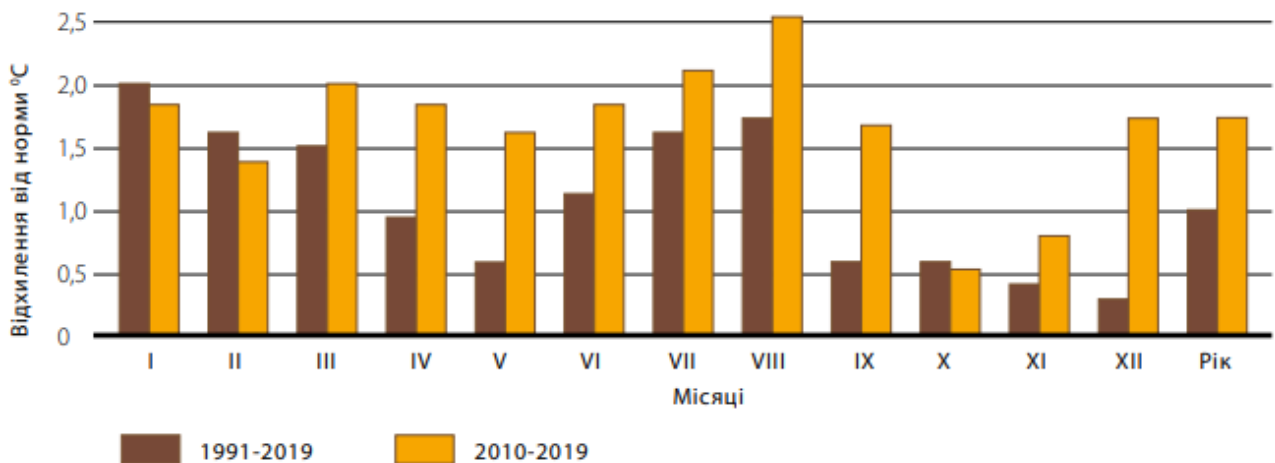
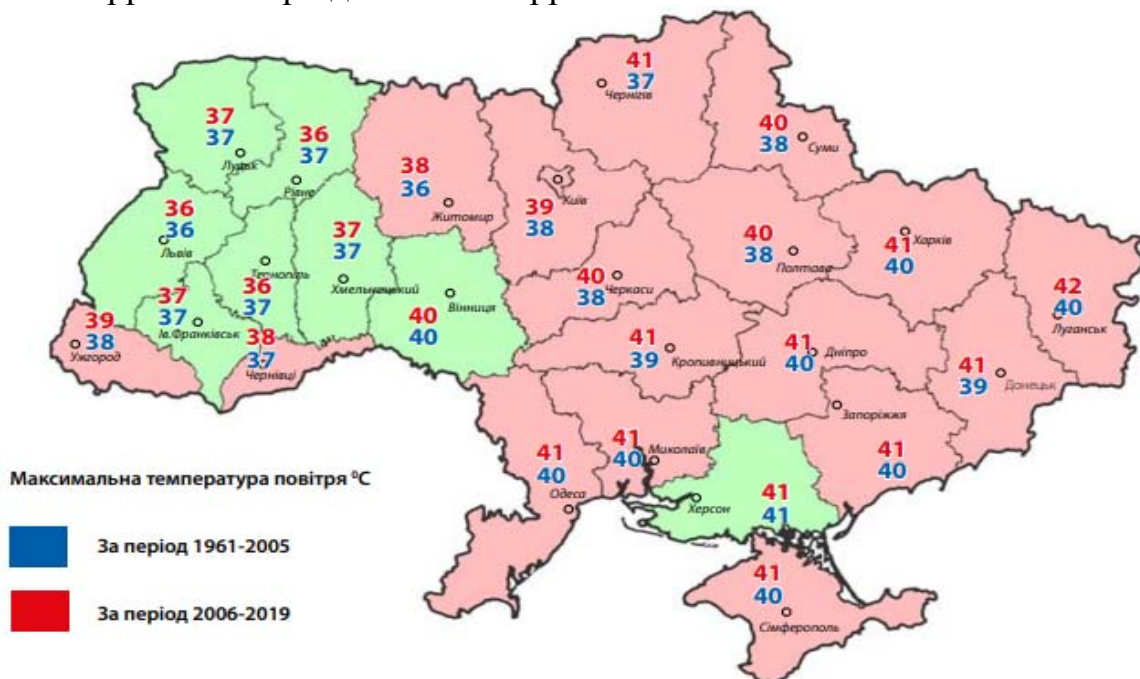


Рис. 12.3.1. Відхилення від норми (1961-1990) середніх місячних температур повітря за періоди 1991-2019 рр. та 2010-2019 рр

Як видно на діаграмі, за останнє десятиріччя температура була вищою за норму в усі місяці. Зміна температури повітря у літні місяці позначилася на її абсолютних максимумах, тобто на найвищих температурах, які будь-коли фіксували метеорологічні станції за весь період спостережень.

На рис. 12.3.2 наведено значення найвищої температури повітря за період 1961-2005 рр. та за період 2006-2019 рр.



Примітка: Сині цифри – за період 1961-2005 рр., а червоні – за період 2006-2019 рр.

Рис. 12.3.2. Найвища температура повітря (абсолютний максимум), °C

Протягом останнього періоду майже на всій території країни були досягнуті або перевищені на 1-4°C абсолютні максимуми температури повітря. Ці області виділено на мапі нижче червоним кольором.

Абсолютні максимуми температури повітря +40-42 °С (у затінку), які до 90-х років фіксували лише в окремих населених пунктах південних та східних областей, поширилися у центральні і північні області.

На всій території країни збільшилася кількість днів із дуже високими температурами (вище +30-35°С), або кількість днів із тепловим стресом. У південних областях за вегетаційний період раніше таких днів було в середньому 30-40, стало 50-65, у північних та західних областях було менше 10, стало більше 15-30.

Зміна температурного режиму у теплий період року позначилася на теплових ресурсах України, для оцінки яких використовують показник суми активних (позитивних) температур повітря вище +10 °С, що накопичуються за теплий період. Порівняння цих сум за різні періоди свідчить про їх збільшення в середньому на 200-400 °С.

На крайньому півдні (південні райони Херсонської, Миколаївської, Одеської та Запорізької областей) з'явилася термічна зона із сумою температур більше 3400-3700 °С. Це райони, де цілком достатньо тепла для вирощування рису, бавовнику та інших дуже теплолюбних культур. Окрім того, у період 2010-2019 років теплозабезпечення Вінницької, Полтавської, Харківської, Кіровоградської областей було таким самим, як Херсонської області в попереднє десятиріччя. Тобто, області Північного степу і Південного лісостепу України наразі вже мають умови Південного степу. Характерною особливістю є те, що у північних областях зростання кількості тепла більш стрімке (табл. 12.3.1).

Таблиця 12.3.1

Суми активних температур повітря вище + 10 °С  
в агрокліматичних зонах України за різні періоди

Категорія	1961-1990 рр.	1991-2019 рр.	2010-2019 рр.
Степ	3145	3400	3550
Лісостеп	2705	2950	3150
Полісся	2500	2770	2950

Найважливіший фактор для гарного врожаю будь-якої культури в Україні з її природною (за кліматом) досить обмеженою кількістю опадів – це достатнє зволоження ґрунту. Дефіцит ґрунтової вологи у вегетаційний період – головний фактор, який зменшує врожайність.

Джерело ґрунтової вологи – це опади. Річна кількість опадів – це загальний показник зволоження території. Норма (1961-1990 рр.) річних опадів в Україні складає 578 мм. Тоді як показник стійкого землеробства – це гарантовані 700 мм і більше. Отже, для стійкого землеробства Україні не вистачає 100-150 мм. На рис. 12.3.3 наведено дані про річну кількість опадів по території України.

Всупереч попереднім оцінкам кліматологів, які прогнозували зменшення кількості опадів, за останні 20 років у середньому кількість річних опадів не зменшилася. Однак за останні 5 років (2014-2018 рр.) спостерігався їх вкрай нерівномірний розподіл у часі та по території – від 500 мм у 2015 р. до 659 мм у 2016 р., що відповідно склало 84 % та 111% норми.

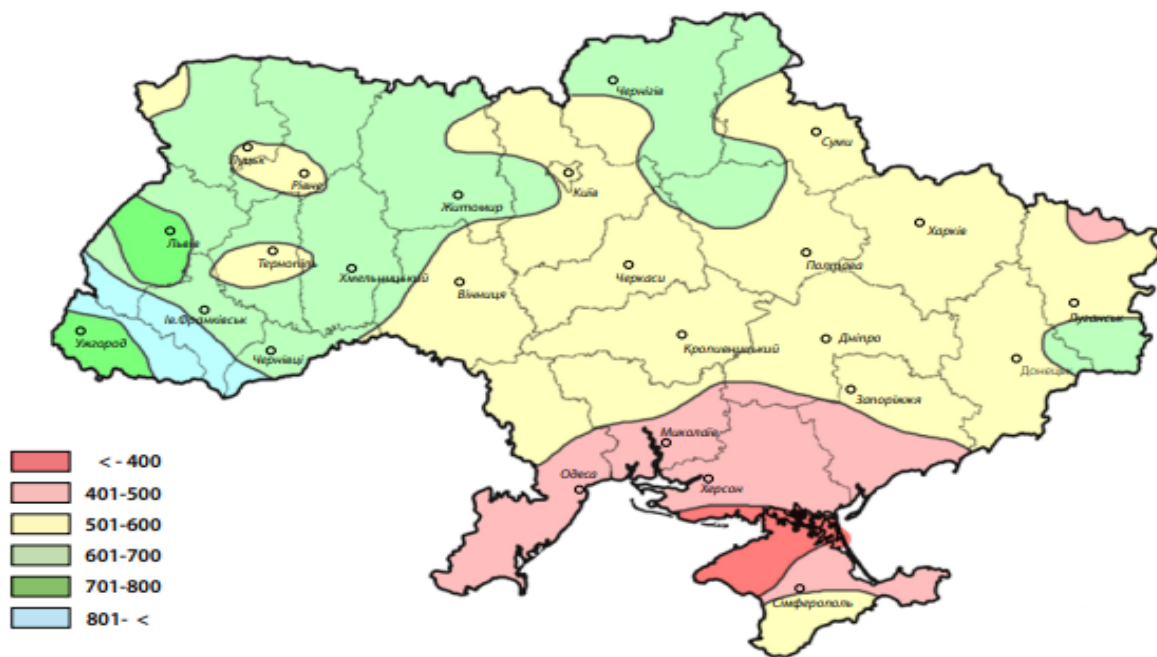


Рис. 12.3.3. Річна кількість опадів (мм)

У середньому за 5 років кількість опадів склала 569 мм, що вказує на їх зменшення на 1,5-2%. У Донецькій, Запорізькій, Вінницькій, Київській, Тернопільській, Хмельницькій, Рівненській, Черкаській, Чернігівській та Закарпатській областях за ці 5 років опадів випало на 7-12% менше норми

При цьому спостерігалось деяке збільшення кількості опадів взимку та суттєве зменшення влітку. За період червень-серпень їх кількість була у середньому меншою від норми на 20 % (165 мм при нормі 213 мм). Найбільш посушливим було літо 2015 р., коли в середньому за сезон кількість опадів склала лише 119 мм або половину норми. Найбільш посушливими у 2015 р. виявилися західні та центральні області, де кількість опадів була історично малою – майже втричі меншою від норми.

Найважливіші опади для всіх культур, це – опади вегетаційного періоду (квітень-жовтень). Після 1990 р. ця кількість в середньому була близькою до норми, яка складає 384 мм, однак по роках спостерігалися значні коливання – від 295 мм у 2015 р. до 523 мм у 1997 р.

Окрім того, змінюється характер опадів, а саме збільшується кількість малоєфективних сильних злив, які часто після тривалих сухих періодів завдають більше шкоди, ніж користі. Наприклад, в Одесі та Одеській області у жовтні 2016 р. декілька разів опадів випадало більше, ніж 100 мм за один дощ (4 місячні норми), у 2019 році зафіксовано короточасні зливи із такою великою кількістю опадів, яку раніше не фіксували.

На рис. 12.3.4 представлено зміни кількості опадів по місяцях та за рік за два періоди (1991-2019 рр. та 2010-2019 рр.). За останнє десятиріччя у зимові місяці (грудень та лютий) місячні кількості опадів зменшилися на 10-15%. Більше випадало опадів у вересні та жовтні. У липні та серпні кількість опадів була на 15-27% меншою норми, і це спричинило сильні літні посухи.



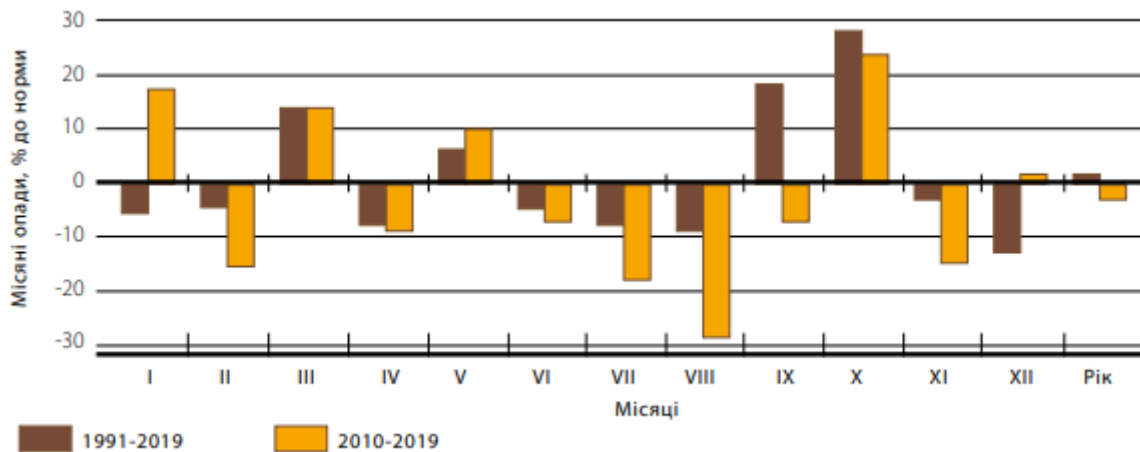


Рис. 12.3.4. Зміна кількості опадів по місяцях за період 1991-2019 рр. та за період 2010-2019 рр. відносно норми

#### 12.4. Зміна клімату в майбутньому та її вплив на сільське господарство України

На сьогоднішній день існує близько 20 прогностичних моделей зміни клімату на глобальному рівні. Всі вони вказують на подальше потепління. Згідно розрахунків цих моделей у XXI ст. на всій території України очікується подальше підвищення температури (понад 1,2 °С, що вже зафіксовано за тридцять останніх років), найбільше у зимовий та літній сезони. Ймовірно, що до кінця століття підвищення складе 2-4 °С

За розрахунками кліматологів середня швидкість потепління в Україні складає близько 0,4 °С за 10 років. Отже, за умови збереження таких темпів потепління вже через 30 років середня річна температура може підвищитися ще на 1-1,5 °С. Як будуть змінюватися опади – залишається надзвичайно невизначеним, однак значне збільшення їх кількості малоімовірно і це загрожує посиленням посух та збільшенням площ земель схильних до опустелювання.

Наслідки зміни клімату для сільського господарства країни в цілому та для аграрних товаровиробників зокрема досить складні та неоднозначні. Зміна клімату може мати і деякі позитивні прояви. З великою вірогідністю встановлено, що потепління до 2-2,5 °С може сприяти збільшенню урожайності багатьох сільськогосподарських культур (зокрема пшениці) на нашій території при деяких регіональних відмінностях. За межами цього потепління врожайність усіх культур буде зменшуватися. Наразі підвищення температури в Україні вже становить 1-1,5 °С й наближається до 2 °С.

Вже майже немає територій із обмеженими тепловими ресурсами для вирощування теплолюбних культур (кукурудзи, сої). Водночас, стрімке та надмірне накопичення тепла скорочує вегетаційний період, сприяє передчасному досягання різних культур і може призвести до зменшення врожайності.

На рис. 12.4.1 наведено дані щодо теплозабезпечення території України.

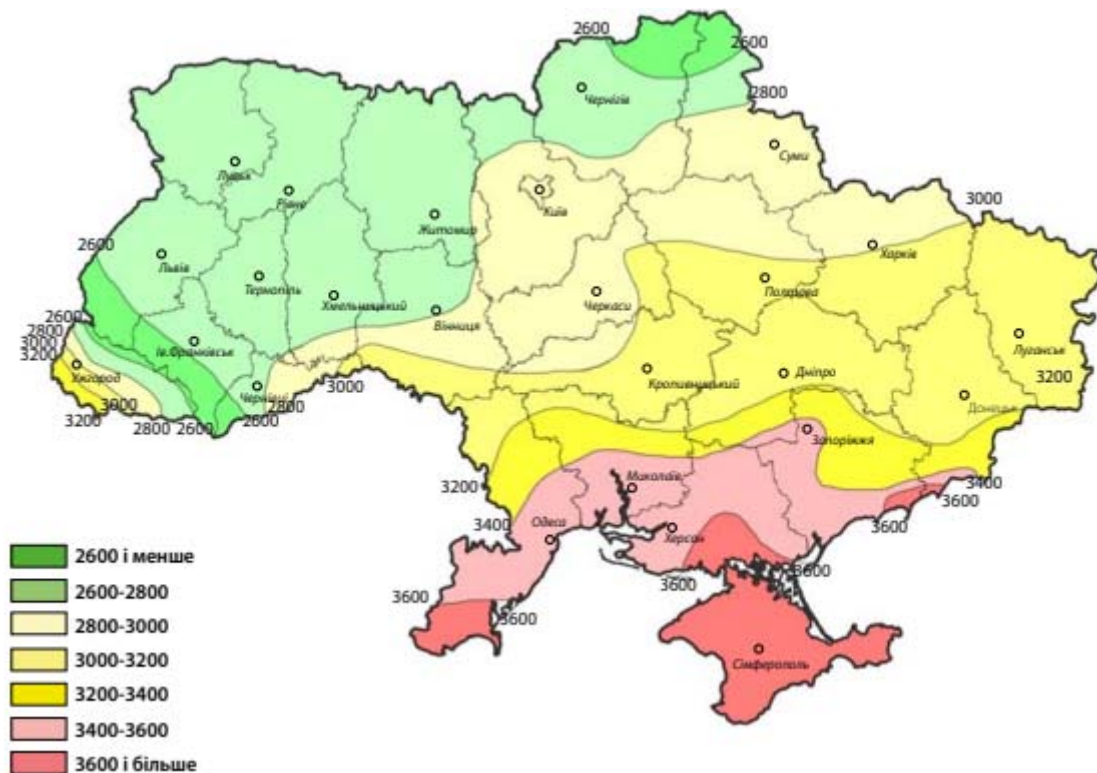


Рис. 12.4.1. Суми позитивних (активних) температур повітря (°C) за період із середньою добовою температурою рівною та вище +10° C

Веgetаційний період для вирощування сільськогосподарських культур вже починається та буде наставати раніше і триватиме довше, що сприятиме збільшенню продуктивності рослинництва. У південній частині України підвищення температури та подовження вегетаційного періоду дозволять фермерам вирощувати по два врожаї деяких культур за умови зрошення.

Безперечно позитивним наслідком зміни клімату є суттєве потепління зимових місяців, відповідно, і зменшення ризиків вимерзання озимих культур. Зимовий період скоротився майже на місяць і це створює умови для більш ранньої сівби ярих культур. Період активної вегетації сільськогосподарських культур вже подовжився на 10 днів і більше. Це додаткові можливості для вирощування усіх видів теплолюбних сільськогосподарських культур.

Ефективність опадів зменшується внаслідок підвищення температури повітря, а підвищення температури ще на 1 °C загрожує Україні зникненням і так невеликої зони достатнього зволоження (Полісся та західний Лісостеп) і переходом цієї зони до нестійкого та недостатнього зволоження. Декілька років поспіль у поліських областях та областях західного Лісостепу випало вкрай мало опадів.

В останні роки спостерігається тенденція до збільшення території із недостатньою кількістю опадів у теплий період (менше 400 мм), які необхідні для вирощування усіх сільськогосподарських культур.

Клімат вже став більш посушливим на всій території країни. Стрімке зростання теплових ресурсів та майже незмінна кількість опадів, як річних так і весняно-літнього періоду, вже призводить до збільшення повторюваності посух

та поширення їх у західні та північні райони. Останніми роками посухи спостерігалися в районах, в яких їх раніше не було. Розраховані індекси посушливості клімату за останнє десятиріччя свідчать про суттєве збільшення території недостатнього зволоження. Площа, де необхідні епізодичні поливи, вже набагато більша, ніж вся степова зона України, яка у 90% випадків потребує поливу.

Підвищення температури повітря збільшує ризики виникнення лісових пожеж, а коли до цих умов додається і посуха, результати можуть бути катастрофічними.

Істотне потепління взимку, незначне промерзання ґрунту та раннє настання весняних процесів сприяють збільшенню кількості та площ осередків шкідників та хвороб сільськогосподарських культур і лісу. За оцінками експертів у період 2011-2016рр. вони зросли майже на 25%, порівняно із попереднім п'ятиріччям та продовжують збільшуватись у геометричній прогресії. Надалі ймовірна міграція шкідників, не характерних для території України, збільшення їх чисельності та кількості поколінь.

Внаслідок високих температур повітря у літні місяці вже збільшилися потреби тварин у питній воді, доступності, кількості та якості кормів. Відповідно зростають витрати на утримання тварин, збільшується собівартість продукції. З великою ймовірністю більш високі температури призведуть до зниження темпів приросту живої маси тварин, зменшення надоїв молока та зменшення вмісту в молоці жирів та білків

Також можлива зміна структури посівних площ овочевих культур. З одного боку, можливий перехід до пізньостиглих, більш урожайних сортів традиційних культур та впровадження нових теплолюбних видів, збільшення урожайності. З іншого боку, цьому заважатиме збільшення дефіциту вологи у шарах ґрунту, де розміщена коренева система овочевих культур та коренеплодів, що означає неоднозначний по території ефект у кінцевому підсумку.

Для того, щоб ефективно використати деякі сприятливі аспекти зміни клімату (наприклад збільшення теплових ресурсів і можливість за рахунок цього вирощувати більший набір культур та їх сортів) необхідна адаптація (приспосовування) до зміни клімату на всіх рівнях – від кожного аграрного товаровиробника до аграрного сектору країни в цілому.

Деякі вигоди від потепління, скоріш за все, будуть короточасними і вже за 15-20 років ймовірно суттєве скорочення врожайності більшості сільськогосподарських культур у зв'язку зі збільшення частоти та інтенсивності посух.

Негативного впливу від зміни клімату зазнають водні ресурси. Прогнозується деяке збільшення середнього стоку всіх основних річок України, але, водночас, зростатимуть і витрати води.

Загалом, наслідки і ризики зміни клімату, що впливатимуть на аграрний сектор є різноманітними:

1. Зростання урожайності основних культур у короткостроковій перспективі до 2030 року і, водночас, потенційне критичне зменшення врожаїв до 2050 року.

2. Зменшення продуктивності через брак адекватного технічного обладнання за сценарію стрімкої зміни клімату.

3. Зміщення зон вирощування сільськогосподарських культур з півдня на північ, подальше збільшення вегетаційного періоду, утворення нової агрокліматичної зони на півдні України з річною сумою температур у понад 3400°C.

4. Зміна рівнів вологості, інтенсифікація ерозії і втрата родючості ґрунтів через посилення посух в результаті стрімкого зростання теплових ресурсів і майже незмінного рівня опадів.

5. Втрата виробничої спроможності через міграційні процеси, зумовлені негативними кліматичними явищами.

6. Підвищений ризик завдання шкоди рослинами через ураження хворобами і шкідниками внаслідок сприятливих умов для активного розвитку великої кількості їхніх хвороботворних організмів, зокрема, внаслідок зростання суми зимових температур.

7. Зменшення спроможності до адаптації та ефективності вирощування всіх типів живих організмів в сільськогосподарських цілях.

8. Поширення інфекційних захворювань в результаті зміни шляхів міграції птахів, тварин та комах.

9. Зменшення валового виробництва традиційних кормових культур і необхідність у виробництві нетрадиційних культур (сорго, тритикале, тощо).

10. Непридатність існуючих систем підтримки мікроклімату у приміщеннях для утримання тварин у нових кліматичних умовах.

11. Природні катаклізми (урагани, сніг, посухи тощо) можуть завдавати стресу тваринам і негативно впливати на ефективність виробництва.

Для зменшення негативних наслідків зміни клімату необхідно впроваджувати адаптаційні заходи за всіма напрямками, як використання більш екологічних підходів та зміна технологій, так і перегляд управлінських рішень тощо. Ключові наслідки зміни клімату і вразливості, зумовлені ними, було взято до уваги органами державної влади, відповідальними за розробку Стратегії адаптації до зміни клімату сільського, лісового та рибного господарств України до 2030 року.

Зміна температурних режимів, обсяги опадів, політика скорочення викидів призводять до зрушень у виробництві, а отже і матиме відповідний вплив на економічну ефективність ведення сільськогосподарської діяльності.

У зв'язку з кліматичними змінами оцінка економічної ефективності ведення сільськогосподарської діяльності потребує коригування за наступними параметрами:

1. Оцінка можливих наслідків від настання кліматичних змін.

2. Економічна ефективність оптимізації використання ресурсного потенціалу.

### 3. Оцінка вартості заходів адаптації.

Оцінка можливих наслідків від настання кліматичних змін здійснюється за двома теоретичними підходами: на основі *аналізу вразливості* або на основі *аналізу вартості адаптаційних заходів*. У першому випадку виходять із прогнозованих наслідків змін клімату (які визначаються кліматологами з допомогою спеціалізованих кліматичних моделей) і на цій основі оцінюють ймовірність виникнення того чи іншого виду шкоди. У другому випадку предметом оцінки виступають не ризики як такі, а вартість заходів, спрямованих на їх мінімізацію або на запобігання несприятливим наслідкам. У більшості випадків моделі поєднують ознаки цих двох підходів.

Прийомом, який найчастіше застосовується для оцінки майбутніх наслідків змін клімату, є *порівняння об'єктів з їх аналогами, наявними у кліматичних умовах, близьких до прогнозованих*. Як показник прибутковості використовується ціна на землю – у ній, серед іншого, знаходять відображення і властивості кліматичних умов, характерних для тієї чи іншої місцевості (оскільки ця думка була вперше виказана Д. Рікардо, підхід, який використовується в дослідженні, отримав назву *Рікардіанського*).

Логіка підходу полягає в тому, що якщо існують дві ділянки землі, які відрізняються тільки тим, що на одній ділянці температура на  $n^{\circ}\text{C}$  нижча, ніж на іншій, різниця у вартості цих ділянок покаже прибуток чи збиток сільськогосподарського виробника, що займає ділянку, при підвищенні температури на  $n^{\circ}\text{C}$ .

Такий підхід відрізняється простотою і наочністю, але при цьому не відображає можливостей адаптації. Удосконалюючи Рікардіанський підхід Р. Мендельсон розширив запропоновану методику за рахунок введення зміни структури землекористування у відповідь на зміну кліматичних умов (рис. 12.4.2).

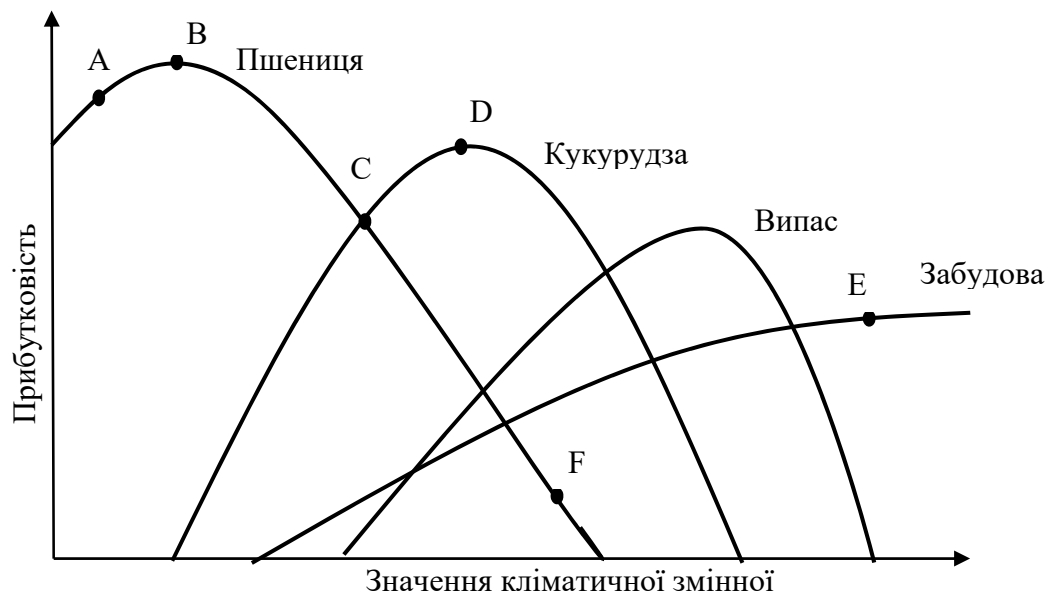


Рис. 12.4.2. Залежність між прибутковістю сільськогосподарської діяльності та кліматичними змінними

Дане графічне зображення спрощено відображає залежність прибутковості різних видів землекористування від будь якої заданої кліматичної змінної (наприклад, середньорічної температури, рівня опадів і т. д.). При мінімальних коливаннях такої змінної (що відповідає точкам А і В на рис. 12.4.2) найбільш ефективним способом землекористування є вирощування пшениці. Однак як тільки значення кліматичної змінної збільшується до точки С, прибутковість пшениці падає і з метою максимізації прибутку варто перейти до вирощування кукурудзи. Для одержання прибутку фермери змушені будуть переключитися на вирощування кукурудзи таким чином адаптуючись до кліматичних умов. Якщо не дотримуватись такої адаптації не відбувалося, то при подальшому не відбувалося, то при подальшому зростанні кліматичної змінної прибутковість сільськогосподарської діяльності впала б до точки F, проте у зв'язку з адаптацією при тому ж значенні кліматичної змінної в реальності прибутковість буде перебувати на рівні точки D.

Нарешті, при максимально високих значеннях кліматичної змінної (що відповідають точці E) жоден вид сільськогосподарської діяльності не буде рентабельним, однак ціна землі не впаде до нуля, оскільки використання землі під забудову має певний рівень рентабельності. Основним завданням такого моделювання є оцінка верхніх меж прибутковості від землекористування для різних кліматичних змінних на основі аналізу вартості землі розташованих у різних кліматичних умовах по всій території регіону. Такий підхід отримав назву «функція реакції».

Розрахунок вартості здійснюється через рівняння:

$$y = a_0 + a_c \times x_c + a_1 \times x_1 + a_2 \times x_2 + \sum$$

де  $y$  – ціна одиниці земельної площі;

$x_c$  – кліматичні змінні;

$x_1$  – змінні, що відображають продуктивність ґрунтів;

$x_2$  – змінні, що відображають інші властивості ділянки землі (наприклад, близькість до міст);

$a_0, a_c, a_1, a_2$  – параметри, які підлягають оцінюванню;

$\sum$  – випадкова помилка.

Далі, оцінивши параметри рівняння, можна спрогнозувати зміну вартості ділянки землі у відповідь на корекцію кліматичних змінних, очікувану в тому чи іншому сценарії зміни клімату.

Рікардіанський підхід до оцінки збитку від кліматичних змін є найдоступнішим із точки зору чіткості підходу.

З позиції зниження навантаження на довкілля шляхом скорочення емісії CO<sub>2</sub> та пом'якшення кліматичних змін у сільському господарстві необхідно запроваджувати наступні заходи:

- здійснювати управління земельними ресурсами для збільшення зберігання вуглецю в ґрунті;
- відновлювати деградовані землі;
- впроваджувати поліпшені методи обробітку ґрунту;

- оптимізувати застосування азотних добрив;
- використовувати спеціалізовані енергетичні культури.

## **12.5. Розвиток аграрної політики в умовах ризиків кліматичних змін**

У наслідок стрімких кліматичних змін збиток для економіки в цілому включає не лише втрати від зниження врожаю, але і різкі стрибки цін на аграрну продукцію. В свою чергу невизначеність і не прогнозованість таких збитків негативно впливає не тільки на виробників, а й кінцевих споживачів продукції, що призводить до некерованих трансформацій соціально-економічного ландшафту сільської місцевості України. У зв'язку з цим необхідна реалізація комплексних програм, в тому числі регіональних щодо зниження ризиків і збитків від кліматичних змін, адаптації сільського господарства до мінливих кліматичних умов.

Розуміючи, що розвиток аграрного сектору чи не найбільше залежний від природно-кліматичних впливів, а кліматичні зміни, в свою чергу, виявляють комплексний вплив на всі аспекти аграрної політики та рівень сталого розвитку людства в цілому, на рис. 12.5.1 відображено моделювання впливів кліматичних змін на економічну, екологічну та соціальну складові аграрного сектору.

Адаптація та пом'якшення кліматичних змін потребує підходу до формування аграрної політики країни з урахуванням наступних потреб:

- оцінка та прогнозування – врахування поточного і прогнозованого впливу на продовольчу безпеку в результаті різноманітних кліматично-природних явищ та існуючих обмежень до адаптації;

- раціоналізація – збалансовувати використання потужності технологічної, організаційної та інвестиційної складової сільського господарства які створюють спільну базу взаємодії між продовольчою безпекою, адаптацією та пом'якшенням наслідків кліматичних змін;

- оптимізація – оптимізувати використання земельного ресурсу між продовольчою, енергетичною та біохімічною потребами;

- взаємодія – узгодження стратегії підтримки сільського господарства з низькою часткою вмісту вуглецю зі стратегіями розвитку сільського господарства і продовольчої безпеки.

Функції аграрної політики, зумовлені кліматично-природними трансформаціями внаслідок зміни клімату:

- ✓ Забезпечення продовольчої безпеки з метою збереження добробуту населення.

- ✓ Збереження відповідного рівня умов життя та здоров'я людини на сільських територіях.

- ✓ Формування єдиної системи дослідження та оцінки кліматичних впливів на сільське господарство.

- ✓ Збалансовувати підтримку між суб'єктами господарювання відповідно до рівня впливу їх на забруднення навколишнього середовища та впровадження адаптаційних заходів.

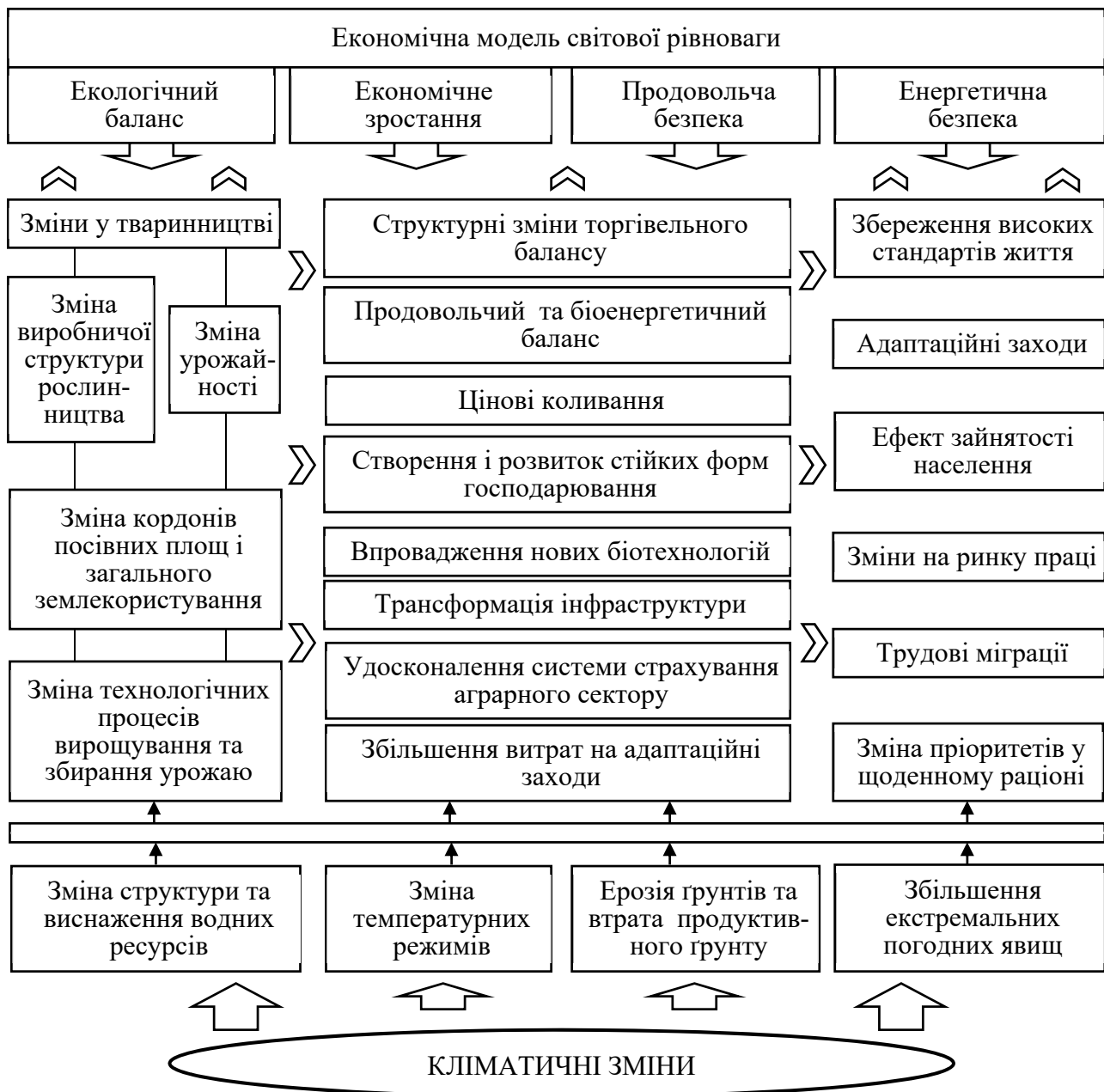


Рис. 12.5.1. Моделювання впливів кліматичних змін на економічну, екологічну та соціальну складові аграрного сектору на регіональному, національному та глобальному рівнях

- ✓ Оптимізувати використання суспільних ресурсів, задіяних у процесі сільськогосподарського виробництва.
- ✓ Регулювання та стабілізація викидів парникових газів, зменшення екологічного навантаження на довкілля, збереження біорізноманіття.

## 12.6. Адаптаційні заходи аграрного сектору України до кліматичних змін

Як і багато інших країн, Україна стикається та й надалі стикатиметься з різними проблемами, які виникають у результаті зміни клімату. Намагаючись розв'язати ці проблеми й підготуватися до майбутнього, країни починають впроваджувати заходи та процедури, які стосуються адаптації до зміни клімату.



**Адаптація до зміни клімату** – це пристосування у природних чи людських системах як відповідь на фактичні або очікувані кліматичні впливи або їхні наслідки, що дозволяє знизити шкоду та скористатися сприятливими можливостями.

Частка сільського господарства у структурі ВВП країн Східної Європи складає від 9 до 16% і займає пріоритетні позиції у питанні продовольчої та енергетичної безпеки цих країн та світу в цілому.

Третина сукупних виробничих фондів країни та 25 % трудового ресурсу задіяна у процесі сільськогосподарського виробництва, віддача від використання яких складає 16 % ВВП. Згідно з інформацією Української гідрометеорологічного центру коливання врожайності зернових від погоднокліматичних умов знаходиться у межах від 20 до 75 %, а загальна економічна ефективність оцінюється не тільки рівнем втрат від зниження врожайності, а й різких цінових коливань у наслідок таких втрат.

Основні наслідки зміни клімату в Україні представлені рис. 12.6.1.

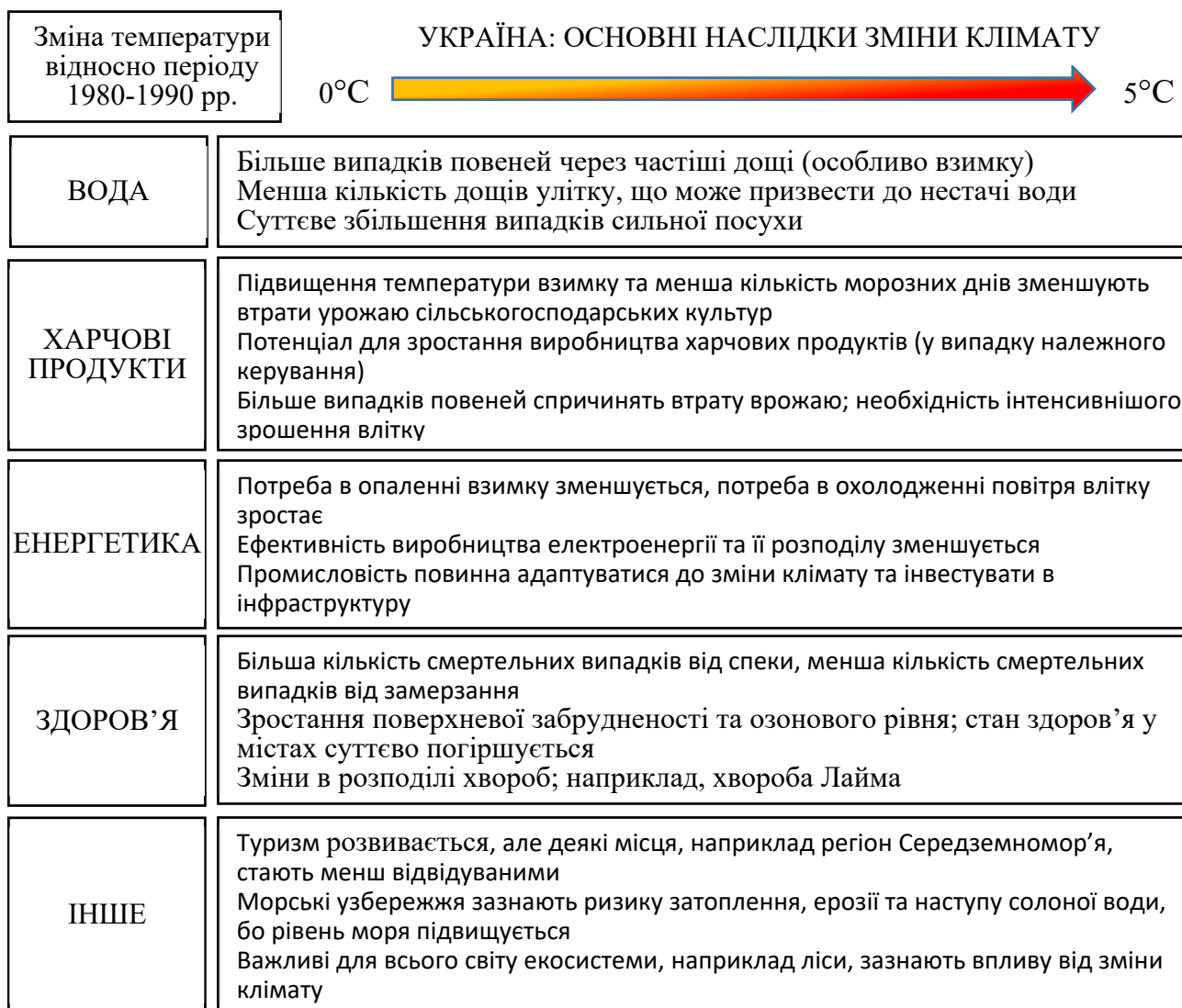


Рис. 12.6.1. Основні наслідки зміни клімату в Україні

Беручи до уваги роль сільського господарства у соціально-економічному розвитку, Україна потребує власного комплексного підходу стосовно адаптації до кліматичних змін, адже прогнозовані зміни клімату в Україні можуть призвести до наступних наслідків:

- втрати орних земель сільськогосподарських угідь від 15 до 21 млн га у південних областях України;

- зміна виробничої структури у рослинництві та втрата обсягів виробництва у межах 24-40 млн т продукції (овочі, фрукти і ягоди, виноград, горіхи, кормові культури), які є традиційними для степової зони;

- неконтрольованої міграція населення з південного регіону країни та погіршення якості життя;

- дефіциту нестача прісної і чистої води.

Враховуючи регіональні особливості та поточні прогнози необхідно передбачити виробничі та географічні зміщення сільськогосподарського з південної частини країни до північних та центральних регіонів. Побудувати оцінку ризиків для повного ланцюга виробництва включаючи транспорт, інфраструктуру, комунікаційні та енергетичні складові.

Однак багато досліджень показують, що потенційні наслідки можуть бути позитивними. Позаяк взимку температура підвищиться, а кількість морозних днів зменшиться, то можна отримати більший врожай та розширити посівні території таких озимих культур, як пшениця. Зменшення кількості опадів і збільшення температур в літній період можуть спричинити перехід від незрошувального землеробства до зрошувального. Припускаючи, що системи зрошення є стійкими, можна очікувати збільшення тривалості вегетаційного періоду, що дасть можливість урізноманітнити продукцію рослинництва. Така ситуація сприятлива для сільського господарства, але, з іншого боку, сільськогосподарські культури можуть зазнати впливу таких екстремальних явищ, як інтенсивні опади або посухи (UK Met Office 2010), та бути ураженими шкідниками. Щоб одержати перевагу від зміни клімату та компенсувати потенційні збитки, необхідні відповідні заходи з адаптації.

Серед основних адаптаційних заходів сільського господарства в Україні до кліматичних змін, рекомендованих Світовим банком слід відзначити:

- створення систем водопостачання для зрошення з невеликих резервуарів для зберігання, збору дощової води, і ширше використання місцевих джерел води для зрошення, таких як струмки і підземні води;

- застосування механічних та технічних заходів захисту рослин, серед яких переміщення виробництва овочів у теплиці, використання мульчі або іншого захисту рослин на ґрунті, установка ременів захисту рослин і т. п.;

- широке впровадження та застосування адаптованих сортів сільськогосподарських культур.

Кожен із них потребує додаткової економічної оцінки та доцільності відповідно до регіону застосування. Можна виокремити щонайменше, три основні перешкоди на шляху ефективної адаптації до впливу зміни клімату:

- брак своєчасної метеорологічної інформації для ефективного реагування, особливо умовах в екстремальних явищ таких, як посухи;
- обмежений доступ до альтернативних сортів сільськогосподарських культур і ноу-хау, щоб найкращим чином використовувати ці сорти;
- недостатній чи обмежений доступ до води для зрошення і технологій для забезпечення найбільш ефективного використання зрошувальної інфраструктури.

За таких умов одним із дієвих інструментів мінімізації негативних наслідків впливу несприятливих погодних умов на сільськогосподарське виробництво є страхування. В Україні, сільськогосподарські товаровиробники, що займаються вирощуванням польових культур мають можливість добровільно застрахувати свої посіви і/або урожай як від переліку ризиків природо-кліматичного характеру (мультиризикове страхування) так і від негативного впливу окремих подій (страхування від поіменованих ризиків).

## 12.7. Механізми адаптації до змін клімату в аграрній політиці: досвід ЄС

Адаптація пов'язана з багатьма невизначеностями та обмеженнями, зокрема: «Які наслідки зміни клімату можна очікувати, і де саме?»; «Які соціально-економічні галузі зазнають найбільшого впливу?»; «Яким чином можна підготуватися?»; «Якими, виходячи з обмеженого бюджету, повинні бути пріоритетні зусилля?». Ось такі питання ставлять тепер уряди всіх країн. При висвітленні даного питання спробуємо розібратися з відповідями на них виходячи з досвіду євросоюзу.

Одним з найважливіших складників виконання провідної ролі у процесі адаптації є чітке розуміння того, для чого проводять і які заходи з адаптації можна впроваджувати. По суті, існують різні заходи для розв'язання різних аспектів; і відповідальні за прийняття рішень повинні знати їх, якщо вони планують розробити надійну та цілеспрямовану програму дій. Розглянемо більш докладно чотири види таких заходів (рис. 12.7.1), а саме:

- заходи, спрямовані на формування адаптаційного потенціалу;
- заходи, спрямовані на зниження ризику та ступеня чутливості;
- заходи, спрямовані на підвищення потенціалу для подолання надзвичайних та стихійних подій (готовність до стихійних лих);
- заходи, спрямовані на одержання вигоди від змінених кліматичних умов.

1) *Заходи, спрямовані на формування адаптаційного потенціалу.* В академічній літературі термін «адаптаційний потенціал» привернув багато уваги, та має чимало означень. Відповідно до Міжурядової групи експертів із питань зміни клімату (див. вище), **адаптаційний потенціал** – це «здатність системи пристосовуватися до зміни клімату (зокрема мінливості клімату та надзвичайних явищ), щоб зменшити потенційні збитки, скористатися новими можливостями та впоратися з наслідками». У цьому випадку заходи, спрямовані на зміцнення адаптаційного потенціалу, пов'язані із зусиллями країни запровадити такі з них, які розширюють державне або громадське усвідомлення процесу адаптації та створюють потенціал для проведення заходів з адаптації.

Заходи, спрямовані на формування адаптаційного потенціалу	Заходи, спрямовані на зниження ризику та ступеня чутливості	Заходи, спрямовані на підвищення потенціалу для подолання наслідків надзвичайних подій	Заходи, спрямовані на дістання вигоди від змінених кліматичних умов
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Сприяють на державному та громадському рівнях усвідомленню процесу зміни клімату, його наслідків і можливостей реагувати</li> <li>• <b>Приклади:</b> дослідження впливу кліматичних змін, плани дій у випадку стихійного лиха, мапи затоплення</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Підготовчі заходи, які спрямовані на підвищення ступеня стійкості та захисту від короткострокової, середньострокової та довгострокової змін клімату</li> <li>• <b>Приклади:</b> нові сорти сільськогосподарських культур, хвилевідбійні стінки, системи раннього оповіщення</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Заходи під час та після надзвичайних подій (повеней, пожеж, ураганів) для зменшення наслідків і приборкання стихійного лиха</li> <li>• <b>Приклади:</b> місця для охолодження під час сильної спеки, спеціальний фонд на випадок надзвичайних ситуацій, спеціальні бригади наготові для розчищення доріг</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Заходи, спрямовані на дістання вигоди від зміни клімату; для когось зміна клімату вигідна!</li> <li>• <b>Приклади:</b> вигода від триваліших сезонів вирощування нових сільськогосподарських товарних культур</li> </ul>

Рис 12.7.1. Заходи адаптації до кліматичних змін

Так, ці заходи можуть бути у вигляді урядових звітів, інформаційних кампаній чи наукових досліджень, які оцінюють ризики, ступені чутливості й інформують про певні вразливості до зміни клімату. Зокрема, це може бути оцінка вразливості та ризиків, дослідження наслідків зміни клімату, аналіз витрат і вигід, картування повеней, розроблення планів дій у випадку стихійного лиха тощо. Загальною метою таких заходів є поширення інформації для підвищення обізнаності та сприяння заходам на пізнішому етапі: чим більший адаптаційний потенціал, тим успішніший процес адаптації.

2) *Заходи, спрямовані на зниження ризику та ступеня чутливості* до наслідків зміни клімату, зазвичай розглядають як «класичні» відповіді у процесі адаптації. Загалом їх застосовують для зниження ризику ушкоджень та руйнувань, а також для зниження ступеня чутливості людей, майна та природних ресурсів до дії довгострокових кліматичних змін. Ці заходи мають підготовчий характер і спрямовані на зменшення потенційно небезпечних наслідків, та на підвищення стійкості. До них залучено широке коло учасників, вони можливі в усіх соціально-економічних галузях і на всіх адміністративних рівнях. Конкретними прикладами можуть бути будівництво хвилевідбійних стінок для захисту від довгострокового підняття рівня моря, системи раннього оповіщення про надзвичайні події, ухвалення нових будівельних норм і правил для захисту будівель від екстремальних погодних умов або використання нових сортів сільськогосподарських культур, стійкіших до температурних змін та нестачі води.

3) *Заходи, спрямовані на підвищення потенціалу для подолання надзвичайних та стихійних подій* (готовність до стихійних лих) тісно пов'язані

зі спрямованими на зниження ризику, стосуються надзвичайних подій та їхнього впливу на людей, майно та природу під час або після цих подій (ураганів, періодів сильної спеки, повеней і пожеж). Вони відрізняються від інших тим, що їхнім завданням є цілеспрямована відповідь на будь-яку подію, та полегшення її наслідків. Потрібно зазначити, що хоч ці заходи «застосовують» під час або після події, їх планування та розроблення відбувається задовго до цього, що вимагає адекватного знання потенційної небезпеки. Крім того, в деяких випадках такі заходи можуть потребувати великомасштабної мобілізації людських і фінансових ресурсів. Їх можуть проводити на всіх рівнях і зазвичай розробляють і втілюють адміністративні органи. Конкретними прикладами таких заходів є створення «місць для охолодження» під час сильної спеки, швидка мобілізація спеціальних бригад для розчищення доріг, звільнення заплави від води або виділення коштів із спеціального фонду на випадок надзвичайної ситуації.

4) *Заходи, спрямовані на дістання вигоди від змінених кліматичних умов*  
Однією з причин, яку часто не беруть до уваги, для впровадження адаптації є та, що із зміною кліматичних умов можна дістати деякі вигоди, і що не всі наслідки зміни клімату будуть негативними. Отже, необхідно розробити заходи, які допоможуть країні або певній галузі дістати вигоду від зміни кліматичних умов. У сільському господарстві це можуть бути інвестиції у різні види товарних культур для внутрішнього споживання або експорту. У галузях будівництва та енергетики це можуть бути встановлення сонячних панелей на будинках, різні види конструкцій будинків або ж, якщо дослідження вказуватимуть на збільшення популяції конкретних видів риб, заходи щодо продовження сезону їх вилову.

Хоч усі перераховані вище заходи мають власні чіткі цілі, вони тісно між собою пов'язані. Щоб сформувавши програму дій щодо пом'якшення наслідків стихійних лих та їх приборкання чи дістання вигоди від змінених умов, необхідно ґрунтовно розуміти потенційні наслідки, ризику та вразливості, які стосуються країни чи регіону. Таке розуміння дозволяє збільшити адаптаційний потенціал та його розвивати.

Існуючі дослідження засвідчують, що всі країни ЄС провели ряд заходів, спрямованих на зменшення ризиків від настання кліматичних змін. Характер заходів, що наведені нижче, змінюється від цілеспрямованого до дуже загального.

- Огляд сільськогосподарської політики реформування, щоб впевнитися, що вона є гнучкою до зміни клімату (АП).
- Розроблення, вдосконалення і розширення стійких і ефективних методів зрошування для захисту підземних вод і зниження залежності від дощу.
- Надання субсидій для ефективного процесу зрошування.
- Підготовка інформації про передові методи зрошування.
- Створення консультативної системи або органу з питань зрошування, які б створили параметри та режим зрошування для сільськогосподарських культур, враховуючи метеоумови та прогнози погоди, для оптимального використання води.

- Створення водної інфраструктури сільського господарства, водосховищ і водозаборів.
- Збереження ґрунтової води за допомогою штучного ґрунтового покриття (пластмасове накриття, нетканий текстиль) або природнього ґрунтового покриття (трава/мульча та інші продукти сільського господарства).
- Зниження ризику водної та вітрової ерозії на сільськогосподарських землях за рахунок збільшення частки кормових культур на орних землях, озеленення поверхні ґрунтів, насаджень та розширення захисних лісосмуг, пристосування структури і компактності ґрунту.
- Заходи захисту від посухи: у співпраці з фермерськими громадами виявляти райони, найуразливіші до посухи.
- Реконструкція або будівництво дренажної системи для збору стоку води.
- Підвищення родючості ґрунтів за рахунок органічних та неорганічних добрив.
- Розроблення систем моніторингу за хворобами рослин та шкідниками.
- Зміни у сортах сільськогосподарських культур. Запровадження сортів, стійких до біотичних і абіотичних загроз. Вирощування гібридних культур. Використання сільськогосподарських культур пізнього або раннього дозрівання.
- Розширення посівів/інтенсивне використання озимих культур.
- Розроблення нових технологій і методів вирощування.
- Зміна полів для сортів сільськогосподарських культур (у співпраці з фермерськими господарствами).
- Широкомасштабна підтримка наукових досліджень рослин і насіння в університетах та інститутах.
- Розроблення систем моніторингу за хворобами тварин.
- Розроблення нових вакцин для тварин.

## **12.8. Біоенергетика – один із напрямів зниження негативного впливу на екосистему**

Альтернативна енергетика вже давно стала світовим трендом: енергія вітру, сонця та виробництво біогазу дозволяє не лише заміщувати дороговартісний природний газ, але й є вирішенням екологічних проблем, що пов'язані із зміною клімату. Перехід до раціональних моделей споживання і виробництва дозволить стимулювати економіку і бізнес.

Найдавнішим джерело енергії є біомаса, яку українське законодавство визначає як сировину для енергетичного використання. Базове визначення даного поняття є в Законі України «Про альтернативні види палива»: «**Біомаса** – невикопна біологічно відновлювана речовина органічного походження, здатна до біологічного розкладу, у вигляді продуктів, відходів та залишків лісового та сільського господарства (рослинництва і тваринництва), рибного господарства і технологічно пов'язаних з ними галузей промисловості, а також складова промислових або побутових відходів, здатна до біологічного розкладу».

Її використання, зазвичай, зводилося до прямого спалювання з досить низьким коефіцієнтом корисної дії. Останнім часом увага до ефективного енергетичного використання біомаси істотно підвищилася, причому на користь цього з'явилися й нові аргументи:

- використання рослинної біомаси за умови її безперервного відновлення (наприклад, нові лісові посадки після вирубки лісу) не приводить до збільшення концентрації CO<sub>2</sub> в атмосфері;

- у промислово розвинених країнах в останні роки з'явилися надлишки оброблюваної землі, що доцільно використовувати під енергетичні плантації;

- у країнах, що розвиваються, під енергетичні плантації можливо виділити низькопродуктивні землі;

- енергетичне використання відходів (сільськогосподарських, промислових і побутових) вирішує також екологічні проблеми;

- новостворені технології дозволяють використовувати біомасу більш ефективно.

Біомаса по своєму складу може бути вуглецемісткою (рослинний матеріал, деревна тріска, тирса, морські водорості, зерно, папір, пакувальна тара) або цукромісткою (цукровий буряк, цукровий очерет, сорго).

Ферментацією 1 т органічної речовини можна одержати 150-500 м<sup>3</sup> паливного газу з теплотою згорання 4300-6000 ккал/м<sup>3</sup>.

Приклади біомаси та їх використання для отримання енергії:

- відходи деревини та обробки деревини – спалюються для опалення будівель, виробляють технологічне тепло в промисловості та електроенергію;

- сільськогосподарські культури та відходи – спалюються як паливо або перетворюються на рідке біопаливо; залишки їжі та відходи деревини спалюються для виробництва електроенергії на електростанціях або перетворюються на біогаз на полігонах;

- тваринний гній і каналізаційний мул – сировина для виробництва біогазу, який є якісним паливом.

Використання біомаси в світі – давно визнаний тренд, котрий дозволяє замішувати використання дорогого газу, а також зменшувати обсяги викидів вуглекислого газу в атмосферу.

Біомаса, яка вирощується регулярно, а її використання в якості джерела енергії не супроводжується зменшенням кількості зелених насаджень в регіоні, визнається відновлювальним ресурсом і вважається екологічно нейтральною (має нульовий баланс викидів вуглекислого газу).

На рис. 12.8.1 відображена принципова схема утворення біомаси.

Біопаливом називають тверде, рідке та газове паливо, що виготовлене з біомаси і може використовуватися як паливо або компонент інших видів палива. Таким чином: біогаз, звалищний газ, біодизель, гранули, брикети із біомаси відносяться до біопалива.

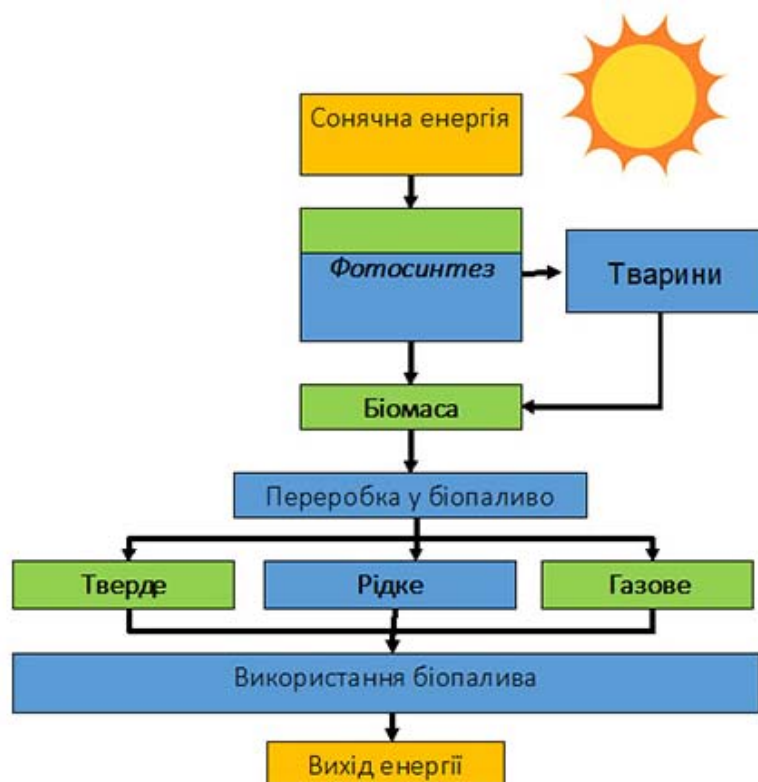


Рис. 12.8.1. Схема утворення біомаси та варіанти її використання

Види біомаси для виробництва твердого біопалива:

- енергетичні культури;
- деревна біомаса (дрова, порубкові залишки і відходи деревообробки);
- залишки (відходи) сільського господарства і переробки.

**Енергетичні культури** – це дерева та рослини, що відносно швидко ростуть і спеціально вирощуються для енергетичного використання. Наприклад: верба, тополя, міскантус.

До енергетичних рослин також належать традиційні сільськогосподарські культури, що вирощуються з метою виробництва біодизельного пального (ріпак, соняшник), біоетанолу (кукурудза, цукровий буряк) та біогазу (кукурудза). Порівняння вартості одиниці енергії в традиційних енергоносіях і біопаливі відображено в табл. 12.8.1.

Біоенергетика є єдиним джерелом відновлюваної енергії, здатним забезпечити три основні джерела енергії, необхідні як окремим особам, так і підприємствам: біотепло / охолодження, біоенергія та біопаливо.

Як паливо, вона посідає четверте місце у світі за обсягами виробництва і споживання енергії. Її частка у виробництві первинної енергії сягає 10 %. На глобальному рівні до 2050 року біомаса може забезпечити виробництво 3000 тВт/ч електроенергії, що дозволить задовольнити потреби 7,5 % населення світу, а також сприятиме скороченню викидів CO<sub>2</sub> до 1,3 млрд тон на рік. Крім того, біомаса може покрити 22 ексаджоулі (ЕДж) кінцевого споживання тепла в промисловості (15 % загального обсягу) і 24 ЕДж у будівельній галузі (20 % загального обсягу) до зазначеного року.



Таблиця 12.8.1

## Порівняння вартості одиниці енергії в традиційних енергоносіях і біопаливі

Вид палива або енергоносія	Середня вартість (на червень 2021 р.), грн/т з ПДВ	Нижча теплотворна здатність, МДж/кг	Вартість одиниці енергії, грн/ГДж з ПДВ
	А	Б	А/Б
Природний газ для населення (тариф річний)	7800-13500 грн/тис. м <sup>3</sup>	34,0 МДж/м <sup>3</sup>	229-397
Природний газ для промисловості*	12500 грн/тис. м <sup>3</sup>	34,0 МДж/м <sup>3</sup>	368
Вугілля	5800	25,0	232
Мазут	12495	42,0	298
Електроенергія для населення	1,68 грн/кВт·год	-	467
Електроенергія для побутових споживачів**	2,088 грн/кВт·год	-	580
Деревна тріска	1600	10,1	158
Дрова нерубані	1250	13,4	93
Гранули з деревини	3355	17,0	197
Гранули з лушпиння	2800	17,5	160
Тюки соломи чи стебел кукурудзи	1150	14,6	79

\*для кожного клієнта визначається індивідуально залежно від обсягу, порядку оплати та особливостей споживання

\*\*2 півріччя 2020 р.

Згідно зі звітом Міжнародного енергетичного агентства (МЕА), тепла й електрична енергія з біомаси наразі вже може конкурувати з викопним паливом. Головні переваги – повсюдне поширення ресурсів біомаси та їх теоретична невичерпність. Основні види біомаси – деревина, деревне вугілля, сільськогосподарські та тваринницькі відходи – вже забезпечують теплом 2-3 млрд. світового населення. З посиленням екологічних норм централізованої генерації, очевидна тенденція з використання біомаси в промислових виробництвах.

Відтак, щоб задовольнити попит, знадобиться близько 5-7 млрд т сухої біомаси до 2050 року для виробництва електричної й теплової енергії. Таким чином, міжнародна торгівля біомасою матиме життєво важливе значення для задоволення попиту й потребуватиме належного функціонування ланцюга створення вартості.

У 2009 р. ЄС почав розробляти політику для забезпечення «стійкого енергетичного союзу та довгострокової політики щодо кліматичних змін». У рамках цього проекту була створена Директива про відновлювану енергію (RED), яка спочатку встановила обов'язкову мету 20 % кінцевого споживання енергії з відновлюваних джерел до 2020 року.

З моменту свого створення RED неодноразово переглядалась та оцінювалась і стала частиною Пакету чистого енергоспоживання Європейського Союзу (2016). Переглянута нещодавно Директива ЄС про поновлювані джерела енергії (відома як RED II) підвищила свою ціль на споживання відновлюваної енергії до 32 % до 2030 року.

Один із сценаріїв найбільш інтенсивного розвитку ВДЕ – збільшення її частки до 75 % кінцевого споживання енергії до 2050 року. Серед основних механізмів стимулювання розвитку біоенергетики в країнах ЄС – ринкові ціни та додаткові податки на викопні палива, стимулюючі «зелені» тарифи та «зелені» сертифікати на електроенергію з відновлювальної енергетики, державна підтримка, субсидії на обладнання, високі державні цілі та діюча державна політика з розвитку відновлювальної енергетики.

Вже зараз в Європі на долю відновлюваних джерел енергії припадає понад 30 % виробництва електроенергії, що значно збільшилося за останні майже 20 років (12 % у 2000 році). Тепер енергії з поновлюваних джерел енергії (сонячна, вітрова та біомаса) виробляється більше, ніж з вугілля та природного газу – 20,9 % і 20,6 % відповідно у 2017 році. Частка біомаси в електроенергетиці Європейського союзу сьогодні складає 6 %, в опаленні – 16 %.

Галузь електроенергетики, заснована на використанні біопалива, яке створюється на основі використання біомаси називається **біоенергетика**.

Однією з головних переваг енергетичного використання біомаси є її універсальність та мультिवаріантність.

Біомаса може бути використана у твердому вигляді, шляхом безпосереднього спалювання (дрова, тріска, тюки соломи, гранули та брикети з біомаси), чи перетворена і використана у рідкому (біодизель, біоетанол) чи газоподібному (біогаз, біометан) стані.

Одним із напрямів використання біомаси є її переробка у рідке біопаливо: біодизель та біоетанол.

**Біодизель** – це метилові та/або етилові етери вищих органічних кислот, отриманих із рослинних олій або тваринних жирів, що використовуються як біопаливо чи біокомпонент.

**Біоетанол** – це спирт етиловий зневоднений, виготовлений з біомаси або спирту етилового-сирцю для використання як біопалива.

Україна має необхідні умови для виробництва рідких видів біопалива, як за земельними ресурсами і рослинним потенціалом, так і за наявністю власних виробничих потужностей.

Біомаса також використовується для виробництва газового палива.

**Біогаз** – це газ, отриманий з біомаси, що використовується як паливо. Виробництво енергії з біогазу не шкідливе для оточуючого середовища, оскільки не спричиняє додаткову емісію парникового газу CO<sub>2</sub> і зменшує кількість органічних відходів. На відміну від енергії вітру і сонячного випромінювання, біогаз можна отримувати незалежно від кліматичних і погодних умов, а на відміну від викопних джерел енергії біогаз в Україні має дуже великий відновлюваний потенціал. Річний теоретичний потенціал біогазу в Україні становить 3,2 млрд. м<sup>3</sup>.

Ефективним шляхом доповнення та заміни традиційних паливно-енергетичних ресурсів є виробництво та використання біогазу, який утворюється в результаті застосування технологій метанового зброджування тваринницької біомаси і на 60-70 % складається з метану.

Іншим джерелом біогазу є звалища сміття на полігонах твердих побутових відходів.

Крім цього, джерелом біогазу є стічні води. Утилізація відстоїв міських і промислових стічних вод забезпечує вирішення важливих екологічних, енергетичних і соціальних проблем міст, особливо мегаполісів. Відстої міських і промислових стічних вод мають у своєму складі велику кількість органічних речовин.

За рахунок використання біогазу, отриманого в результаті анаеробної ферментації біомаси, можна замінити наступні види палива:

- природний газ та зріджені гази, що використовуються для енергозабезпечення промислових і побутових потреб;

- бензин, дизельне паливо та гас у двигунах внутрішнього згорання.

Застосування біогазу дає змогу отримувати теплову та електричну енергію, що є особливо привабливим для фермерських господарств.

Крім цього, суттєвий негативний вплив на довкілля здійснюють звалища і полігони твердих побутових відходів (далі ТПВ).

Закриття полігонів і сміттєзвалищ та їх використання для будівництва сучасних систем збору й утилізації біогазу матиме позитивний екологічний та соціальний ефект. Науковці розглядають полігони ТПВ як джерела відновлюваних газових родовищ. Завдяки тому, що звалища ТПВ містять значну кількість органічних відходів, у товщі звалища в умовах обмеженого доступу кисню, органічні речовини під дією природних метаноутворюючих бактерій піддаються процесу анаеробної ферментації з утворенням біогазу.

Біогаз є багатокомпонентним газом, склад його може змінюватися залежно від морфологічного складу відходів, що потрапляють на звалища, та умов їх захоронення. Проте, основними компонентами біогазу є метан (40-60 %) і вуглекислий газ (30-45 %).

Біоенергетика відіграє важливу роль у скороченні викидів парникових газів, що є особливо актуальним у зв'язку з проблемою глобального потепління та зміни клімату.

Завдячуючи біоенергетиці у 2018 році не потрапило в атмосферу 8 млн т CO<sub>2</sub>. Це CO<sub>2</sub> – нейтральна сфера енергетики, яка передбачає використання відновлюваного палива, під час спалювання якого виділяється стільки ж вуглецю, скільки поглинається під час росту рослини.

## **12.9. Розвиток біоенергетики в Європейському Союзі**

Провідним джерелом відновлюваної енергії для опалення та охолодження (88 % всіх ВДЕ), що становить 16 % загального європейського кінцевого споживання енергії в цьому секторі є біоенергетика ЄС.

Лідерами енергетичного використання біомаси в Європі є Литва (33,6 %), Фінляндія (33,5 %), Швеція (31,9 %), Естонія (26 %), Латвія (22,9 %). Найбільша частка біомаси у загальному внеску всіх відновлюваних джерел енергії має місце

в Естонії (93,1 %), Латвії (87,6 %), Польщі (87,3 %), Фінляндії (86,3 %), Угорщині (85,7 %).

Промисловість (26 %) та «централізоване опалення» (15 %) складають разом близько 40 % споживання біомаси в секторі опалення. Ці сектори, разом із середніми установками в таких службах, як школи, лікарні та готелі, все ще мають великий потенціал для розвитку. В промисловості багато компаній вже перейшли з викопного палива на біомасу, але в найближчі роки буде зроблено більше. Тепло, яке передається через мережу централізованого теплопостачання окремим особам і підприємцям, також є важливою складовою споживання біоенергії ЄС і має важливе значення, особливо в північних і прибалтійських країнах. Цей сегмент має високий потенціал для подальшого розвитку.

У структурі споживання біопалив в ЄС-28 найбільша частка (69 % або 89,5 млн. т н.е./рік) припадає на тверду біомасу (окрім деревного вугілля), на другому місці знаходиться біогаз (12 %).

*Тверда біомаса.* Структура споживання твердої біомаси наступна: дрова для населення – 39 % загального обсягу, деревна тріска на енергоустановках потужністю >1 МВт – 32 %, деревна тріска та інші тверді біопалива на установках малої потужності – 20 %, гранули з біомаси – 9 %. Загалом, понад 70% біомаси, що споживається в Європі, складається з твердої біомаси, яка, в основному, є залишками лісового господарства і в обмеженій мірі сільськогосподарськими побічними продуктами. Споживання деревного палива ЄС-28 досягло майже 98 млн. м<sup>3</sup> у 2015 році. За даними ЄЕК ООН / ФАО, лише 4,9% цього загального споживання надходило від імпорту деревних матеріалів. Це означає, що понад 95% споживання біоенергії в ЄС-28 відбувається в основному за рахунок місцевих джерел, що забезпечує додаткову цінність для регіональних економік і допомагає ЄС-28 зменшити енергетичну залежність.

У 2015 році 70% біоенергії, спожитої в Європі, було отримано з лісів – це 29 днів чистої енергії для всього ЄС. У 2018 році біоенергетика дала Євросоюзу вже 43 дні чистої енергії.

*Біогаз та біопаливо.* Біогазова та біопаливна сировина в ЄС становить 12% валового внутрішнього енергоспоживання біомаси (наприклад, буряк / зернові культури / побічні продукти / трава / проміжні культури / льон / гній / кукурудза / морська біомаса / ріпакова олія / відходи рослинного масла і тваринні жири).

Наразі європейський ринок біогазових установок оцінюється в \$3 млрд, і, за прогнозами, він повинен вирости до \$25 млрд уже до 2020 р. При цьому 75% біогазу виробляється з відходів сільського господарства, 17 % – з органічних відходів приватних домогосподарств і підприємств і ще 8 % – каналізаційних очисних споруд.

Зараз в Європі лідируючу позицію по виробництву біогазу займає Німеччина (більше половини всіх установок). При цьому, тільки 7% виробленого цими підприємствами біогазу надходить в газопроводи, решта – використовується для потреб виробника. У перспективі 10-20% використовуваного в країні натурального газу може бути замінено біогазом.

Більшість працюючих біогазових установок використовують енергетичні культури і гній якості основного субстрату. В Європі загалом лідирують дві країни в цьому секторі: Німеччина виробляє 93% свого біогазу за рахунок ферментації сільськогосподарських культур та рослинних залишків, тоді як Сполучене Королівство майже повністю покладається на сміттєвий і шламовий газ. Всі інші країни використовують різні комбінації сировини. Враховуючи загальну картину ЄС-28, польові культури, гній, відходи сільськогосподарської та харчової промисловості становлять близько трьох чвертей біомаси, що використовується для виробництва біогазу.

Кількість сільськогосподарських біогазових установок становить близько 10 тисяч. Ще приблизно 92 заводи утилізують біологічні відходи, зокрема муніципальні тверді побутові відходи. Близько 1 700 заводів працюють на каналізаційних очисних спорудах.

У перспективі, при оптимальному використанні біогазу в Німеччині електрикою, з цього виду палива можна буде постачати 12 млн домогосподарств. Уже зараз вироблених з біогазу електроенергії і тепла достатньо приблизно для 500 тис. приватних будинків і квартир.

Європейська промисловість біопалива в основному обмежується двома окремими секторами: біоетанол і біодизель, які не покладаються на одну і ту ж сировину для виробництва палива.

В ЄС біоетанол виробляється переважно із зернових та похідних цукрових буряків. Пшениця використовується в північно-західній Європі, а кукурудза – в Центральній Європі та Іспанії. Використання цукрових буряків охоплює Францію, Німеччину та Бельгію. Що стосується обсягу споживання для виробництва етанолу, то у 2016 році, наприклад, для отримання в ЄС 5,050 млн. літрів біоетанолу було використано 8,9 млн. т зернових та 8,8 млн. т цукрових буряків. Це означає, що лише 2,9 % загального виробництва зернових в ЄС та близько 7,0 % загального обсягу виробництва цукрового буряку пішло на енергетичні цілі 2016 р.. Біоетанол є не лише стійким джерелом енергії через його низький вплив на землекористування, але й його виробництво забезпечує фермерам ЄС 6,6 млрд. євро доходу на рік. Всупереч загальному сприйняттю, він не конкурує з виробниками продуктів харчування і не призводить до негативного впливу на ціни. Продовольча і сільськогосподарська організація ООН та Міжнародний науково-дослідний інститут продовольчої політики навіть підтверджують, що виробництво біопалива та продуктів харчування може бути взаємовигідним. Найбільш поширеною сировиною для біодизеля залишається ріпакова олія, на яку припадає 49% від загального обсягу виробництва в 2015 р., але її застосування значно зменшується, головним чином завдяки збільшенню використання переробленого рослинного масла (UCO) та пальмової олії.

Фактично, UCO стала другою за величиною сировиною, яку активно використовують Нідерланди, Великобританія та Німеччина. Пальмова олія зайняла третє місце за обсягом сировини, а четверте за соняшниковою олією (3% від загальної кількості біодизельного сировини). Більш конкретні джерела

біопалива, такі як жирні кислоти або бавовняне масло, використовуються залежно від місцевого/національного виробництва.

#### *Приклади застосування технологій на основі переробки біомаси в Європі*

*Фінляндія* Найбільша в світі газифікаційна установка на біомасі, розташована в місті Вааса (FI), розпочала свою комерційну експлуатацію на початку 2013 року. Це перший раз, коли газифікація біомаси була прийнята для заміни викопного палива в таких великих масштабах. Метою інвестицій було використання більшої кількості відновлюваного палива у виробництві та зменшення споживання вугілля на 25-40%. *Vaskiluodon Voima*, місцевий оператор заводу, також хотів мати можливість використовувати кілька видів палива і таким чином оптимізувати витрати і вплив на навколишнє середовище. Тому *Vaskiluodon Voima* вирішив перетворити свою існуючу вискоелективну виробничу одиницю на використання газифікованої біомаси. Поставка газифікації на 140 МВт включала паливний двір, великомасштабну сушильну стрічку, газифікатор з циркулюючим псевдозрідженим шаром (CFB), модифікацію та інтеграцію на існуючому вугільному котлі, а також розширення до системи автоматизації Valmet DNA з сучасними додатками. Газифікатор підживлюється лісовими відходами, пнями і круглою деревиною. Торф використовується як резервне паливо. Використання біомаси, що надходить з радіусу 100 км навколо заводу, створило нові робочі місця в цьому районі і, таким чином, збільшило місцеву економіку. Завдяки газифікації біомаси компанія тепер має можливість замінити близько 25-50% вугілля місцевою біомасою в залежності від навантаження котла. Іншою основною метою інвестицій було скорочення викидів – і це також було досягнуто. Через газифікацію біомаси завод міг знизити викиди CO<sub>2</sub> приблизно на 230 тис т на рік. Викиди SO<sub>2</sub> також нижчі. Для моніторингу викидів завод використовує інструмент моніторингу викидів. Додаток надає всю необхідну інформацію для моніторингу викидів та звітності.

*Литва.* Як частина Північної Балтії в Європі, для Литви та її населення залежність від імпортного викопного палива з Росії була економічним і політичним викликом. У 2014 році, коли Литва стала країною-членом ЄС, вона сплачувала найвищу ціну за імпортований газ – ціну, яку європейці назвали «політичною», оскільки вона не була пов'язана із ринковою ситуацією. Між тим, місцеві ресурси біомаси були (і залишаються) великими. З 2000 по 2016 рік використання біомаси в секторі централізованого тепlopостачання збільшилося з 2% до ~ 65% – вперше частка біомаси, що використовується в тепlopостачанні, перевищила частку імпортованого газу. Основною причиною такого переходу є величезні поновлювані джерела енергії в Литві, де ліси займають ~ 33,2% території країни (2,2 млн га), а ціна використання біомаси для опалення майже втричі нижча за ціну природного газу.

Кількість біомаси на душу населення в Литві є однією з найвищих у Європейському Союзі, і, за підрахунками, Литва буде лідирувати в ЄС щодо кількості доступної біомаси для потреб енергії.

Кількість біомаси на душу населення в Литві є однією з найвищих у Європейському Союзі, і, за підрахунками, Литва буде лідирувати в ЄС щодо кількості доступної біомаси для потреб енергії.

У результаті перехід від імпортованого газу до місцевої біомаси призвів до зниження цін на тепло для місцевих споживачів, а також до скорочення викидів CO<sub>2</sub>. Основні переваги використання біомаси набагато більші, ніж просто екологічна потреба. Більше 7 500 осіб (за оцінками, 10 тис. чоловік у 2020 році) зайняті компаніями, пов'язаними з технологією, виробництвом і постачанням біомаси. Експорт обладнання та технологій у 2015 році досяг 100 млн. Євро, але очікується, що в 2020 році він зросте до 300 млн. Євро. Середня зарплата в цьому секторі приблизно в 1,5 раза перевищує середню зарплату в Литві. Річний оборот цього сектора складає близько 410 млн. Євро.

Завдяки швидким темпам розвитку біоенергетики, Литва вже досягла директиви ЄС щодо стимулювання споживання відновлюваних джерел енергії. Для Литви метою є збільшення цієї частки до 2020 року. У 2016 році частка ВДЕ в загальному енергетичному балансі країни досягла 25,86 %, за 3 роки вона зросла ще майже на 8 % і становить нині 34 %.

Литва втілила три основні речі, які потрібні і в Україні:

1) з 2008 року по 2014 рік литовський регулятор забезпечив додаткову 6-відсоткову рентабельність на інвестиції в установки генерації тепла з біомаси на 16 років. Ця додаткова рентабельність додавалася до звичайної 5-відсоткової рентабельності, що діяла на інші види теплогенеруючих установок, і при 2-відсотковій інфляції стимулювала компанії з централізованого теплопостачання інвестувати у теплогенеруючі установки на біомасі й скорочувати інвестування у менш прибуткові установки на викопному паливі.

2) підвищений попит на біопаливо, що став результатом регуляторного стимулювання, потребував прозорого механізму закупівлі біопалива у великих кількостях. Як результат, у 2012 році Литва запровадила біопаливну біржу Baltpool. Частка біомаси, придбаної через неї, зросла з 1% у 2013 році до 86% у 2016 році. Після створення біржі ринок біомаси в Литві став набагато прозорішим, а його функціонування – ефективнішим. Завдяки роботі біржі вартість біомаси у 2015 році порівняно з 2012 роком залежно від району знизилася до 40%, а різниця у вартості біомаси між сусідніми районами майже зникла. Таку ж біржу активно лобіюють в Україні Біоенергетична асоціація України та Держенергоефективності.

3) Литва демонополізувала виробництво теплової енергії в системах централізованого теплопостачання і запровадила прозору недискримінаційну систему підключення незалежних виробників теплової енергії до теплових мереж.

Мета цих заходів полягала у насиченні мереж централізованого теплопостачання більш дешевим теплом, виробленим з біомаси, і зниженні тарифів для кінцевих споживачів. Подібний законопроект розроблений і в Україні – знову ж за підтримки БАУ та Держенергоефективності.

Саме останні дві ініціативи пропонується впровадити в Україні для зростання ринку біомаси та енергоефективності виробництва, комунального сектору тощо.

### Приклади міст з використання біомаси

#### Стокгольм

Населення: 2.3 млн.

Біомаса:

80% тепла

20% транспорту

Värtan CHP Urban Design – 130 МВт ел + 280 МВт т одна з найбільших в світі ТЕЦ на біомасі в центрі міста

Плани до 2030 – 100% всієї енергії з ВДЕ



#### Вільнюс

Населення: 550 000

Біомаса:

85% тепла

25% електрики

Vilnius CHP – 100 МВт ел + 240 МВт т – найбільша ТЕЦ на біомасі у Східній Європі

Плани до 2040 – 100% ВДЕ у теплі.



#### Копенгаген

Населення: 1.4 млн.

Біомаса:

90% в теплі

20% в транспорті

98% житлового фонду підключено до ЦТ (+приватний сектор)

Система ЦТ – повністю конкурентна

У місті декілька великих ТЕЦ на біомасі, загальна теплова потужність 1.3 ГВт

Плани до 2040 – 100% всієї енергії з ВДЕ



#### Париж

Населення: 10 млн.

Біомаса:

40% в теплі

50% житлового фонду підключено до ЦТ

Загальна теплова потужність на біомасі: 800 МВт



## 12.10. Біоенергетика України: роль та перспективи розвитку

В Україні частка біоенергетики у загальній структурі споживання енергії дуже низька порівняно із ЄС. Якщо у ЄС біоенергетика займає 18-20% ринку, то у нас цей показник на рівні – 5%. Проте потенційно «зелена» електроенергія може задовольнити усі потреби населення.

Згідно зі звітом агентства IRENA (2015 р.), Україна має потенціал для десятикратного збільшення використання відновних джерел енергії. З них 73% припадає на теплову енергію, 20% – на виробництво електроенергії і 7% – на транспорт. Майже 80% обсягу енергії забезпечуватиме біомаса, включаючи



обігрів будівель і промислових підприємств (зокрема, централізоване теплопостачання), виробництво електроенергії та палива.

В Україні енергетичний потенціал біомаси тільки з АПК становить еквівалент 17-20 млрд. кубометрів природного газу. Як аграрна країна, Україна повинна зосередити свою увагу саме на використанні відходів і побічних продуктів сільського господарства, адже тут є величезний ресурс. Передбачається, що до 2035 року максимум 30 % всього сектору покриє дерев'яна біомаса, а інші 70% потрібно шукати саме в агросекторі.

Наразі основними джерелами біомаси в Україні (якщо не брати до уваги деревину) є відходи і залишки сільського господарства (солома, стебла та стрижні кукурудзи, стебла та лушпиння соняшника), а також – у перспективі – енергетичні культури (верба, тополя, міскантус), що вирощуються спеціально з цією метою.

Загалом, ріст сектору біоенергетики України протягом 2010-2016 рр. оцінюється, в середньому, у 45%/рік по показнику виробництва біопалив і 35% в рік по загальному постачанню первинної енергії з них. І незважаючи на те, що біомаси в Україні достатньо, щоб замінити весь імпорту газу та вугілля, темпи розвитку біоенергетики в Україні значно нижчі від європейських показників (рис. 12.10.1).

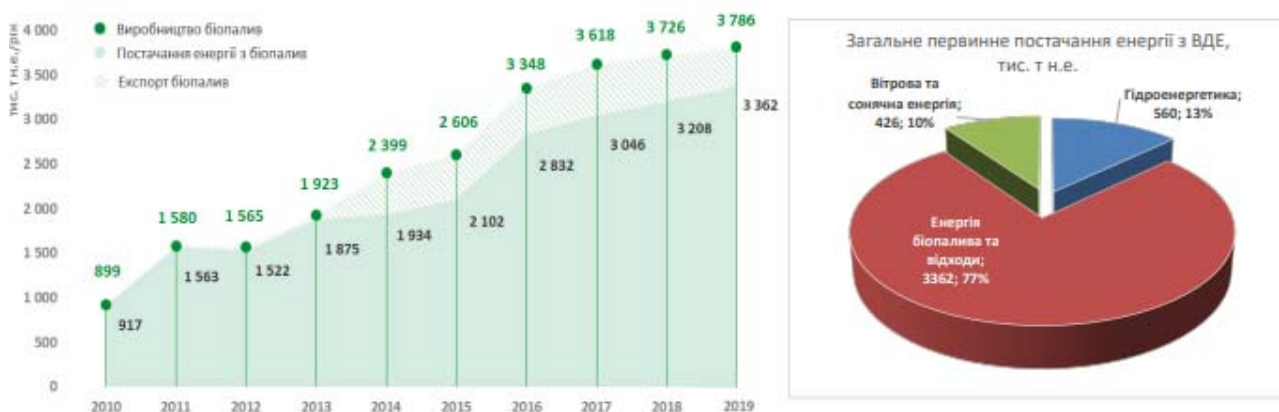


Рис. 12.10.1. Внесок біоенергетики в розвиток відновлювальної енергетики в Україні

Можна виділити низку переваг біоенергетики, що є важливим стимулом подальшого розвитку цієї галузі в Україні.

Для соціальної сфери – це:

- диверсифікація сільської економіки;
- створення нових робочих місць;
- розвиток сільських територій;
- покращення здоров'я населення;
- забезпечення добробуту та якості життя сільського населення.

Для сфери економіки – це:

- зниження собівартості сільськогосподарської продукції;
- скорочення залежності від імпорту енергоносіїв;
- освоєння виробництва нових видів продуктів;

- ретельний контроль за якістю продукції;
- вихід на нові ринки агропродовольчої продукції.

Для екологічної сфери:

- створення нових продуктів та палива з біомаси;
- запобігання забрудненню довкілля;
- використання продуктів переробки сільського господарства тощо.

Наглядно роль біоенергетики для країни відображена на рис. 12.10.2.



Рис. 12.10.2. Роль біоенергетики для України

Україна має міжнародні зобов'язання по скороченню викидів парникових газів згідно Паризької кліматичної угоди 2015 року – виконання так званих «національно визначених внесків». Наразі це зобов'язання по зниженню складає 40 % у 2030 р. відносно рівня викидів парникових газів 1990 р., але протягом найближчих років може значно зрости – до близько 70 % у 2050 р. відносно рівня викидів парникових газів 1990 р.

Для виконання цієї нової цілі Україна має переходити на низьковуглецеву економіку, суттєво скорочувати споживання викопних палив, активно розвивати енергоефективність і впроваджувати відновлювані джерела енергії.

За попередніми експертними оцінками, частка відновлювальної енергетики (ВДЕ) в енергетичному секторі України у 2050 році може досягти 60 %, з яких більше половини – за рахунок біоенергетики.

Біоенергетичною асоціацією України за підтримки проекту ЄБРР «Україна: сталі інновації у ланцюжку створення вартості у біоенергетиці» була розроблена «Дорожня карта розвитку біоенергетики України до 2050 р.», яка відповідає сценарію досягнення 60 % ВДЕ в загальному енергобалансі в 2050 р. (рис. 12.10.3), в тому числі по окремих секторах: при виробництві електроенергії – 70 % ВДЕ; при виробництві теплової енергії – 65 % ВДЕ; на транспорті – 35 % ВДЕ.

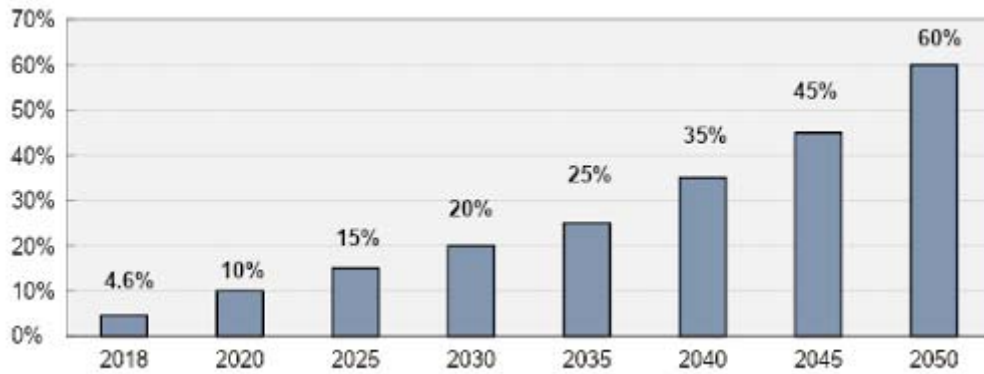


Рис. 12.10.3. Прогноз частки ВДЕ у загальному постачанні первинної енергії в Україні до 2050 року

Енергетичний потенціал біомаси в Україні за даними 2018 року становив 23,1 млн т н.е. (тон нафтового еквіваленту)/рік. Основними його складовими є первинні сільськогосподарські залишки (солома зернових культур та ріпаку, побічні продукти виробництва кукурудзи та соняшника) – майже 40 % загального потенціалу і енергетичні рослини (верба, тополя, міскантус і силос кукурудзи для виробництва біогазу) – 32 %.

Експертні оцінки показують, що до 2050 року цей потенціал може збільшитися до близько 45 млн т н.е./рік.

Дорожня карта передбачає суттєве збільшення обсягів енергетичного використання агробіомаси, у першу чергу стебел та іншої побічної продукції виробництва кукурудзи та соняшника (рис. 12.10.4).

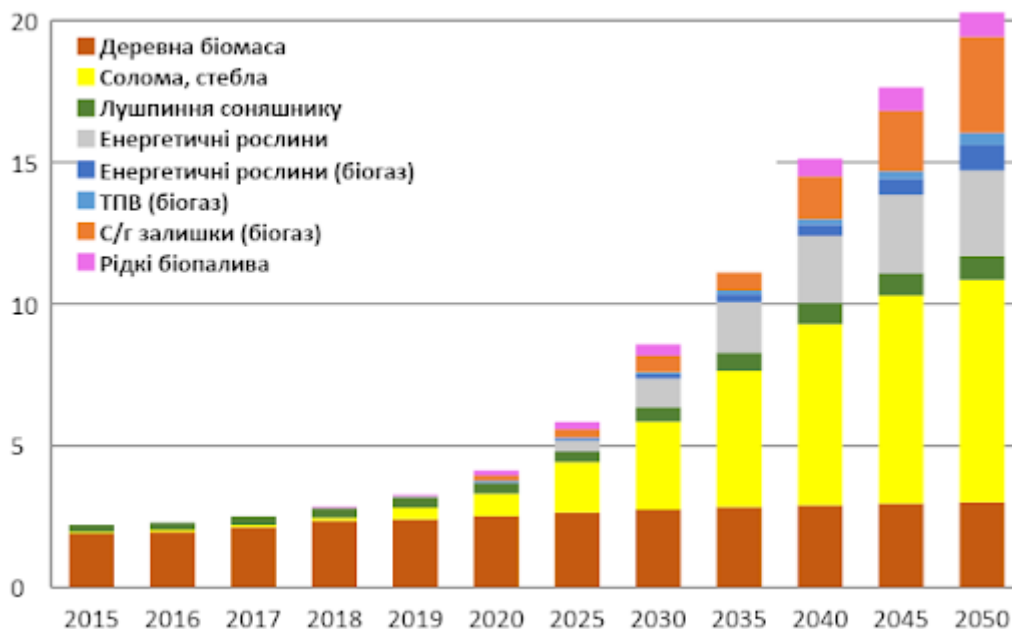


Рис. 12.10.4. Структура використання біопалива в Україні до 2050 р. за їх видами, млн т н.е.

В Україні більше половини кінцевого споживання енергії припадає на теплову енергію. З урахуванням цього, відповідно до Дорожньої карти, у

2050 році близько половини загального обсягу споживання біопалива припадатиме на тверді біопалива (рис. 12.10.5), що використовуються для виробництва теплової енергії (11,7 млн т н.е.).

Решта розділятиметься між твердими біопаливами для виробництва електроенергії (3,0 млн т н.е.), біогазом (2,36 млн т н.е.), біометаном (2,36 млн т н.е.), рідкими біопаливами I покоління (0,43 млн т н.е.) та II покоління (0,43 млн т н.е.).

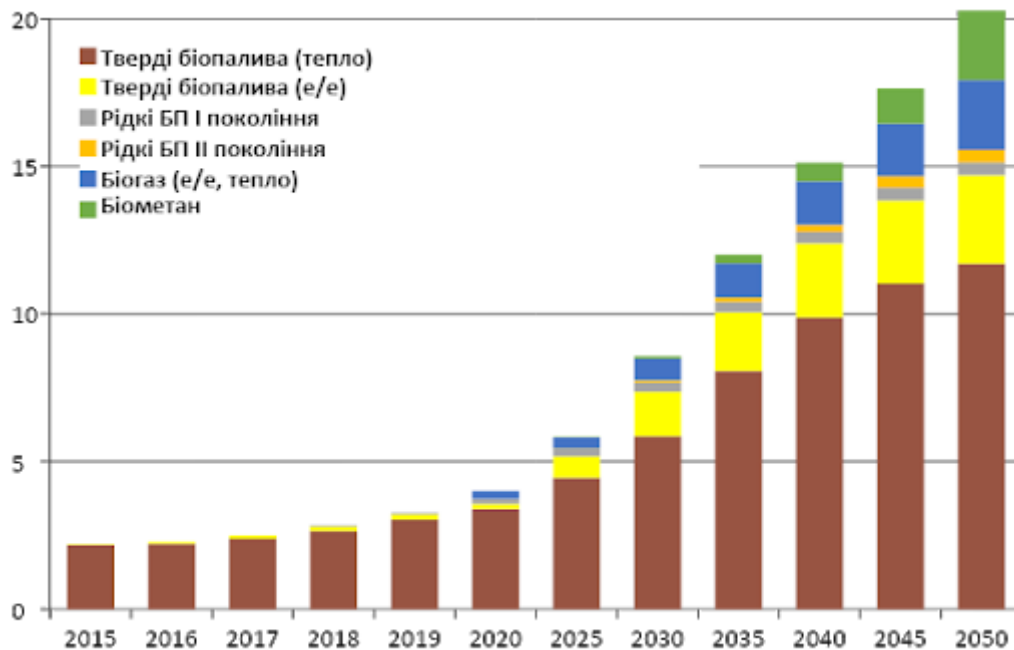


Рис. 12.10.5. Структура використання біопалива в Україні до 2050 р. за видами отриманого енергоносія, млн т н.е.

Передбачається, що загальна встановлена потужність біоенергетичного обладнання зросте до 49,6 ГВтт і 5,2 ГВтел до 2050 р. Загальне споживання біопалива становитиме понад 20 млн т н.е./рік.

Реалізація Дорожньої карти потребуватиме інвестицій обсягом 21-33 млрд євро та призведе до заміщення близько 20 млрд м<sup>3</sup>/рік природного газу і створення більше 160 тис. робочих місць до 2050 р. (табл. 12.10.1).

Прогнозується зростання загального споживання біопалива до понад 20 млн т н.е./рік у 2050 р. Близько 50 % цих біопалива буде використовуватися для виробництва теплової енергії і напряду заміщуватиме природний газ. Інші частини будуть заміщувати вугілля і атомну генерацію при виробництві електроенергії і нафтопродукти на транспорті.

Розвиток біоенергетики призведе до заміщення близько 20 млрд м<sup>3</sup>/рік природного газу, скорочення викидів парникових газів до 54 млн т CO<sub>2</sub> екв/рік та створення більше 160 тис. робочих місць до 2050 р. Біоенергетика становитиме значну і невід'ємну частину «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 р.

Таблиця 12.10.1

## Прогноз розвитку біоенергетики в Україні до 2050 р.

Рік	Встановлена потужність		Споживання біопалива, млн т н.е.	Заміщення природного газу, млрд м <sup>3</sup>	Заміщення бензину та дизпалива, млн т	Скорочення викидів CO <sub>2</sub> , млн т/рік	Інвестиції, млрд євро		Створення нових робочих місць, од.
	МВт <sub>т</sub>	МВт <sub>тел</sub>					мін.	макс.	
2020	8206	202	3,77	4,34	0,17	8,90	1,52	2,52	16900
2025	12276	844	5,83	6,35	0,25	14,31	3,73	6,06	31400
2030	19087	1846	8,57	9,11	0,39	21,35	7,07	11,44	54300
2035	30237	2804	12,01	12,62	0,50	30,37	10,78	17,43	86200
2040	39338	3609	15,13	15,77	0,67	38,66	14,15	22,85	115400
2045	45351	4299	17,64	17,98	0,96	45,79	16,94	27,38	139000
2050	49655	5230	20,28	19,92	1,23	54,40	19,70	31,81	162700

Отже, в Україні існує велика можливість заробляти гроші на смітті і гної (посліді), одночасно покращуючи стан навколишнього середовища, зменшуючи енергетичну залежність та підвищуючи власну енергетичну безпеку.

Водночас, доречно відмітити, що використання відновлювальних джерел енергії має і свої недоліки. При цьому, найменша кількість негативних характеристик серед інших видів відновлювальних джерел енергії стосується використання біопалива та біомаси. Серед основних проблем, на які необхідно звернути увагу, це диспропорція у структурі посівних площ, невідповідність між потребою у кількості сировини для переробки та можливості її виробництва без зменшення обсягів вирощування продовольчих культур тощо.

Також тривають дискусії щодо раціональності виготовлення біодизеля з ріпакової олії, адже для заправки одного автомобіля протягом року її необхідно приблизно 1500 літрів. З 1 т насіння ріпаку можна отримати майже 300 кг (30%) олії, з якої виробляють близько 270 кг біодизеля. Тобто, для задоволення потреб заправки одного автомобіля необхідно до 5,5 т насіння. При врожайності цієї культури 30 ц з 1 га, посівна площа при цьому має становити 1,8 га.

Заважають розвитку енергетики, в основному, економічні причини, зокрема, субсидування державою цін на блакитне паливо та відсутність обґрунтованих «зелених» тарифів на електричну енергію, отриману з біогазу та твердих побутових відходів тощо.

Реалізація державної енергетичної програми дозволить забезпечити розвиток енергозберігаючих технологій і скоротити енергозалежність. Таким чином, на відтворення природно-ресурсного потенціалу впливають можливість екологізації виробництва та розвиток біоенергетики. Це пояснюють тим, що в аграрному секторі процес виробництва тісно пов'язаний із живими організмами: рослини й тварини, біологічні процеси, які протікають за певними законами природи й об'єктивно вимагають пристосування окремих технологічних

процесів відповідно до її ритму, що характеризує необхідність врахування біологічних особливостей окремих видів природних ресурсів, у тому числі біоенергетичних.

Враховуючи зазначене, розвиток біоенергетики є важливим напрямом підвищення конкурентних переваг вітчизняної економіки й збереження навколишнього середовища, що формує можливості до забезпечення зрівноваженості розвитку аграрного сектору .