

Розділ 6

ОЦІНКА ВПЛИВУ ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННИХ ПРОЦЕСІВ НА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗВИТОК УКРАЇНИ

Для оцінки соціально-економічних ризиків зазвичай використовують підходи, що умовно можуть бути згруповані в три різні класи. По-перше, це оцінки, які базуються на використанні детермінованих моделей і сценаріїв. Як правило, вони мають балансовий характер і вже багато років не є застосованими для регіональних і локальних оцінок, які відрізняються великою гетерогенністю і невизначеністю вхідних даних. В таких умовах жодна детермінована модель не може бути коректно застосована, а результат моделювання не буде достовірним.

Інший підхід базується на уявленнях про ресурсну безпеку. В такому випадку фіксується значення параметрів певного ресурсу, необхідного для забезпечення життєдіяльності, і визначаються умови, сприятливі для системи. При застосуванні такого підходу виникає дві проблеми. По-перше, необхідно виходити із вірної парадигми ресурсної безпеки. Тобто визначати не лише наявність

взаємопов'язаних ресурсів, а також їхню доступність, вразливість і можливість утилізації. В умовах складного просторово розгалуженого гетерогенного середовища ця задача не є тривіальною. По-друге, при застосуванні такого підходу критичним є кількість і якість вхідних даних і необхідність врахування великої кількості контрольованих параметрів і змінних. Все це призводить до суттєвих обмежень і іноді істотно впливає на достовірність отримуваних оцінок.

В задачах інтегрованої безпеки все більш популярним стає підхід, що базується на стохастичному аналізі, зокрема, стохастичній оптимізації. Він дозволяє оцінювати параметри безпеки в умовах невизначеності, і є спрямованим на визначення сталих, робастних рішень, стійких по відношенню до наборів прогнозованих змін. З використанням цього методу можна прогнозувати показники ризиків за окремими наборами параметрів.

6.1. Регіональний соціально-економічний розвиток в умовах невизначеностей, викликаних різномасштабними змінами

Більшість оцінок показують, що значного впливу з боку прогнозованих кліматичних змін слід очікувати в аграрному секторі. Аграрний сектор за своїм функціональним призначенням виконує важливі суспільні функції, що обумовлює його стратегічну роль як в глобальній, так і в національній економіці. В першу чергу, агросфера залишається місцем проживання майже третини всього населення України та сферою працевлаштування переважної більшості сільського населення. Незважаючи на те, що за останні 20 років кількість зайнятих в сільському господарстві скоротилася вдвічі, для близько 5 млн сільських домогосподарств аграрний сектор залишається основним джерелом доходів. Крім того функціонування аграрного виробництва забезпечує підтримку інфраструктури на селі та збереження агроландшафтів.

Для планування і розміщення виробництва в умовах невизначеностей та ризиків ефективним є використання двоетапних моделей стохастичної оптимізації [55]. Ці моделі надають можливість планування довгострокових стратегічних рішень за умови невизначеностей на першому етапі, після чого дозволяють корегувати ці рішення на другому етапі, враховуючи отриманий досвід, додаткову інформацію та спостереження. Пропоновані моделі враховують різні сценарії економічного росту та прогнози зміни чисельності населення, що вимагає відповідного регулювання регіонального виробництва. В окремих регіонах масштаби аграрного виробництва настільки високі, що перевищують допустимі норми екологічного та соціального тиску. Для вирішення проблеми оптимального

розміщення агровиробництва модель використовує показники, визначені на основі взаємозалежних факторів, таких як, наприклад, рівень доходів населення, виробничі затрати, доступність, умови та стан використання основних ресурсів тощо. Модель працює на основі використання ймовірнісних методів “robust up- and down-scaling”, що дозволяють поєднувати (знаходити відповідності) просторово-часові проєкції біофізичного блоку моделі з соціо-економічними та іншими блоками з метою отримання прийнятних результатів для розробки політики та її впровадження.

Ці моделі були апробовані для аналізу міграційних процесів, спричинених інтенсифікацією аграрного виробництва, в тому числі виробництва біопалива в Україні [57]; впровадження механізмів оптимального ціноутворення на землю [77]; оцінці ролі тарифного регулювання [66]; визначенні оптимального рівня інвестицій для розширення сільськогосподарської зайнятості і впровадження аграрних послуг для працевлаштування потенційних мігрантів в результаті фінансово-виробничої нестабільності в Україні [51]; аналізу засад продовольчої безпеки [67]; тощо. Для підтримки імплементації моделі була розроблена гармонізована база даних статистичних показників розвитку аграрної економіки України. Моделі продовжують розвиватися в рамках виконання спільних проєктів Президії НАН України з Міжнародним інститутом прикладного системного аналізу (IIASA) щодо інтегрованого моделювання продовольчої безпеки з урахуванням безпечного водо-, ресурсо- та енергозбереження [33].

Модель базується на використанні узагальненого підходу [51]. Виробнича функція запропонованої моделі може бути представлена у вигляді функції максимізації прибутків виробників I_j розташованих в регіоні j , які розраховуються як різниця між сукупними доходами та сукупними витратами виробництва. Перші включають надходження від реалізації продукції $\sum_{i=1}^n P_{ij} a_{ij}(\omega) x_{ij}$ та фінансову підтримку забезпечення агровиробництв $\sum_{i=1}^n l_{ij} x_{ij} \max\{0, a'_{ij} - a_{ij}(\omega)\} P_{ij}$. Другі відповідно включають виробничі витрати $\sum_{i=1}^n c_{ij} x_{ij}$ та зобов'язання за отриману фінансову підтримку виробництва або страхування виробництва $\sum_{i=1}^n \pi_{ij}$. Сценарії випадкової величини $\omega \in \Omega$ визначаються коливаннями погодних умов (у випадку рослинницької продукції) або нестабільністю продуктивності в тваринництві, викликаною, наприклад, браком кормів, загибеллю худоби тощо.

Блок $\sum_k P_{ik} Z_{ikj} - \sum_k P_j Z_{jke}$ відображає міжрегіональні торгівельні потоки певного виду сільськогосподарської продукції. Виробнича функція, що описує

пропоновану модель оптимізації розміщення виробництв, виглядає наступним чином [55, 52]:

$$I_j = \sum_{i=1}^n P_{ij} a_{ij}(\omega) x_{ij} - \sum_{i=1}^n c_{ij} x_{ij} - \sum_{i=1}^n \pi_{ij} + \sum_{i=1}^n l_{ij} x_{ij} \max\{0, a'_{ij} - a_{ij}(\omega)\} P_{ij} + \sum_k P_{ik} Z_{ikj} - \sum_k P_j Z_{jke}, \quad (6.1)$$

де i — вид сільськогосподарської продукції; j — регіон; I_j — чистий дохід; P_{ij} — виробнича ціна продукту в регіоні j ; $a_{ij}(\omega)$ — випадкова продуктивність (урожайність, приріст худоби) продукту в регіоні j ; a'_{ij} — критична величина продуктивності і продукту в j регіоні, яка дає право на отримання підтримки; x_{ij} — посівна площа / поголів'я; c_{ij} — виробничі витрати; π_{ij} — зобов'язання виробників за право отримання підтримки на i продукт в j регіоні; l_{ij} — компенсація на одиницю фактично отриманої величини продуктивності $a_{ij}(\omega)$, виходячи із її критичного значення a'_{ij} ; Z_{ikj} — обсяг транспортованого і продукту з j в k регіон; Z_{jke} — обсяг транспортованого і продукту з k в j регіон.

Очевидно, що математичний запис рівняння (6.1) відображатиме розміщення виробництв в регіонах з найменшими виробничими витратами та реалізацію в регіонах з вищими цінами. Для попередження концентрації виробництва та реалізації продукції лише в окремих регіонах в рівняння (6.1) введені наступні обмеження:

$$a_{ij}(\omega) x_{ij} + l_{ij} x_{ij} \max\{0, a'_{ij}(\omega)\} + \sum_k Z_{ikj}(\omega) - \sum_k Z_{ikj}(\omega) \geq d_j \quad (6.2)$$

$$\sum_{ij} \delta_i x_{ij} \geq b_j \quad (6.3)$$

Обмеження (6.2) гарантує забезпечення попиту d на продукт і в кожному взятому регіоні j потужностями регіонального виробництва $a_{ij}(\omega) x_{ij}$, міжрегіональними поставками $\sum_k Z_{ikj}(\omega) - \sum_k Z_{ikj}(\omega)$ та забезпеченим обсягом $l_{ij} x_{ij} \max\{0, a'_{ij} - a_{ij}(\omega)\}$ продукту. В розвинутих країнах прийнято, що внутрішнє виробництво має забезпечувати не менше 80–85% національного попиту. В Україні його значення закріплено на рівні 30%, хоча наприкінці 2011 р. була спроба знизити цей рівень до 20%.

В свою чергу, обмеження (6.3) гарантує недопущення надмірного розміщення виробництва в регіоні понад встановлений рівень доступних для такого виду виробництва земельних ресурсів b_j ; таким чином, δ_i можна розглядати як коефіцієнт граничного навантаження виробництва на одиницю земельної площі. Фактично обмеження (6.3) забезпечує регулювання розораності сільськогосподарських земель в регіоні для виробництва рослинницької продукції, тобто частку продукту у загальній посівній

площі, а в тваринництві — регулювання поголів'я тварин та можливість природної утилізації відходів шляхом удобрення ґрунту, що гарантує збереження екологічної сталості регіону [49]. Затверджені Постановою Кабінету Міністрів України №164 від 11.02.2010 із змінами та доповненнями норми регулювання сівозміни дозволяють засівати до 60–95% від загальної площі зерновими і зернобобовими за-

лежно від природно-кліматичної зони. Більш жорсткі нормативи застосовуються до технічних культур й, зокрема, соняшника та ріпаку, а саме: перший у сівозміні не може перевищувати 15% у південно-степовій зоні (в тому числі в умовах штучного зрошення), а другий — 10%. В решті природно-кліматичних зон нормативи щодо частки соняшника та ріпаку більш жорсткі.

6.2. Оцінка ризиків варіацій біопродуктивності за даними ДЗЗ з метою оцінки сталості аграрного виробництва

Говорячи про використання методів ДЗЗ для оцінки ризиків в аграрному секторі, перш за все слід зазначити можливості прямих методів. Використовуючи часові серії прямих спостережень в оптичному діапазоні, можна визначити показники граничних припустимих навантажень землекористування δ_i у рівнянні (6.3). Точність визначення параметру δ_i залежить від просторового розрізнення сенсорів.

Продуктивність рослин (зокрема, продуктивність сільськогосподарських рослин, або біологічна врожайність) a_{ij} (ω) в представленому підході визначається як стохастична величина, яка може бути оцінена за комплексом спостережень. Зокрема, це можна зробити на основі використання даних ДЗЗ, спостережень спектральних характеристик рослинності.

Очікувана врожайність сільськогосподарських культур, наприклад, продуктивність озимої пшениці (y) може бути визначена як функціонал річного статистичного максимуму врожайності Y ; через u — показник деградації посіву $f(k)$ — функція щільності рослинності; $S(T, W, R)$ — функціонал продуктивності, що залежить від розподілів температури, водного живлення та сонячного опромінення; Δ — коефіцієнт невизначеності [58]:

$$\max(a_{ij}) \rightarrow Y = y \cdot (1 - u) \cdot f(k) \cdot S(T, W, R) + \Delta.$$

Прогнозування розподілу показника a_{ij} (ω) базується на розрахунках даних спостережень з супутників протягом вегетаційного періоду (зазвичай це березень–квітень та травень–липень).

Стан рослинності, зокрема, продуктивність, можуть бути оцінені через індекси спектрального відбиття, температурних умов, та індекс рослинного стану: VCI (Vegetation Condition Index), TCI (Temperature Condition Index), VHI (Vegetation Health Index), які, в свою чергу можуть бути обчислені через серії спостережень індексу $NDVI$ (Normalized Difference Vegetation Index) та температури поверхні.

Врожайність сільськогосподарських культур (продуктивність) може бути оцінена через кореляційні рівняння спектральних індексів, виміряних у визначені періоди вегетації (наприклад, протягом 8–12 тижнів вегетаційного циклу) [50, 65, 72]:

$$Y_{VHI} = b_0 + b_1^{VHI8} + b_2^{VHI9} + b_3^{VHI10} + b_4^{VHI11} + b_5^{VHI12} + b_6^{VHI13} \quad (6.4)$$

$$Y_{VHI} = b_0 + b_1^{VHI8} + b_2^{VHI9} + b_3^{VHI10} + b_4^{VHI11} + b_5^{VHI12} + b_6^{VHI13} \quad (6.5)$$

$$VCI = 100 \cdot \frac{NDVI - NDVI_{\min}}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}} \quad (6.6)$$

$$VHI = a^{VCI} + (1 - a)^{TCI} \quad (6.7)$$

$$TCI = 100 \cdot \frac{T_{\max}^b - T^b}{T_{\max}^b - T_{\min}^b} \quad (6.8)$$

Рівняння (6.4–6.8) включають індекси поточної, максимальної і мінімальної температури яскравості T^b , параметри стану рослинності і індекси фотосинтетичної активності. Використаний індекс $NDVI$ визначається як [71]:

$$NDVI = \frac{R_{NIR} - R_{RED}}{R_{NIR} + R_{RED}},$$

де R_{NIR} та R_{RED} — відбиття в ближньому інфрачервоному та червоному діапазонах відповідно.

Використовуючи описаний підхід (представлений в рівняннях (6.4–6.8)), можна достатньою точністю описати розподіл продуктивності. Точність буде залежати від, по-перше, якості наземних калібрувальних вимірювань, і по-друге, від частоти спостережень протягом вегетаційного періоду.

Інтегрована невизначеність, притаманна описуваному підходу δY може бути представлена як сума невизначеностей, генерованих кліматичними варіаціями, помилками інтерпретації земних покривів на дистанційному зображенні і помилок сенсору [70]:

В рівнянні (6.9) T_n — температура повітря за період спостережень; T^{\max} — максимальна температура повітря; δT — індекс приведенної температури [62],

$$\delta T = \left(1 - \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N T_n\right) \left(1 - \frac{1}{T^{\max} - \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N T^{\max}}\right)$$

$$\delta Y = \frac{\sum_i (y_i - y_i \epsilon) \sum_j (\delta T_j - \delta T_j \epsilon)}{\sqrt{(\sum_i y_i - y_i \epsilon)^2 (\sum_j \delta T_j - \delta T_j \epsilon)^2}} \frac{\partial (1 - \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N T_n)}{\partial t} (1 - \frac{1}{T^{\max} - \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N T^{\max}}) + \frac{\sum_i (y_i - y_i \epsilon) \sum_j (y_j^{\text{norm}} - y_j^{\text{norm}} \epsilon)}{\sqrt{(\sum_i y_i - y_i \epsilon)^2 (\sum_j y_j^{\text{norm}} - y_j^{\text{norm}} \epsilon)^2}} \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{p,g} (\frac{y_p - y_p^{\min}}{y_p^{\max} - y_p^{\min}}) (\frac{y_g - y_g^{\min}}{y_g^{\max} - y_g^{\min}})^2} + \sqrt{\sum_i (\Delta y_i \frac{\partial F}{\partial y})^2} + v' \tag{6.9}$$

Для типових природних умов України ця компонента рівняння невизначеності зазвичай має значення в межах від 0.02 до 0.035.

Параметр q — досліджувані ділянки; p — набори статистичних даних (наприклад, дані наземних вимірювань); y — зареєстровані значення продуктивності (врожайності); y^{norm} — “нормалізований індекс придатності даних”, $y^{\text{norm}} = (\sum_{p,g} (\frac{y_p - y_p^{\min}}{y_p^{\max} - y_p^{\min}}) (\frac{y_g - y_g^{\min}}{y_g^{\max} - y_g^{\min}})^2)^{1/2}$ [70, 74]. Таким чином ми досягаємо регулярності розподілів спостережень, і можемо поєднувати дані з різних джерел коректно. Ця компонента невизначеності є найбільш вразливою по відношенню до якості даних, її значення лежать в інтервалі від 0.053 до 0.074.

Функція $F(y)$ — розрахункова величина послідовності вимірів y (y_1, y_2, \dots, y_n) $F = F(y_1, y_2, \dots, y_n)$; v' — помилка невідомої природи, яку ми інтерпретуємо як невідому невизначеність, що є притаманною будь-яким вимірам (0.01–0.005). Величина $\frac{\partial F}{\partial y}$ та відповідна $\sqrt{\sum_i (\Delta y_i \frac{\partial F}{\partial y})^2}$, може бути розрахована з використанням оцінки точності алгоритмів MOD17 FPAR та MOD15A2 [62, 179, 75]. Виходячи з опублікованих даних [70, 75, 69], можна вважати, що ця величина приблизно є константою і складає 0.045–0.056.

Загальне значення показника невизначеності при оцінювання рослинної продуктивності, і зокрема, сільськогосподарської врожайності за даними ДЗЗ, може бути оціненим на рівні від 0.138 до 0.152. При цьому точні наземні калібрувальні вимірювання можуть зменшити невизначеність на 55–65%.

Таким чином, використовуючи рівняння (6.4–6.8) та (6.9), ми отримуємо набори індикаторів для дистанційної оцінки параметрів сільськогосподарської продуктивності, які можуть бути інкорпоровані в модель регіонального соціально-економічного розвитку та регіональної продовольчої безпеки (6.1–6.3).

Критична (порогова) продуктивність a_{ij} продукту i в регіоні j є стохастичною функцією, яка залежить від метеорологічних варіацій, наявності і доступності водних ресурсів. Ця функція може бути визначена як розподіл пригнічення рослинності через вплив несприятливих факторів (посуха, або навпаки, надлишкове зволоження, тощо) [62, 60]:

$$a_{ij}(\omega_v) = a_{ij}(PDI) = \frac{\delta(R_{RED} + \beta R_{NIR})^1}{\sqrt{\beta^2 + 1}} \tag{6.10}$$

Тут PDI — індекс посухи (Perpendicular Drought Index) [71], β — параметр ґрунту, що визначається як емпірично, так і за допомогою методів ДЗЗ, наприклад через індекс Soil Adjusted Vegetation Index SAVI [70, 62, 68], що визначається наступним чином:

$$SAVI = \frac{R_{NIR}}{R_{RED} + \beta}$$

В такому випадку (6.10), на основі використання набору визначених спектральних ознак, ми отримуємо набори дистанційних індикаторів для контролю поведінки порогових значень продуктивності a_{ij} певного продукту і в регіоні j протягом періоду спостережень (зазвичай, у випадку аграрного виробництва, він є гармонізованим із періодом вегетації сільськогосподарських рослин). Цей підхід дозволяє незалежно контролювати продуктивність і прогнозувати посухи з визначеними показниками достовірності і невизначеності.

Крім того, окремі екологічні загрози, пов'язані із антропогенною активністю, можуть бути проаналізовані за допомогою оцінюваних спектральних індексів [70, 64].

6.2.1. Результати чисельного моделювання: розрахунок оптимальної структури землекористування сільськогосподарського сектору з урахуванням кліматичних змін

На основі наведеного модельного підходу, з урахуванням зауважень щодо вразливості виробництва по відношенню до коливань зовнішніх факторів на 2025 рік, були проведені розрахунки оптимізації розміщення виробництва окремих видів сільськогосподарської продукції [33]. Розрахунки проводилися на регіональному рівні, на основі даних районного рівня та агрегованих до обласного [67, 52].

Розрахунки показали зміни біологічної продуктивності ландшафтів (розрахунки наведено на рис. 6.1, 6.2 Розділу 6, з використанням даних [64, 63]). Модель дозволяє оцінити зміну продуктивності агроландшафтів в умовах зміни кліматичних показ-

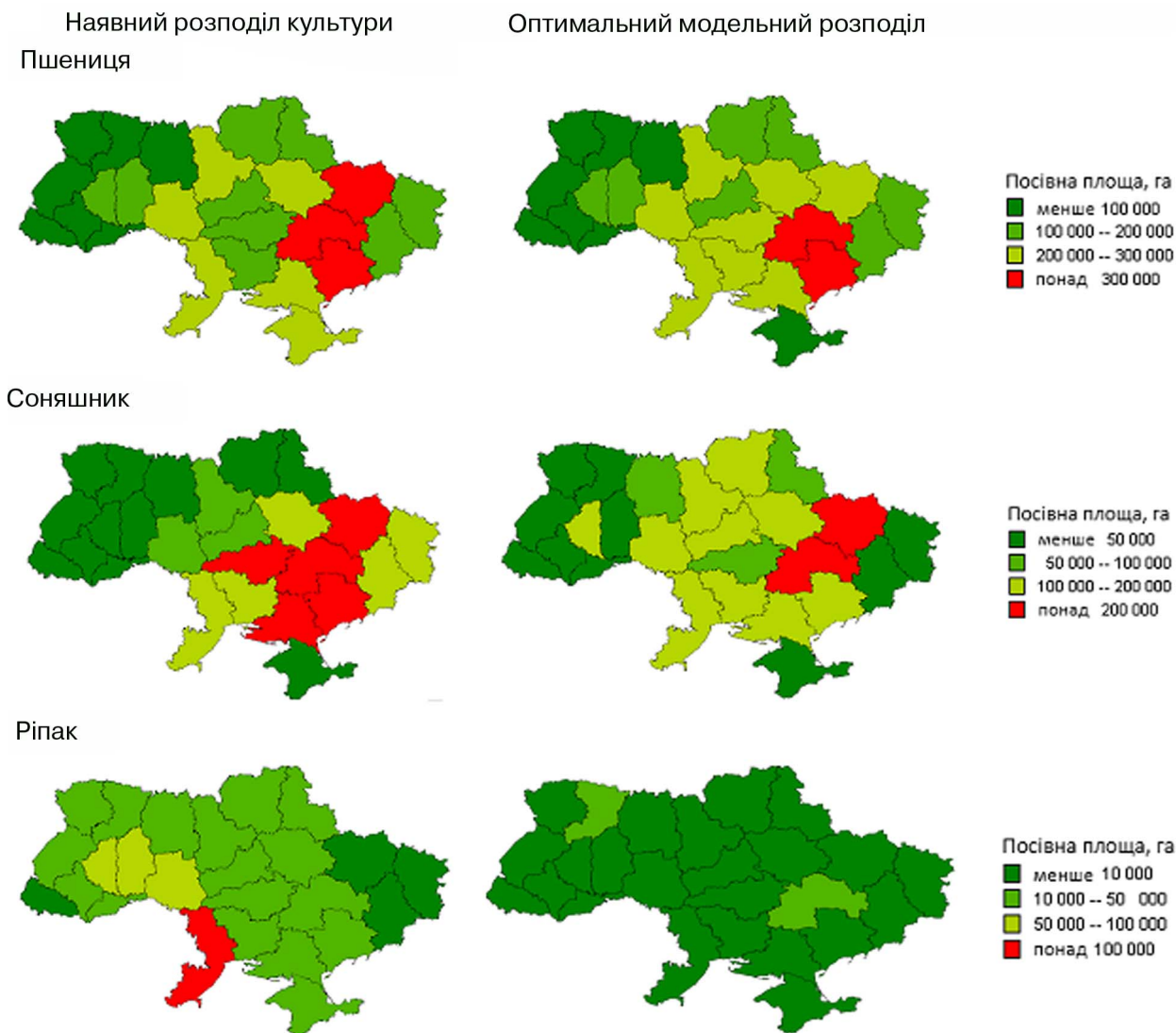


Рис. 6.2. Порівняння поточного розподілу сільськогосподарських культур і модельного розрахунку оптимального розподілу, з урахуванням навантажень (кліматичних і екологічних змін) на період до 2025 [67, 33, 52, 64, 63]

впливи, спровоковані очікуваними змінами клімату на регіональному рівні не є безпідставними. Однак, слід зазначити, що прогнозоване потепління вплине на вітчизняний аграрний сектор суттєво гетерогенно і нелінійно. При зростанні температури на 0,5°C у більшості регіонів загальна врожайність більшості культур підвищиться, відповідно до проведених розрахунків. При подальшому збільшенні середньорічної температури повітря загальна врожайність сільськогосподарських культур знизиться у цілому по Україні. При цьому слід брати до уваги прогнозовані втрати від збільшення частоти і інтенсивності надзвичайних ситуацій, зокрема посух, вимерзень, вимокань і повеней.

Однак, при цьому, запропонований підхід до оцінки адаптивного потенціалу сільськогосподарського виробництва по відношенню до кліматичних змін, дозволяє запропонувати набір рішень, які можуть дозволити компенсувати нега-

тивні впливи на аграрний сектор і суттєво зменшити відповідні ризики. Зокрема, аналіз дозволить визначити оптимальну структуру розподілу посівних площ окремих культур відносно прогнозованих кліматичних впливів [67, 33, 52]. На рис. 6.2 представлені результати такого моделювання.

Таким чином, наведений модельний підхід дозволяє, за наявності вхідної інформації, в тому числі — даних ДЗЗ, будувати стійкі стратегії землекористування в умовах кліматичних змін і стратегії адаптації на регіональному рівні.

Слід також зазначити, що запропонований підхід може бути використаний як складова великих світових моделей, зокрема моделі GLOBIOM (Global Biosphere Management Model) [20, 56]. Тому підходи, що розвиваються в цьому проекті щодо нашої країни, можуть бути застосовані також в інших країнах. Можливим є також об'єднання моделей окремих країн через міжнародну торгівлю, інвестиції, транскордонні заб-

руднення та міграцію аналогічно тому, як це робиться для моделювання міжрегіональних зв'язків у моделях окремих країн. У цих моделях, що розробляються НАН України спільно з Міжнародним інститутом прикладного системного

аналізу (IIASA) [33], передбачаються широкі міжнародні, європейські та євро-азійські зв'язки через глобальну модель GLOBIOM та гармонізацію даних на основі відповідної процедури дезагрегування [56].

6.3. Вплив змін клімату на умови життєдіяльності населення в Україні

За всю історію існування людства на планеті не спостерігалось такого інтенсивного впливу антропогенного фактора на довкілля, як у наш час. Ніколи раніше людство не стикалося з такими швидкими змінами основних характеристик природних умов у зв'язку зі своєю господарською діяльністю.

Людина завжди використовувала навколишнє середовище як джерело ресурсів, і протягом дуже тривалого часу її діяльність не завдавала помітного впливу на біосферу. Лише в кінці ХХ ст. зміни біосфери під впливом господарської діяльності привернули до себе увагу вчених. Прагнучи до покращення умов свого життя, людина постійно нарощує темпи матеріального виробництва, не думаючи про наслідки. При такому підході більша частина взятих від природи ресурсів повертається їй назад у вигляді відходів, досить часто не придатних для утилізації. Це створює загрозу існуванню біосфери і самої людини. Протягом останніх десятиріч у всьому світі постає питання про захист здоров'я та благополуччя людини від можливих негативних наслідків господарської діяльності як безпосередньо на виробництві, так і поблизу від джерел впливу.

З часом такі негативні наслідки почали набувати великих розмірів, створюючи широкомасштабну небезпеку для природного середовища, набули міжнародного характеру і досягли глобальних масштабів.

З метою обмеження негативних антропогенних впливів у багатьох країнах, в тому числі і в Україні, вживаються заходи у вигляді законів, постанов з охорони природи.

В умовах зростаючого антропогенного впливу на природу існуючий екологічний резерв біосфери повинен використовуватися ефективніше, мають бути науково визначені режими раціонального використання цього резерву, регулювання стану природного середовища, що повинно зберегти високу якість біосфери і здатність природи до самовідтворення. Повинні бути розроблені надійні методи збереження природного середовища від надмірних навантажень, методи профілактики елементів біосфери від згубного впливу.

В такій ситуації особливо важлива об'єктивна інформація про критичні фактори антропогенного впливу, про фактичний стан біосфери і прогнози її майбутнього стану.

Слід зазначити, що стан природного середовища, біосфери безперервно змінюється. Ці зміни відрізняються за характером, направленістю, величиною та нерівномірно розподілені у просторі і часі. Природні зміни біосфери мають досить важливу особливість — вони, як правило, відбуваються навколо деякого середнього відносно постійного рівня. Наприклад, природний склад різних середовищ, кругообіг речовин у природі, глобальна біологічна продуктивність, великі екологічні системи. Середні значення можуть суттєво змінюватися лише протягом тривалих інтервалів часу (впродовж багатьох тисячоліть). Винятком є зміни, викликані стихійними лихами (виверженням вулканів, землетрусами, ураганами), хоч вони, як правило, мають локальний характер. В останнє десятиріччя ми є свідками збільшення аномальних погодних явищ. Все частіше говориться про те, що те чи інше атмосферне явище або атмосферні умови за місяць і навіть цілий сезон не відмічалися за весь час інструментальних спостережень або відмічалися дуже рідко (один випадок за століття), тобто перебиваються історичні максимуми.

Зовсім іншу особливість мають антропогенні зміни природного середовища, особливо помітними і значними вони стали в останні роки. Серед глобальних проблем біосфери, обумовлених антропогенним впливом, найбільш вагомою, яка потребує особливої уваги вчених, є проблема зміни клімату. Таку пріоритетну увагу до цієї проблеми можна пояснити хоча б двома причинами. По-перше, навіть незначні зміни клімату можуть суттєво вплинути на господарську діяльність людини, перш за все на виробництво продовольства. По-друге, невеликі антропогенні зміни клімату, які будуть підсилювати природну мінливість клімату, можуть призвести до порушення стабільності клімату і перерости в катастрофічні зміни, до яких ні людина, ні екосистеми не встигнуть адаптуватися.

Питанням, які пов'язані з впливом господарської діяльності на "здоров'я кліматичної системи" і збереження кліматичної рівноваги, досить довго уваги не приділялося. Вважалося, що кліматична система достатньо стійка. Але в середині ХХ ст. з'явилися теоретичні праці, які спробували звернути увагу на антропогенний вплив виробництва, яке швидко розвивалося, з його значними викидами в атмосферу ПГ, на загальний кліматоутворюючий фактор — надходження сонячного випромінювання до поверхні землі. І тільки окремі вчені звертали увагу на

Таку пріоритетну увагу до цієї проблеми можна пояснити хоча б двома причинами. По-перше, навіть незначні зміни клімату можуть суттєво вплинути на господарську діяльність людини, перш за все на виробництво продовольства. По-друге, невеликі антропогенні зміни клімату, які будуть підсилювати природну мінливість клімату, можуть призвести до порушення стабільності клімату і перерости в катастрофічні зміни, до яких ні людина, ні екосистеми не встигнуть адаптуватися.

Питанням, які пов'язані з впливом господарської діяльності на "здоров'я кліматичної системи" і збереження кліматичної рівноваги, досить довго уваги не приділялося. Вважалося, що кліматична система достатньо стійка. Але в середині ХХ ст. з'явилися теоретичні праці, які спробували звернути увагу на антропогенний вплив виробництва, яке швидко розвивалося, з його значними викидами в атмосферу ПГ, на загальний кліматоутворюючий фактор — надходження сонячного випромінювання до поверхні землі. І тільки окремі вчені звертали увагу на

Питанням, які пов'язані з впливом господарської діяльності на "здоров'я кліматичної системи" і збереження кліматичної рівноваги, досить довго уваги не приділялося. Вважалося, що кліматична система достатньо стійка. Але в середині ХХ ст. з'явилися теоретичні праці, які спробували звернути увагу на антропогенний вплив виробництва, яке швидко розвивалося, з його значними викидами в атмосферу ПГ, на загальний кліматоутворюючий фактор — надходження сонячного випромінювання до поверхні землі. І тільки окремі вчені звертали увагу на

можливе порушення радіаційного і теплового балансу системи “Земля — атмосфера” [4, 5, 6].

Громадськість також тривалий час не цікавилася цими проблемами, оскільки вони проявлялися непомітно для життєдіяльності людини. Проблема зміни клімату була і тепер залишається завуальованою флуктуаціями клімату різного масштабу, що постійно відбуваються у природному середовищі в цілому і в атмосфері зокрема. В атмосфері ці флуктуації пов'язані з переміщенням атмосферних фронтів, які несуть різкі перепади погоди. Такі перепади легше фіксуються приладами та аналізуються за допомогою карт, тоді як повільні тенденції змін клімату протягом коротких періодів часу, від декількох років до декількох десятиріч, виявити досить важко.

Сучасна наука досягла такого рівня знань у сфері історії формування клімату Землі і причин його змін, за якого сам факт глобальної зміни клімату практично доведений [53]. Залишається досі відкритим для дискусії питання міри антропогенного внеску у спостережувані кліматичні зміни.

Серед ряду антропогенних факторів, які впливають на кліматичну систему, одним із основних є вплив, що змінює фізичний і хімічний склад атмосфери, її радіаційні і електричні характеристики. Це зміни складу тропосфери, збільшення концентрації CO₂ (в результаті спалювання органічного палива і лісових пожеж), зростання концентрації малих газових домішок, таких як окис азоту NO_x, фторфторвуглеців (фреонів), метану, озону, які утворюються внаслідок промислової і сільськогосподарської діяльності, домішок, що впливають на електричний стан атмосфери та її іонізацію (кріптон-85), а також появу великої кількості тропосферного аерозолі антропогенного походження [30].

Все перераховане впливає не тільки на стан кліматичної системи, але і на всі елементи біосфери, що призводять як до кліматичних змін, так і до найрізноманітніших екологічних (біологічних) наслідків, зміни характеру біогеоценозів, впливаючи на стан живих організмів і, що особливо важливо, — прямо чи опосередковано на здоров'я і добробут людей.

Не виключено, що при значному зростанні вмісту вуглекислого газу в атмосфері продуктивність рослин почне знижуватися. В результаті прискориться ріст вуглекислого газу в атмосфері, що призведе до ще більшого падіння біопродуктивності. Це буде зумовлювати подальше зростання його вмісту, а біосфера буде втрачати стійкість [24].

Таким чином, одна з головних глобальних загроз людству пов'язана з антропогенним вилученням продукції природної біоти і збільшенням вмісту вуглекислого газу в атмосфері в результаті спалювання викопного палива, зменшенням і погіршенням якості лісів. Це стосується і України, яка є лісодефіцитною країною. Слід відмітити, що територія України також

має значне власне антропогенне навантаження, яке проявляється у впливі на природне середовище, в тому числі на клімат [19]. Вплив регіонального антропогенного фактора на зміну клімату особливо помітно на змінах ландшафтів України.

Постає питання збереження самої людини, її звичних умов життєдіяльності та покращення якості життя. Зміна клімату України — це результат взаємодії глобальних змін на Земній кулі та змін під впливом антропогенних чинників безпосередньо на території України. Яскравим прикладом є прояви глобального потепління у великих містах, де формується локальний “острів тепла”. Ефект глобального потепління буде підсилювати температурний режим у містах, створюючи небезпечні умови життєдіяльності для жителів міст. Із подальшим потеплінням цей вплив може ускладнюватися.

Людство зрозуміло, що чим швидше буде відбуватися зміна клімату і відповідно зміни середовища в цілому (а адаптивні можливості генотипу людини дуже малі), тим не адекватніша буде якість життя людини.

Глобальні зміни клімату будуть ставити нові виклики перед нашою цивілізацією. При всьому різноманітті підходів до взаємодії суспільства та природи більшість вчених, які займаються цією проблемою зробили висновки, що людство своїми діями та вчинками наближається до екологічної катастрофи. Чи здатне людство з його нинішнім рівнем моралі та відповідальності протистояти екологічній катастрофі, обриси якої вже проступають? Як адаптується сучасний органічний світ до цих змін? Як позначаються нові погодні умови на ефективності ведення сільського господарства в різних регіонах планети та в Україні? Як мінімізувати наслідки кліматичних метаморфоз? Чи зможе саме високий рівень суспільства не дозволити штучно використовувати клімат (геофізичні війни, геофізичну зброю)? Над цими питаннями людство повинно задуматися уже зараз.

Саме від освіченості, духовності соціуму буде залежати його діяльність, наскільки будуть ефективні та масштабні природні і штучні процеси компенсації антропогенного впливу на біосферу, здійсненні людською спільнотою.

Нами зроблена спроба частково відповісти на поставлені питання, вказавши на можливі шляхи та засоби їх вирішення.

Об'єкт дослідження — клімат, біосфера, соціум.

Предмет дослідження — взаємний вплив змін клімату, біосфери, соціуму.

Мета дослідження — розробка рекомендацій з мінімізації соціонегативних наслідків, пов'язаних зі змінами клімату.

Досягнення мети передбачає розв'язання таких завдань:

- визначення кількісних характеристик параметрів змін клімату, біосфери і соціуму;

- визначення методики та розрахунку змін клімату та соціоприродного розвитку;
- побудова моделі: клімат — біосфера — соціум;
- збір статистичних даних;
- розрахунки індикаторів соціоприродного розвитку України;
- аналіз отриманих результатів і розробка рекомендацій щодо мінімізації соціонегативних наслідків змін клімату в Україні.

Для оцінки стану людського суспільства (соціуму) можна використовувати знання науки ергодинаміки. З допомогою теоретичних основ та методів розрахунків ергодинамічних показників можна не

6.4. Сучасний вплив людини на біосферу

Глобальні зміни клімату як природного, так і антропогенного походження будуть ставити нові виклики перед сучасною цивілізацією. Як адаптується сучасний світ до цих змін, і чи зможе встояти сучасна цивілізація перед цими змінами? Як позначатимуться нові кліматичні умови на ефективності забезпечення людства їжею, питною водою та енергоресурсами, а також ведення сільського господарства в різних регіонах планети, зокрема в Україні? Як мінімізувати наслідки негативних кліматичних метаморфоз?

Проаналізуємо основні фактори впливу на стан навколишнього середовища та клімат, які наведені в роботах [12, 14, 15, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 34–38, 46, 47].

Чисельність населення. Сьогодні на Землі станом на 2013 р. проживає понад 7 млрд людей, 80% з них у країнах, на частку яких і припадає більша частина приросту населення [39]. Стрімкий ріст населення земної кулі призводить до загострення протиріччя між виробництвом і споживанням. ХХ ст. стало періодом найшвидшого росту населення Землі. Прирости населення за кожні 10 років періоду 1960–2000 рр. давали майже стільки нових жителів Землі скільки дало все ХІХ ст. Разом з тим видно, що вже пройдений пік приросту, і після 1990 р. почалося поступове зниження темпів росту, а за останнє десятиріччя ХХ ст. зменшився загальний приріст населення.

За прогнозами ООН, чисельність населення у світі до 2050 р. досягне 8,9 млрд. Майже скрізь різко впала народжуваність. З початку ХХІ ст. середня у світі тривалість життя зросла до 66 років (в промислово розвинутих — 75; в країнах, що розвиваються, — 64; в Україні — 68,2). Як правило, тривалість життя залежить від рівня доходів. Наслідок її росту — старіння населення: до 2050 р. у чисельності населення частка людей старше 60 років стане 21%, поки що — 9%, а в деяких розвинутих країнах — понад 40% [42].

Чисельність населення в Україні станом на 1 січня 2013 р. скоротилася до 45 млн 547,8 тис. осіб [43]. За

тільки визначити вплив стану біоти на стан соціуму, але й зворотній зв'язок між соціумом та природним середовищем. Можна визначити тенденції цього впливу та винайти підходи до мінімізації деструктивної складової цього впливу [8, 9].

Робота виконана колективом Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України, який має досвід у вивченні просторово-часових закономірностей і результатів взаємодії процесів різного походження (природних, соціальних, техногенних), використанні сучасних космічних технологій, зокрема для оцінки балансу ПГ досвід з проблеми оцінки змін клімату.

прогнозами ООН, при збереженні існуючої динаміки скорочення населення до 2030 р. кількість жителів України зменшиться до 39 млн. Як відмічалось в доповіді демографічного звіту ООН, в Україні найнижчий у світі природний приріст населення. Процес демографічних змін у бік зменшення на даний час в Україні відбувається, зокрема, і через соціально-політичний фактор [41].

Динамізм навколишнього середовища і суспільства історично зумовив формування еволюційного механізму їх взаємодії — коеволуції, взаємної адаптації, узгодження швидкостей зміни середовища життя і самої людини. Чим швидше будуть відбуватися зміни клімату і середовища в цілому (а можливості генотипу людини малі), тим швидше будуть відрізнятися якість життя і потреби людей.

Наслідки змін клімату на життєдіяльність і здоров'я людей можна умовно поділити на прямі і непрямі. Прямими наслідками можна вважати катастрофічні природні аномалії.

Кількість катастрофічних природних аномалій на планеті (снігопадів, злив, повеней, посух, ураганів, землетрусів, цунамі тощо) впродовж останніх 50 років зросла щонайменше вчетверо. Їхній “ужинок” — численні людські жертви і величезні матеріальні збитки. Хоча за ці роки в природоохоронні заходи, пов'язані з природними стихійними явищами, були вкладені сотні мільярдів доларів [54]. Не зважаючи на це, в глобальному масштабі продовжується деградація всіх природних систем життєзабезпечення. Великий рівень вразливості до наслідків цих катастроф і в Україні.

В результаті стихійних явищ виникають і непрямі наслідки.

Для аналізу впливу непрямих наслідків можна застосовувати логічну схему. Сама логічна схема відображає ланцюг причин і наслідків, ланками якого є кліматичні і погодні аномалії, екологічні та соціальні наслідки, що витікають один з одного і в кінцевому результаті призводять до порушення психічного і фізичного стану індивідуума. Прикладом

послідовного аналізу причин і довгострокових наслідків може бути 2007 р. як один із найаномальніших за змінами погодних умов, який показав уразливість від них сільського господарства України. Це не могло не вплинути на посилення соціальної напруги серед населення. Наочним використанням логічної схеми може бути аналіз причин і наслідків цієї засухи весняно-літнього періоду в зернових регіонах України. Її вплив на якість життя і, відповідно, на здоров'я людей видно з даних за наступні роки, коли через недостатню кормову базу знизилася поголів'я худоби, а далі відбувся дисбаланс білкової складової харчування, зниження імунітету, причому не тільки в людей хворих і літнього віку, але і в дітей [48]. Все це у разі частих і ранніх перепадів погодних умов, властивих сучасному клімату, знову ж таки при зниженому імунітеті викликає метеопатичні реакції (тобто властивість людського організму реагувати на вплив погодно-кліматичних умов) і, відповідно, збільшення частоти захворювань на вірусні інфекційні хвороби. Сезонність вірусних інфекційних захворювань дихальних шляхів в останні роки змістилась на місяць раніше. Слід відмітити, що негативним для існування людини в природному середовищі, в якому відбуваються стихійні явища, є ще фактор нестабільності суспільства, який загострює умови життєдіяльності людини і негативно змінює екологію середовища.

Прості розрахунки показують, що при збереженні аерозольного шару в стратосфері постійно протягом 10 років вплив термічної інерції на зниження температури значно зменшується, а для більш тривалих знижень прозорості атмосфери — стає незначним. Таким чином, серія із 10 вулканічних вибухових вивержень, більш або менш рівномірно розподілених протягом десятилітнього інтервалу часу, може спричинити глобальну кліматичну катастрофу. Аналогічна катастрофа виникає при окремому вибуховому виверженні, після якого в стратосфері розповсюджується аерозольний шар, на порядок величини більш щільний у порівнянні з аерозольними шарами, які з'явилися, наприклад при виверженні вулкану Кракатау [7].

Як бачимо, проблеми клімату набули доленосного значення для людини. Вони висуюють на порядок денний низку актуальних питань, потребують корекції взаємодії людства і природи. Всі дії населення України, регіону, який завжди був промисловим і сільськогосподарським, потрібно узгоджувати з питаннями збереження унікального і поки що досить сприятливого для життєдіяльності людини природного середовища. Із всіх злободенних питань держави в цілому і для кожної людини, яка проживає на цій території, самим важливим є збереження екологічної складової. Поки що кліматичні показники температури повітря, опадів, частота стихійних явищ не виходять за межі комфортності середовища. Стихійні явища не є надзвичайними, за

ними просто потрібно слідкувати, і це дозволить мінімізувати їх наслідки.

Джерела енергії. Енергетика завжди спонукала прогрес у всьому — від створених робочих місць до економічної конкурентноздатності. Вона є потужним інтегруючим фактором — компонентом всіх галузей і знаходиться в центрі ключових інтересів всіх країн, так як є основою соціально-економічного розвитку. Сьогодні, як ніколи раніше, світовій спільноті необхідно забезпечити, щоб вигоди від сучасної енергетики були максимально чистими й ефективними; це потрібно і для рішення таких глобальних проблем, як стабільний розвиток і зміна клімату.

До цього часу світовий енергетичний комплекс спирався в основному на викопне органічне паливо. Наприкінці ХХ ст. все ще спостерігався невеликий ріст споживання нафти (0.8% в рік), вугілля (на 2.5%). На 7% менше викопного палива стали споживати в Китаї (ця держава основний споживач) [11]. Оскільки ТЕС — традиційні забруднювачі атмосфери, і значною мірою саме вони відповідають за глобальне потепління, то схоже на те, що використання екологічно небезпечних видів палива йде на спад.

Стабільним залишається ринок природного газу — його споживання зросло наприкінці ХХ ст. на 1.6% [17]. Але, на жаль, не завжди газ у трубопроводах поступає якісний. Вміст домішок різного походження викликає екологічні наслідки для навколишнього природного середовища і має негативний вплив на здоров'я людини.

Менший спад інтересу проявляється до атомної енергетики. Більшість прихильників атомної енергетики переконані, що АЕС є найбільшою вдалою альтернативою ТЕС. Є думка, що розширення мережі та нарощування потужностей атомних електростанцій вирішить проблему глобального потепління, оскільки АЕС практично не викидають в атмосферу двоокису вуглецю. Хоч відомо, що функціонування атомних реакторів супроводжується викидом у довкілля великої кількості тепла і водяної пари, що є менш потужними чинниками парникового ефекту [18]. Перспективи розвитку атомної енергетики залишаються предметом гострих дискусій, так як породжують низку інших екологічно важких наслідків, пов'язаних з Чорнобильською катастрофою.

Велику зацікавленість викликають темпи розвитку вітрової і сонячної енергетики, хоча їх внеску світовий енергетичний баланс досить незначний, так само як і в Україні. На сьогодні триває масове створення вітроенергетичних установок, потужність яких зросла на 2100 Мвт [17, 18]. Їх виробництво інтенсивно розвивається, зокрема в таких європейських країнах, як Німеччина, Іспанія, Данія. На жаль, все ще недостатньо використовується і сонячна енергія, її сумарна потужність у світі збільшилася з 0.1 до 152 Вт [17, 18].

Слід наголосити, що збалансована енергетика

дозволить стабілізувати зміни клімату на рівні підвищення глобальної температури не більше ніж 2°C [7].

Ресурси біосфери. Природне середовище — джерело їжі і відновлення природних ресурсів, а сільськогосподарські землі — головні постачальники продуктів харчування. Тим вагоміший факт, що сьогодні на перший план виходить турбота і захист екологічної рівноваги біосфери.

Сільське господарство. Серед галузей господарства одним з чутливих до змін клімату є сільське господарство. Сільське господарство значною мірою визначає добробут населення в світі і, зокрема, в нашій країні. Тенденція до потепління клімату не може не вплинути на ведення сільського господарства. Найчастіше позитивні аномалії температури в Україні супроводжуються недостатньою кількістю опадів.

Україна є регіоном, де існують сприятливі умови для вирощування багатьох сільськогосподарських культур. Це забезпечується сприятливим балансом тепла і вологи на більшій частині території держави. Разом з тим значна частина України (Степова зона) характеризується недостатньою для богарного землеробства кількістю опадів. Це зумовлює існування територій ризикованого землеробства у межах України. Тому навіть незначна зміна клімату може призвести до погіршення агрокліматичних умов.

На сьогодні Україна має потенційну можливість бути державою-виробником зерна і досить потужним постачальником зерна в світі серед країн, які належать до першої п'ятірки таких постачальників. Але слід зазначити, що за останні роки площа під зерновими культурами зменшилась, на душу населення припадає 0.12 орних земель. Зернові займають приблизно половину орних земель, які забезпечують більше споживаних людиною калорій і білків, а також кормів для тваринництва і птахівництва [44].

Можлива зміна клімату може впливати на сільське господарство України (через виникнення посух). При цьому існують побоювання щодо низького ступеня готовності до цих змін. Не враховуються існуючі негативні екологічні і соціальні тенденції на селі, накладання яких на тенденцію змін клімату може погіршити ведення сільського господарства в Україні у найближчому майбутньому. Хоча в арсеналі боротьби з глобальним потеплінням чільне місце має належати удосконаленню агротехнологій, пошуку та селекції високоврожайних сортів сільськогосподарських культур, які вирізняються значними коефіцієнтами засвоєння сонячної енергії та вуглекислоти. Сучасна наукова думка працює над розробкою новітніх агротехнологій, спрямованих на поповнення ґрунтів гуміновими сполуками. Це не тільки вирішить проблему підвищення їхньої родючості, а й сприятиме надійному депонуванню в них надлишкового вуглецю.

Виробництво ділової деревини, паперу. Особливого значення для підтримання стабільності у довкіллі набула охорона лісових насаджень. Ліси відіграють важливу роль у кліматичній системі — це основний накопичувач окису вуглецю. Вони досить повільно адаптуються до змін кліматичних умов [32].

За даними державного обліку лісів станом на 2000 р., площа земель лісового фонду в Україні становила 10.8 млн га, з них укритих лісовою рослинністю земель (у загальній площі території країни) — 15.6%. Цей показник нижчий, ніж у багатьох країнах Європи. До того ж він значно варіює по території України. За площею лісів, лісистістю території та запасами деревини Україну можна обґрунтовано вважати лісодефіцитною країною [32].

Дуже важливим є збереження і примноження плантацій лісу, внесок яких в баланс вуглецю нині оцінюється у $25 \cdot 10^9$ т/рік [54]. Особливу перспективу щодо утилізації надлишку вуглекислоти атмосфери мають ліси Північної півкулі планети, тобто Євразії і Канади, де акумульована у вигляді фітотмаси значна частина вуглецю біосфери. Отже, розширюючи площі лісових насаджень, ми зв'яжемо дедалі більшу кількість вуглецю у вигляді ділової деревини, листового опаду, гумусу тощо. І це при тому, що ліс водночас виконує й інші неоціненні біосферні функції регуляції мікро- і макроклімату, гідротермічного режиму, утилізації забруднень, поповнення атмосфери киснем та забезпечення умов для розвитку видів флори і фауни [54].

Економічний розвиток. Загальний показник світової економіки — валовий глобальний продукт (ВГП), який складається з валових національних продуктів (ВНП). Поки що ВГП хоча повільно, але зростає.

Для багатьох країн однією з найважливіших проблем економіки стала проблема обслуговування зовнішнього боргу. У нього входять комерційні кредити (52%), позичені у інших держав (31%) і міжнародних організацій — Всесвітнього Банку (ВБ) та Міжнародного Валютного Фонду (МВФ), на частку яких припадає 17% [76].

За даними Міністерства фінансів України зовнішній державний і гарантований державою борг України в 2013 р. становить 38.765 млрд доларів США [76]. Враховуючи ситуацію, яка відбувається сьогодні в країні, цей борг зростає.

Природне середовище. Всі показники навантаження на природне середовище збільшилися вдвічі за останні 20–30 років, і це не може не позначитися на екології в цілому, в тому числі кліматі. Що стосується парникового ефекту, то частіше розглядається не стільки науковий аспект і наслідки для природи, скільки неготовність міжнародної спільноти вживати заходи щодо зменшенню викидів ПГ, небажання або неможливість змін промислових технологій. Безумовно, зміни технологій для зменшення викидів потребують великих економічних

витрат. Недовіра до впливу парникового ефекту на потепління клімату, можливо, зумовлена небажанням удосконалення технологій зменшення викидів, зокрема, промислово-військовим комплексом таких держав, як Росія, Китай, Індія та ін.

Суспільство і природа. Інтенсивна господарська діяльність людини викликає широкомасштабні, навіть глобальні, геофізичні й екологічні зміни на планеті; по суті у сферу антропогенного впливу підпадає вся біосфера.

Впливи, які призводять до довготривалих масштабних негативних геофізичних і екологічних змін у біосфері, можна розглядати як стресові впливи. Серед природних процесів це, наприклад, сильне виверження вулканів, тощо.

Існує безліч різних навмисних впливів на атмосферу і клімат. Так, у випадку ядерної війни, війни із застосуванням зброї масового знищення вплив на багато порядків вище; в цьому випадку постане питання про збереження біосфери в її існуючих формах, генетичному переродженні, виживанні всього живого на Землі, руйнуванні кліматичної системи.

Інформацію про глобальні ефекти антропогенних впливів, а також підходи до визначення таких впливів можна використовувати і для оцінок наслідків при стресових, екстремальних впливах, в тому числі в результаті ядерної війни.

Одним з методів навмисного впливу на погоду і клімат є розробка геофізичної зброї — це перспективна зброя масового ураження; сукупність різних засобів, які дозволяють використовувати у військових цілях руйнівні дії неживої природи шляхом штучного виклику змін фізичних властивостей і процесів, які виникають в атмосфері, гідросфері і літосфері Землі [26, 28].

Розробка методів ведення геофізичної війни має довготривалу історію. Руйнівна дія багатьох природних процесів базується на їх потужній енергії. Сьогодні реально викликати зміни, що призведуть до активної дії на геофізичні процеси, які передбачають здійснення в сейсмонебезпечних районах штучних землетрусів, ураганів, вогненних бур, гірських обвалів, снігових лавин, оповзнів, потужних приливних хвиль типу цунамі та ін. Діючи на процеси в нижніх шарах атмосфери, можна викликати або попередити проливні дощі, град, тумани. Утворюючи затори на річках і каналах викликають повені, затоплення. Всі ці дії людини мають поки що локальний характер. Вивчається можливість зміни температури повітря шляхом розпилення речовин, які поглинають енергію Сонця, зменшуючи кількість опадів. Зруйнування шару озону в атмосфері дає можливість спрямувати в райони, зайняті противником, космічні промені та ультрафіолетове випромінювання сонця. Для дії на природні процеси можуть використовуватись хімічні речовини: йодисте срібло, карболіт, тверда вуглекислота, вугільний порошок, сполуки бром, фтору, навіть цемент та борошно. Сухий лід знижує тем-

пературу, при низькій температурі швидко відбувається перенасичення повітря та інтенсивна конденсація вологи. Інші названі реагенти можуть слугувати ядрами конденсації, навколо яких утворюються краплини води; останні можуть досягати критичні маси і випадати у вигляді опадів. Величина концентрації реагенту може викликати опади або припинити їх випадання.

Гравітаційні аномалії збігаються з розломними зонами в земній корі. Теоретично можна зробити припущення їх можливого впливу на переміщення баричних утворень в атмосфері. Що стосується впливу внутрішнього тепла Землі на атмосферні процеси, то воно здійснює мінімальний вплив. Основний внесок у формування загальної циркуляції атмосфери роблять сонячна радіація та особливості підстильної поверхні. Чим вища температура води в океані, тим інтенсивніше йде формування ураганів. Для цього температура води повинна перевищувати 27°C [54]. Глобальне потепління може викликати збільшення повторюваності сильних циклонів (ураганів), оскільки температура Світового океану за останнє десятиріччя збільшилась. На сьогодні немає таких енергетичних можливостей, щоб за допомогою них створити в океані настільки потужні додатні аномалії температури, які могли б змінити типові існуючі шляхи циклонів.

Всі перераховані вище навмисні впливи на атмосферу мають поки що локальний характер. Для формування глобальних і регіональних змін в атмосфері потрібно мати дуже великі енергетичні можливості. Наприклад, потужність одного циклону еквівалентна потужності сотні ядерних зарядів. Але є й такі способи впливу, які не потребують великих затрат енергії. Якщо система вразлива, то досить вплинути в точку її вразливості. Це називається ефектом “спускового гачка”, або тригерним ефектом [26]. Такий початковий поштовх за енергетичними затратами відповідає сучасним технічним можливостям людини, але потрібно чітко знати куди, коли і як застосовувати необхідні зусилля.

Ідея створення геофізичної зброї існувала давно. На сьогодні ряд країн (Росія, США, Великобританія, Франція, Китай, Північна Корея) ведуть подібні дослідження.

Але слід зазначити, що дуже важливо не тільки знайти точку нестабільності системи, але й передбачити, як в подальшому буде розвиватися процес. Для здійснення впливу на синоптичні об'єкти розмірами в сотні й тисячі кілометрів, якими є циклони, антициклони і атмосферні фронти, що визначають погоду в період часу від десятків годин до декількох діб, цей вплив непередбачуваний і негарантований в силу неточності прогнозу наслідків цього впливу. Наприклад, в купчасто-дощовій хмарі середніх розмірів (діаметром кілька кілометрів) міститься енергія, яку можна порівняти з енергією декількох ядерних бомб скинутих на Хіросіму [26].

Завдання, як зосередити величезну кількість енергії, необхідної для зміни природного перебігу синоптичних процесів на величезній території, яку вони займають у короткий щодо їх існування проміжок часу, є найскладнішою з наукової точки зору проблемою, оскільки енергія, яка вводиться ззовні, повинна бути не менше, ніж та, якою володіє синоптичне утворення. Крім того, обов'язково необхідно передбачити можливість введеної ззовні енергії; синоптичне утворення переміщується, незважаючи на будь-які державні кордони.

Але найголовніше — обов'язково потрібно мати можливість зупинити такі процеси. Поки що людина не навчилась управляти процесом, до кінця не зрозуміла, що вмішуватись в такі процеси дуже небезпечно, так як наслідки будуть непередбачувані. Зараз досить гостро поставлене питання про включення навмисного впливу на погоду і клімат в перелік дій, заборонених для використання у військових цілях і таке питання повинно піддаватись міжнародному контролю.

Слід зазначити, що згідно з концепцією біотичної регуляції навколишнього середовища, стан навколишнього середовища (і значною мірою клімату) визначається замкнутістю глобального біохімічного кругообігу. Справжньою екологічною катастрофою може бути не потепління клімату, а порушення цієї замкнутості.

Свого часу видатний вітчизняний мислитель В. І. Вернадський уперше сформулював концепцію про людство, яке за масштабністю своєї діяльності

привірюється до геологічної сили. Проте, аналізуючи численні приклади взаємодії Людини і Природи, можна поставити під сумнів іншу добре “розкручену” концепцію вченого про ноосферу, згідно з якою людський розум спроможний розв'язати будь-які протиріччя, що виникають у взаєминах цивілізації і біосфери. Очевидно, В. Вернадський дещо переоцінив людину як соціального суб'єкта, адже, на превеликий жаль, вона виступає нині вирішальним дестабілізуючим чинником біосфери [10]. Рівень моральності і свідомості людства не відповідає тим глобальним викликам, які стоять перед ним.

Ми живемо у світі прискорених глобальних змін, коли координуючі в глобальних масштабах заходи з екологічної безпеки відстають від потреб соціально-економічного розвитку. З кожним днем стає все очевидніше, що практичні рішення надзвичайно складних проблем взаємодії суспільства з навколишнім середовищем повинні бути знайдені уже в XXI ст., оскільки в гіршому випадку цивілізація опиниться в смертельній небезпеці. Також є ще одне попередження: важливий вплив на вирішення проблем навколишнього середовища в XXI ст. можуть мати неочікувані події та наукові відкриття.

Лише за умови реалізації нової глобальної, регіональних та національних стратегій і програм енерговиробництва, енергоспоживання і природоохоронної роботи можлива стабілізація глобального потепління та підтримання гомеостазу нашої планети.

6.5. Оцінка і прогнозування взаємопов'язаних природно-антропогенних та соціально-економічних процесів, що зумовлені змінами клімату

Сьогодні у світі спостерігається зростання стихійних природних явищ, катастроф, техногенних аварій, пов'язаних з аномальними проявами погоди та змінами клімату. Однією із причин такого розвитку географічної оболонки Землі є регіональні екологічні кризи, які викликають дестабілізуючий вплив на розвиток Землі. В перспективі збитки від природних і природно-техногенних катастроф, викликані змінами клімату, будуть поглинати значну частку економічного росту, і за прогнозами деяких спеціалістів економічне зростання країн може призупинитися уже в першій половині XXI ст. [23, 16].

Таким чином, існує необхідність у вивченні закономірностей і результатів взаємодії процесів різного походження (природних, соціальних, техногенних, політичних та ін.). Такі процеси, ефекти і явища, що виникають як результат просторово-часової взаємодії природних, соціально-економічних, техногенних та інших процесів, являють собою якісно нові специфічні фе-

номени, які набувають своїх характерних властивостей, рис і параметрів. Це так звані комплексні процеси природно-техногенно-соціального походження. Виявлення, вивчення, а головне, прогнозування таких процесів на регіональному рівні повинно сприяти ефективній системі управління територіальними системами, екологічними ситуаціями і забезпечувати стабільний розвиток регіонів в умовах нового клімату.

Тому для отримання обґрунтованих результатів та комплексних прогнозів необхідно впроваджувати методи екоінформатики, які дозволяють вивчати систему “природа-суспільство” як єдине ціле, ґрунтуючись на комплексній глобальній моделі, що описує сукупність біогеохімічних, біогеоценотичних, кліматичних, демографічних і соціально-економічних процесів з їх прив'язкою до просторових масштабів і часових шкал [2].

Наше дослідження проводилося за такою структурною схемою (рис. 6.3).

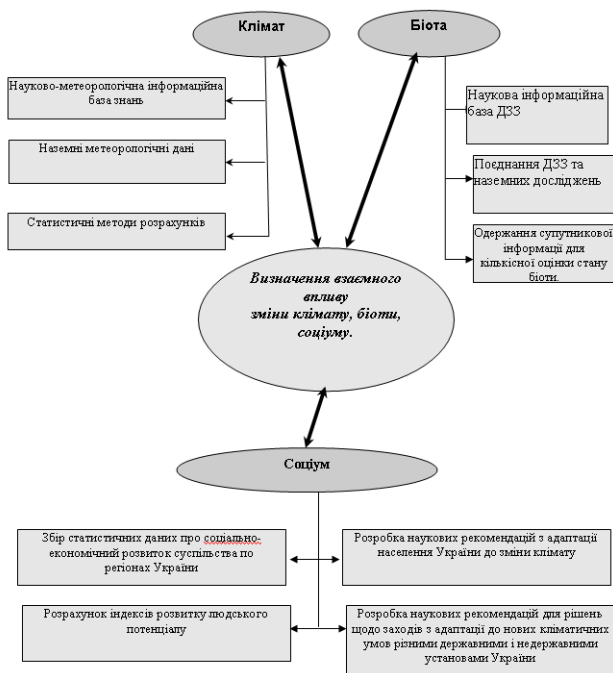


Рис.6.3. Графічна модель вивчення взаємного впливу зміни клімату, біоти, соціуму

6.5.1. Ергодинамічний зв'язок біосфери та соціуму (основні положення ергодинаміки)

Національне багатство будь-якої країни складається із фізичного та людського капіталу — з накопиченням матеріально-речовинного і людського фондів. В національне багатство слід також включати і природний капітал, який сконцентрований в природних ресурсах — як відновних (продукція сучасної біоти), так і невідновних. Відновну складову природного капіталу ми називаємо екокапіталом. Взаємодії людського капіталу і екокапіталу при прогресуючій зміні клімату можна дослідити за допомогою науки ергодинаміки. Можна не тільки прогнозувати зміни природних умов, але в кінцевому підсумку прогнозувати зв'язану з ними якість життя людей. Цього можна досягти, використовуючи запропоновані В. В. Бушуєвим, В. С. Голубєвим, О. М. Тарко [8] індикатори соціоприродного розвитку, оцінити які допоможуть і матеріали різночасових космічних зйомок [24]. До останнього часу головною метою розвитку країн вважалося економічне зростання, а основним показником розвиненості — валовий національний продукт (ВВП). В дійсності, рівень розвиненості країни визначається якістю життя, яка не може бути зведена тільки до однієї економіки. Доступність освіти, здоров'я, незабруднене довкілля, безпека і т. п. — найважливіші умови повноцінного життя. Потрібно базуватися на природно науковому, еволюційному підході до опису стабільності і розвитку в Екосі (глобальній системі) “людина — суспільство — при-

рода”). Тобто потрібно розуміти, що економіка не ціль, а всього лише засіб розвитку людини [22, 78].

ООН пропонує використовувати для характеристики якості життя безрозмірну величину — індекс розвитку людини *ІРЛ*, або (інша назва) індекс розвитку людського потенціалу *ІРЛП*. Величина *ІРЛП* обчислюється як середнє арифметичне трьох індексів: середня тривалість життя (λ_1), рівень освіти (λ_2) і *ВНП* (λ_3). За цим індексом на першому місці знаходиться не найбагатша країна світу — США, а країни, де економіка більш орієнтована на людину, — Канада, Франція [13]. Використання *ІРЛП* замість *ВНП*, безсумнівно, велике досягнення. Разом з тим в індексі не враховані інші важливі характеристики якості життя: рівень народжуваності, соціальні витрати країн, стан навколишнього середовища та ін. Якість життя нерозривно пов'язана з якістю людини; характеристика останньої зовсім не зводиться лише до освіти і тривалості життя. І все ж таки такі індикатори будуть залишатися штучними фантомами, тому що в них буде відсутня фундаментальна основа — теорія якості життя.

Для цього В. В. Бушуєв, В. С. Голубєв, О. М. Тарко [8, 9, 13] пропонують розглядати *теорію екорозвитку*, де добре зарекомендовані “природні” індикатори розвитку і відображені їх рушійні сили.

Енергія — рушійна сила еволюції, її “мотор”. Без направлених потоків енергії не було б і прогресу. Ергодинаміка [9] встановлює і кількісно досліджує зв'язок критеріїв прогресу систем і сполучених процесів акумулювання енергії, які протікають в них, з потоками, які надходять в систему енергії.

Прогрес — тип розвитку, який відповідає за збільшення “запасу стабільності” систем, що еволюціонують, по відношенню до зовнішніх впливів, збільшення здатності систем самозберігатися при умовах середовища, що змінюється; у такий спосіб здійснювати велику роботу по компенсації зовнішніх впливів, накопичувати інформацію [13].

Важливою характеристикою динаміки розвитку системи, що еволюціонує є питома потужність спряженого процесу її функціонування, тобто робота, яка ним здійснюється за одиницю часу на одиницю об'єму (маси) системи. Спряженими називають такі два пов'язаних процеси, які відбуваються одночасно. Якщо один з них основний, може відбуватися у відсутності іншого (тобто сам собою); якщо інший сполучний, то відбувається лише при наявності основного процесу. В Екосі спряженим є процес відтворення фізичного, людського і природного (еко-)капіталу. В ергодинамічному трактуванні капітал — це відкладений “запас стабільності” системи, що характеризується акумульованою в ній вільною енергією (яка може бути перетворена в “корисну” роботу [9]). Кількість акумульованої в Екосі питомої вільної енергії (в розрахунку на одну людину) складається з енергії, акумульованої в фізичному, людському капіталі і екокапіталі, тобто в на-

копичених фондах — матеріально-речовинному і природному (екофонді).

Введемо і розглянемо синтетичний індекс розвитку (*CIP*).

В лінійному наближенні приймемо пропорційний наступні залежності: між *ВНП* (в розрізі окремих регіонів країни використовується *ВРП* — валовий регіональний продукт) і питомим енергоспоживанням *E*; між *ПСК* і *СВ*; між *ПВК* і *УВК*; між *ПДК* і *УДК*; між *ПЕК* і питомою продуктивністю природної біоти *P* (в тоннах вуглецю на одну людину в рік). Тоді отримуємо таке рівняння для *CIP*:

$$CIP = \alpha E + \beta (CB) + \gamma (ПДК) + \lambda (ПВК) + \eta P, \quad (6.11)$$

де *CIP* — синтетичний індекс розвитку, що включає в себе питома (в розрахунку на одну людину) виробництво капіталу: фізичного (*ВФК*) або (*ВНП* — валового національного продукту), людського (*ПЛК*) та екологічного (*ПЕК*), $CIP = ВНП + ПЛК + ПЕК$. Фізичний і людський капітал виробляється соціумом, а економічний — біотою. *E* — питома енергоспоживання; *СВ* — питомі соціальні витрати країни; *ПДК* — питома духовний капітал (придбаний людиною в процесі її життя); *ПВК* — питома життєвий капітал (“запас стійкості”, який людина має з народження); *P* — питома продуктивність природної біоти (тонн вуглецю на одну людину на рік) — цей показник та його зміна може визначатися для великих територій за допомогою методів ДЗЗ. $\alpha, \beta, \gamma, \lambda, \eta$ — деякі коефіцієнти, умовно назвемо їх “коефіцієнтами розвитку”. В лінійному наближенні вони постійні, в квазілінійному — “повільно змінюються”. При цьому величина $(1/\alpha)$ є ніщо інше, як енергоємність *ВНП* ($\epsilon = 1/\alpha$). Вимірюються всі індикатори у дол./люд.рік.

Для того, щоб розвиток у системі “людина — природа” був стійким, необхідно залучити до нього негативні зворотні зв’язки. Це означає, зокрема, таке: ріст паливної енергетики випереджає збільшення темпів видобутку горючих копалин; ріст *ВНП* випереджує ріст енергетики; ріст соціальних витрат держави випереджає ріст *ВНП*; ріст виробництва людського капіталу випереджає ріст соціальних витрат; ріст продуктивності природної біоти випереджає ріст вилучення біопродуктивності людиною.

Прогресивний розвиток цієї системи, що відповідає критеріям стійкості (при якому задіяні розглянуті вище негативні зворотні зв’язки), станемо називати екорозвитком.

Перехід на екорозвиток, природно, можливий лише при задоволенні основних життєвих потреб людини — досягненні достатнього рівня *ВНП*. За такий реперний рівень можна прийняти *ВНП* Іспанії (близько 16 000 дол./люд. рік). Починаючи з цього рівня, середня тривалість життя (найголовніша характеристика якості життя) перестає залежати від подальшого росту *ВНП* [9].

Починаючи з 70-х років ХХ ст., енергоємність валового продукту в розвинених країнах почала зменшуватись, а внаслідок цього — і в світі [9]. У такий самий спосіб був задіяний зворотній зв’язок між економікою та енергетикою. Отже, загалом цей факт можна розглядати як перший крок людства на шляху до екорозвитку.

6.5.2. Методика розрахунків індикаторів соціоприродного розвитку

Методика, запропонована [8, 9] для розрахунку *CIP*, враховує також інтелектуальну та духовну складові людського капіталу. Запропонована методика використовує наступні показники: *ВРП* — валовий регіональний продукт, *ПФК* — питома фізичний капітал; *ПЛК* — питома людський капітал; *ВЛК* — виробництво людського капіталу; *ВЕК* — питома виробництво екокапіталу. Поряд з *CIP* розглядається більш уживаний індекс соціогуманітарного розвитку, який характеризує рівень матеріально-соціально-гуманітарного розвитку без урахування *ВЕК*.

Наведемо рівняння для розрахунку *ПФК*:

$$ПФК = (ВРП) T, \quad (6.12)$$

де *ВРП* — валовий регіональний продукт; *T* — середня тривалість життя в регіоні.

Припустимо, що *ПЛК* регіону пропорційний сумі індексів тривалості життя та освіти ($\lambda_1 + \lambda_2$), а *ПФ* — індексу доходів λ_3 . А для відношення $\frac{ПДК}{ПФК}$ напишемо:

$$\frac{ПДК}{ПФК} = v, v = \frac{(\lambda_1 + \lambda_2)}{\lambda_3}. \quad (6.13)$$

На основі (6.12) і (6.13) отримуємо наступну розрахункову залежність для *ПЛК*:

$$ПЛК = v (ВРП) T. \quad (6.14)$$

Виробництво людського капіталу (*ПЛК*) визначається питомою народжуваністю (*L*) і очікуваним значенням *ПЛК* при народженні. Тоді маємо наступну формулу для розрахунку *ПЛК*:

$$ПЛК = Lv (ВРП) T. \quad (6.15)$$

Питома виробництво екокапіталу (*ВЕК*) (дол./люд. рік) розраховуємо наступним чином. Припустимо, що індекс *ВЕК* пропорційний питомій продуктивності *P* біоти регіону (*m* вуглецю/люд.рік):

$$ВЕК = \alpha \cdot P, \quad (6.16)$$

де α — вартість одиниці маси біоти (в основному це рослини) в регіоні (дол./т вуглецю).

Реальну вартість біоти вважаємо не однаковою для всіх регіонів, а пропорційну щільності населення r у регіонах, тобто:

$$\alpha = \alpha_0, \alpha_0 = \text{const.} \quad (6.17)$$

Чим більша щільність населення, тим привабливіший регіон проживання, тим об'єктивніше цінніше природне середовище цього регіону. А узагальненою характеристикою якості природного середовища є питома продуктивність біоти.

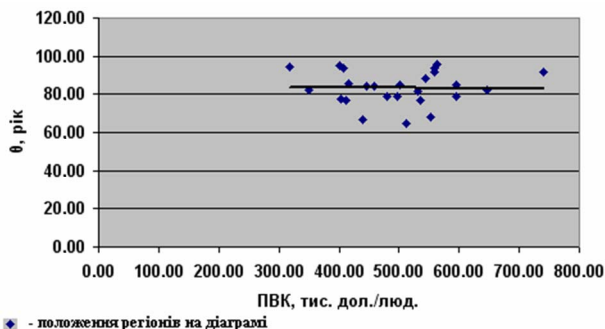


Рис. 6.4. Діаграма щільності населення по регіонах України та питомої продуктивності природної (доантропогенної) біоти

На рис. 6. 4 видно залежність між щільністю населення і продуктивністю природної (доантропогенної) біоти. Винятком є декілька областей, зокрема Донецька область, де на більшу кількість населення припадає менша кількість біоти, тобто біота стає дорожчою, а втрата її невеликої частини може призвести до значного дисбалансу системи “соціум — біота”.

За формулами (6.16) і (6.17) знаходимо

$$BEK = \alpha_0 \cdot P_s, P_s = rP \quad (6.18)$$

Слід зазначити, що P_s — продуктивність біоти регіону в розрахунку на одиницю площі (m вуглецю/ $км^2$). Коефіцієнт визначається нормуванням індексів BEK і $BPII$. Робимо припущення, що рівноцінно мати для регіонів як максимальне значення BEK , так і $BPII$, або:

$$(BPII)_{\max} = \alpha_0 P_{s \max} \quad (6.19)$$

з чого випливає формула для α_0 :

$$\alpha_0 = \frac{(BPII)_{\max}}{P_{s \max}} \quad (6.20)$$

На основі (6.12), (6.14) і (6.19) отримуємо кінцеву формулу для розрахунків CIP :

$$CIP = BPII + Lv(BPII)T + \frac{(BPII)_{\max}}{P_{s \max}} \quad (6.21)$$

Індекс соціогуманітарного розвитку (CIT) отримуємо так:

$$CIT = BPII + Lv(BPII)T \quad (6.22)$$

Розрахунки індексів $ВЛК$, BEK , CIT , CIP за формулами (6.15), (6.18), (6.20), (6.21), (6.22) проводилися для всіх адміністративних областей України за 12 років (2000–2012 рр.). $BPII$ брався за даними Держстату України, з урахуванням паритету купівельної спроможності (PKC) [45]. Параметри L і T взяті із статистичних даних [45]. Продуктивність біоти регіонів P_s знаходилась з допомогою математичної моделі біохімічного циклу вуглецю. Розрахунки проведені кандидатом геологічних наук Д. М. Мовчаном на основі моделі біопродуктивності MOD17 [59, 73].

6.5.3. Результати розрахунку соціоприродного розвитку регіонів України

Для розрахунку соціоприродних індексів створено програмне забезпечення з використанням середовища програмування Delphi 7 та авторських засобів управління базами даних (СУБД) кандидатом технічних наук С. Б. Єлістратовим.

Копію екрану головного режиму програми наведено на рис. 6. 5.

Розрахунки проведені за період 2000–2012 рр. Для прикладу в таблиці 6.1 наведено результати розрахунків індикаторів розвитку українських регіонів за 2012 рік. Аналіз отриманих даних показує, що індекс CIT змінюється в діапазоні від 1.28 до 15.32. Найбільш розвинутим регіоном з індексом CIT , більшим ніж у середньому по інших регіонах, є Дніпропетровська область. Аутсайдер — Луганська область.

Врахування у розрахунках природного фактора BEK показує, що найбільший індекс CIP за 13 років у Закарпатській, Волинській, Івано-Франківській, Житомирській областях. Найменший — у Луганській, Донецькій та Херсонській областях. Значення CIP з 2000 по 2004 р. відрізняються від подальших років у зв'язку з вхідними даними народжуваності за перші роки.

Дані розрахунків відображають помірно сприятливі умови в більшості адміністративних областей України. Відносно твердження авторів [8] про те, що чим більша щільність населення, тим привабливіший регіон для проживання і цінніше природне середовище цього регіону, можна зробити висновок, що для України це не відповідає дійсності. Наведемо два приклади. Візьмемо Закарпатську і Донецьку області. Щільність населення в Донецькій області приблизно в 2 рази більша за щільність населення в Закарпатській області, а індекси CIP та CIT свідчать про значно більшу

привабливість життя в Закарпатській області. Інший приклад — Закарпатська та Луганська області. Вони приблизно однакові за щільністю населення, але знову ж таки більша привабливість проживання в Закарпатській області. Можливо, тут відіграє більшу роль біота.

Якщо проводити порівняння за величинами індексу *CIT* з регіонами Росії, то Україна поки що дещо відстає економічно від Росії.

Слід також зазначити, що методика оцінки *CIT* та *CIP*, запропонована в [8], дозволяє зробити макрооцінку стану соціуму та біоти в регіоні, але вона не свідчить про реальний фактичний стан кожного індивідууму в складі регіональної людської спільноти та доступ до біоти кожного індивідууму. Окрім того, в кожному регіоні населення не розподілено рівномірно по всій території. Є міста, є села, поля, ліси, ріки, озера та ін. Якщо умовно поділити всю наявну біоту регіону на все його населення, то в цілому (в середньому) можна оцінити вплив біоти на соціум регіону. Іншими словами, одні люди “дихають чистим повітрям”, а інші в урбанізованих містах з великою щільністю населення, бідною біотою, забрудненим повітрям “заробляють гроші”. А в середньому є і економіка, і біота.

6.5.4. Безрозмірні індекси розвитку

Певним недоліком запропонованої вище методики є недостатнє теоретичне обґрунтування розрахунків абсолютних значень величин *ПЛК*, *ПФК*, *ВЕК*. При цьому не вдається запобігти ряду не завжди очевидних допущень.

Цьому недоліку певною мірою можна запобігти, ввівши безрозмірний індекс типу *ІРЛП* (індекс розвитку людського потенціалу). Головний недолік цього індексу — штучність його конструкції, відсутність його теоретичного обґрунтування.

На основі ергодинамічного підходу можна розглянути теоретичне обґрунтування безрозмірних індексів розвитку.

Для величини *CIP* маємо:

$$CIP = ПФК + (BCK + BVK + BDK) + BEK = \frac{ВНП}{ВНП_{\max}} I_1 + \frac{BCK}{BCK_{\max}} I_2 + \frac{BVK}{BVK_{\max}} I_3 + \frac{BDK}{BDK_{\max}} I_4 + \frac{BEK}{BEK_{\max}} I_5, \quad (6.23)$$

$$\text{де } I_1 = \frac{ВНП}{ВНП_{\max}}, \quad (6.24)$$

$$I_2 = \frac{BCK}{BCK_{\max}}, \quad (6.25)$$

$$I_3 = \frac{BVK}{BVK_{\max}}, \quad (6.26)$$

$$I_4 = \frac{BDK}{BDK_{\max}}, \quad (6.27)$$

$$I_5 = \frac{BEK}{BEK_{\max}}. \quad (6.28)$$

Тут *BCK*, *BVK* і *BDK* — складові *ВЛК*: соціальний, вітальний і духовний капітали; значок “max” відноситься до максимальних значень відповідних величин серед всіх суб’єктів, які досліджувались (регіони країни). Безрозмірні величини, які входять у формулу (6.23), умовно можна назвати так: I_1 — індекс доходів, I_2 — соціальний індекс, I_3 — вітальний індекс, I_4 — індекс духовності, I_5 — біотичний індекс.

Припустимо далі, що для суб’єктів, які досліджуються, однаково важливо мати як максимальне значення *ВРП*, так і максимальне значення виробництва всіх інших капіталів (соціального, вітального, духовного, екокапіталу), тобто:

$$ВНП_{\max} \cdot BCK_{\max} = BVK_{\max} = BDK_{\max} = BEK_{\max} = BK_{\max}. \quad (6.29)$$

Наведемо безрозмірний синтетичний індекс розвитку *I*:

$$I = \frac{CIP}{5(BK)} = \frac{1}{5}(I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5). \quad (6.30)$$

При цьому окремі індекси в (6.30) обчислюються так. Індекс I_1 наводиться у формулі (6.24). Індекс I_2 визначається за формулою (6.25) і розраховується за допомогою рівняння:

$$I_2 = \frac{CB}{CB_{\max}}, \quad (6.31)$$

де *CB* — соціальні витрати держави, які включають у себе витрати на освіту, охорону здоров’я, соціальне забезпечення, соціальні виплати, житло і соціально-культурне обслуговування (згідно з даними ВБ [76]).

Рівняння (6.31) впливає з рівняння (6.25), якщо припустити, що виробництво соціального капіталу (*BCK*) пропорційно соціальним витратам держави [45].

Індекс I_3 у відповідності до раніше отриманими результатами [7] розраховується за формулою:

$$I_3 = \frac{LT}{LT_{\max}} = \frac{\Theta}{\Theta_{\max}}, \quad I_3 = \frac{LT}{LT_{\max}} = \frac{\Theta}{\Theta_{\max}} \quad (6.32)$$

де

$$\Theta = LT. \quad (6.33)$$

При цьому *L* — питома народжуваність (в розрахунку на одну людину, 1/рік); *T* — Середня тривалість життя (рік); Θ — життєвий потенціал [8].

Рівняння (6.32) витікає з (6.25), оскільки *BVK* пропорційно Θ [8].

Індекс I_4 розраховується таким чином. Можна

цілком обґрунтовано припустити, що головною ознакою духовного неблагополуччя соціуму є кількість суїцидів σ (в розрахунку на одну людину) [45]. Тоді величину виробництва духовного капіталу можна прийняти обернено пропорційною σ :

$$ВДК = \frac{\alpha}{\sigma}, \alpha = const. \quad (6.34)$$

З врахуванням (6.24) формула (6.17) для I_4 набуде вигляду:

$$I_4 = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma}, \quad (6.35)$$

де σ_{\min} — мінімальна кількість суїцидів серед всіх суб'єктів, які вивчаються.

Величину BEK приймаємо у відповідності до викладеного вище, пропорційно питомій продуктивності природної біоти суб'єкта (в розрахунку на одиницю площі його території). Тоді для I_5 отримуємо:

$$I_5 = \frac{P_5}{P_{5\max}}. \quad (6.36)$$

В кінцевому результаті маємо наступну формулу для розрахунку соціоприродного індексу I^* :

$$I = \frac{1}{5} \left[\frac{ВНП}{ВНП_{\max}} + \frac{СВ}{СВ_{\max}} + \frac{\Theta}{\Theta_{\max}} + \frac{\sigma_{\min}}{\sigma} + \frac{P_5}{P_{5\max}} \right]. \quad (6.37)$$

Величина I характеризує в узагальненому безрозмірному вигляді розвиненість країни та її адміністративних областей. Вона враховує суттєво більшу кількість значущих параметрів, ніж $IP/ПП$: $ВНП$, соціальні витрати держави ($СВ$), життєвий потенціал (Θ) (включає народжуваність і тривалість життя), кількість суїцидів (σ), питому продуктивність біоти (P_5). Як уже зазначалось, $IP/ПП$ характеризує лише доходи, середню тривалість життя і рівень освіченості населення.

В загальному випадку у формулу (6.37) можуть бути введені вагові коефіцієнти, які враховують відносний внесок у сумарний індекс I кожної із складової.

З (6.33) знаходимо:

$$CIP = ВНП_{\max} (I_1 + \alpha I_2 + \beta I_3 + \gamma I_4 + \zeta I_5), \quad (6.38)$$

Для вагових коефіцієнтів в (6.38) маємо:

$$\alpha = \frac{BCK_{\max}}{ВНП_{\max}}, \quad (6.39)$$

$$\beta = \frac{BBK_{\max}}{ВНП_{\max}}, \quad (6.40)$$

$$\gamma = \frac{ВДК_{\max}}{ВНП_{\max}}, \quad (6.41)$$

$$\xi = \frac{BEK_{\max}}{ВНП_{\max}}. \quad (6.42)$$

Враховуючи вагові коефіцієнти рівняння для I можна записати у вигляді:

Розрахунки індексу I проводилися за формулою (6.37). У таблиці 6.2 наведені результати безрозмірних індексів по території України за 2012 р. Величини σ взяті з матеріалів Державного комітету статистики України [45].

Лідерами за значеннями I є Волинська, Закарпатська, Івано-Франківська, Тернопільська, Львівська та Чернівецька області.

Індекс I виявляє суттєву роль в розвитку нематеріальних факторів — гуманітарного (індекс I_3, I_4) і біотичного (I_5); на сьогодні вони ще недостатньо враховуються при будь-яких економічних оцінках. Індеси розвитку повинні стати пріоритетними в регіональній політиці держави у всіх її аспектах: економічному, соціальному, гуманітарному, екологічному. Це дозволить виявити відсталі регіони країни і причини цього відставання. Це можна враховувати при плануванні бюджетної політики держави, спрямовуючи її на зменшення диференціації регіонів за індексами розвитку. Якщо проводити оцінку індексів хоча б раз на рік, то це дозволить об'єктивно характеризувати розвиток адміністративних областей України і країни в цілому.

6.5.5. Відтворений капітал регіонів

Поряд з індикаторами (індексами) розвитку не менш важливо встановити індикатори стану соціумів. Основний індикатор стану — національне багатство (розмірність дол., дол./люд.), яке складається з природного, фізичного і людського капіталів. Природний капітал, в свою чергу, складається з капіталу, який акумулюється в родовищах корисних копалин і сучасній біоті. Останню складову називаємо екокапіталом.

Розглянемо наступну модель, що характеризує зміну в часі (t) питомого фізичного капіталу Φ регіонів (тобто його динаміку). Припустимо, що питома швидкість витрачання фізичного капіталу $\left[-\frac{1}{\Phi} \frac{d\Phi}{dt} \right]$ на задоволення матеріальних потреб людей стала і дорівнює β . Тоді запишемо рівняння динаміки Φ у вигляді:

$$\frac{d\Phi}{dt} = ВПП - d\Phi. \quad (6.44)$$

Дане рівняння (6.44) характеризує “суспільство споживання”, в якому швидкість росту споживання пропорційна Φ . Воно описує лише відтворений

* Величини $(ВНП)_{\max}$, $(СВ)_{\max}$, Q_{\max} , S_{\min} , $P_{s\max}$ можуть задаватися фіксованими, як, наприклад, при розрахунку $IP/ПП$ [10].

Таблиця 6.2.

Безрозмірні індекси регіонів України

Адміністративний регіон	Індекс доходів I_1	Соціальний індекс I_2	Вітальний індекс I_3	Індекс духовності I_4	Біологічний індекс I_5	Безрозмірний синтетичний індекс I	Місце за I
Вінницька	0.413	0.048	0.886	0.234	0.650	0.446	18
Волинська	0.401	0.035	1.161	0.450	0.756	0.560	6
Дніпропетровська	1.000	0.094	0.858	0.117	0.431	0.500	9
Донецька	0.835	0.125	0.750	0.078	0.496	0.457	17
Житомирська	0.421	0.040	0.934	0.288	0.756	0.488	11
Закарпатська	0.354	0.038	1.178	0.582	1.000	0.630	1
Запорізька	0.682	0.052	0.832	0.188	0.431	0.437	21
Івано-Франківська	0.427	0.043	1.000	0.462	0.959	0.578	4
Київська	0.753	0.052	0.942	0.246	0.691	0.537	8
Кіровоградська	0.447	0.031	0.841	0.290	0.496	0.421	23
Луганська	0.570	0.059	0.743	0.152	0.480	0.401	25
Львівська	0.471	0.071	0.957	0.459	0.846	0.561	5
Миколаївська	0.584	0.035	0.884	0.290	0.407	0.440	20
Одеська	0.649	0.064	0.963	0.167	0.496	0.468	15
Полтавська	0.854	0.043	0.774	0.226	0.577	0.495	10
Рівненська	0.397	0.038	1.249	0.526	0.764	0.595	3
Сумська	0.453	0.033	0.758	0.265	0.659	0.434	22
Тернопільська	0.337	0.032	0.911	0.821	0.691	0.559	7
Харківська	0.681	0.070	0.780	0.289	0.528	0.470	14
Херсонська	0.413	0.032	0.900	0.284	0.390	0.404	24
Хмельницька	0.392	0.040	0.889	0.637	0.699	0.477	12
Черкаська	0.499	0.039	0.783	0.256	0.626	0.441	19
Чернівецька	0.315	0.027	1.028	1.000	0.772	0.629	2
Чернігівська	0.444	0.033	0.726	0.302	0.732	0.477	13
Автономна Республіка Крим	0.476	0.057	0.988	0.202	0.577	0.460	16
Україна	0.537	0.049	0.907	0.353	0.636	0.495	

капітал і не враховує відкладений капітал, який не береться до уваги в процесі відтворення Φ .

Якщо ж економіка внутрішньо зрівноважена (мається на увазі поточний баланс доходів і витрат, виробництва і споживання та ін.) то в (6.44) $\frac{d\Phi}{dt}=0$, і відтворений капітал Φ змінюється в часі за тим же законом, що і $ВРП$:

$$\Phi = \frac{ВРП}{\beta}. \quad (6.45)$$

Швидкість витрати рівноважного відтвореного капіталу в середньому є $\frac{\Phi}{T}$ (T — середня тривалість життя). Тоді $\beta = \frac{1}{T}$ і для величини Φ маємо:

$$\Phi = (ВРП) T. \quad (6.46)$$

На основі (6.15), (6.46) для величини питомого відтвореного капіталу $ПВК$ маємо:

$$ПВК = П\Phi К + ПЛК = (1 + \nu) (ВРП) T. \quad (6.47)$$

За величиною $ПВК$ (табл. 6.3) можна зробити висновки про те, що відтворення капіталу відбувається відносно рівномірно по всіх регіонах України. На відміну від показників $СІР$ та $СІГ$, в яких більшу роль відіграє стан біоти, в $ПВК$ більшу вагу має стан соціуму.

Не тільки доходи ($ВРП$), але і якість людини та її життя ($ПЛК$, $ПВК$) в адміністративних областях України диференційовані.

Цікаво дослідити, як швидко відтворюється величина $ПВК$. Введемо час циклу $ПВК$, що дорівнює:

$$\Theta = \frac{ПВК}{СІГ}, \quad \Theta = \frac{(1+\nu)T}{1+L\nu T}, \quad (6.48)$$

Для регіонів Θ змінюється приблизно в діапазоні 60...100 років (рис. 6.6). Найменші значення Θ у бідних (за $ПВК$) регіонах.

Вивчені індикатори (і індекси) дозволяють зіставити між собою рівні розвитку регіонів на фіксований час (до 2012 р). Щоб за ним судити про характер розвитку регіонів України в часі (прогрес, стагнація, регрес), потрібно зробити моніторинг даних показників.

На першому етапі обговоримо можливі варіанти їх зміни в часі.

Розглянемо індекс Θ . В загальному випадку припустимо три варіанти прогресивного розвитку в залежності від характеру Θ зміни в часі.

Припустимо, що величина Θ стала (рис. 6.7, верхній). Це справедливо при умові:

$$\frac{d\Theta}{dt}=0, \quad \text{якщо} \quad \frac{1}{ПВК} \frac{d(ПВК)}{dt} < \frac{1}{СІГ} \frac{d(СІГ)}{dt}. \quad (6.49)$$

Таблиця 6.3.

Індикатори соціально-еколого-економічного стану адміністративних областей України і час відтворення капіталу

Адміністративний регіон	ПФК, тис.дол./люд.	ПЛК, тис.дол./люд.	ПВК, тис.дол./люд.	Θ, рік	Місце заПВК
Вінницька	78.92	337.51	41643	85.33	9
Волинська	119.62	432.83	55245	68.37	23
Дніпропетровська	91.08	353.87	44495	84.43	13
Донецька	55.14	263.20	31834	94.46	3
Житомирська	100.04	379.87	47991	79.06	18
Закарпатська	87.14	352.84	43998	67.07	24
Запорізька	117.86	426.46	54432	88.22	8
Івано-Франківська	98.46	398.56	49702	79.14	17
Київська	133.59	460.93	59452	79.06	19
Кіровоградська	134.79	459.56	59435	85.03	11
Луганська	76.63	323.88	40051	95.36	2
Львівська	58.88	291.14	35002	81.97	15
Миколаївська	150.61	496.33	64694	82.31	14
Одеська	81.40	329.70	41110	76.55	22
Полтавська	178.64	562.60	74124	91.74	7
Рівненська	106.77	405.90	51267	64.49	25
Сумська	121.17	438.44	55961	93.89	4
Тернопільська	99.44	402.56	50200	85.08	10
Харківська	77.26	330.43	40769	93.72	5
Херсонська	115.90	414.43	53033	81.59	16
Хмельницька	92.20	366.79	45899	84.53	12
Черкаська	120.92	437.55	55847	92.00	6
Чернівецька	110.42	424.67	53509	76.99	21
Чернігівська	124.41	438.18	56259	95.52	1
Автономна республіка Крим	75.06	327.33	40239	77.68	20
Україна	104.25	526.22	50008	83.30	

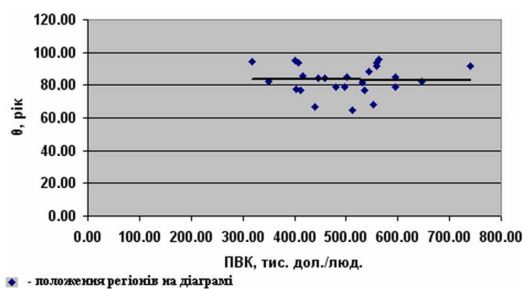


Рис. 6.6. Діаграма Θ — ПВК

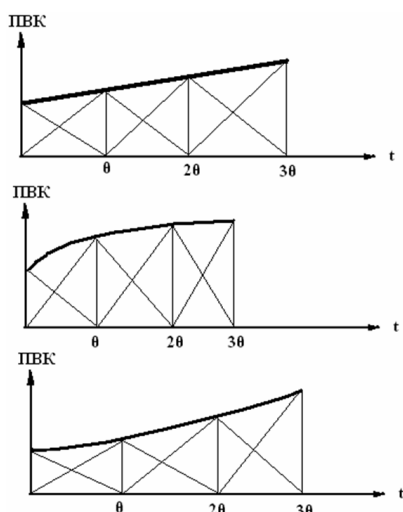


Рис. 6.7. Три типи розвитку: верхній — $\theta = \text{const}$, середній — $\frac{d\theta}{dt} < 0$, нижній — $\frac{d\theta}{dt} > 0$

У такий спосіб вихідний природний капітал витрачається “рівномірно” — як ріст споживання (в широкому сенсі, коли $\frac{d(CIF)}{dt} > 0$), так і багатство соціуму ($\frac{d(PVK)}{dt} < 0$).

Індекс Θ зменшується з часом (рис. 6.7, середній) при умові:

$$\frac{d\Theta}{dt} < 0, \text{ якщо } \frac{1}{PVK} \frac{d(PVK)}{dt} < \frac{1}{CIF} \frac{d(CIF)}{dt}, \quad (6.50)$$

В цьому випадку природний капітал витрачається переважно на ріст споживання.

Третій тип розвитку має місце, коли індекс Θ зростає (рис. 6.7, нижній), зокрема:

$$\frac{d\Theta}{dt} < 0, \text{ якщо } \frac{1}{PVK} \frac{d(PVK)}{dt} > \frac{1}{CIF} \frac{d(CIF)}{dt}. \quad (6.51)$$

Даний випадок відповідає екорозвитку, коли природний капітал витрачається переважно на ріст відтвореної частини національного багатства соціумів, в тому числі на ріст тривалості життя.

Дійсно, диференціюючи (6.48) по t за припущенням $L = \text{const}, v = \text{const}$, маємо:

$$\frac{d\Theta}{dt} = \frac{1+v}{1=LvT} \frac{dT}{dt}. \quad (6.52)$$

Звідси видно, що залежність (6.49) виконуються при $T = \text{const}$, за умови (6.50) < 0 і умові (6.51) > 0 . В загальному випадку індекс Θ змінюється зі зміною не тільки T , але і L і v .

Перший тип розвитку відповідає стаціонарному T соціуму. Ця картина і спостерігається на сучасному етапі в Україні, тобто у нас відбувається прогрес.

Другий — у випадку, коли, не зважаючи на ріст ВВП, тривалість життя зменшується. Ріст ВВП на фоні зменшення людського капіталу можливий лише на основі надмірної експлуатації природного ресурсу (“сировинний розвиток”). Така картина спостерігається в сучасній Росії (стагнація). А зменшення T обумовлено духовною кризою соціуму [75].

Моніторинг параметрів стану соціумів — індексів ПВК і — також необхідний для індексів розвитку (CI , CIP). Зокрема, це дозволить з'ясувати, наскільки розвиток враховує інтереси майбутніх поколінь. Як відомо, це — головний мотив концепції стабільного розвитку. Інтереси майбутніх поколінь будуть враховані, коли індекс буде рости у часі.

6.5.6. Природна компенсація антропогенних впливів на біосферу для регіонів України

Перспективи цивілізації однозначно пов'язані з стабільністю біосфери, а остання — з діяльністю людини в біосфері, що призводить до глобальних змін навколишнього середовища. Головне питання антропогенезу полягає в наступному: чи існує межа глобальних змін, вище яких біосфера втрачає стійкість? Якщо існує, то які її якісні і кількісні характеристики? Чи зараз досягнута ця межа, а, якщо ні, то коли це відбудеться?

В даний час існують різні, найчастіше прямо протилежні відповіді на ці питання. Найчастіше розглядаються два спотворюючих біосферу антропогенних фактори: вилучення біопродукції і викиди CO_2 в атмосферу внаслідок спалювання викопного палива, зменшення і погіршення якості лісів. Їх дієвість залежить від того, наскільки будуть ефективні і масштабні природні та штучні процеси компенсації антропогенного впливу на біосферу, здійснювані людиною спільнотами. При цьому, як правило, акцент робиться на негативному аспекту антропогенезу: глобальному потеплінню внаслідок парникового ефекту; втраті біосферою стабільності в результаті вилучення людиною продукції природної біоти та ін.

Між іншим, існують і позитивні аспекти антропогенезу. Один з них пов'язаний зі спалюванням викопного палива. Це по суті є “запасом стабільності” біосфери — її “матеріальним багатством”, відкладеним про запас. При спалюванні в атмосферу потрапляє вуглекислий газ — “їжа” рослин. У такий спосіб ліквідується його відносний дефіцит, пов'язаний з поступовим затуханням ендегенних геологічних процесів, які постачають вуглекислий газ з

глибин землі в атмосферу. В літературі наводяться дані, які свідчать про те, що глобальні екологічні кризи в історії Землі були опосередковано пов'язані з дефіцитом вуглекислого газу в атмосфері.

Один із головних аспектів антропогенезу — вилучення продукції природної біоти. Людина витіснила біологічні угруповання зі значної частини суші, зайнявши такі землі сільськогосподарськими угіддями і містами. Зокрема в Україні розораність земель є найвищою в світі, досягає 57% території країни та майже 80% сільськогосподарських угідь [40]. За рахунок цього продукція природної біоти зменшилась приблизно на 10% [40]. Ці 10% і є сучасним значенням величини вилучення продукції природної біоти.

Даний процес неминучий. Він призведе до спотворення біосфери і навіть до втрати біосферної стабільності. Разом з тим внаслідок спалювання викопного палива відбувається зростання в атмосфері вмісту вуглекислого газу. Зі збільшенням його вмісту зростає продуктивність і маса біоти. У такий спосіб частково компенсується вилучення людиною продукції природної біоти і зменшується антропогенне спотворення біосфери.

Вступає в дію негативний зворотний зв'язок, який обумовлює стабільність системи. Біосфера “передбачила” етап “енергетичної” цивілізації (головною рисою якої є ріст енергетики), зробивши собі “запас стабільності” в родовищах паливних копалин. Людина цей “запас стабільності” використала для своїх потреб.

Отже, ріст вмісту вуглекислого газу в атмосфері для рослин “корисний”, але, як зазвичай буває, лише до певної межі. Надмірний ріст може мати негативні наслідки, якщо буде відбуватися інверсія зворотного зв'язку між біопродуктивністю і вмістом вуглекислого газу: із негативного в позитивний. Експериментальні дослідження показали, що при збільшенні концентрації вуглекислого газу ріст рослин спочатку відбувається швидше, а потім (при концентрації в 1.5...2 рази більшої ніж та, яка в сучасній атмосфері) ріст рослин починає пригнічуватися, їх продуктивність падає [3].

Таку ситуацію потрібно брати до уваги щодо до біосфери в цілому. Не виключено, що при значному рості вмісту вуглекислого газу в атмосфері продуктивність рослин почне знижуватися. В результаті прискориться ріст вмісту вуглекислого газу в атмосфері, що призведе до ще більшого падіння біопродуктивності. А це зумовить подальший ріст його вмісту. За модельними розрахунками [30], процес може “саморозкрутитися”, а біосфера втратить стабільність вже між 2050 і 2100 р. В подальшому атмосфера Землі може виявитися мало придатною для існування життя в його сучасній формі. Незважаючи на всю, здавалося б, гіпотетичність даного сценарію, саме в цьому може бути реальна загроза існуванню цивілізації.

Таким чином, головні глобальні загрози людству пов'язані з антропогенним вилученням продукції природної біоти і з вилученням вмісту вуглекислого газу в атмосфері внаслідок спалювання викопного палива. Їх дієвість залежить від того, наскільки ефективні природні і штучні процеси компенсації антропогенних впливів на біосферу.

В табл.6.4 наведено вихідні дані про антропогенні викиди CO₂ в регіонах України за 2012 р і розрахункові значення їх поглинання біотою регіонів. Антропогенні викиди CO₂ по регіонах взято з матеріалів Держкомстату України [45].

Біотичну компенсацію антропогенних процесів будемо характеризувати таким чином. Припустимо що, i_2 — величина вилучення людиною продукції природної біоти, i_1 — величина поглинання біотою антропогенного CO₂. Компенсація вилучення біопродукції (s) визначається різницею вказаних потоків:

$$s = i_2 - i_1. \quad (6.53)$$

При $s > 0$ має місце компенсація з надлишком, а при $s < 0$ лише часткова.

Для розрахунку i_1 прийемо, що антропогенне вилучення продукції (в регіонах і в Україні в цілому) пропорційно чисельності населення:

$$i_1 = \alpha N, \quad (6.54)$$

де α — стала величина.

Глобальна продуктивність біоти Землі $I_2 = 65.5$ Гт/рік, а загальне споживання людиною біопродукції становить близько 10% від цієї величини. Тоді для світу в цілому маємо $i_{1\Sigma} = 0.1$, $I_2 = 65.5$ Гт/рік, населення Землі $N \approx 6 \cdot 10^9$ людей. За формулою (6.54) знаходимо $\alpha \approx 1.0$ т/люд. рік. З використанням цього значення α розраховуємо за формулами (6.53), (6.54) величину s .

З табл. 6.4 видно, що в Житомирській, Чернігівській, Волинській, Львівській, Полтавській, Сумській областях та в Автономній Республіці Крим відбувається компенсація з надлишком антропогенного вилучення біопродукції. Біота цих регіонів має “запас стабільності” щодо вилучення біопродукції. В той же час найбільше антропогенне спотворення біоти зазнають Луганська, Донецька та Дніпропетровська області.

Стабільність біосфери щодо антропогенних викидів CO₂ залежить від величини:

$$r = i_2 - i_3, \quad (6.55)$$

де i_3 — величина викидів (Гт С/год).

При $r > 0$ біота даного регіону поглинає не тільки всі викиди CO₂ (i_3) цього регіону, але і частково викиди інших регіонів. Навпаки, при $r < 0$ потужність біоти регіону не достатня для поглинання CO₂ у ньому. Стан біоти по всій Україні дозволяє поглинати не тільки викиди свого регіону, але і частину викидів інших регіонів.

Таблиця 6.4.

Характеристика викидів і поглинання CO₂, компенсації антропогенних процесів і біосферної ренти регіонів

Адміністративний регіон	Поглинання екосистемами i_2 . Гт С/рік	Викиди CO ₂ i_3 . Гт С/рік	Населення	$s = i_2 - i_3$. Гт С/рік	$r = i_2 - i_3$. Гт С/рік	R_1 . млрд дол./рік	R_2 . млрд дол./рік	$R = R_1 + R_2$. млрд дол./рік
Вінницька	0.0212	0.0055	1634.2	0.0157	0.0195	0.1568	0.1954	0.3522
Волинська	0.0187	0.0007	1038.6	0.0180	0.0176	0.1796	0.1765	0.3561
Дніпропетровська	0.0170	0.0346	3320.3	-0.0176	0.0137	-0.1758	0.1367	-0.0391
Донецька	0.0163	0.0607	4580.6	-0.0444	0.0117	-0.4442	0.1168	-0.3274
Житомирська	0.0276	0.0008	1273.2	0.0268	0.0264	0.2682	0.2635	0.5317
Закарпатська	0.0158	0.0002	1250.7	0.0156	0.0146	0.1560	0.1455	0.3016
Запорізька	0.0145	0.0126	1791.7	0.0019	0.0127	0.0192	0.1270	0.1462
Івано-Франківська	0.0164	0.0114	1380.1	0.0050	0.0150	0.0501	0.1499	0.2000
Київська	0.0240	0.0074	1719.5	0.0166	0.0222	0.1662	0.2225	0.3887
Кіровоградська	0.0149	0.0009	1002.4	0.0140	0.0139	0.1399	0.1390	0.2788
Луганська	0.0158	0.0204	2272.7	-0.0046	0.0135	-0.0460	0.1349	0.0889
Львівська	0.0227	0.0037	2540.9	0.0190	0.0201	0.1900	0.2015	0.3915
Миколаївська	0.0123	0.0021	1178.2	0.0102	0.0111	0.1020	0.1112	0.2132
Одеська	0.0204	0.0031	2388.3	0.0174	0.0180	0.1736	0.1804	0.3540
Полтавська	0.0204	0.0024	1477.2	0.0180	0.0190	0.1799	0.1896	0.3694
Рівненська	0.0188	0.0014	1154.3	0.0174	0.0177	0.1744	0.1768	0.3511
Сумська	0.0193	0.0016	1152.3	0.0178	0.0182	0.1779	0.1820	0.3599
Тернопільська	0.0117	0.0006	1080.4	0.0111	0.0106	0.1114	0.1064	0.2178
Харківська	0.0203	0.0118	2742.2	0.0086	0.0176	0.0857	0.1758	0.2615
Херсонська	0.0135	0.0004	1083.4	0.0132	0.0125	0.1317	0.1247	0.2563
Хмельницька	0.0178	0.0020	1320.2	0.0158	0.0164	0.1580	0.1644	0.3224
Черкаська	0.0162	0.0033	1277.3	0.0129	0.0149	0.1286	0.1490	0.2776
Чернівецька	0.0077	0.0002	905.3	0.0075	0.0068	0.0754	0.0682	0.1436
Чернігівська	0.0287	0.0019	1088.5	0.0268	0.0276	0.2682	0.2759	0.5441
Автономна Республіка Крим	0.0185	0.0015	1963.0	0.0170	0.0166	0.1701	0.1657	

Викладений підхід дає можливість розробити систему рентних платежів для регіонів, що надмірно спотворюють біосферу. Такі платежі повинні бути направлені на заходи з підтримання стабільності природних систем країни в цілому на шляху впровадження екогосподарування.

6.5.7. Біосферна рента регіонів та їх соціоприродний розвиток

Біосфера створює і підтримує придатне для людини середовище існування та одночасно є джерелом біоресурсів. Ці функції біосфери постійно послаблюються за міру посилення антропогенезу. Це несе певні загрози для цивілізації в цілому. Завдання світового співтовариства полягає в тому, щоб мінімізувати антропогенне спотворення біосфери.

Існує думка, що стабілізація чисельності народонаселення Землі та енергоспоживання дозволять уникнути подальшого спотворення біосфери. Насправді картина може бути менш однозначною.

Навіть при стабілізації паливної енергетики ріст вмісту вуглекислого газу в атмосфері буде продовжуватися (оскільки глобальна біота лише частково компенсує його антропогенні викиди). Зростання CO_2 можна компенсувати організацією штучних потоків вуглецю в біосферу, які видалять антропогенний вуглекислий газ (за рахунок екогосподарської діяльності — насадження лісів, заповідники та ін. [30]); а також впровадженням технологій його зв'язування (шляхом перетворення в тверді сполуки). Одночасно з цим слід припинити невідновне вирубування лісів.

Оскільки проблема антропогенного спотворення біосфери є глобальною, то її вирішення повинно бути глобальним. Деякі кроки в цьому напрямі були зроблені Кіотським протоколом, хоч не зовсім ефективні і зовсім недостатні.

Дана проблема може бути кардинально вирішена з допомогою ренти за користування біосферою [15]. Рента є “платою” біосфері за те, що вона створює для людини комфортне середовище існування і є джерелом існування біоресурсів. Система рентних платежів повинна виходити з кількісних оцінок тих спотворень, які вносять в біосферу кожна з країн або регіонів співтовариства. Ці платежі будуть направлятися для їх подальшого розподілу і використання в екогосподарській діяльності і в технологіях зв'язування антропогенного вуглекислого газу. На першому етапі кошти слід адресувати країнам або регіонам, що розвиваються, для того щоб призупинити вирубування лісів на основі компенсації за вирубку.

Рента (дол./рік) розраховується на підставі введених вище параметрів r і s . Перша складова ренти (R_1) є “плата” за антропогенне вилучення біопродукції. Вона дорівнює вартості “чистого” антропогенного вилучення біопродукції за рік з оберненим значенням або:

$$R_1 = -(i_1 - i_2)\sigma_1 = s\sigma_1, \quad (6.56)$$

де σ_1 — вартість одиниці рослинної маси (дол./ m С).

Друга складова ренти (R_2) базується на оцінці “небезпеки” (для біосфери і людини), обумовленої ростом CO_2 в атмосфері. Між тим, наші знання про закономірності функціонування біосфери настільки недосконалі, що навіть відповіді на просте питання — чи є антропогенні викиди CO_2 корисними для біосфери чи ні — у різних дослідників прямо протилежні. Тому складову ренти (R_2) ми пропонуємо розглядати як свого роду “плату” за наше незнання і як наслідок, за необхідність зберігання status quo.

Ренту R_2 мають ті регіони, в яких поглинання CO_2 перевищує його викиди:

$$R_2 = (i_2 - i_3)\sigma_2 = s\sigma = \gamma\sigma_2, \quad (6.57)$$

де σ_2 — вартість одиниці маси викидів (дол./ m С).

У підсумку величина ренти буде:

$$R = (i_1 - i_2)\sigma_1 + (i_2 - i_3)\sigma_2 = s\sigma_1 + \gamma\sigma_2. \quad (6.58)$$

Ренту ($R > 0$) мають ті країни або регіони, біота яких з надлишком компенсує вилучення біопродукції людиною або викиди антропогенного CO_2 , або і те й інше одночасно. При цьому, коли $R_1 > 0$, $R_2 < 0$, то $R > 0$ при $R_1 > |R_2|$. Аналогічно, при $R_2 > 0$ і $R_1 < 0$ необхідно $R_2 > |R_1|$.

Нами розрахована рента для регіонів в припущенні $\sigma_1 = 400$ грн, $\sigma_2 = 10$ євро, це ціна квоти на викиди CO_2 за 2009 р. в Україні. Вартість σ_1 та σ_2 має відносний характер, оскільки визначається “ціною”, яку країни світу і регіони готові платити за стабілізацію біосфери. У майбутньому така ціна повинна зрости.

За результатами розрахунку ренти (табл. 6.4) маємо дві групи регіонів: одні (Донецька, Дніпропетровська області) спотворюють біоту ($R < 0$); в інших регіонах (іх 23) біота компенсує антропогенні спотворення ($R > 0$). Найбільш сприятлива ситуація (з великою величиною ренти R) в Чернігівській, Житомирській, Львівській, Київській та Полтавській областях.

Головною особливістю сучасності, як зазначалося раніше, є виникнення глобальних проблем, які стосуються людства в цілому. Серед них особливо негативне значення мають забруднення середовища життєіснування, ріст чисельності населення, низький рівень життя в країнах, що розвиваються, загроза ядерної війни. Для їх вирішення на рівні ООН висунуто концепцію сталого розвитку. Ця концепція означає відмову від ліберальної ідеї “служіння собі”, так як потребує врахування в сучасній діяльності людей інтересів майбутніх поколінь. В ООН одночасно розробляється і концепція розвитку людини. З використанням розробок цієї останньої кон-

цепції (за індексом розвитку людини) оцінюється розвиненість країн світу. Сталий розвиток щодо України це екорозвиток, при якому головним пріоритетом стає розвиток людини і збереження стабільності природного середовища. Перше здійснюється на основі будівництва соціогуманітарної держави, а друге — шляхом виконання людиною своєї біосферної функції: підтримка рівноваги природних систем а отже, збереження біосфери у формі, придатній для життя людини.

Актуальність проблеми підтверджується і тим, що цими дослідженнями займаються вчені різних наукових установ в Україні. В НАНУ функціонує Наукова рада з проблем природокористування і сталого розвитку. Її очолює академік НАН України А. Г. Загородній. Членами ради підготовлено цілий ряд фундаментальних праць із висвітленням проблем сталого розвитку і напрямів дій (Наукові засади розробки стратегії сталого розвитку, 2012 р. — 714 с., Оцінка стану виконання підсумкових документів Всесвітнього саміту зі сталого розвитку (Йоганнесбург. 2002). 2004 р. — 208 с., Стан виконання в Україні положень “Порядку денного на XXI століття”(2002–2012 рр.), 2014. — 359 с., Проект доповіді України до Конференції ООН зі сталого (збалансованого) розвитку Ріо+20. 2012.— 60 с. та ін.).

В цих, і інших роботах, опрацьовано сутність сталого (збалансованого) розвитку, механізми його реалізації і основні рушійні сили, а головне — розроблена Концепція сталого розвитку, яка від НАН України передана до Кабінету Міністрів України. Зокрема, дослідження з кількісного оцінювання процесів регіонального розвитку проводяться під

науковим керівництвом академіка НАН України М. З. Згуровського. Ці дослідження базуються на методології оцінювання та аналізу сталого розвитку щодо якості та безпеки життя людей. Компонента якості життя людей індексу сталого розвитку — це комплексна оцінка, побудована на основі ієрархічної системи показників, яка відображає взаємозв'язок трьох вимірів сталого розвитку — економічного, екологічного, соціального.

Було проведено зіставлення результатів розрахунку індексу сталого розвитку для України за 2013 р., виконаних М. З. Згуровським [23] та результатів індикаторів соціоприродного розвитку регіонів України за 2012 р., проведених нами за методикою В. В. Бушуєва, В. С. Голубєва, А. М. Тарко [8, 9, 13]. На рис. 6.8, 6.9 наведено карти результатів розрахунків, на які було накладено межі існуючого фізико-географічного районування України (Національний атлас України, 2007 р.).

В цілому, наші дослідження збігаються у виділенні фаворитів та аутсайдерів (Донецька, Луганська, Дніпропетровська області) серед адміністративних областей. Виявлені деякі розбіжності, які пояснюються відмінністю методик розрахунку та групування результатів (кількістю градацій). Карта на рис. 6.9, побудована за нашою методикою, базується на інтегральному показнику, що враховує рівноцінно як біотичну (СІР), так і соціально-гуманітарно-економічну (СІГ) складові. Тому, наприклад Київський регіон не досяг найвищої градації, бо високий рівень економічного та інтелектуального розвитку компенсується біднішим рівнем біоти. З іншого боку, західні регіони

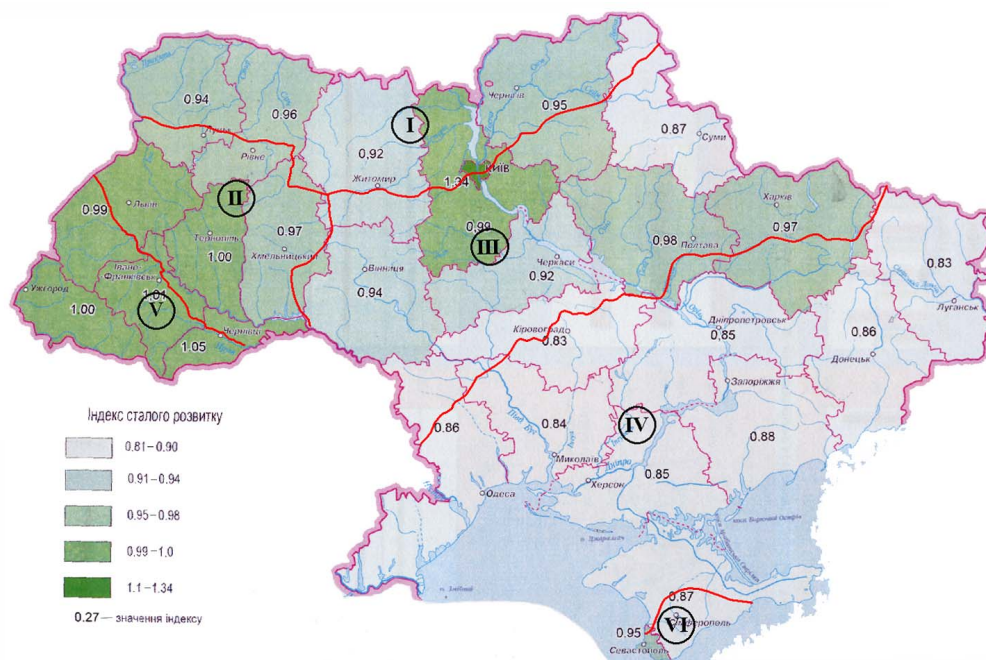


Рис. 6.8. Індекс сталого розвитку України за 2013 р. (за М. З. Згуровським): I — зона мішаних (хвойно-широколистяних) лісів; II — зона широколистяних лісів; III — лісостепова зона; IV — степова зона; V — регіон Карпат; VI — регіон Криму

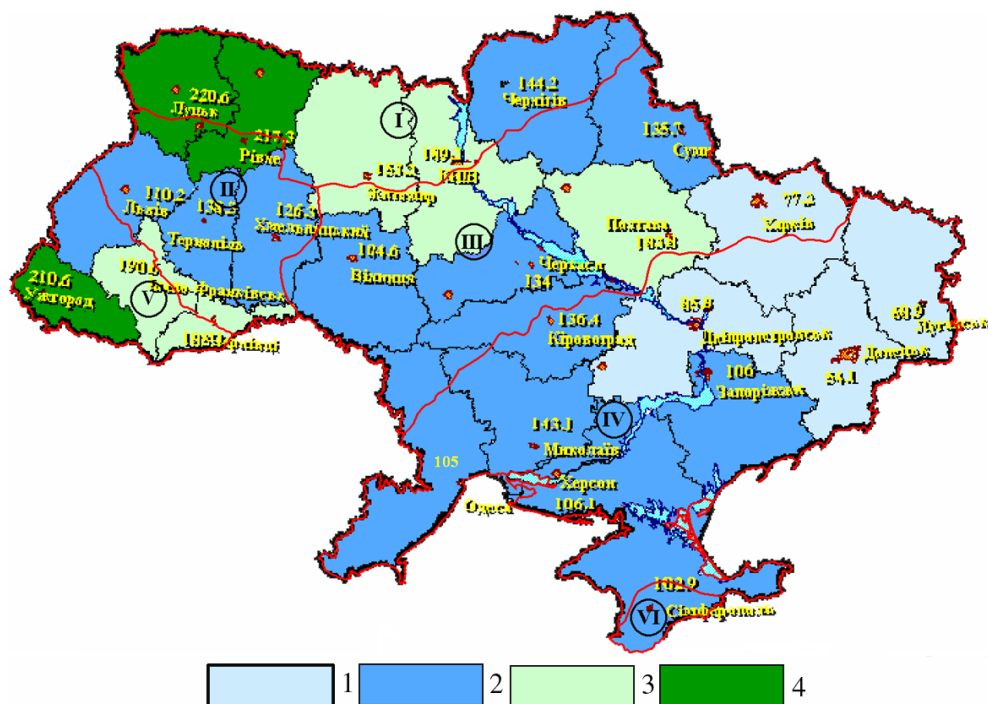


Рис. 6.9. Інтегрований індекс соціоприродного розвитку регіонів України за 2012 р. (за даними ЦАКДЗ ІГН НАН України)
 1 — 50–100; 2 — 100.01–150; 3 — 150.01–200; 4 — 200.01–250
 I — зона мішаних (хвойно-широколистих) лісів; II — зона широколистих лісів; III — лісостепова зона; IV — степова зона; V — регіон Карпат; VI — регіон Криму

(Волинська, Рівненська, Закарпатська, Івано-Франківська та Чернівецька області) є лідерами за рівнем біоти.

Останнім часом досить багато робіт проведено під керівництвом академіка НАН України Е. М. Лібанової (2012, 2013 рр.), де розглядається демографічна точка зору з врахуванням екологічної складової довкілля та його ключових проблем, зокрема зміни клімату, природних небезпек, забруднення повітря. Всі ці складники відповідають за якість життя, а також за забезпечення сталості довкілля. Усі ці головні екологічні показники, які включаються у демографічні розрахунки демонструють тенденцію до погіршення. Тому потрібно, щоб була звернута увага на важливість цієї проблеми.

Висновки

Ще раз слід зазначити, що якість життя людей для регіонів України буде залежати від кліматичних умов, що змінюються. Від стаціонарності клімату значною мірою залежить сталий розвиток держави. Сталий розвиток у державах різних регіонів планети, в тому числі і в Україні, може здійснюватися лише в тому разі, якщо суспільство зможе адаптуватися до нових кліматичних умов життєдіяльності. У разі пристосування до коливань і зміни клімату економіка країни може дати додатковий прибуток. Причому зміни клімату завжди будуть вимагати коригування екологічної та економічної політики.

Література до розділу 6

1. Аналіз сталого розвитку: глобальний і регіональний контексти / Міжнародна рада з науки (ICSU) та ін.; наук. кер. проекту М. З. Згуровський. — К.: НТУУ “КПІ”, 2012. — Ч. 2. Україна в індикаторах сталого розвитку (2011–2012). — С. 59–70.
2. Бегельман Г.З. Модель глобального циклу вуглероду с високим просторовим розрешенням / Г.З. Бегельман, А.М. Тарко. — М., Вычислительный центр РАН, 1999.
3. Бородіна О. М. Деякі підходи до моделювання вразливості сільського господарства до кліматичних змін / О. М. Бородіна, С. В. Кирилюк, А. Ю. Лопатинська // Комплексне управління, безпека і робастність / під ред. Загородній А. Г., Єрмольєв Ю. М., Богданов В. Л. — Київ, 2014. — с. 85–96.
4. Будько М. И. Клімат в прошлом и будущем / М. И. Будько. — Л.: Гидрометеоздат, 1980. — 351 с.
5. Будько М. И. Клімат и жизнь / М. И. Будько. — Л.: Гидрометеоздат, 1971. — 472 с.
6. Будько М. И. Эволюция биосферы / М. И. Будько. — Л.: Гидрометеоздат, 1984. — 484 с.
7. Будько М. И. / М. И. Будько, Г. С. Голицын, Ю. А. Израэль. Глобальные климатические катастрофы // Гидрометеоздат, 1986. — 157 с.
8. Бушуев В. В. Основы эргодинамики / В. В. Бушуев, В. С. Голубев. — М., 2003.
9. Бушуев В. В. Индикаторы социоприродного развития российских регионов / В. В. Бушуев, В. С. Голубев, А. М. Тарко. — М.: ООО “ИАЦ Энергия”, 2004. — 96 с.

10. Вернадский В. И. Основую жизни — искание истины / В. И. Вернадский // Новый мир, 1988. № 3.
11. Ворончук М. М. Прогнозирование природообусловленной динамики потребления топливно-энергетических ресурсов / М. М. Ворончук, А. М. Пяткин [и др.]. // Материалы по науковедению. Вып.9. — К.: Изд-во отделения науковедения комплексных проблем науковедения СОПСа АН УССР, 1970. — С. 3–27.
12. Гвишиани Д. М. Глобальные проблемы и роль науки в их решении // Вопросы философии, № 7, 1979. — С. 91–101.
13. Голубев В. С. Введение в синтетическую эволюционную экологию / В. С. Голубев. — М., 2001.
14. Горшков В. Г. Энергетика биосферы и устойчивость состояния окружающей среды // Итоги науки и техники. Серия: теоретические и общие вопросы географии. — М.: ВИНТИ, 1990. — 237 с.
15. Горшков В. Г. Влияние девственной и освоенной человеком биоты на глобальную окружающую среду / В. Г. Горшков, А. М. Макарьева // Исслед. Земли из космоса. V.5, 1999. — С. 3–11.
16. Гохман О. Г. Экспертное оценивание / О. Г. Гохман — М., 1991. — 150 с.
17. Демирчан К. С. Научная обоснованность прогнозов влияния энергетики на климат / К. С. Демирчан, К. Я. Кондратьев // Известия РАН. Энергетика. V. 6 (3), 1999. — С. 3–46.
18. Демирчан К. С. Развитие энергетики и окружающая среда / К. С. Демирчан, К. Я. Кондратьев // Известия РАН. Энергетика. V.6 (3), 1999. — С. 3–27.
19. Денисик Г. І. Антропогенні ландшафти Правобережної України / Г. І. Денисик. — Вінниця: Арбат, 1988. — 289 с.
20. Ермольева Т. Геопросторовий системний аналіз продовольчої, енергетичної, водної безпеки на основі стохастичної моделі ГЛОБІОМ / Т. Ермольева [та ін.] // Комплексне управління, безпека і робастність / під ред. Загородній А. Г., Єрмольєв Ю. М., Богданов В. Л. — Київ, 2014. — С. 19–27.
21. Загладин В. Ф. Глобальные проблемы современности / В. Ф. Загладин, И. Т. Фролов. — М., Международные отношения, 1981. — 238 с.
22. Згуровский М. З. Глобальное моделирование процессов устойчивого развития в контексте качества и безопасности жизни людей (2005–2008 годы) / М. З. Згуровский, А. Д. Гвишиани. — К.: НТУУ “КПИ”, 2008. — 140 с.
23. Згуровский М. З. Глобальное моделирование процессов устойчивого развития в контексте качества и безопасности жизни людей / М. З. Згуровский, А. Д. Гвишиани. — К.: Изд-во “Политтехника”, 2013. — 170 с.
24. Изменение земных систем в Восточной Европе / Отв. ред. В. И. Лялько. — Киев, 2010. — 582 с.
25. Израэль Ю. А. Концепция мониторинга состояния биосферы / Ю. А. Израэль // Мониторинг состояния окружающей природной среды. Труды I советско-английского симпозиума. — Л.: Гидрометеиздат, 1977. — С. 10–25.
26. Израэль Ю. А. Мирные ядерные взрывы и окружающая среда / Ю. А. Израэль. — Л.: Гидрометеиздат, 1974.
27. Израэль Ю. А. Проблемы охраны природной среды и пути их решения / Ю. А. Израэль. — Л.: Гидрометеиздат, 1984. — 48 с.
28. Израэль Ю. А. Экологические последствия возможной ядерной войны / Ю. А. Израэль // Метеорология и гидрология, 1983. № 10. — С. 5–10.
29. Израэль Ю. А. Фоновой мониторинг и его роль в оценке и прогнозе глобального состояния биосферы / Ю. А. Израэль // Комплексный глобальный мониторинг загрязнения окружающей природной среды. Труды II Международного симпозиума. — Л.: Гидрометеиздат, 1982. — С. 15–26.
30. Израэль Ю. И. Экология и контроль природной среды / Ю. А. Израэль. — М.: Гидрометеиздат, 1984. — 548 с.
31. Камшилов М. М. Эволюция биосферы. 2-е изд. / М. М. Камшилов. — М.: Наука, 1979. — 256 с.
32. Класифікація лісових масивів території зони відчуження за типами рослинних угруповань за матеріалами багатозональної космічної зйомки. / В. І. Лялько [та ін.] // Матеріали науково-практичної конференції “Наука Чорнобиль 98”, 1999. — С. 88–89.
33. Комплексне моделювання управління безпечним використанням продовольчих, водних і енергетичних ресурсів з метою сталого соціального, економічного і екологічного розвитку / за ред. А. Г. Загороднього, Ю. М. Єрмольєва. — Київ, 2013.
34. Кондратьев К. Я. Глобальные изменения на рубеже двух тысячелетий // Вестник РАН. V.70 (9), 2000. — С. 788–796.
35. Кондратьев К. Я. Глобальный климат / К. Я. Кондратьев. — СПб: Наука, 1992. — 359 с.
36. Кондратьев К. Я. Ключевые проблемы глобальной экологии / К. Я. Кондратьев. — М.: ВИНТИ, 1990. — 454 с.
37. Кондратьев К. Я. Приоритеты глобальной экологии // Известия АН СССР. География. V.6(3), 1991. — С. 21–30.
38. Лялько В. І. Оцінка впливу природно-антропогенних змін потоків CO₂ у системі рослинність-атмосфера на формування парникового ефекту Землі // Доп. НАН України. — 2007. — № 4. — С. 130–137.
39. Мировая демографическая ситуация 2014 год. Краткий доклад Организации Объединенных Наций, Департамент по экономическим и социальным вопросам. Отдел народонаселения. — 44 с.
40. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2010 році / Міністерство екології та природних ресурсів України, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління. — К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2011. — 254 с.
41. Національний інститут стратегічних досліджень [Електрон. ресурс] — Режим доступу: <http://www.niss.gov.ua/> — Назва з екрану.
42. Програма розвитку ООН (ПРООН) [Електрон. ресурс] — Режим доступу: <http://www.un.org/Russian/ga/undp/> — Загл. с екрана.
43. Регіональний людський розвиток: статистичний бюлетень / Державний комітет статистики України. — К.: Держкомстат, 2013. — 42 с.

44. Рейтинг регіонів по підсумках діяльності агропромислового комплексу України 2010 року / Міністерство аграрної політики та продовольства [Електрон. ресурс] — Режим доступу: <http://www.minagro.gov.ua/> — Назва з екрану.
45. Статистичний збірник “Регіони України” 2012. У двох частинах // Державний комітет статистики України, 2012. — 282 с.
46. Тарко А. М. Научные взгляды и предложения Н. Н. Моисеева о путях и средствах решения проблем природы и общества. Россия на пути к устойчивому развитию / А. М. Тарко — М.: Московский городской институт управления Правительства Москвы, Издательский Дом НП, 2003. — С. 139–153.
47. Тарко А. М. Моделирование мировой динамики с учетом научно-технического прогресса / А. М. Тарко, В. Н. Новохацкий // Моделирование и оптимизация социально-экономического развития административно-территориальных комплексов. — ЦЭМИ АН СССР, 1988. — С. 123–126.
48. Ткач Л. До питання впливу глобального і регіонального потепління на життєдіяльність людини в Україні // Матеріали наради семінару Українського гідрометеорологічного центру “З питань стану та вдосконалення метеорологічного забезпечення споживачів усіх рівнів” 24–28 травня 2004р. — Київ. — С. 36–41.
49. Balyuk, S. A. (2010). “Soil resources of Ukraine: state and measures to reclamation” / *Annals of Agrarian Sciences*, #6, 5–10 (in Ukrainian).
50. Bastiaanssen, W.G.M., and Ali, S. (2003). “A new crop yield forecasting model based on satellite measurements applied across the Indus Basin, Pakistan” // *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 94, Issue 3, March, — P. 321–340.
51. Borodina, O., Borodina, E., Ermolieva, T., Ermoliev, Y., Fischer, G., Makowski, M., van Velthuizen, H. (2010): Integrated modeling approach to the analysis of food security and sustainable rural developments: Ukrainian case study. IIASA Interim Report IR-10-017, Int. Inst. for Applied Systems Analysis, Laxenbourg, Austria.
52. Borodina, O., Ermolieva, T., Kyryzyuk, S., Frayer, O. (2013). “Integrated modeling of agricultural production for sustainable economic developments in Ukraine” // in: *Integrated modeling of food, energy and water security management for sustainable social, economic and environmental developments*, Kiev. — P. 101–114.
53. *Climate Change 2001: Synthesis Report*/ IPCC Secretariat, c/o World Meteorological Organization. Geneva, 2002. — 184 p.
54. *Climate Change 2007. The physical science basis. Working Group I Contribution to the Fourth Assessment* // Report of the IPCC WMO, UNEP. 2007. — 142 p.
55. Ermoliev Y, Wets R (eds) (1988) *Numerical techniques of stochastic optimization*. Computational Mathematics, Berlin, Springer Verlag.
56. Ermoliev Y., Ermolieva T., Havlik P., Mosnier A., Obersteiner M., Kostyuchenko Yu. V. Estimating global-local dynamics of land use systems by downscaling from GLOBIOM model // in: *Integrated Management, Security, and Robustness* / edited by Zagorodny A. G., Yermoliev Yu. M., Bogdanov V. L. — Kiev, 2014. — P. 62–76.
57. Frayer, A. (2011) *Agricultural production intensification in Ukraine: Decision support of agricultural policies based on the assessment of ecological and social impacts in rural areas*. IIASA Interim Report IR-11-033, Int. Inst. for Applied Systems Analysis, Laxenbourg, Austria.
58. Gommes R., Das H. P., Mariani L., Challinor A., Tychon B., Balaghi R., Dawod M. A. A. (2007). “WMO Guide to Agrometeorological Practices, Chapter 5, Agrometeorological Forecasting”. 70 pp. Current version downloadable from http://www.agrometeorology.org/file-admin/insam/repository/gamp_chapt5.pdf.
59. Heinsch F. A., Reeves M., Votava P. et. al. User’s Guide GPP and NPP (MOD17A2/A3) Products. NASA MODIS Land Algorithm. Version 2.0, December 2, 2003. — 57 p.
60. Kogan, F. N. (1995). “Droughts of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polar-orbiting satellite data”. *Bulletin of the American Meteorological Society* 76(5): 655–668.
61. Kostyuchenko Yuriy V., Bilous Y., Kopachevsky I., Solovyov D. Coherent risk measures assessment based on the coupled analysis of multivariate distributions of multi-source observation data / Yuriy V. Kostyuchenko [et al.] // *Proceedings of 11-th International Probabilistic Workshop*. — 2013, Brno. — P. 183–192.
62. Kostyuchenko Yuriy V. Toward methodology of satellite observation utilization for agricultural production risk assessment / Yuriy V. Kostyuchenko [et al.] // *IERI Procedia*, 5, 2013. — P. 21–27, doi: 10.1016/j.ieri.2013.11.065.
63. Kostyuchenko Yuriy V. Coupling of satellite observation to increase reliability of analysis of socio-ecological consequences of technological disasters / Yuriy V. Kostyuchenko [et al.] // *Int. J. Reliability and Safety*, Vol. 6, Nos. 1/2/3, 2012. — P. 225–241.
64. Kostyuchenko, Yu.V. (2012). “Spectral reflectance indices as indirect indicators of ecological threats” / Yuriy V. Kostyuchenko [et al.] // *Sustainable Civil Infrastructures — Hazards, Risk, Uncertainty*, Phoon, K. K., Beer, M., Quek, S. T. & Pang, S. D. (editors), Research Publishing, Singapore. — P. 557–562.
65. Kruse, John R., and Darnell, Smith. (1994). “Yield Estimation Throughout the Growing Season.” In *Applied Price Analysis, Forecasting, and Market Risk Management*, Proceedings of the NCR-134 Conference, Chicago, IL; April 18–19, 1994. B. Wade Brorsen, ed. Department of Agricultural Economics, Oklahoma State University, Stillwater, OK.
66. Kyryzyuk S. (2010). *Model-based risk-adjusted planning for sustainable agriculture under agricultural trade liberalization: Ukrainian case study*. Interim Report IR-10-016, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenbourg, Austria.
67. Kyryzyuk, S., Ermolieva, T., Ermoliev, Y. (2011) *Planning sustainable agroproduction for food security under risks*, *Economics of Agriculture*, 9, 145–151 (in Ukrainian).
68. Major D. J., Baret F., Guyot G., (1990). “A ratio vegetation index adjusted for soil brightness” // *International Journal*

- of Remote Sensing, 11(5): 727–740.
69. Morisette J. T., Privette J. L., Justice C.O. (2002) “A framework for the validation of MODIS land products” // Remote Sensing of Environment, 83, 77–96.
70. Movchan D., Kostyuchenko Y., Marton L., Frayer O., and Kyryzyuk, S. Uncertainty Analysis in Crop Productivity and Remote Estimation for Agricultural Risk Assessment // in: Vulnerability, Uncertainty, and Risk: Quantification, Mitigation, and Management, Edited by Michael Beer; Siu-Kui Au; and Jim W. Hall: pp. 1008-1015, ASCE, Liverpool, UK, 2014, doi: 10.1061/9780784413609.102.
71. Richardson A.J., and Wiegand C.L. (1977). “Distinguishing vegetation from soil background information”. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 43: 1541–1552.
72. Rouse J. W., Haas R. H., Schell J. A., Deering D. W., Harlan J. C. (1974). “Monitoring the Vernal Advancement of Retrogradation of Natural Vegetation”. NASA/GSFC, Type III, Final Report, Greenbelt, MD.
73. Running S. W., Nemani R., Glassy J. M. et. al. MODIS daily photosynthesis (PSN) and annual net primary production (NPP) product (MOD17), Algorithm Theoretical Basis Document, Version 3.0, April 29, 1999.
74. Shvidenko A., Schepaschenko D., McCallum I., Nilsson S. (2011). “Can the uncertainty of full carbon accounting of forest ecosystem be made acceptable to policymakers?” // in: White T., Jonas M., Nahorski Z., Nilsson S. (eds) Greenhouse gas inventories: Dealing with uncertainty. Springer Science+Business Media, Heidelberg, 343 p.
75. Wang Y., Tian, Y., Zhang Y., El-Saleous N., Knyazikhin Y., Vermote E., Myneni R.B. (2001). “Investigation of product accuracy as a function of input and model uncertainties: case study with SeaWiFS and MODIS LAI/FPAR Algorithm” // Remote Sensing of Environment, 78, 296–311.
76. World Development Report. Oxford University Press, 2013.
77. Yarovyy V, Fischer G, Ermolieva T (2008). Land pricing mechanisms for sustainable agricultural land use planning in Ukraine. EUROPA XXI: New Functions of Rural and Industrial Space in Central and Eastern Europe, 17:109–119 [2008].
78. Zgurovsky M. The Sustainable Development Global Simulation: Quality of Life and Security of the World Population/ —K.: Publishing House, “Polytechnica“, 2007. — 218 p.
79. Zhao M., Heinsch F. A., Nemani R. R., Running S. W. (2005). “Improvements of the MODIS terrestrial gross and net primary production global data set”. Remote Sensing of Environment, 95, 164–176.

ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Як свідчать проаналізовані в даній роботі матеріали по впливу накопичення парникових газів в атмосфері на тенденції глобальних та регіональних змін клімату, зокрема температур та опадів, вказані процеси приведуть до погіршення стану екосистем та умов життєзабезпечення зростаючого народонаселення планети такими основними компонентами як продовольство, питна вода та енергоресурси.

2. Ці ж тенденції і проблеми будуть характерні і для України з врахуванням відповідної специфіки, що відображає ландшафтно-кліматичні та економічні особливості нашої країни.

2.1. Авторами роботи експериментально показано шляхом аналізу матеріалів зйомок зі спеціалізованих космічних апаратів, що вміст парникових газів (зокрема CO_2 та CH_4) в атмосфері над Україною за період 2003–2012 рр. збільшується щорічно в середньому майже на 2 ppm для CO_2 та 2 ppb для CH_4 , досягши величин 393 ppm (CO_2) та 1790 ppb (CH_4), що сприяє тенденції загального зростання регіональної температури повітря.

2.2. Виконані вперше в Україні субсинхронні експериментальні газо- та спектрометричні визначення величин абсорбції (поглинання) CO_2 рослинами в процесі фотосинтезу показали, що ці величини складають приблизно 2–8 і зростають з півдня на північ, корелюючись зі зменшенням температури повітря та збільшенням вологості ґрунтів.

2.3. Це дало можливість уточнити кількісні показники вуглецевого кругообігу в геосферах України з перспективою корекції квот України при торгівлі викидами парникових газів згідно Кіотського протоколу.

2.4. Експериментально показано, що для оптимального природокористування в умовах сталого розвитку слід максимально розвивати рослинні посадки (ліси, агроценози та ін.), які будуть сприяти в процесі фотосинтезу вилученню CO_2 з атмосфери і, таким чином, зменшенню негативного впливу парникового ефекту на довкілля та суспільство.

3. Для передбачення та прогнозування можливо-

го перебігу та негативного впливу на довкілля, економіку і умови життєдіяльності населення цих процесів слід превентивно організувати постійний оперативний моніторинг стану довкілля з обов'язковим залученням супутникових технологій, провести прогнозування сценаріїв розвитку та ризику можливих загроз навколишньому середовищу та суспільству і запропонувати оперативно діючу систему заходів та механізмів їх реалізації по мінімізації впливу цих загроз.

4. Наведені в нашій роботі попередні результати розрахунків впливу можливих змін клімату на соціо-економічні умови розвитку різних регіонів України дозволяють вже на сучасному етапі рекомендувати владним та управлінським структурам провести ряд заходів, пов'язаних з оптимізацією природо-, ресурсо- та енергоспоживання в державі.

5. В цьому напрямку важливе значення матиме залучення кредитно-грошових механізмів стимулювання ефективного відтворення та ощадливого споживання вказаних ресурсів:

5.1. Для реалізації запропонованих урядом заходів по ефективному енергозбереженню:

- необхідно знизити енергоемність, зокрема посиливши теплоізоляцію промислово-житлових будівель, та контролюючи нераціональні тепловитрати шляхом дистанційного теплового моніторингу і застосуванням штрафних санкцій до неощадливих господарів;
- реалізовувати заходи по газозаміщенню і скорочувати його споживання;
- підвищувати тарифи на енергоресурси;
- впровадити механізми стимулювання переходу на альтернативні газу енергоресурси.

5.2. Для суттєвого підвищення врожайності продовольчих сільськогосподарських культур в умовах зазначених кліматичних змін заходи ґрунтовно викладені академіком НАН України В. В. Моргуном (2014 р.):

- внаслідок глобального потепління до 2020 року на планеті може опинитись на грані голоду кожен її п'ятий мешканець, оскільки підвищення середньо-

річної температури на 1°C приводить до зниження врожайності порядку 20% і щорічний приріст врожайності сільськогосподарських культур стабільно знижується і становить близько 1%. Підраховано, що для комфортного виживання людства необхідно досягти збільшення виробництва продовольства на 70%, зокрема, подвоїти врожайність зернових культур.

Але провідні виробники зерна у Західній Європі вже вичерпали свій потенціал підвищення врожайності.

- отже, Україна повинна скористатись даною ситуацією, оскільки у нас зберігається можливість подвоїти врожайність зернових, і, таким чином, за словами Президента України Петра Порошенка “аграрна галузь може стати точкою прориву для української економіки”;
- вирішити це завдання можна лише залучивши для цього сучасні технології сільськогосподарського виробництва, зокрема, супутниковий агромоніторинг стану сільгоспугідь та прогнозування врожайності.

5.3. Фахівці Інституту географії НАН України, на чолі з академіком НАН України Л. Г. Руденком, керуючись основними положеннями концепції сталого розвитку і принципами сталого просторового розвитку Європейського континенту, уперше в Україні застосували інструмент ландшафтного планування. Це спрямовано на виявлення конфліктів природокористування та оцінювання механізмів їх пом'якшення, а також зокрема зниження високого антропогенного навантаження і збереження природних екосистем, збереження ландшафтного та біологічного різноманіття, на прикладі трьох рівнів — області (ландшафтна програма), району (рамковий

ландшафтний план) та сільської ради (ландшафтний план). Модельним регіонам було взято Черкаську область (Ландшафтне планування в Україні, Л. Г. Руденко, Є. О. Маруняк, О. Г. Голубців та ін.; під ред. Л. Г. Руденка. – К.: Реферат, 2014. – 144с.). Подібний підхід до раціонального природокористування бажано впровадити на території всієї України, що буде сприяти зменшенню негативних кліматичних та антропогенних впливів на довкілля нашої держави.

Ефективним інструментом вирішення вказаної проблематики є залучення методів ДЗЗ та моделювання прогнозних змін довкілля та соціо-економічних умов, які описані в нашій монографії.

6. У “Звіті Міжурядової групи експертів по змінам клімату” (IPCC), який був представлений 02.11.2014 року в Копенгагені, було підкреслено від імені ООН, що зміни клімату на Землі – незворотні. При цьому, для того, щоб не прискорити розвиток таких негативних глобальних негараздів, як екстремальні погодні умови, збільшення спекотних періодів, посух та повеней, а також, підвищення рівня океану, слід вже зараз усюди так планувати глобальну і регіональну стратегію збалансованого розвитку економіки і довкілля, щоб мінімізація викидів CO₂ в атмосферу могла забезпечити зростання глобальної температури не більше ніж на 2°C від сучасного рівня.

Інакше слід очікувати в соціально-економічній сфері глобальне збільшення міждержавних конфліктів, зменшення ресурсів продовольства та питної води, збільшення потоків біженців і т. п.

“Потрібно жити скромніше в багатих країнах” — наголосив Генеральний секретар ООН Пан Гі Мун на XX Сесії конференції ООН зі зміни клімату (Ліма, Перу, грудень 2014 р.).

І хоча Україна і не належить, на жаль, до багатих країн, цей вислів є справедливим і для українського суспільства

СПИСОК РИСУНКІВ

- Рис. 1.1. Карта зміни приземної температури з 1901 по 2012 рр.
- Рис. 1.2. Підвищення середньої глобальної приземної температури як функція сукупних глобальних викидів CO_2 , отриманих за різним даними [2]
- Рис. 1.3. Супутникові місії спрямовані на визначення концентрації CO_2 в атмосфері
- Рис. 1.4. Динаміка поширених змін концентрації CO_2 з 2003 по 2012 роки [6]
- Рис. 1.5. Динаміка поширених змін концентрації CH_4 з 2003 по 2012 роки [6]
- Рис. 1.6. Динаміка змін концентрації CO_2 над територією України за даними супутникового спостереження
- Рис. 1.7. Динаміка змін концентрації CH_4 над територією України за даними супутникового спостереження
- Рис. 1.8. Концентрації CO_2 над територією України за даними сенсора ОСО-2 в період з 1 жовтня по 11 листопада 2014 року
- Рис. 2.1. Обстеження поля: а) визначення густини посіву та ширини міжрядь; б) закладання дослідних точок
- Рис. 2.2. Виміри параметрів листків соняшнику
- Рис. 2.3. Схема процесів асиміляції та вивільнення вуглецю екосистемою через фотосинтез та дихання [6], де GEP — валова первинна продуктивність екосистеми, NPP — чиста первинна продуктивність, NEE — чистий екосистемний обмін, NEP — чиста екосистемна продуктивність
- Рис. 2.4. Схема системи для вимірювання концентрації вуглекислого газу у повітрі (виробник Qubit Systems, Канада)
- Рис. 2.5. Валова первинна продуктивність сільськогосподарських культур дослідних полів Баришівського району Київської області (червень-липень 2014 р.), $\text{мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$
- Рис. 2.6. Валова первинна продуктивність сільськогосподарських культур дослідних полів Фастівського району Київської області (20 липня 2014 р.), $\text{мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$
- Рис. 2.7. Корелятивні залежності між NDVI та валовою первинною продуктивністю GEP (2.7а), залежність між PRI та валовою первинною продуктивністю GEP (2.7б), залежності між PRI та NDVI (2.7в)
- Рис. 2.8. Залежність між (sPRI*NDVI) та NEE чистим потоком CO_2 (а), залежність між (sPRI*NDVI) та валовою первинною продуктивністю GEP ($\text{mmol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}-1$) (б)).
- Рис. 2.9. Добові зміни потоку CO_2 з ґрунту (А) та в атмосфері (Б) на полі озимого жита в червні-липні [4, с.59]. На осі абсцис — години доби, на осі ординат — концентрація CO_2 ($\text{г}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$).
- Рис. 2.10. Розподіл сумарних річних значень GPP для центральних та південних областей України за вегетаційний цикл 2012–2013 рр.
- Рис. 2.11. Результати класифікації земного покриття в межах центральних регіонів території України за знімками MODIS/TERRA у 2013 р.
- Рис. 2.12. Динаміка GPP основних сільськогосподарських культур досліджених областей України (суцільна лінія — посіви озимих зернових, пунктирна лінія — посіви соняшнику, крапчаста лінія — посіви кукурудзи). По осі ОХ — початкова дата 8 денної серії знімку, по осі ОУ — GPP, $\text{кг C}/\text{м}^2$ за добу $\cdot 0.0001$
- Рис. 2.13. Динаміка GPP пасовищ та очерету (суцільна лінія — пасовища, штрих-пунктирна лінія — за росту очерету). По осі ОХ — початкова дата 8 денної серії знімку, по осі ОУ — GPP, $\text{кг C}/\text{м}^2$ за день $\cdot 0.0001$
- Рис. 2.14. Динаміка GPP деревостанів (суцільна лінія — листяні, пунктирна лінія — хвойні). По осі ОХ — початкова дата 8 денної серії знімку, по осі ОУ — GPP, $\text{кг C}/\text{м}^2$ за день $\cdot 0.0001$
- Рис. 2.15. Результати класифікації земного покриття в межах Миколаївської області за даними MODIS у 2013 р. для оцінки динаміки зміни GPP та NPP для посівів сільгоспкультур (табл. 2.11). Умовні позначення (кольори) див. на рис. 2.10
- Рис. 2.16. Результати класифікації земного покриття в межах Дніпропетровської області за даними MODIS у 2013 р. для оцінки динаміки зміни GPP та NPP для посівів сільгоспкультур (табл. 2.11)
- Рис. 2.17. Результати класифікації земного покриття в межах Черкаської області за даними MODIS у 2013 р. для оцінки динаміки зміни GPP та NPP для посівів сільгоспкультур (табл. 2.17, 2.18)
- Рис. 3.1. Сумарна величина викидів/поглинань ПГ та динаміка їх змін для України за період 1990–2012 рр. [39]

- Рис. 3.2. Сумарна величина емісій ПГ (Гг CO₂-екв) прямої дії для України за період 1990–2012 рр. [39]
- Рис. 3.3. Викиди/поглинання ПГ в Україні за секторами, 1990–2012 рр., Гг CO₂-екв. [39]
- Рис. 3.4. Схема поділу резервуарів вуглецю в екосистемі лісів, згідно МГЕЗК [38];
- Рис. 3.5. Стоки та емісії CO₂ (Гг CO₂-екв.) за категоріями в секторі “ЗЗЗЛГ” в Україні за 1990–2012 роки [39]
- Рис. 3.6. Динаміка змін концентрації CO₂ над територією України за даними супутникового спостереження
- Рис. 3.7. Величини емісій CO₂ (в еквіваленті CO₂, × 10⁹) за даними офіційної статистики (дані НЦОВПГ) [39 CRF] та супутникових спостережень (дані ЦАКДЗ)
- Рис. 3.8. Величини емісій CO₂ та CH₄ (в еквіваленті CO₂, × 10⁹) за даними офіційної статистики [39 CRF] та супутникових спостережень (дані ЦАКДЗ)
- Рис. 3.9 Стоки та емісії CO₂ (Гг CO₂-екв.) в категорії “Лісові площі” за резервуарами згідно табл. 3 [39 CRF]
- Рис. 4.1. Відхилення річної температури повітря (°C) від кліматичної норми по десятиріччях за період 1901–2010 рр. 1 — глобальна, 2 — регіональна (зона мішаних лісів, зона широколистяних лісів, лісостепова зона), 3 — степова зона
- Рис. 4.2. Відхилення річної температури повітря (°C) від кліматичної норми по десятиріччях за період 1901–2012 рр. по природним зонам України
- Рис. 4.3. Багаторічний хід річної температури повітря (°C) в Україні. 1 — фактичний хід, 2 — віковий хід (тренд)
- Рис.4.4. Зовнішній вигляд програми, розробленої Апостоловим О. А. для автоматизованого розрахунку аномально холодних та аномально теплих років
- Рис. 4.5. Відхилення річної температури повітря (°C) від кліматичної норми по тридцятирічним періодам з 1901–2012 рр. 1 — глобальна, 2 — регіональна по рівнинній частині України
- Рис. 4.6. Багаторічний хід опадів (мм) за період 1975–2012 рр. на окремих станціях України. 1 — п’ятирічні дані, 2 — тренд
- Рис. 4.7. Кількість опадів (% норми) за період 2001–2005 рр. за середніми місяцями сезону: а — січень, б — квітень, в — липень, г — жовтень (відсоток опадів менше норми: < 80 %, відсоток опадів в межах норми: 80–120%, відсоток опадів більше норми: >120%)
- Рис. 4.8. Кількість опадів (% норми) за період 2006–2010 рр. за середніми місяцями сезону: а — січень, б — квітень, в — липень, г — жовтень (відсоток опадів менше норми: < 80%, відсоток опадів в межах норми: 80–120%, відсоток опадів більше норми: >120%)
- Рис. 4.9. Збільшення частоти стихійних явищ у порівнянні з кінцем ХХ ст. на території України [66]
- Рис. 4.10. Схема розподілу метеостанцій на території досліджень використаних у роботі
- Рис. 4.11. Формування температури наземної поверхні (LST) за даними з супутника TERRA/MODIS
- Рис. 4.12. Хід температури за наземними та супутниковими Landsat 4, 5 даними
- Рис. 4.13. Хід температури за наземними та супутниковими Landsat 7 даними
- Рис. 4.14. Зіставлення наземних місячних значень температури за даними метеостанції “Сьваторія” та температури земної поверхні за даними продукту MOD11C3. А) Графік наземних та супутникових даних температури та їх розходження. Б) Рівняння регресії та коефіцієнт кореляції
- Рис. 4.15. Моніторинг земного покриття на основі використання індексу посухи ID на території України за 2007 рік
- Рис. 4.16. Схема розвитку посух[109]
- Рис. 4.17. ГТК за 2009 р. (ГТК ≤ 0.5, ≤ 0.7) а) травень-червень; б) червень-липень; в) липень-серпень; г) травень-вересень.
- Рис. 4.18. Графік розподілу індексу посухи ID (Index of Drought) для обраного об’єкту за 2007 та 2013 рр. (Сахацький О. І., Апостолов О. А. [102])
- Рис. 4.19. Порівняння значень індексу посухи ID за весняними місяцями: а — квітень 2007 р., б — квітень 2013 р., в — травень 2007 р., г — травень 2013 р.
- Рис. 4.20. Порівняння значень індексу посухи ID за літніми місяцями: а — червень 2007р, б — червень 2013 р., в — липень 2007 р., г — липень 2013 р., д — серпень 2007 р., е — серпень 2013 р.
- Рис. 4.21. Порівняння значень індексу посухи ID за осінніми місяцями: а — вересень 2007 р., б — вересень 2013 р., в — жовтень 2007 р., г — жовтень 2013 р.
- Рис. 4.22. Порівняння усереднених значень індексу посухи ID за період з квітня по жовтень 2007 та 2013 років: а — за 2007 рік, б — за 2013 рік.
- Рис. 5.1. Розподіл частоти надзвичайних ситуацій на одиницю площі протягом фіксованого проміжку часу в середньому для всієї території України за період 1960–2010 в порівнянні із аналогічним показником в середньому у світі
- Рис. 5.2. Розподіл частоти різних типів надзвичайних ситуацій природного походження на одиницю площі протягом фіксованого проміжку часу в середньому для всієї території України за період 1960–2010 рр.
- Рис. 5.3. Прямі втрати від надзвичайних ситуацій природного походження в Україні, світі і Європі (EU-27¹), розрахований в доларах США
- Рис. 5.4. Індекс збитків: оцінювані відносні втрати від надзвичайних ситуацій природного характеру віднесені до валового внутрішнього продукту на душу населення [13]
- Рис. 5.5. Індекс вразливості: оцінювані відносні втрати від надзвичайних ситуацій природного характеру віднесені до валового внутрішнього продукту на душу населення в перерахунку до щільності населення
- Рис. 5.6. Кореляція результатів ре-аналізу за алгоритмами NCEP/NCAR та КРСА з вимірами температури повітря на метеорологічних станціях по території досліджень в залежності від характерного лінійного масштабу досліджуваної ділянки (за даними аналізу регіону Північно-Західної частини України, територія українсько-го Полісся 1979–2010 рр.)
- Рис. 5.7. Кореляція результатів ре-аналізу за алгоритмами NCEP/NCAR та КРСА з вимірами кількості опадів на

метеорологічних станціях по території досліджень в залежності від характерного лінійного масштабу досліджуваної ділянки (за даними аналізу регіону Північно-Західної частини України, територія українського Полісся 1979–2010 рр.)

Рис. 5.8. Кореляція результатів ре-аналізу за алгоритмами NCEP/NCAR, NCEP/DOE та KPCA з вимірами температури повітря на метеорологічних станціях по території досліджень в залежності від характерного лінійного масштабу досліджуваної ділянки (територія Причорноморської низовини 1979–2010 рр.)

Рис. 5.9. Кореляція результатів ре-аналізу за алгоритмами NCEP/NCAR, NCEP/DOE та KPCA з вимірами кількості опадів на метеорологічних станціях по території досліджень в залежності від характерного лінійного масштабу досліджуваної ділянки (територія Причорноморської низовини 1979–2010 рр.)

Рис. 5.10. Середньомісячні (червень-липень) T_{mean} , середньорічні $T_{\text{mean}}^{\text{annual}}$, максимальні T_{max} та мінімальні T_{min} зареєстровані у липні показники температури повітря по регіону досліджень на період 1985–2010 рр.

Рис. 5.11. Середньомісячна (червень-липень) кількість опадів по регіону досліджень на період 1985–2010 рр.

Рис. 5.12. Динаміка змін концентрації двоокису вуглецю над територією України за даними супутникового спостереження (з калібруванням за даними наземних спостережень)

Рис. 5.13. Розрахунок показників продуктивності рослинного покриву (GPP) за даними супутникової зйомки MODIS 2000–2011 рр.

Рис. 5.14. Розподіл середньої по регіону басейну рр. Західного Бугу та Прип'яті (Львівська, Волинська, Рівненська та Житомирська області) продуктивності рослинного покриву за період 2001–2011 рр. за даними супутникової зйомки MODIS із визначенням абсолютної похибки оцінювання

Рис. 5.15. Розподіл максимальних температур повітря у відповідності до зміни середньої річної температури (за даними аналізу метеорологічних спостережень регіону Північно-Західної частини України, територія українського Полісся 1990–2010 рр.)

Рис. 5.16. Розподіл мінімальних температур повітря у відповідності до зміни середньої річної температури (за даними аналізу метеорологічних спостережень регіону Північно-Західної частини України, територія українського Полісся 1990–2010 рр.)

Рис. 5.17. Розподіл максимальних і мінімальних температур повітря у зимовий сезон (грудень-лютий) у відповідності до зміни середньої річної температури (за даними аналізу метеорологічних спостережень регіону Північно-Західної частини України, територія українського Полісся 1990–2010 рр.)

Рис. 5.18. Розподіл максимальних і мінімальних температур повітря у весняний сезон (березень-травень) у відповідності до зміни середньої річної температури (за даними аналізу метеорологічних спостережень регіону Північно-Західної частини України, територія українського Полісся 1990–2010 рр.)

Рис. 5.19. Розподіл максимальних і мінімальних температур повітря у літній сезон (червень-серпень) у відповідності до зміни середньої річної температури (за даними аналізу метеорологічних спостережень регіону Північно-Західної частини України, територія українського Полісся 1990–2010 рр.)

Рис. 5.20. Розподіл максимальних і мінімальних температур повітря в осінній сезон (вересень-листопад) у відповідності до зміни середньої річної температури (за даними аналізу метеорологічних спостережень регіону Північно-Західної частини України, територія українського Полісся 1990–2010 рр.)

Рис. 5.21. Розподіл змін екстремальної температури повітря ΔT_{ext} у відповідності до зміни середньої річної температури (за даними аналізу метеорологічних спостережень регіону Північно-Західної частини України, територія українського Полісся 1990–2010 рр.)

Рис. 5.22. Розподіл визначених за даними супутникового спостереження MODIS місць займання поверхні протягом 2007 р.

Рис. 5.23. Розрахована за даними супутникових спостережень середня ймовірність виникнення пожежі (займання) на одиницю площі для окремих типів земних покривів за період 2003–2011 рр.

Рис. 5.24. Розрахунковий середній річний ризик ландшафтних пожеж на одиницю площі для окремих типів земних покривів за період 2003–2011 рр.

Рис. 5.25. Розподіл прогнозних показників ризиків займання і пожеж ($1000 \text{ км}^2/\text{рік}$)

Рис. 5.26. Середньорічний прогнозований ризик ландшафтних пожеж $1000 \text{ км}^2/\text{рік}$

Рис. 5.27. Приклад визначення продуктивності рослинного покриву і потоків вуглецю за даними супутникових спостережень MODIS 2000, 2007 2009 для окремих територій [58]

Рис. 5.28. Осереднені розподіли продуктивності рослинності за даними супутникових спостережень MODIS (продукти MOD17 та MOD15A2)

Рис. 5.29. Розрахункові сценарії викидів для України, уточнені із врахуванням даних супутникових спостережень

Рис. 5.30. Розрахункові сценарії змін кліматичних показників для території України за умов середніх значень викидів парникових газів на період до 2050р. [61].

Рис. 5.31. Розрахунок змін біологічної продуктивності ландшафтів до 2025 р.

Рис. 5.32. Розрахунок змін біологічної продуктивності ландшафтів до 2050 р.

Рис. 6.1. Розрахункові зміни показників продуктивності сільськогосподарських культур (врожайності) [3] у відповідності до прогнозованої величини зміни температури повітря [63, 61]

Рис. 6.2. Порівняння поточного розподілу сільськогосподарських культур і модельного розрахунку оптимального розподілу, з урахуванням навантажень (кліматичних і екологічних змін) на період до 2025 [67, 33, 52, 64, 63]

Рис.6.3. Графічна модель вивчення взаємного впливу зміни Згуровським М. З.). Умовні позначення: I — зона мішаних (хвойно-широколистяних) лісів, II — зона широколистяних лісів, III — лісостепова, IV — степова зона, V — регіон Карпат, VI — регіон Криму

Рис.6.4. Діаграма щільності населення по регіонах України та питомої продуктивності природної (доантропогенної) біоти

Рис. 6.5. Копія екрану головного режиму програми

Рис. 6.6. Діаграма Q — ПВК

Рис. 6.7. Три типи розвитку: верхній — $q = \text{const}$, середній — $\frac{d\Theta}{dt} < 0$, нижній — $\frac{d\Theta}{dt} > 0$

Рис. 6.8. Індекс сталого розвитку України за 2013 р. (за М. З. Згуровським): I — зона мішаних (хвойно-широколистяних) лісів; II — зона широколистяних лісів; III — лісостепова зона; IV — степова зона; V — регіон Карпат; VI — регіон Криму

Рис. 6.9. Інтегрований індекс соціоприродного розвитку регіонів України за 2012 рік