

**Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування**

---

---

**ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ  
УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ**

---

---

*Колективна монографія*

за загальною редакцією:  
д.т.н., професора, академіка НААН України В. А. Сташука,  
д.с.-г.н., професора В. С. Мошинського,  
д.т.н., професора А. М. Рокочинського,  
д.т.н., професора П. П. Волка

**Рівне – 2024**

УДК 330.15:502(438.42)

ПЗ2

Авторський колектив: В. А. Сташук (розділи 1, 31, 32), В. С. Мошинський (розділи 2, 17), А. М. Рокочинський (розділи 4, 5, 7–13, 15, 18–20, 25–27, 32), П. П. Волк (розділи 4, 5, 7–11, 13, 15, 19, 20, 27), Т. О. Басюк (розділ 30), О. Ю. Васильчук (розділ 22), С. Т. Вознюк (розділ 1), Л. Р. Волк (розділи 4, 7, 11, 15), Г. В. Воропай (розділ 6), О. О. Галич (розділ 24), О. В. Герба (розділ 24), І. В. Гопчак (розділ 30), С. Ю. Громаченко (розділ 20), Єжи Єзнах (розділи 1, 2), В. В. Заєць (розділ 22), О. М. Квартенко (розділ 23), В. Ф. Кожушко (розділ 31), С. М. Козишкурт (розділ 2), Р. М. Коптюк (розділи 4, 9, 11–13, 19), В. Я. Корнієнко (розділ 22), С. А. Кузьмич (розділ 6), А. А. Кузьмич (розділ 4), Л. В. Кузьмич (розділ 6), М. О. Кучерук (розділ 22), О. П. Лук'янчук (розділи 18, 19), З. Р. Маланчук (розділ 20), І. А. Опенько (розділи 27, 28), М. І. Пасюк (розділ 16), В. Л. Поляков (розділ 14), Н. В. Приходько (розділи 2, 5, 20, 25), А. В. Прокопчук (розділ 21), Є. В. Ромашенко (розділи 4, 13), О. А. Рябенко (розділ 24), В. В. Семенюк (розділ 22), В. О. Сербенюк (розділ 3), Г. А. Сербенюк (розділ 3), І. Т. Слосар (розділ 3), О. П. Соляник (розділ 3), Я. А. Степчук (розділ 28), С. В. Сунічук (розділ 24), В. С. Тимошук (розділ 24), О. В. Тихенко (розділи 27, 28), Р. В. Тихенко (розділи 27, 28), Л. О. Токар (розділ 13), С. М. Трохимець (розділ 21), В. О. Турченко (розділ 19), І. В. Фізик (розділ 22), Ю. Ю. Філіпович (розділ 24), Н. А. Фроленкова (розділи 25–27, 31, 32), В. С. Холоденко (розділ 29), О. М. Цвях (розділ 28), Д. В. Чарний (розділ 16), Є. О. Чугай (розділ 11), О. В. Шевченко (розділ 28), О. Л. Шевченко (розділ 16), О. Є. Янчук (розділ 21), Р. М. Янчук (розділ 21), А. В. Яцик (розділ 30).

#### Рецензенти:

**Рижук Сергій Миколайович**, доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН України, Інститут сільського господарства Полісся НААН України;

**Польовий Володимир Мефодійович**, доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН України;

**Павлов Костянтин Володимирович**, доктор економічних наук, професор, Волинський національний університет імені Лесі Українки.

*Рекомендовано науково-технічною радою Національного університету  
водного господарства та природокористування.  
Протокол № 172 від 24 квітня 2024 р.*

**ПЗ2** Підвищення ресурсного потенціалу Українського Полісся : монографія / за ред. д.т.н., проф., акад. НААН В. А. Сташука, д.с.-г.н., проф. В. С. Мошинського, д.т.н., проф. А. М. Рокочинського, д.т.н., проф. П. П. Волка. – Рівне : НУВГП, 2024. – 792 с.

**ISBN 978-966-327-597-0**

Монографію підготовлено на основі узагальнення результатів багаторічних досліджень й виробничого досвіду провідних науковців і фахівців водогосподарсько-меліоративного профілю щодо природних, історичних, соціально-економічних, конструктивних, режимно-технологічних, екологічних, економічних та інших аспектів меліорації й облаштування Українського Полісся, підвищення його ресурсного потенціалу відповідно до змінюваних сучасних умов та вимог.

Розрахована на спеціалістів наукових установ, проектних і експлуатаційних організацій водного господарства, аграрного виробництва та охорони навколишнього середовища. Також може бути використана викладачами, науковими співробітниками, аспірантами і здобувачами вищої освіти відповідного профілю.

**УДК 330.15:502(438.42)**

**ISBN 978-966-327-597-0**

© В. А. Сташук, В. С. Мошинський,  
А. М. Рокочинський, П. П. Волк  
та ін., 2024

© Національний університет  
водного господарства та  
природокористування, 2024

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕДМОВА .....</b>	<b>11</b>
<b>1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛІССЯ ТА ЕТАПИ ЙОГО ОСВОЄННЯ .....</b>	<b>13</b>
<i>(Сташук В.А., Вознюк С.Т., Єжи Єзнах)</i>	
1.1. Географічне положення та походження Полісся.....	13
1.2. Специфіка утворення та існування Полісся.....	14
1.3. Меліорація як необхідна умова розвитку поліського регіону.....	32
<i>Література до розділу.....</i>	<i>39</i>
<b>2. ҐРУНТИ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ ТА ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ .....</b>	<b>42</b>
<i>(Козишкурт С.М., Мошинський В.С., Єжи Єзнах, Приходько Н.В.)</i>	
2.1. Розвиток та еволюція ґрунтів Українського Полісся.....	42
2.2. Ґрунти Полісся та їхні основні агрофізичні властивості .....	45
2.3. Окультурення – основа підвищення родючості меліорованих земель.....	60
2.4. Підвищення родючості меліорованих дерново-підзолистих ґрунтів на прикладі Рівненської області .....	69
2.5. Торфування як адаптивний агро меліоративний захід використання малопродуктивних земель Полісся .....	71
2.6. Аналіз агрогідрологічних властивостей ґрунту в контексті локального моніторингу.....	73
2.7. Агрофізична деградація меліорованих ґрунтів: причини та заходи попередження.....	80
2.8. Потенціал меліорованих земель для досягнення сталого розвитку .....	84
<i>Література до розділу.....</i>	<i>85</i>
<b>3. ТРАНСФОРМАЦІЯ ТА ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ОРГАНОГЕННИХ ҐРУНТІВ ЗА ДРЕНУВАННЯ ТА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИКОРИСТАННЯ.....</b>	<b>87</b>
<i>(Слюсар І.Т., Соляник О.П., Сербенюк В.О., Сербенюк Г.А.)</i>	
3.1. Сільськогосподарське освоєння боліт.....	87
3.2. Зміна водно-фізичних властивостей органогенних ґрунтів під дією антропогенних факторів.....	91
3.3. Зміна агрохімічних характеристик торфових ґрунтів у процесі їхнього освоєння та сільськогосподарського використання .....	99
3.4. Біологічна активність дренованого торфового ґрунту залежно від інтенсивності його використання.....	113
3.5. Міграція біогенних елементів залежно від геохімічних умов, дреновання та використання.....	115
3.6. Ґрунтоохоронні заходи .....	118
<i>Література до розділу.....</i>	<i>120</i>

<b>4. ОЦІНЮВАННЯ ВОДОПОТРЕБИ ОСУШУВАНИХ ЗЕМЕЛЬ ЩОДО ЗМІННИХ ПОГОДНО-КЛІМАТИЧНИХ ТА АГРОМЕЛІОРАТИВНИХ УМОВ.....</b>	<b>123</b>
<i>(Рокочинський А.М., Волк П.П., Коптюк Р.М., Волк Л.Р., Кузьмич А.А., Ромащенко Є.В.)</i>	
<i>Література до розділу.....</i>	<i>134</i>
<b>5. ОЦІНЮВАННЯ ЗМІНИ КЛІМАТУ В ПОЛІСЬКОМУ РЕГІОНІ ТА ШЛЯХИ АДАПТАЦІЇ ДО НЬОГО .....</b>	<b>136</b>
<i>(Волк П.П., Приходько Н.В., Рокочинський А.М.)</i>	
<i>Література до розділу.....</i>	<i>149</i>
<b>6. ВПЛИВ СУЧАСНИХ КЛІМАТИЧНИХ, ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА РЕСУРСНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ОСУШУВАНИХ ЗЕМЕЛЬ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ.....</b>	<b>151</b>
<i>(Кузьмич Л.В., Воронай Г.В., Кузьмич С.А.)</i>	
6.1. Вплив сучасних кліматичних факторів на ресурсний потенціал осушуваних земель .....	151
6.2. Оцінювання технічного стану елементів осушувальної системи (на прикладі ОС «Марининська» Рівненської області).....	156
6.3. Техніко-технологічні особливості функціонування осушувальних систем (на прикладі ОС «Мар'янівка» та «Ольшанка» Рівненської області) .....	162
6.4. Застосування геоінформаційних систем керування та аналізу даних при здійсненні аудиту меліорованих земель.....	168
6.5. Дослідження ресурсного потенціалу меліорованих земель після проведення відновлювальних робіт інженерної інфраструктури .....	170
<i>Література до розділу.....</i>	<i>177</i>
<b>7. НЕОБХІДНІСТЬ І ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ АДАПТАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ОСУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ У МІНЛИВИХ КЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ.....</b>	<b>183</b>
<i>(Волк П.П., Волк Л.Р., Рокочинський А.М.)</i>	
<i>Література до розділу.....</i>	<i>197</i>
<b>8. ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ДРЕНАЖУ З УРАХУВАННЯМ ЕКОНОМІЧНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ВИМОГ .....</b>	<b>199</b>
<i>(Волк П.П., Рокочинський А.М.)</i>	
<i>Література до розділу.....</i>	<i>211</i>

<b>9. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЄКТУВАННЯ МЕЛІОРАТИВНИХ ПРОЄКТІВ ПРИ ОПТИМІЗАЦІЇ ВОДОРЕГУЛЮВАННЯ ОСУШУВАНИХ ЗЕМЕЛЬ НА ОСНОВІ ВИМ-ТЕХНОЛОГІЙ .....</b>	<b>213</b>
<i>(Рокочинський А.М., Волк П.П., Коптюк Р.М.)</i>	
<i>Література до розділу.....</i>	<i>224</i>
<b>10. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ СИСТЕМОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ СТВОРЕННЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ ДРЕНАЖНИХ СИСТЕМ ВІДПОВІДНО ДО СУЧАСНИХ ВИМОГ .....</b>	<b>226</b>
<i>(Волк П.П., Рокочинський А.М.)</i>	
<i>Література до розділу.....</i>	<i>239</i>
<b>11. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНИХ, ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОЛЬДЕРНИХ СИСТЕМ.....</b>	<b>241</b>
<i>(Волк П.П., Рокочинський А.М., Коптюк Р.М., Волк Л.Р., Чугай Є.О.)</i>	
11.1. Вихідні передумови.....	241
11.2. Об'єкт, умови та методи проведення досліджень .....	242
11.3. Основні результати щодо обґрунтування технологічних та конструктивних параметрів ДПС за оптимізаційним підходом .....	253
<i>Література до розділу.....</i>	<i>259</i>
<b>12. ВРАХУВАННЯ РЕЛЬЄФУ ОСУШУВАНИХ ЗЕМЕЛЬ ПРИ РОЗРОБЦІ ПРОЄКТІВ ДРЕНАЖНИХ СИСТЕМ.....</b>	<b>262</b>
<i>(Коптюк Р.М., Рокочинський А.М.)</i>	
<i>Література до розділу.....</i>	<i>275</i>
<b>13. МОДУЛЬ ДРЕНАЖНОГО СТОКУ ЯК ВИЗНАЧАЛЬНИЙ ЧИННИК ПРИ ОБҐРУНТУВАННІ ПРОЄКТІВ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТА БУДІВНИЦТВА ДРЕНАЖНИХ СИСТЕМ У ЗОНІ ПОЛІССЯ .....</b>	<b>277</b>
<i>(Волк П.П., Коптюк Р.М., Рокочинський А.М., Токар Л.О., Ромащенко Є.В.)</i>	
<i>Література до розділу.....</i>	<i>292</i>
<b>14. ФІЛЬТРАЦІЙНИЙ РОЗРАХУНОК ДІЇ І ПАРАМЕТРІВ ДРЕНАЖУ ОСУШУВАНИХ ҐРУНТІВ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ.....</b>	<b>294</b>
<i>(Поляков В.Л.)</i>	
14.1. Схематизація природних умов і вибір розрахункових схем дренажу, вихідних даних.....	294
14.2. Врахування гідродинамічної недосконалості дренажу.....	304
14.3. Неусталений приплив до систематичного горизонтального дренажу.....	308
14.4. Неусталена фільтрація при підґрунтовому зволоженні ґрунту .....	311
14.5. Неусталений приплив до одиночної горизонтальної дрени в необмеженому в плані водоносному пласті.....	312

14.6. Неусталений приплив до систематичного дренажу з урахуванням інфільтрації.....	314
14.7. Неусталений приплив до підсистем дренажу та провідних каналів, кротовин .....	316
14.8. Усталена фільтрація на тлі дренажу з урахуванням водообміну з суміжними середовищами .....	317
14.9. Неусталений приплив до одиночної самовиливної свердловини.....	320
14.10. Неусталений приплив до регулярної системи самовиливних свердловин.....	322
<i>Література до розділу.....</i>	<i>325</i>
<b>15. НАУКОВІ ЗАСАДИ УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ РОЗРАХУНКУ ДРЕНАЖНИХ СИСТЕМ У ЗМІНЮВАНИХ СУЧАСНИХ УМОВАХ.....</b>	<b>328</b>
<i>(Волк Л.Р., Волк П.П., Рокочинський А.М.)</i>	
<i>Література до розділу.....</i>	<i>344</i>
<b>16. РОЛЬ ОСУШУВАЛЬНИХ СИСТЕМ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ БАР'ЄРНИХ ФУНКЦІЙ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ ЗОНИ ВІДЧУЖЕННЯ .....</b>	<b>346</b>
<i>(Шевченко О.Л., Пасюк М.І., Чарний Д.В.)</i>	
16.1. Вплив осушувальної мережі на об'єми винесення <sup>90</sup> Sr за межі Чорнобильської зони відчуження .....	346
16.2. Концептуальні засади поводження з осушувальними системами в зонах радіоактивного враження .....	354
16.3. Вторинне радіоактивне забруднення вод дренажних каналів.....	358
16.4. Чинники бар'єрної стійкості водозборів.....	366
16.5. Бар'єрна стійкість водозборів зони відчуження до винесення <sup>90</sup> Sr .....	370
16.6. Сучасні проблеми та шляхи поліпшення ситуації на водозборах з осушувальними системами в зоні відчуження.....	372
<i>Література до розділу.....</i>	<i>378</i>
<b>17. ЕКОЛОГО-МЕЛІОРАТИВНИЙ МОНІТОРИНГ ОСУШУВАНИХ ЗЕМЕЛЬ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ.....</b>	<b>382</b>
<i>(Мошинський В.С.)</i>	
17.1. Становлення та розвиток моніторингу осушуваних земель гумідної зони України .....	382
17.2. Еколого-меліоративний моніторинг у сучасній структурі моніторингу природного середовища.....	383
17.3. Методологія та перспективи еколого-меліоративного моніторингу Полісся.....	387
17.4. Показники і критерії оцінки еколого-меліоративного стану осушуваних земель .....	391
17.5. Оцінювання еколого-меліоративного стану осушуваних земель .....	393
17.6. Прогноз еколого-меліоративного стану осушуваних земель.....	396

17.7. Проблема управління станом осушуваних земель на основі його контролю, оцінки і прогнозування.....	399
17.8. Принципи побудови моделей продуктивної та екологічної стійкості осушуваних земель для нетреб управління.....	402
17.9. Формулювання моделі продуктивності та оцінки стану осушуваних земель України.....	402
17.10. Ідентифікація та верифікація моделі продуктивності та оцінки стану осушуваних земель України.....	407
17.11. Застосування моделі продуктивності та оцінювання стану осушуваних земель і її функціональних блоків.....	409
<i>Література до розділу.....</i>	<i>424</i>
<b>18. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ГЛИБОКОГО РОЗПУШЕННЯ ОСУШУВАНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ҐРУНТІВ НА ОСНОВІ СИСТЕМНОЇ МЕТОДОЛОГІЇ.....</b>	<b>432</b>
<i>(Лук'янчук О.П., Рокочинський А.М.)</i>	
<i>Література до розділу.....</i>	<i>443</i>
<b>19. УДОСКОНАЛЕНЕ ГЛИБОКЕ РОЗПУШЕННЯ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ АДАПТИВНИЙ АГРОМЕЛІОРАТИВНИЙ ЗАХІД НА ОСУШУВАНИХ ЗЕМЛЯХ.....</b>	<b>446</b>
<i>(Лук'янчук О.П., Рокочинський А.М., Волк П.П., Турченко В.О., Коптюк Р.М.)</i>	
<i>Література до розділу.....</i>	<i>456</i>
<b>20. МЕЛІОРАТИВНІ ЗАХОДИ ЩОДО ЗАХИСТУ ТЕРИТОРІЙ І ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ДОВКІЛЛЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ.....</b>	<b>458</b>
<i>(Громаченко С.Ю., Рокочинський А.М., Маланчук З.Р., Волк П.П., Приходько Н.В.)</i>	
20.1. Проблема відходів як джерел забруднення довкілля.....	458
20.2. Обґрунтування необхідності розробки меліоративних заходів для захисту від забруднення територій і водних об'єктів у зоні складування ТПВ.....	461
20.3. Застосування меліорантів-сорбентів для екологізації об'єктів ТПВ.....	467
20.4. Дренажно-акумуляуючі мережі як фізико-хімічні бар'єри у зоні складування побутових відходів.....	471
20.5. Захист від забруднення територій і водних об'єктів у зоні складування ТПВ на основі комплексу інженерно-меліоративних заходів.....	476
<i>Література до розділу.....</i>	<i>478</i>
<b>21. РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТА МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬ, ПОРУШЕНИХ ВНАСЛІДОК ВИДОБУВАННЯ БУРШТИНУ .....</b>	<b>482</b>
<i>(Янчук Р.М., Янчук О.Є., Прокопчук А.В., Трохимець С.М.)</i>	

21.1. Загальний опис проблематики досліджень .....	482
21.2. Розроблення методики аналізу порушених земель з метою автоматизованої ідентифікації цільових земельних ділянок .....	487
21.3. Верифікація методики визначення площ порушених земель за даними дистанційного зондування землі .....	502
21.4. Розроблення методики розрахунку кількісних та якісних втрат природно-ресурсного потенціалу порушених земель .....	510
<i>Література до розділу</i> .....	514
<b>22. РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ПОРУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ ВНАСЛІДОК НЕСАНКЦІОНОВАНОГО ВИДОБУТКУ БУРШТИНУ У ЛІСАХ ПОЛІССЯ.....</b>	<b>516</b>
<i>(Фізик І.В., Корнієнко В.Я., Заєць В.В., Васильчук О.Ю., Семенюк В.В., Кучерук М.О.)</i>	
22.1. Загальна характеристика порушених земель .....	516
22.2. Негативні екологічні наслідки незаконного видобутку бурштину .....	520
22.3. Відомі етапи та напрями рекультивації.....	525
22.4. Можливий варіант рекультивації на порушених землях.....	528
<i>Література до розділу</i> .....	535
<b>23. ВИКОРИСТАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД ПІВНІЧНО-ЗАХІДНИХ ОБЛАСТЕЙ УКРАЇНИ .....</b>	<b>537</b>
<i>(Квартенко О.М.)</i>	
23.1. Вплив зміни клімату на низку характеристик джерел систем водопостачання .....	537
23.2. Вплив антропогенно-природних факторів на стан якості підземних вод північно-західних областей України.....	537
23.3. Обґрунтування необхідності вивчення якісного складу підземних водоносних горизонтів при проектуванні нових та реконструкції діючих станцій водоочищення .....	539
23.4. Аналіз ефективності застосування традиційних технологій очищення слабокислих підземних вод, які містять залізоорганічні комплекси .....	544
23.5. Напрями інтенсифікації роботи діючих станцій знезалінення .....	545
23.6. Удосконалена технологія комплексного біологічного очищення нейтральних агресивних залізомістких підземних вод.....	548
23.7. Технологія комплексного очищення агресивних слабокислих залізомістких підземних вод з низьким лужним резервом, які містять амонійний нітроген та феноли .....	554
23.8. Переваги застосування біологічного методу знезалінення підземних вод.....	561
<i>Література до розділу</i> .....	562



<b>24. ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ МАЛИХ РІЧОК УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ.....</b>	<b>566</b>
<i>(Рябенко О.А., Галич О.О., Сунічук С.В., Тимощук В.С., Філіпович Ю.Ю., Герба О.В.)</i>	
24.1. Загальна характеристика гідроенергетичного потенціалу малих річок України .....	566
24.2. Існуючий стан використання МГЕС в Українському Поліссі .....	567
24.3. Перспективи розвитку малої гідроенергетики України та на Поліссі.....	572
24.4. Обладнання малих гідроелектростанцій .....	573
24.5. Осушення земель як водноенергетичний ресурс .....	583
<i>Література до розділу.....</i>	<i>594</i>
<b>25. ВРАХУВАННЯ МІНЛИВОСТІ ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНИХ УМОВ В ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЄКТАХ У СФЕРІ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ .....</b>	<b>597</b>
<i>(Фроленкова Н.А., Рокочинський А.М., Приходько Н.В.)</i>	
<i>Література до розділу.....</i>	<i>606</i>
<b>26. ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНВЕСТИЦІЙ У ПРОЄКТАХ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА МЕЛІОРАЦІЇ .....</b>	<b>609</b>
<i>(Фроленкова Н.А., Рокочинський А.М.)</i>	
<i>Література до розділу.....</i>	<i>619</i>
<b>27. ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ ВАРТОСТІ ОСУШУВАНИХ ЗЕМЕЛЬ ЩОДО ЗМІННИХ УМОВ ЇХНЬОГО ВИКОРИСТАННЯ .....</b>	<b>622</b>
<i>(Фроленкова Н.А., Рокочинський А.М., Волк П.П., Тихенко Р.В., Тихенко О.В., Опенько І.А.)</i>	
<i>Література до розділу.....</i>	<i>632</i>
<b>28. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ЗБИТКІВ ВІД ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ В УКРАЇНІ .....</b>	<b>634</b>
<i>(Опенько І.А., Тихенко Р.В., Шевченко О.В., Цвях О.М., Степчук Я.А., Тихенко О.В.)</i>	
<i>Література до розділу.....</i>	<i>638</i>
<b>29. ВСТАНОВЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНО ДОПУСТИМОГО ОБ'ЄМУ ВІДБОРУ ВОДИ З РІЧОК ПРИП'ЯТСЬКОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ ЯК ОСНОВА ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ВОДНО- РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ .....</b>	<b>640</b>
<i>(Холоденко В.С.)</i>	
29.1. Актуальність та вивченість питання.....	640
29.2. Вибір методичного підходу.....	642

29.3. Методика визначення екологічно допустимих об'ємів відбору води з річок. Формування блоку вихідних даних.....	646
29.4. Загальний розрахунок визначення екологічно допустимих мінімальних витрат води з річок.....	654
29.5. Оцінка екологічно допустимого об'єму відбору води з річок Прип'ятського Полісся України в роки різної забезпеченості.....	671
<i>Література до розділу.....</i>	<i>683</i>
<b>30. ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН РІЧКОВИХ БАСЕЙНІВ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ.....</b>	<b>686</b>
<i>(Гопчак І.В., Басюк Т.О., Яцик А.В.)</i>	
<i>Література до розділу.....</i>	<i>704</i>
<b>31. ІНТЕГРОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ ПОЛІСЬКОГО РЕГІОНУ ЗА БАЛАНСОВИМ ПРИНЦИПОМ.....</b>	<b>707</b>
<i>(Сташук В.А., Кожушко В.Ф., Фроленкова Н.А.)</i>	
<i>Література до розділу.....</i>	<i>755</i>
<b>32. ПРОЄКТНИЙ ПІДХІД В УПРАВЛІННІ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ....</b>	<b>758</b>
<i>(Фроленкова Н.А., Сташук В.А., Рокочинський А.М.)</i>	
32.1. Передумови та складові реалізації проєктного підходу в управлінні водними ресурсами.....	758
32.2. Особливості реалізації проєктного підходу в управлінні водними ресурсами .....	769
<i>Література до розділу.....</i>	<i>787</i>
<b>АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК АВТОРІВ.....</b>	<b>789</b>

## ПЕРЕДМОВА

Українське Полісся зі своїм ресурсним потенціалом є унікальним природним комплексом, можливості якого здатні відіграти ключову роль у забезпеченні продовольчої, водної та енергетичної безпеки нашої країни і подоланні викликів й загроз, пов'язаних зі зміною клімату.

У сучасних умовах, зумовлених військовою агресією Росії проти України, коли значна частина ресурсного потенціалу, насамперед посівних площ, є недоступними чи обмеженими у використанні, саме зона Полісся з її меліорованими землями набувають стратегічного значення.

Тому підвищення ресурсного потенціалу Українського Полісся є важливим та актуальним завданням, вирішення якого потребує перегляду та переосмислення сформованої концепції у відносинах довкілля і природокористування та впровадження природоорієнтованих рішень, які ґрунтуватимуться на екологічно безпечному, комплексному та ефективному використанні ресурсного потенціалу Українського Полісся.

Роздуми й відповіді на ці питання ви зможете знайти у представленій монографії, у якій подано аналіз результатів багаторічних досліджень з минулого, або від початку перших інтенсивних досліджень з меліорації земель зони надлишкового зволоження до сьогодні, що вже пов'язано зі зміною клімату, поглибленням проблеми деградації ґрунтів, погіршенням водного балансу в Україні та світі, екології довкілля в цілому та в зоні Українського Полісся зокрема. Авторами висвітлено технологічні та технічні аспекти водорегулювання осушуваних і зволожуваних земель зони Полісся України: традиційні та сучасні методи оптимізації обґрунтування параметрів дренажу та інших структурних елементів осушувально-зволожувальних систем; елементи технології дренажу і зволоження ґрунту з урахуванням впливу конструкції та параметрів закритого дренажу; теоретичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних і зволожуваних земель на еколого-економічних засадах, у тому числі з урахуванням розвиненого рельєфу території; засоби та ефективність глибокого розпушування осушених мінеральних ґрунтів; рекультивация порушених земель внаслідок несанкціонованого видобутку бурштину; роль осушувальних систем у забезпеченні бар'єрних функцій Чорнобильської зони відчуження; термічна меліорація з використанням теплих вод, що скидаються енергетичними та промисловими об'єктами; моделювання збитків від лісових пожеж; екологічний стан річкових басейнів і гідроенергетичний потенціал малих річок; використання біотехнологій для очищення

підземних вод; захист від забруднення територій та водойм у зоні складування твердих побутових відходів; засоби механізації для проведення меліоративних робіт; оцінка еколого-економічної ефективності інвестицій у водогосподарські та меліоративні проекти; розроблення та впровадження комплексу адаптаційних організаційних, агротехнічних, агроеліоративних та гідротехнічних заходів тощо.

Монографію підготовлено на основі узагальнення результатів багаторічних досліджень й виробничого досвіду провідних науковців та фахівців водогосподарсько-еліоративного профілю щодо природних, історичних, соціально-економічних, конструктивних, режимно-технологічних, екологічних, економічних й інших аспектів природокористування у зоні Українського Полісся, а її матеріали направлені на вирішення надзвичайно актуальної і стратегічно важливої проблеми підвищення його ресурсного та адаптаційного потенціалу.

*Академік Національної аграрної академії України  
Василь Сташук*

# 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛІССЯ ТА ЕТАПИ ЙОГО ОСВОЄННЯ

## 1.1. Географічне положення та походження Полісся

Поліссям називають фізико-географічну область, яка розташована на території Поліської низовини. Що стосується місця розташування та розповсюдження зони Полісся, то різні джерела та автори і сьогодні не мають щодо цього єдиної думки. Згідно з останніми дослідженнями [19], «–Полісся (Поліська, Деснянська низовини) в басейнах Прип'яті, середнього Дніпра, Десни має площу близько 300 тис. км<sup>2</sup>, де 1/3 частина зайнята лісами (в основному сосновими). Регіон знаходиться в південно-західній частині Східно-Європейської рівнини з основними басейнами річок Західний Буг (басейн Балтики), Прип'ять, Дніпро, Десна (Чорноморський басейн), Жиздра (Каспійський басейн). Виділяють Люблінське (Польща), Білоруське (Білорусь), Українське (Україна), Брянсько-Жиздринське, Орловсько-Калужське Полісся (Росія). В межах білоруської частини – Брестське, Прип'ятське Полісся, Загороддя, Мозирське і Гомельське Полісся. В Україні – Волинське, Житомирське, Київське, Чернігівське, Новгород-Сіверське–» (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Фізико-географічне положення Полісся  
[<https://uk.wikipedia.org/wiki/Полісся>]

Поліська низовина – своєрідна природна провінція зони мішаних лісів Східно-Європейської рівнини, поділяється на три великих регіони (підпровінції), що відрізняються своєрідними географічними умовами: північну (лівобережжя Прип'яті, повністю розташовану на території Білорусі), південну (правобережжя Прип'яті та Дніпра, переважно знаходиться в межах сучасної України) і східну (лівобережжя Дніпра, північна частина якої лежить на території Білорусі та Російської Федерації, а південна – України).

Серед дослідників немає єдиної думки щодо походження топоніма *Полісся*. Більшість з них дотримується думки, що в основі терміну лежить корінь – *ліс-*. Тоді Полісся – територія по лісу, що межує з лісом [1–4]. Існує й альтернативна точка зору, за якою топонім походження від балтського кореня *pol-* / *pal-*, що позначає болотяну місцевість [5]. На думку [6], Поліссям могли називати місцевість, де лісові ділянки чергуються з відкритими болотними масивами.

Полісся (белор. *Палэссе*, рос. *Полесье*, польск. *Polesie*) є своєрідним ландшафтним регіоном Східноєвропейської фізико-географічної країни: на півночі воно обмежено горбистими рівнинами центральної частини Білорусі, на сході – Придніпровською низовиною, на півдні Придніпровською та Волинською височинами, на заході Прибузькою рівниною.

Виникнення Полісся головним чином зумовлено палеогеографічними умовами антропогенного періоду. Це плоска рівнина, складена річковими, озерними і льодовиковими відкладеннями, з окремими височинами (Овруцька, до 316 м), місцями стародавні дюни, помірно континентальний клімат, значна обводненість, густа річкова мережа з широкими долинами, панування різновидів дерново-підзолистих та болотних ґрунтів, зайнятих хвойно-широколистяними лісами, які займають до 30% площі, луками, болотами і перезволоженими землями. Природні комплекси, не займаючи великих площ, часто змінюють один одного, що є характерною особливістю цього регіону.

## 1.2. Специфіка утворення та існування Полісся

Полісся – це фізико-географічна провінція зони мішаних лісів зі своєрідними особливостями природи: переважання низинного рельєфу, значне поширення піщаних відкладень, значна кількість боліт, наявність великої кількості річок з низькими берегами, присутність виходів на поверхню різних кам'яних порід і наявність флювіогляціальних відкладень [7].

Ґрунтовий покрив переважно представлено дерново-підзолистими ґрунтами, на яких ростуть соснові і мішані ліси, розташовані луки, болота і сільськогосподарські угіддя. Характерною особливістю цього регіону є те, що природні комплекси, не займаючи великих площ, часто змінюють один одного.

Полісся майже з усіх боків оточене височинами. В цілому воно становить досить значне зниження рельєфу Російської рівнини. За фізико-географічними умовами в даний час Поліську провінцію поділяють на чотири підпровінції: Північну, Східну, Південну і Західну [7].

**Північна підпровінція** – Білоруське Полісся – розташована на лівобережжі Прип'яті та правобережжі Дніпра. Північна підпровінція відрізняється значно більшою потужністю антропогенових відкладів (до 100 м), наявністю великих болотних масивів, значними площами лісів, а також кліматичними умовами.

Північна підпровінція простягається із заходу на схід уздовж р. Прип'ять більш ніж на 500 км, а з півночі на південь – приблизно на 200 км. На заході Білоруське Полісся поступово переходить у Прибузьку рівнину, на сході – в Придніпровську низовину, на півночі – в горбисто-рівнинну частину Білорусі, на півдні – в Українське Полісся.

Основні форми рельєфу на цій території утворилися в результаті діяльності Дніпровського льодовика, і особливо впливу його талих вод, які випливали з-під льодовика.

Велику роль у формуванні рельєфу Білоруського Полісся зіграли: накопичувальна діяльність вод Прип'яті та її головних приток, а також процеси заболочування понижених ділянок рельєфу.

У межах Білоруського Полісся переважають абсолютні висоти 130–150 м над рівнем моря. Вододіли річок плоскі і заболочені. У найбільш зниженій частині Білоруського Полісся (з майже плоским рельєфом) знаходяться найбільші болотні масиви.

Основні річки Білоруського Полісся: Прип'ять з її притоками, Дніпро з річками Березиною і Сожем, Західний Буг з річкою Мухавець. Малі ухили русел цих річок та їх широкі заплави – утворюють сприятливі умови для накопичення річкової води в період повеней та літніх зливових паводків. Тому в цій частині Полісся поряд з великими озерами багато невеликих озер, а також «стариць» в заплавах цих річок.

Клімат Білоруського Полісся теплий, нестійко вологий, на південному сході перехідний до лісостепового.

**Східна підпровінція** – Східне Полісся – займає Лівобережжя Дніпра в межах Білорусі, Росії та України. Порівняно з Північною і Південною підпровінціями – ця територія відрізняється більш континентальним кліматом і меншою заболоченістю. Для неї характерно також наявність островів лесовидних суглинків.

Річка Дніпро утворює тут чіткий природний західний кордон Східного Полісся.

**Західна частина Східного Полісся**, відома як область Чернігівського Полісся, розташована в межах Дніпровсько-Донецької западини.

Крайня східна частина Східного Полісся – Неруссо-Деснянський фізико-географічний район – знаходиться в басейні середньої течії р. Десни і охоплює територію між Десною та її лівими притоками – річками Нерусса і Навля, а також лівобережну долину річки Нерусса. На сході територія району обмежена відрогами Середньоросійської височини.

**Східне Полісся** має розгалужену гідрологічну мережу. Річка Дніпро приймає тут річки Сож і Десну, а також їхні маленькі лівобережні притоки. У порівнянні з іншими поліськими регіонами, річки Східного Полісся відрізняються меншою тривалістю весняної повені.

**Південна підпровінція** – Південне Українське Полісся – розташоване на південь від річки Прип'яті і на захід від Дніпра.

Її природа значною мірою відрізняється від Північної та Східної підпровінції. Південне Полісся має загальний нахил своїй поверхні на північ і північний схід. Тут знаходиться край українського кристалічного масиву і Словечансько-Овруцький кряж.

Переважна частина території Південного Полісся характеризується абсолютними відмітками висоти над рівнем моря меншими 200 м. Максимальні висоти знаходяться тут на Словечансько-Овруцькому кряжі, де досягають висот до 320 м.

Річкові долини на більшій частині території широкі, з низькими пологими берегами. Виняток становлять річкові долини Житомирського Полісся, які вриваються в Український кристалічний масив. Долини річок Тетерів, Уж, Жерев, Норін, Словечна мають круті береги і незначну ширину.

У південній частині Волинського Полісся є великі горбисті височини, складені крейдяними породами. Цю місцевість описав свого часу П.А. Тутковський і до теперішнього часу вона відома під назвою «гряда Тутковського». Її походження пов'язане з діяльністю льодовиків.

На півночі Житомирського Полісся різко виділяється Словечансько-Овруцький кряж.

На території Південного Полісся переважає помірно континентальний клімат з теплим вологим літом і м'якою хмарною зимою.

**Західна підпровінція.** Безпосередньо до Волинського Полісся, яке входить до складу Південного Полісся і знаходиться на території України, примикає Любельське (Люблінське) Полісся, що знаходиться на території Польщі. Його виділяють у Західну підпровінцію.



Кордон між Південним і Любельським Поліссям проходить по р. Буг. Природним центром цієї частини Полісся є Поліський національний парк. Він розташований в середній частині Ленчинсько-Влодавського Поозер'я – частини Любельського Полісся.

Значну роль у природних умовах цього краю відіграють води. Любельське Полісся – територія з дуже густою мережею водойм. Більшість озер є евтрофними, деякі відносять до дистрофних. Озера характеризуються багатою рослинністю і фауною.

Полісся знаходиться на території чотирьох держав: Польщі, Росії, Білорусі та України (рис. 1.2) загальною площею близько 130 тис. км<sup>2</sup>.



Рис. 1.2. Картографічна схема Полісся за [7]

**У Польщі до Полісся належать** деякі регіони Люблінського воєводства, а саме долина Бугу в районі Волі-Угрської і Ленчицько-Влодавське поозер'я, відомі як Люблінське або Західне Полісся [18]. Західний кордон Люблінського Полісся проходить по річці Вепш. На південній території Люблінського воєводства, у східній частині Польщі знаходиться Національний парк Поліський – невеликий природний парк, частина біосферного заповідника польського регіону «Західне Полісся». Він був утворений в 1990 році. Назва парку походить від історичного регіону Поліссі, в якому він розміщений, і його площа становить 47,8 квадратних кілометрів.

**Брянсько-Жиздринське Полісся** знаходиться на території Брянської області Росії у межиріччі р. Ресета і р. Вітебеть [14–16]. У межиріччі річок Ресета і Жиздра сходяться відразу три геоботанічних райони: дубово-сосново-смерековий, ялицево-сосновий і широколистяний. Чисті соснові і ялицево-соснові ліси переважають у місцях, де воднольодовикові піски досягають великої потужності. На місці зведених хвойних лісів сформувалися березові ліси з домішкою осики,

зустрічаються материкові (вододільні) луки. Заплава р. Ресети низька, сильно заболочена, з вологими луками.

**Білоруське Полісся** займає південні райони Брестської і Гомельської областей. Загальна площа регіону становить 61 тис. км<sup>2</sup> [8], тобто трохи менше 30% території Білорусі. Протяжність території регіону із заходу на схід становить близько 500, з півночі на південь – близько 200 км [9]. Насамперед Білоруське Полісся поділяють на Західне і Східне. Умовною межею між Західним і Східним Поліссям вважається р. Ясельда і р. Горинь, а також ділянка р. Прип'яті між гирлами цих річок [10].

Білоруське Полісся поділяється на п'ять фізико-географічних областей (перерахування із заходу на схід): Брестське, Прип'ятське, Загороддя, Мозирське і Гомельське [11–13]. Загороддя – місцевість на півдні Брестської області, основна частина Берестейсько-Пінського Полісся. У Білоруське Полісся, крім басейну Прип'яті, входять верхня частина басейну Щари, басейни Мухавця і Брагінки [9–13].

У Білоруському Поліссі, де рельєф майже плоский, знаходяться найбільші в Європі масиви боліт низинного типу: Піддубичі, Великий Ліс, Вигонощанське болото, Гричин, Загальський масив та ін.

Ця важко прохідна місцевість не раз виступала в ролі природної перешкоди на шляху завойовників або служила укриттям для місцевих жителів, які переховувалися від ворогів в селах серед лісів і драговин

**Українське Полісся** займає південну частину Поліської низовини і охоплює майже повністю південну підпровінцію (правобережжя Прип'яті та Дніпра) і південну частину східної підпровінції (лівобережжя Дніпра). Простягається із заходу на схід на 750 км, з півночі на південь – на 120–150 км. У північно-східному напрямі його територія поступово звужується до 50–80 км. Площа становить понад 113 тис. км<sup>2</sup> (19% території України). Переважаючі висоти 150–200 м, максимальна – 316 м (у межах Словечансько-Овруцького кряжу). Поверхня низовини має загальний похил до річок Прип'яті та Дніпра. Рельєф переважно рівнинний і слабохвилястий, виділяються окремі денудаційні моренні пасма і височини дніпровського віку (Словечансько-Овруцький кряж, Білокоровицький кряж, Озерянський кряж). Характерною особливістю є наявність поліських дюн. Вододіл річок плоский, заболочений. Ліси займають близько 33% території, в окремих районах до 60% [14–16].

Українське Полісся складається з двох відокремлених Волинською височиною і дещо відмінних частин: більшої – власне Полісся, що знаходиться на півночі (в межах Поліської низовини) і меншої – Малого Полісся, яке лежить на південь у басейнах Верхнього Бугу і Стиру (між Волинською і Подільською височинами).

Українське Полісся включає північні частини Волинської, Рівненської, Житомирської, Київської, Чернігівської і Сумської областей,

а також частково території Львівської, Тернопільської і Хмельницької областей.

На заході межа Українського Полісся збігається з державним кордоном України з Польщею, на півночі – з державним кордоном з Білоруссю, на північному сході – з державним кордоном з Російською Федерацією. Південна його межа з Лісостепом проходить через такі населені пункти (із заходу на схід): *Устилуг, Володимир, Луцьк, Рівне, Шепетівка, Житомир, Київ, Ніжин, Батурин, Кролевець*, державний кордон України з Росією.

Залежно від розташування щодо Дніпра Полісся поділяється на Правобережне та Лівобережне (іноді використовуються топоніми Західне і Східне або Прип'ятське і Наддеснянське Полісся).

За особливостями ландшафтів Українське Полісся поділяють на окремі частини – фізико-географічні області. На заході лежить Волинське (Західне) Полісся (Волинська і частина Рівненської області); Мале Полісся (Рівненська, Львівська, Тернопільська і Хмельницька області); далі на схід – Житомирське (частина Рівненської і Житомирська області), Київське (Київська обл.), Чернігівське (Чернігівська обл.) і Новгород-Сіверське (Сумська і частини Чернігівської області) Полісся. Межі Малого Полісся, яке розташоване на південь від Волинської височини, чітко простежуються в рельєфі. На півночі воно оконтурюється південним уступом Волинської височини, на півдні – високими (130–200 м) стрімкими уступами Подільської височини (Гологори, Вороняки, Кременецькі гори). Західна межа Малого Полісся проходить досить стрімкими північно-східними схилами височин Розточчя. На сході територія Малого Полісся поступово звужується до кількох кілометрів і менше; поблизу Бердичева вузька смуга Малого Полісся сполучається з основною частиною Полісся. Рівнинне знижене Мале Полісся на заході відділяє лісостепову територію Волинської височини від решти Лісостепу. У цілому Мале Полісся менш заболочене, ніж Волинське Полісся.

За ландшафтними особливостями Українське Полісся поділяється на п'ять фізико-географічних областей: Волинське, Житомирське, Київське, Чернігівське та Новгород-Сіверське Полісся (рис. 1.3).

Геологічна структура території Полісся (у всіх його підпровінціях) є своєрідною. Тектонічні умови мали значний вплив на формування сучасного рельєфу Полісся. Геоморфологічні межі Полісся в більшості своїй мають тектонічну зумовленість: південна межа Полісся в основному відповідає Володимир-Волинському скиду тектонічних порушень у межах Малого Полісся та Житомирської тектонічної зони. Кожен геоструктурний район Полісся має відмінні риси в будові рельєфу. Особливо великий вплив геологічна структура має на загальний план річкової мережі і на геоморфологічну будову річкових долин Полісся.

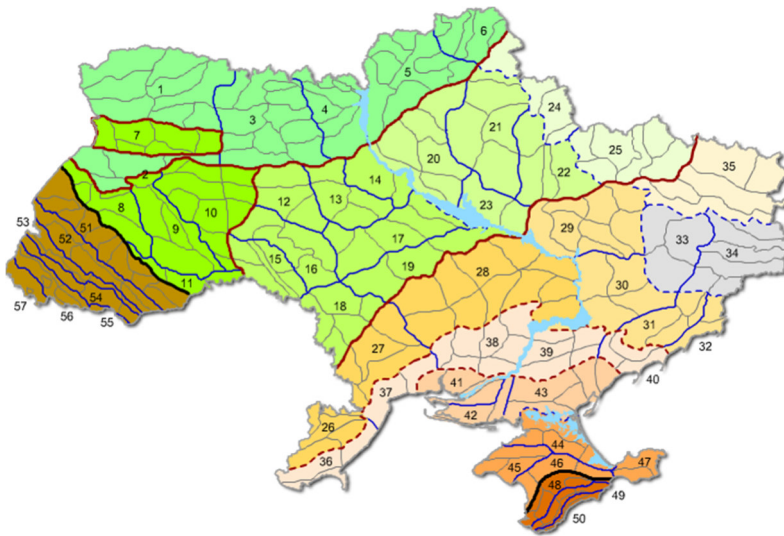


Рис. 1.3. Фізико-географічне районування України  
[\[http://geomap.land.kiev.ua/zoning1.html#\]](http://geomap.land.kiev.ua/zoning1.html#):

1. Область Волинського Полісся. 2. Область Малого Полісся.
3. Область Житомирського Полісся. 4. Область Київського Полісся.
5. Область Чернігівського Полісся. 6. Область Новгород-Сіверського Полісся. 7–50. Інші фізико-географічні області України

**Волинське Полісся.** Ця природна область знаходиться між річками Західний Буг на заході та Случ на сході. До складу Волинського Полісся входить більша частина Волинської та північно-західної частини Рівненської області. Східна межа проходить по відслоненнях кристалічних порід Українського кристалічного щита поблизу міст Корець, Соснове, Клесів.

Основними фізико-географічними особливостями Волинського Полісся, які вирізняють його від інших поліських областей, є наявність крейдяних порід, що залягають під четвертинними відкладами, значний розвиток льодовикових форм рельєфу (Волинське моренне пасмо), наявність карсту (озерні улоговини, лійки та ін.), широкий розвиток долинних ландшафтів, більш теплий і вологий клімат, ніж в інших поліських фізико-географічних областях, значна поширеність боліт і заболочених земель, більша лісистість, яка досягає 45% всієї площі області.

У територіальному розподілі ландшафтів спостерігається певна закономірність. На півночі області, у верхів'ї Прип'яті та на її притоках, поширені *молоді природно-територіальні комплекси – заплавні лучно-болотні ландшафти*. Ширина заплави Прип'яті в середньому тут становить 3–5, а місцями до 10 км. Вона має два рівні: низький, з

висотами 0,5–2,0 м над рівнем води в руслі, і високий – 2–3 м, який заливається водою не щороку. Тут переважають лучні урочища з різнотравно-злаковим травостоем. Значні площі зайняті болотами і заболоченими землями, особливо на заплавах низького рівня. Часто зустрічаються стариці, озера, протоки та густа мережа решток меандр. На прируслових урочищах поширені піски, зайняті чагарниками, а центральні частини заплав покриті луками, які використовують під сінокоси. Заплави високого рівня використовуються під овочево-городні культури, особливо після проведення меліоративних заходів. Тут діє Верхньоприп'ятська меліоративна система.

*Наступний ландшафтний рівень утворюють місцевості надзаплавних терас і давніх долин.* На Прип'яті та її великих притоках є дві надзаплавні тераси. Перша, борова, має середню висоту 5–8 м, а в деяких місцях – 10–12 м. На Прип'яті вона досягає ширини 10–15 км. Тут значну роль відіграють борові місцевості із дерново-слабопідзолистими ґрунтами, зайняті сухими боровими лісами з піщаними валами, пасмами та розвіюваними пісками. Ще більші площі в цьому ландшафтному рівні займають місцевості слабо дренованих надзаплавних терас зі слабопідзолистими супіщаними і дерново-глейовими ґрунтами. Вони зайняті орними землями, луками, вільхово-осиковими лісами і болотами. Особливо це поширено на других надзаплавних терасах, які мають висоту від 12 до 22 м. Її ширина на правобережжі Прип'яті досягає 8–24 км. До цього ландшафтного рівня належать давні долини і, зокрема, велика прадолина Стир – Словечна, що простягається в субширотному напрямі від сучасної долини Стоходу в районі с. Голоби через все Південне Полісся. Її довжина понад 400 км при ширині 20–25 км. У її межах знаходяться смт Колки, с. Старий Чарторийськ, м. Сарни та інші населені пункти. Тут поширені ландшафти, подібні до ландшафтів інших надзаплавних терас, але зі значною часткою болотних масивів, зокрема боліт Лютемецького (між річками Стохід і Стир), Гало і Лебедь – між річками Горинь і Ствига.

Більш високий ландшафтний рівень пов'язаний з моренно-зандровими рівнинами переважно з дерново-середньопідзолистими ґрунтами, зайнятими суборами, сугрудками та сільськогосподарськими угіддями (зернові культури, картопля, льон).

У середній частині Волинського Полісся від м. Любомля до м. Дубровиця простягаються ландшафтні місцевості, пов'язані з Волинським моренним пасмом. Тут поширені моренні горби, вали, складені піщаними і супіщаними відкладами з гранітним, кварцитовими і кремнієвими валунами, та міжпасмові пониження і долини.

Близько до денної поверхні залягають крейдові відклади, які поліпшують якість дерново-підзолистих ґрунтів і їх використання в

сілському господарстві. Частина з них мають щебенуватий характер. У лісах переважають сосна і дуб, зустрічається ялина. Міжпасмові зниження зайняті заболоченими землями.

На півдні Волинського Полісся, особливо у межиріччях Західний Буг – Турія – Стохід – Стир, переважають ландшафтні місцевості денудаційних хвилястих рівнин з дерново-карбонатними ґрунтами на крейдяних відкладах та дерново-середньопідзолистими ґрунтами, які широко використовують для вирощування зернових та городніх культур і навіть цукрових буряків. Невеликими масивами тут збереглися дубово-грабові та дубово-соснові ліси. Близько до поверхні залягають крейдяні відклади, їх тріщинуватість і значна кількість опадів сприяли розвитку карстових процесів, зокрема карстових озер, лійок, карстових «джерел-вікон».

Із природних багатств Волинського Полісся найважливіші – земельні, водні, лісові, мінерально-сировинні й рекреаційні ресурси. З метою поліпшення земель тут проведено значні меліоративні заходи. Слід зазначити, що не всі вони досягли бажаних наслідків. Ріки, озера та підземні води використовуються для водопостачання та з рекреаційною метою. Загальна площа лісів Волинського Полісся перевищує 2300 тис. га. На бори припадає близько 23%, субори – 47, сугрудки – понад 21, грудки – 3%. Із корисних копалин використовується мінеральна сировина для будівельних матеріалів – мергель, крейда, глини, піски й, особливо, базальти (Рівненська область), а з горючих – торф.

У Волинському Поліссі знаходиться значна частина природоохоронних об'єктів, що теж підтверджує багатство і різноманіття його природного середовища. У північно-західній частині області розкинувся Шацький природний національний парк (створено в 1983 р.) у Любомльському адміністративному районі, загальною площею 32,5 тис. га. У парку зберігаються природні комплекси району Шацьких озер, проводяться наукові дослідження, підтримується екологічний баланс, ведеться пропаганда природоохоронних знань.

На території парку знаходиться 22 озера, переважно карстового і льодовикового походження. Найбільші з них Світязь, Пулемецьке, Люцимир, Кримне. Майже половина території парку покрита сосновими, сосново-дубовими, грабово-дубовими, вільховими і березовими лісами. Значні площі займають луки і болота. Флора парку налічує 825 видів судинних рослин. У ґрунтовому покриві переважають дерново-підзолисті ґрунти. Є також дерново-карбонатні, лучно-болотні, болотні й торф'яністі. Різноманітний тваринний світ: тут водяться лось, косуля, дикий кабан, білка, ондатра, ласка, вовк, видра, куниця, багато птахів та риб, серед останніх – вугор європейський. Територія парку, зокрема береги озер, використовується для рекреації.

На Волинському Поліссі є також ландшафтні заказники (Нечимне, Почаївський), гідрологічні заказники (Островський, Дубровський) та унікальний геологічний об'єкт – базальтові стовпи – у Рівненській області (села Берестовець, Злазне, Іванова Долина) у районі м. Костополя. Значні площі займають заповідні болотні масиви: Переброди (19600 га) у Дубровицькому районі Рівненської області, Сира Погоня (10000 га) в Рокитнівському районі Рівненської області [17].

**Житомирське Полісся.** Це область зони мішаних лісів, яка займає більшу частину Житомирської і східну частину Рівненської адміністративних областей. Західна межа Житомирського Полісся проходить поблизу населених пунктів Клесів, Соснове, Корець, Шепетівка, а східна – поблизу Народичів, Малина, Радомишля, Корнина. Ці межі пов'язані з виходами на денну поверхню порід Українського докембрійського щита, який, головним чином, зумовив виокремлення Житомирського Полісся.

Особливість його природного середовища виявляється в більш високому гіпсометричному положенні (180–200 м), будові й глибині розчленування рельєфу, гідрологічних і гідрогеологічних особливостях, меншій заболоченості й залісеності порівняно з іншими поліськими областями, своєрідності корисних копалин, пов'язаних з кристалічним щитом. Помітний вплив на сучасні ландшафти мають палеогеографічні умови території в антропогені. Західна, більш висока частина Житомирського Полісся, не покривалася льодовиком і морени тут немає. На схід від лінії, що проходить поблизу населених пунктів Словечно, Старі Веледники, Лугини, Кривотин, Житомир, Івниця, знаходиться моренна частина області, де зустрічаються льодовикові форми рельєфу (моренні горби, ками, ози), переважають супіщані дерново-середньопідзолисті ґрунти та сосново-дубові ліси.

*Річкові долини* Житомирського Полісся глибоко врізані в докембрійські породи і на окремих ділянках мають характер долин прориву. Так, р. Тетерів біля Денишів, Житомира і Коростишева має вузьку долину зі стрімкими скелястими схилами висотою до 25–30 м. Подібні ділянки долини має Уж у Коростені, Случ біля Новоград-Волинського, Уборть в Олевську, Ірша у Володарськ-Волинському, Кам'янка біля Житомира та ін. На лесових «островах» у районі Словечансько-Овруцького кряжа, поблизу Звягеля, Городниці, Коростишева розвинуті ерозійні форми рельєфу. На Словечансько-Овруцькому кряжі яри мають глибину 20–30 м, а довжину – до 3–3,5 км.

*Клімат* Житомирського Полісся за своїми особливостями займає проміжне положення між більш вологим і теплим кліматом Волинського Полісся і більш континентальним кліматом східних областей.

*Річки* Житомирського Полісся відрізняються від інших поліських річок більш швидкою течією, а на окремих ділянках – перекатами і порогами, вищим підйомом води під час повені. Рослинний покрив тут зберігся менше, розораність території змінюється від 15–30% у північно-західній частині до 50% у східній і центральній. З усіх поліських областей Житомирське Полісся найменш заболочене. Загальна площа боліт становить лише 2,9% території. Великі болотні масиви поширені лише на північному заході й півночі області.

*Ландшафтна структура* Житомирського Полісся досить строката і складається з таких ландшафтних місцевостей:

- рівнинно-зандрові на кристалічній основі з переважанням дерново-слабопідзолистих ґрунтів під лісами борового і суборового типів. Водно-льодовикові піски мають потужність 4–6 м і залягають на гранітах, гнейсах або продуктах їх вивітрювання. Місцями зустрічаються піщані вали і горби еолового походження, а в пониженнях – невеликі болота та заболочені землі. Найбільше ці місцевості поширені на північному заході в районі Рокитного, Городниці, Ємільчина;

- рівнинно-зандрові та долинно-зандрові заболочені місцевості з дерново-слабопідзолистими глеуватими і болотними ґрунтами на докембрійських кристалічних, крейдових і палеогенових осадових породах під лісами борового типу поширені в районі Олевська, Перги, р. Болотниця. Тут зустрічаються верхові й перехідні болота площею понад 1000 га, з потужністю торф'яного шару до 4–5 м. Найбільші з боліт Озерянське і Гвоздь. У пониженнях і долинах розвинені осоково-гіпнові болота. В цих районах проведено меліоративні роботи;

- моренно-зандрові та моренно-горбисті з дерново-слабопідзолистими і дерново-середньопідзолистими ґрунтами ландшафтні місцевості поширені в східній підобласті Житомирського Полісся поблизу Потіївки, Горбуліва, Модиліва, Дівочок, Торчина та ін.;

- денудаційні хвилясто-рівнинні на кристалічних породах з дерново-слабопідзолистими щебенюватими ґрунтами місцевості мають значне поширення на межиріччях з високим заляганням докембрійських порід. Водно-льодовикові піски тут малопотужні або відсутні взагалі, зустрічаються елювіально-делювіальні щебенюваті відклади – продукти вивітрювання кристалічних порід. Такі ландшафтні місцевості поширені в районі м. Коростеня, поблизу сіл Краївщини, Топорищ, Пекарщина та в інших районах.

У Житомирському Поліссі, на відміну від Волинського, поширені ландшафтні місцевості лесових островів з сірими лісовими ґрунтами, збезлісені й зайняті переважно сільськогосподарськими угіддями. На них розвинені яри і балки, відбуваються інтенсивні ерозійні процеси. Ці



місцевості мають риси лісостепових ландшафтів. Вони зустрічаються на Словечансько-Овруцькому кряжі, у районі міст Звягеля, Житомира, Коростишева та ін.

Ландшафти Житомирського Полісся зазнали значних змін внаслідок антропогенної діяльності – вирубування лісів, меліорації, розорювання, а особливо у зв'язку з добуванням корисних копалин – гранітів, лабрадоритів, пегматитів, кварцитів, п'єзокварцу, розсипних родовищ ільменіту, бурого вугілля, гравію та ін.

Екологічна ситуація в області ускладнилася у зв'язку зі значним впливом Чорнобильської катастрофи. Особливо вона торкнулася Народицького, Коростенського та Овруцького районів.

На території Житомирського Полісся знаходяться один державний заповідник – Поліський, і декілька заказників. Поліський державний заповідник створено в 1968 р. в Олевському й Овруцькому районах. Його площа становить 20,1 тис. га, з них ліси займають 73%, болота і заболочені землі – 22, луки – 2%. Флора заповідника включає 528 видів вищих рослин. Серед природної рослинності реліктові та ендемічні види: рододендрон жовтий, дуб скельний, плющ звичайний та ін. Багатий і різноманітний тваринний світ, який включає лосів, косуль, диких кабанів, вовків, рисей, бобрів, видр та 90 видів птахів.

Ландшафтний заказник Плотниця (464 га) є в Олевському районі з унікальними природно-територіальними комплексами. Гідрологічний заказник Дідове озеро з озерними екосистемами (54 га) знаходиться в Овруцькому районі. Лісовий заказник Поясковський (113 га) в Олевському районі з дубово-грабовими лісами засновано в 1926 р. Тут збереглися дуби-велетні віком 300–400 років [14–17].

**Київське Полісся.** Ця природна область розташована між Житомирським і Чернігівським Поліссям. Західна межа проходить по виходах на денну поверхню докембрійських кристалічних порід, характерних для Житомирського Полісся. Її проводять на схід від населених пунктів Народичі, Малин, Радомишль, Холодків. Східна межа проходить по Дніпру.

У геоструктурному відношенні Київське Полісся займає північно-східний схил Українського кристалічного щита до Дніпровсько-Донецької западини. Кристалічний фундамент поступово знижується до долини Дніпра, де знаходиться на глибині 300–400 м. На ньому залягають морські осадові відклади юри, крейди і палеогену, а також континентальні утворення неогену й антропогену. Вище місцевого базису ерозії зустрічаються відклади палеогену, неогену й антропогену, які беруть безпосередню участь у ландшафтах. Особливо значна роль належить антропогеновим відкладам, які в основному представлені льодовиковими, водно-льодовиковими, алювіальними, озерними та еоловими

утвореннями. Загальна потужність їх у середньому дорівнює 15–20 м. Поверхня Київського Полісся – це акумулятивна низовина з панівними абсолютними висотами 120–170 м і глибиною розчленування широкими річковими долинами – 25–50 м. Головні річки – Дніпро, Прип'ять, Уж, Тетерів, Ірпінь, Здвиж.

*Кліматичні умови* області мають типові поліські риси. Зокрема, більша частина радіаційного тепла (до 60–70%) витрачається на випаровування, чітко виявляється сезонність кліматичних процесів і явищ. Зима в Київському Поліссі м'яка і триває з кінця листопада до березня. Середні температури січня змінюються від  $-6,4^{\circ}\text{C}$  (Чорнобиль) до  $-5,9^{\circ}\text{C}$  (Київ), а мінімальні доходять до  $-37^{\circ}\text{C}$ . Взимку часто бувають відлиги. Сніговий покрив утримується до 100 днів, із середньою висотою 25–30 см. Весна триває 2–2,5 міс. Перехід середньодобової температури через  $0^{\circ}\text{C}$  припадає на другу половину березня, а через  $+10^{\circ}\text{C}$  – на кінець квітня – початок травня. Літо триває з кінця травня до початку вересня. Середньомісячна температура в липні дорівнює  $+18$ – $+19,5^{\circ}\text{C}$ , а максимальна –  $+37$ – $+39^{\circ}\text{C}$ . Влітку випадає близько 40% річної кількості опадів, яка становить 530–570 мм. Осінь триває з середини вересня до третьої декади листопада. Для неї характерні облогові дощі та тумани.

*Внутрішні води* Київського Полісся складаються з густої гідрографічної мережі річок, Київського водосховища, озер, боліт, ґрунтових і підземних вод.

Основними *типами ґрунтів* є різні види дерново-підзолистих, що є панівними, торф'яно-болотні та сірі лісові на лесових островах. Серед природної рослинності головну роль відіграють соснові, грабово-дубово-соснові, вільхові ліси, чагарники, лучна та болотна рослинність. Ліси і чагарники займають близько 50%, луки – 2,2, болота і заболочені землі – 3,2% території. Розораність сягає 36,8%.

Внаслідок Чорнобильської катастрофи 1986 р. значні площі сільськогосподарських угідь, лісових масивів, водних об'єктів Київського Полісся виведено з господарського використання у зв'язку із забрудненням радіоактивними елементами.

У *ландшафтній структурі* Київського Полісся найбільші площі займають моренно-зандрові слабохвилясті низовинні рівнини з дерново-середньопідзолистими ґрунтами, покриті боровими і суборовими лісами; моренно-горбисті рівнини з дерново-середньопідзолистими ґрунтами із суборовими і сугрудковими лісами; зандрові низовинні рівнини з дерново-слабопідзолистими ґрунтами і боровими лісами; надзаплавно-терасові низовини з дерново-слабопідзолистими ґрунтами і лісами переважно борового типу; заплавні лучно-болотні низовинні зі слабопідзолистими і болотними ґрунтами та лесові еродовані «острови» із сірими лісовими ґрунтами.

На моренно-зандрових низовинах дуже поширені водно-льодовикові піски, які здебільшого залягають на морені. На поверхні зустрічаються блюдцеподібні пониження з оглєсними ґрунтами. На зандрових ділянках ліси складаються переважно із сосни, а на моренних ростуть дуб і граб. Моренно-горбисті рівнини характеризуються наявністю льодовикових і водно-льодовикових форм у вигляді моренних горбів і пасом типу камів і озів з відносною висотою 15–20 м. Зниження між горбами і пасмами зайняті луками, іноді низинними болотами. Ці ландшафтні місцевості поширені поблизу сіл Чистоголівки, Лельова, Корогода, Андріївки неподалік Чорнобиля. Зандрові рівнини займають значні площі в Київському Поліссі, особливо в північній частині. На поверхні зандрової рівнини виділяються піщані вали і пасма, верхня частина яких перероблена вітром. Здебільшого зандрові рівнини залісені сосною, березою, вільхою або осикою. Окремі ділянки зайняті суходільними луками. Із сільськогосподарських культур переважають жито і картопля. У багатьох місцях зандрові рівнини переходять у надзаплавні піщані тераси річок Прип'ять, Уж, Тетерів, Ірпінь та ін. Заплавно-лучно-болотні ландшафти займають заплави, які досягають ширини від 1,5–2 до 7–8 км. У багатьох долинах проведено меліоративні заходи (Ірпінь, Здвиж), які дали можливість використовувати ці землі для вирощування овочевих культур. Лесові «острови» трапляються невеликими ділянками поблизу населених пунктів: Чорнобиля, Іванкова, Приборська, Бородянки, Димера, Вишгорода та ін.

З природоохоронних об'єктів Київського Полісся найбільші Дніпровсько-Тетерівське державне лісомисливське господарство (площа понад 30 тис.га), Іллінський гідрологічний заказник (понад 2 тис. га).

Київське Полісся зазнало значного радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи 1986 р. Головна роль у забрудненні регіону належить довгоіснуючим радіоактивним елементам з тривалим періодом розпаду – цезію-137, стронцію-90, плутонію-239. Випадання і розподіл радіонуклідів на земній поверхні пов'язане з рухом повітряних мас і певним чином з морфологією і властивостями ландшафтів, особливо таких складових, як рельєф, зокрема експозиція схилів, характер рослинності та ґрунтів. Наприклад, підвищення забрудненості реєструється в межах Київського Полісся на Чорнобильсько-Чистоголівському моренному пасмі, болотних масивах, заплавах, в окремих лісових масивах. Значний вплив на міграцію радіонуклідів мають ландшафтні умови території. Забруднення ландшафтів цезієм-137 становить від  $18,5 \cdot 10^{10}$  до  $148 \cdot 10^{10}$  Бк/км<sup>2</sup>, стронцієм-90 – від  $3,7 \cdot 10^{10}$  до  $11 \cdot 10^{10}$  Бк/км<sup>2</sup>. Тому науковці всіх галузей знань беруть активну участь у дослідженнях, спрямованих на розробку заходів щодо ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи [14–17].

**Чернігівське Полісся.** Це фізико-географічна область зони мішаних лісів, яка простягається від Дніпра на заході до її східної межі, що проходить поблизу гирла р. Ревна (басейн р. Снов), на захід від смт Холми і Понорниця, с. Оболоння, на схід від смт Короп та на захід від м. Кролевець. Область розташована в межах Дніпровсько-Донецької западини, що значною мірою зумовило її фізико-географічні особливості.

Кристалічний фундамент опускається на глибину кілька тисяч метрів і перекритий палеозойськими, мезозойськими та кайнозойськими відкладами. Вище місцевих базисів ерозії залягають палеогенові, неогенові та антропогенні відклади. Останні найчастіше представлені льодовиковими (морена), водно-льодовиковими, алювіальними, озерними, еоловими та лесоподібними відкладами. За характером рельєфу Чернігівське Полісся – акумулятивна низовина зі значними площами сучасних і давніх річкових долин.

*Клімат* Чернігівського Полісся можна схарактеризувати як помірно континентальний, зі значним зволоженням протягом року, високою відносною вологістю та слабкими вітрами. Порівняно із західними областями, Чернігівське Полісся вирізняється більшою амплітудою річних температур, нижчими зимовими температурами, більшою тривалістю періоду зі сніговим покривом. Середня річна сума опадів – 500–610 мм.

*Річкова мережа* області густа. Річки характеризуються незначним падінням, спокійною течією і меандруванням. У долинах Дніпра, Десни, Снову, Сейму багато заплавлених озер.

*Заболоченість* Чернігівського Полісся досить велика. Площа торф'яних боліт становить понад 4,5% всієї території. Майже всі болота належать до низовинного типу. Перехідні й верхові болота трапляються дуже рідко. Найбільшими болотами є Замглай (8334 га), Остерське (10 558 га), Сновське (9400 га), Смолянка (4288 га), Доч-Гали (3600 га), Видра (2458 га), Паристе (2340 га).

Більшість боліт меліоровано і перетворено на сільськогосподарські угіддя. У ґрунтовому покриві переважають дерново-підзолисті ґрунти, значні площі зайняті болотними та сірими лісовими ґрунтами; останні найбільш родючі. Особливістю природних умов Чернігівського Полісся є поширені місцями засолені ґрунти (лучні содові солончаки й солонці). Ці ґрунти приурочені до лесових «островів» на терасах з близьким до поверхні рівнем ґрунтових вод. У долинах Десни і Остра розвинулись лучні солонцюваті й осолоділі ґрунти.

*Лісистість* Чернігівського Полісся найменша порівняно з іншими поліськими областями і становить 15–18%. Основні площі зайняті сосновими та дубово-сосновими лісами. Менш поширені липа, клен, в'яз. В області проходить східна межа суцільного поширення граба. Найбільші

лісові масиви збереглися у межиріччі Дніпра – Десни, на лівобережній терасі Замглая, на межиріччі Снова – Десни.

Великі площі займають заплавні й суходільні луки, які є значною кормовою базою. Болотні масиви вкриті такими вологолюбями, як різні осоки, очерет, рогози, ситник та ін.

Земельні угіддя області розподіляються так: орні землі займають понад 42%, сади і ягідники – 0,7, сіножаті – 15,5, вигони і пасовиська – 6,5, ліси і чагарники – 21, болота – 4,5%.

Своєрідність *ландшафтної структури* області полягає в тому, що поліські місцевості займають 63% всієї території, а понад 18% місцевості має лісостепові риси. Велика частка долинних ландшафтів.

Моренно-зандрові низовини з різними дерново-підзолистими ґрунтами в комплексі з глеюватими і болотними значно розвинуті на півночі та північному сході. У багатьох місцях вони збезлісені й зайняті сільськогосподарськими угіддями. Зандрові низовини характеризуються переважанням піщаних і супіщаних дерново-середньопідзолистих ґрунтів у поєднанні із заболоченими.

На Чернігівському Поліссі порівняно широко розвинені надзаплавно-терасові місцевості з дерново-середньопідзолистими ґрунтами. Вони широкими смугами простягаються вздовж рік Дніпра, Десни, Снова, Сейму та ін. Їх використовують під сільськогосподарські угіддя, і ліси збереглися невеликими масивами. Більш залісеними є перші надзаплавні тераси, де розвинені борові та суборові ліси.

Своєрідними ландшафтами характеризуються прохідні піщано-болотні долини. Найбільша з них – давня прохідна долина Дніпра – Замглая. Вона простягається в субмеридіональному напрямі від Дніпра до Десни на 60 км, при ширині 8–10 км. Дно долини зайнято низинними болотами з торфовищами. Потужність торфу сягає в середньому 1,5–2 м, а максимально – до 5–6 м. Торфові родовища розробляються. Частина боліт Замглаю меліорована і використовується під сільськогосподарські угіддя. Піщані лучно-болотні місцевості прохідних долин поширені також у північно-східній частині Чернігівського Полісся на межі з Новгород-Сіверським Поліссям, у межиріччі Снову – Десни. Лучно-болотні місцевості сучасних заправ займають значні площі в долині Дніпра, Десни, Снова, Убеді, Мени, Остра та їх приток. Висота їх – 1,5–2 м над рівнем води. На поверхні заправ багато озер, стариць, протік [14–17].

**Новгород-Сіверське Полісся.** Природна область Поліської (мішанолісової) фізико-географічної провінції. Розташоване на крайньому сході Придніпровської низовини та на зниженому схилі Середньоросійської височини, у межах Чернігівської та Сумської областей.

У геоструктурному відношенні пов'язане з південно-західним схилом Воронежського масиву. Ландшафтні особливості Новгород-Сіверського Полісся зумовлені особливостями геолого-геоморфологічних умов – поширенням крейдових відкладів, що виходять у багатьох місцях на денну поверхню, незначною потужністю антропогенових відкладів, значною глибиною (до 100 м) і густотою ерозійного розчленування поверхні (густина яружно-балкової сітки подекуди перевищує 1 км/км<sup>2</sup>), незначною глибиною залягання ґрунтових вод та більш континентальним кліматом (порівняно з іншими областями зони).

Серед мішанолісових ландшафтів (понад 80% площі області) переважають моренно-водно-льодовикові, що характеризуються залісненістю (понад 30%) і заболоченістю (до 20%), розвитком прохідних долин і карстових западин. Фоновими урочищами тут є плоскі та слабохвилясті межиріччя, складені малопотужними пісками з прошарками оглинених пісків з дерново-слабопідзолистими ґрунтами під суборами та слабоврізані широкі заболочені долини, зайняті низинними торфовищами.

Лісостепові ландшафти (займають понад 15%) представлені тут дуже розчленованими лісовими рівнинами, розміщені невеликими ділянками, переважно на правобережжі Десни. Типовими тут є складні урочища свіжих і сирих глибоких балок з крутими схилами із грабово-дубовими та кленово-липово-дубовими лісами, подекуди з суборами.

Заплавні місцевості (близько 5%) добре розвинуті в долині Десни, а також її лівобережних приток; її використовують здебільшого під сіножаті та пасовища. Поширені високі хвилясті, звужені заплави з дерновими слабogleюватими ґрунтами під злаково-різнотравними луками та низькі, плоскі, розширені заплави, складені низинними торфовищами під вологотравно-осоковими угрупованнями, із заболоченими притерасними комплексами під чорновільховими лісами та осоково-болотною рослинністю.

Переважає сільськогосподарське і гірничовидобувне природокористування. У межах області є заказник державного значення – Великий Бір [14–17].

В цілому для ґрунтового покриву Полісся характерна висока мозаїчність. Це пояснюється, з одного боку – високим різноманіттям ґрунотворних порід (долини мають велику ширину, межиріччя тут не вкриті однорідними лесами, як у південніших регіонах України), з іншого боку, – значними відмінностями у зволоженні, які пов'язані з високим середнім рівнем залягання ґрунтових вод і переважно легким гранулометричним складом ґрунтів, які з цієї причини слабо утримують воду і легко пересихають. Підвищення поверхні ґрунту лише на кілька десятків сантиметрів на Поліссі, як правило, викликає великі зміни у ґрунотворних процесах і складу рослинності. Полісся займає південно-

західну частину зони підзолистих ґрунтів з широким розвитком дерново-підзолистих ґрунтів (6,9% загальної площі), болотних і торфво-болотних (13%), дерново-лучних (10%) та інших (7–8%). За гранулометричним складом дерново-підзолисті ґрунти Полісся належать до піщаних, супіщаних і піщано-легкосуглинкових. Вони представлені дерново-слабопідзолистими (річкові тераси, зандрові долини середньої частини Полісся), дерново-середньопідзолистими (вододільні простори водно-льодовикових і моренних відкладень майже всіх областей Полісся), дерново-сильнопідзолистими (Житомирське Полісся).

Ці ґрунти малородючі, вимагають високої агротехніки. Родючими ґрунтами Полісся є дерново-перегнійно-карбонатні (південна і південно-західна частина Волинського Полісся), сірі лісові та опідзолені чорноземи (Туровська рівнина, окремі острівці в Чернігівському та Житомирському Поліссі). Основні ґрунти характеризуються спільними несприятливими властивостями: кислою реакцією, незначним вмістом гумусу, надмірною водопроникністю, значно піддаються дії ерозії тощо.

За [19] доцільно виділяти Західне, Центральне та Східне Полісся, не відносно адміністративних кордонів, а за природно-історичними відмінностями (рис. 1.4).

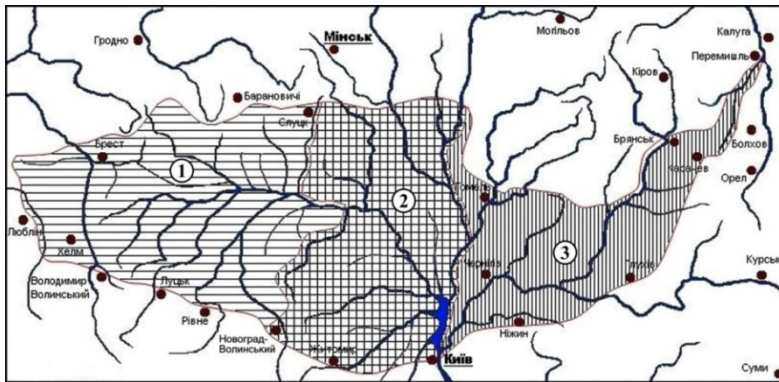


Рис. 1.4. Межі Полісся (1 – Західне, 2 – Центральне, 3 – Східне) за [19]

За [20] Білоруське і Українське Полісся, переважну частину якого становить низина басейну Прип'яті, це – болота і ліси. Глибока улоговина прип'ятського басейну до XIX ст. представляла собою безперервний ряд боліт і болотних водойм і на величезних просторах не була освоєна під землеробство. Населення, розсіяне по селах і хуторах, віддалених один від одного на значні відстані, навесні і восени було ізольовано від активного спілкування з сусідніми селами, містами і містечками.

Сліди древнього землеробства виявлені археологами на височинах з сухим суглинковим родючим ґрунтом, розташованих по обох берегах

Прип'яті (від Турова до правобережжя Дніпра в Речицький повіт Мінської губернії). Місця з родючим ґрунтом зустрічалися в Пінському повіті між річками Піною і Ясельдою, де також виявлені сліди стародавньої землеробської культури. Проте на всьому просторі Полісся панували болотисті і піщані ґрунти, які вимагали посиленого внесення добрив і при низькій агрокультурі давали малі врожаї. Тому вже в кінці XVIII – початку XIX ст. актуальною стала проблема пошуку більш ефективних заходів ведення зернового і тваринницького господарства у зоні Полісся.

### **1.3. Меліорація як необхідна умова розвитку поліського регіону**

Поліська низовина слабо нахилена до Прип'яті і Дніпра, сильно заболочена, заліснена; має багато прісних озер, боліт, торфовищ. Меліоративний фонд земель становить 3,7 млн га, з них торф'яно-болотні ґрунти займають майже 0,95 млн га, мінеральні перезволожені – 2,75 млн га. Це складає 68,5% боліт, заболочених площ та перезвожених мінеральних земель України, тому Поліська зона України є основним районом проведення осушувальних меліорацій.

Проблемою використання земель Поліської низовини почали займатися ще у XVI сторіччі. При цьому історія осушення Полісся тісно переплітається з історією осушувальних робіт в Європі. Історія ж меліорації в Європі бере початок із Стародавнього Риму. Є відомості, що сам імператор Цезар цікавився проблемою осушення Понтійських боліт поблизу Рима. Ці болота осушують багато століть, і навіть до недавнього часу. Великим об'єктом багатоміліардної меліорації боліт є також Падано-Венеціанська рівнина на півночі Італії.

Мистецтво осушення боліт і заболочених земель було привнесено в європейські країни римськими солдатами. На території сучасної Англії римським солдатам-селянам наказували: «Якщо земля сира, вона повинна бути осушена за допомогою виритих каналів. глибиною чотири фути (1,22 м)». Після римлян аж до XI ст. нові осушувальні роботи не проводилися. В XI ст., після завоювання країни норманами, роботи з осушення були продовжені. У 1252 р. у королівській хартії короля Генріха III було ухвалено перший закон про осушення сільськогосподарських земель, який став основою розвитку меліорації в наступні століття. Приклад Англії з розвитку осушення є унікальним, саме звідси поширилися досвід і техніка меліорації в інші країни, тому необхідно на ньому зупинитися.

Зростання населення країни спонукало державу і церкву звернутися до досвіду осушення земель. У XII–XIII століттях за рахунок підприємливості селян і землевласників осушувальні роботи



продовжилися. В середині XVII ст. повним ходом йшли осушувальні роботи на болотах, незважаючи на протидію «болотних людей», які жили серед боліт і хотіли зберегти свої життєві блага, одержувані рибальством, видобутком торфу, використанням боліт під травами.

У 1652 р. в Англії була опублікована книга В. Блейда з осушення, в якій поряд з будівництвом каналів було рекомендовано будівництво закритого дренажу. У 1724 р. був сконструйований перший «дренажний плуг» для будівництва кротового дренажу. Перший закритий дренаж сучасному вигляді було закладено в графстві Суффолк в 1727 р. У 1764 р. фермер Дж. Елкінгтон відкрив напірність ґрунтових вод на болотах і запропонував закладати вибірковий дренаж з розвантажувальними колодязями, які було занурено в напірний водоносний горизонт.

У Росії широку пропаганду досвіду використання боліт у землеробстві почав М.В. Ломоносов (1711–1765 рр.). Цікава історія розвитку меліорації в Білорусі [21]. Великий князь литовський і польський король Сигізмунд I передав свої поліські володіння як весільний подарунок молодій дружині італійці Боні Сфорца, дочки міланського герцога Сфорца й Ізабелли Арагонської. Королева Бона славилася красою і великою енергією, яку вона направляла на примноження власного багатства. Подорожуючи по басейну річки Стир (притока річки Прип'ять), вона була захоплена тим, що побачила. Так, до своїх, і без того величезних володінь, Бона приєднала Давид-Городоцьке, Пінське і Кобринське староства, які були істинно поліськими землями. Вона сприяла колонізації неосвоєних земель, раціоналізації сільського господарства, а це вимагало меліоративного втручання в природу. Вже при проведенні першої Білоруської аграрної реформи 1557 р. селяни отримали тут в спадкування волоки землі.

Особливу роль у розвитку даного поліського регіону зіграв Матеуш Бутримович (1745–1814 рр.), Пінський міський суддя і підстароста, посол на чотирирічний сейм до Варшави, кавалер ордена Святого Станіслава. Він першим із землевласників тієї епохи приступив до широкої меліорації заболочених територій, фінансував прокладку нових доріг, надавав всіляке сприяння будівництву Огінського і Королівського (нині Дніпровсько-Бузького) каналів. У 1773 році на меліорованих землях почали будуватися садиби.

Через століття було знову зроблено спробу проведення осушення боліт та заболочених земель Поліської низовини. У травні 1872 року було створено комісію «для дослідження стану сільського господарства», яка прийшла до висновку, що «–осушення боліт вкрай необхідне в багатьох губерніях, у тому числі – Мінській та Волинській». У 1873 році була організована Західна (Поліська) експедиція, яка повинна була охопити територію площею близько 9 млн га, під керівництвом геодезиста,

генерал-лейтенанта Йосипа Іполитовича Жилінського (1834–1916 рр.). Й.І. Жилінський запропонував осушити великі простори Полісся і перетворити їх у сільськогосподарські угіддя.

Попередні вишукування 1873–1874 рр. дозволили Й.І. Жилінському розробити «Генеральний план осушення Полісся». Генерал мав намір, «– відхиливши причини, які викликають виникнення боліт, досягти більш рівномірного розподілу вологи і таким чином звільнити заболочений простор від надлишків води». Осушення було запропоновано проводити шляхом відведення води із заболочених територій за допомогою будівництва меліоративних каналів, спрямлення існуючих водотоків, що мало забезпечити зниження рівня ґрунтових вод та можливості проведення сплаву лісу. За роки роботи експедиції було осушено 450 тис. десятин, у тому числі 221 тис. десятин казенних дач і 229 тис. десятин земель землевласників.

Внаслідок проведених робіт було утворено [22]:

- а) нових лук на раніше недоступних болотах – 355000 дес.;
- б) нових орних, городніх і садибних земель – 115000 дес.;
- в) осушено заболочених лісових просторів – 530000 дес.;
- г) площа цінних лісів, що ростуть на сухих островах, для сплаву яких влаштовані шляхи – 640000 дес.;
- д) площа земель, що не вимагали безпосереднього осушення, але для них створено кращі умови експлуатації – 1215000 дес.

На роботи по каналізації (осушенню) під кінець 1897 р. було витрачено 3806000 руб., що становило на 1 десятину (1,0925 га) всього краю 1 руб. 33 коп. Вартість осушення 1 дес. болота становила близько 4 руб. Вартість земель в Поліссі сильно піднялася: до каналізації середня продажна ціна десятини дорівнювала 4 руб., а після – 28 руб. У 1878–1879 рр. площа сінокосів дорівнювала 10238 дес., і казна отримувала з них доходу 7552 руб.; в 1888–89 рр. їх було вже 51376 дес., а дохід дорівнював 10743 руб.; у 1896–1897 рр. площа сіножатей збільшилася до 59203 дес., а дохід казни досяг 149685 руб. З цих цифр видно, що більша частина осушених просторів, що належать казні, була перетворена в луки. Те ж саме можна сказати про осушені землі, що належать приватним землевласникам і селянам, хоча точних статистичних даних про ці землі немає.

Під час неврожаю 1891–1892 рр. в середніх чорноземних губерніях і в Поволжі поширилася думка, що осушення Полісся було причиною цього неврожаю. З цим не можна погодитися як тому, що місця, уражені посухою і неврожаєм, дуже віддалені від Полісся (від 500 до 1000 верст і більше), так і тому, що осушення б впливало лише на поверхневі води. Ґрунти луків і лісів Полісся вологі навіть в середині літа; рівень ґрунтових вод тримається високо, численні канали і канави дають можливість ще підвищити його, коли потрібно. Тому розкішна рослинність лучних трав

росте до осені і ці трави випаровують багато води. Численні дослідження показали, що при повному розвитку хлібних злаків і лучних трав з цієї території випаровується не менше води, ніж у той же час і за інших рівних умов з території, що вкрита водою. Питання про те, чи зменшилася кількість опадів на значній території Росії, стало предметом дослідження Е. Гейнца «До питання про вплив осушення Пінських боліт на опади сусідніх місцевостей», який прийшов до негативної відповіді [22].

Одночасно проводилися дослідження з вирощування на меліорованих землях озимих та ярих культур, кормових трав та овочів, «– щоб на ділі показати поліському селянинові способи і прийоми розробки боліт під ріллю і городи, гарним прикладом викликати у нього бажання до переймання досвіду», в тому числі проводилися досліди з використанням навезеного мінерального ґрунту.

У результаті роботи Західної експедиції оздоровився клімат, втратили епідемічний характер поширені в даній місцевості хвороби. Й.І. Жилінський, після початку робіт з будівництва магістральних каналів, повідомляв: «У каналізованій частині Полісся багато хвороб, таких як пропасниця, грудні та горлові, – втратили епідемічний характер, а колтун і зовсім зник».

Цей проект не мав аналогів у світі. За осушувальні роботи у Поліссі Й.І. Жилінський, ще до їх завершення, був нагороджений Золотою медаллю на Всесвітній виставці у Парижі у 1878 році.

У 1903 році генерал Й.І. Жилінський писав: «Зроблені до цього часу каналізаційні роботи на Поліссі можна вважати достатніми при нинішніх економічних умовах країни, у міру ж зміни цих умов, у міру збільшення населення і культури країни, буде неминучою необхідність розширення мережі каналів. Не можна розглядати роботу цілком завершеною – тільки покладено початок для такого роду роботи в майбутньому» [23].

Доля поліських боліт постійно викликала гострі суперечки – необхідність осушення обґрунтовували багатьма аргументами. Перетворення Полісся, шляхом проведення меліорацій, стверджували вчені, збільшить площу земель, придатних до сільськогосподарських робіт, підвищить їх цінність. Однак одразу знайшлися й противники цього задуму. Інженери водних шляхів заявили, що осушення шкідливе, бо знизить рівень води в річках і ускладнить судноплавство на Прип'яті та Дніпрі. Перед початком Першої світової війни у журналі «Болотознавство» було написано, що: «За останні роки стало модним питання про пересушування боліт. Звідусюди надходять скарги на сумні наслідки осушення: болота, які постачали хоч і поганий, грубий корм, після осушення стали давати тільки мізерну кількість сіна– Дехто вже розпачливо опускав руки: мовляв, доведеться вирощувати верблюдів – для майбутньої поліської пустелі. Значна частина науковців вважала, що

насправді болота стабілізують гідрологічний режим, акумулюють вологу, зберігають водність річок, озер, криниць, зменшують силу посух у сусідніх місцевостях, є доброю домівкою для великої кількості птахів, тварин, справжнім раєм для рослинності, величезною коморою біологічних багатств – Отож уже тоді постало питання – чи всі болота варто осушувати? → [24].

Дві світові війни та інші історичні негаразди призупинили проведення робіт з меліорації земель у першій половині двадцятого століття. Широкомасштабні роботи було відновлено лише з 60-х років ХХ століття. За цей період побудовано і експлуатується 1 130 осушувальних систем, у тому числі 527 міжгосподарських і 603 внутрішньогосподарських. Тільки за період з 1980 по 1990 рік загальна площа земель з осушувальною мережею зросла на 37%, покращився склад сільськогосподарських угідь і структура посівних площ. Питома вага ріллі виросла з 65,7% в 1980 р. до 70,7% в 1990 р. Із загальної площі земель з осушувальною мережею в активному сільськогосподарському виробництві використовувалося 1976,5 тис. га, що складає 89,6%, а під лісом, кущами, торфозробками, каналами, дорогами знаходилося 222 тис. га або 10,1%. В структурі посівних площ на осушених землях в 1990 р. переважали зернові і технічні культури (43,7%) [25; 26].

Згідно з [27] виділяється три етапи розвитку проектування і будівництва осушувальних систем у післявоєнний період в західних областях України з урахуванням змін конструктивних особливостей:

1) 1946–1960 рр. – проектування та будівництво осушувальних систем з відкритою мережею каналів;

2) 1961–1975 рр. – проектування і будівництво систем з матеріальним горизонтальним дренажем;

3) 1976–1990 рр. – проектування і будівництво сучасних систем з двобічним регулюванням водно-повітряного режиму, водозворотних і осушувально-зволожувальних систем з автоматизованим водорегулюванням.

Проекти осушення передбачали регулювання водного режиму і, в окремих випадках, будівництво дамб уздовж русел рік, у межах осушених заплав, перехоплення схилових, делювіальних вод нагірними каналами, прискорення поверхневого стоку, відтоку інфільтраційних вод і пониження рівня ґрунтових вод як відкритою мережею каналів, так і гончарним дренажем. За характером дії на водний режим земель меліоративні системи України, в основному, односторонньої дії. Стік осушувальних систем не зарегульований, а застосування шлюзування обмежено. Із загальної площі осушення (2,2 млн га станом на 1990 р.) тільки на площі 450 тис. га проводилось зволоження, з них по кротових дренах на площі 174 тис. га, інфільтрацією з відкритих каналів – 264 тис.

га, дощуванням – 12 тис. га [26]. Відкритою мережею каналів, які побудовані в різні часи, осушуються заплави всіх головних рік і їх численних притоків.

Гончарний дренаж є основним способом осушення перезволожених і заболочених земель України, а площа осушених гончарним дренажем земель становить 1,4 млн га.

У меліоративній практиці використання дренажу відомо з найдавніших часів. Так, наприклад, стародавні римляни застосовували дрібні канали, заповнені каменем або хмизом, для осушення земель, запозичивши цей спосіб у більш давніх народів Сходу.

Дренажні системи для меліорації заболочених ґрунтів, а також для боротьби із засоленням зрошуваних ґрунтів були відомі в часи давнього Єгипту, Індії, Ассирії, Вавилону і відкриті розкопками Парфянським державі з її столицею Неса в районі сучасного м. Ашхабада [28].

На території стародавньої Русі перші осушувальні роботи проводилися в XI–XII ст. в Новгородському, Володимирському і Московському князівствах. За Петра Першого в Росії було розпочато осушення земель, прилеглих до Фінської затоки [29; 30].

Починаючи з 1650 р. стали з'являтися дренажні системи з дерева, фашин і каменю (гравію) в Англії. Пізніше в Шотландії, а потім і в Німеччині почали застосовувати дрени із фасонної черепиці. Винахід преса для виготовлення гончарних дренажних труб в 1840 р. в Англії сприяло швидкому поширенню дренажу по всій Європі [31].

З початку 50-х років XIX століття отримує розвиток гончарний дренаж і в Росії. У 1853 р. у Ризі були показані перші результати дренажних робіт, дещо пізніше, в 1857 р., на сільськогосподарській виставці при Гори-Горецькому інституті демонструвалися гончарні трубки місцевого виробництва. З 1853 акад. Железнов Н.І. вивчав дію гончарного дренажу з метою застосування в різних місцевостях Росії і встановив досить ефективну його роботу на перезволожених глинистих ґрунтах [30]. У 50-х роках минулого століття в Петербурзі інженер Фалевич читав курс лекцій про застосування дренажу в землеробстві [33]. Широке будівництво закритого горизонтального дренажу застосовувалося в балтійських районах Росії.

За 1879–1897 рр. у західних областях України (нинішні Львівська, Івано-Франківська, Чернівецька та Закарпатська області) було дреновано 7575 га. Всього на Західній Україні площі, дреновані 50 і більше років тому, обчислюються в 20 тис. га [30; 34]. Проведення осушення земельних угідь тільки за допомогою закритого горизонтального дренажу характерно для Чернівецької, Одеської, Донецької областей.

Переважаючою часткою осушення за допомогою цього способу відзначається також Івано-Франківська, Тернопільська, Хмельницька,

Вінницька області. Найбільшими площами осушення, яке проведено за допомогою двобічного регулювання водного режиму, у характеризуються Луганська (91,9% від площі осушення), Чернігівська (80,3%), Полтавська (70,4%), Сумська (68,4%) області, але, за абсолютними показниками, найбільші площі з гарантованим регулюванням водного режиму сільськогосподарських угідь розташовані у поліському регіоні (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Способи осушення земель України [27]

№ з/п	Адміністративні утворення	Загальна площа осушених земель					
		Всього		Із закритим дренажем		Із двобічними регулюванням водного режиму	
		тис. га	% від площі області	тис. га	% від площі області	тис. га	% від площі області
1	Вінницька область	57,3	2,2	51,0	89,0	3,3	5,8
2	Волинська	416,6	20,7	236,6	56,8	157,2	37,7
3	Донецька	4,7	0,2	0,1	2,1	-	-
4	Житомирська	425,4	14,3	296,7	63,4	188,7	44,3
5	Закарпатська	183,8	14,4	148,5	80,8	1,9	1,0
6	Івано-Франківська	195,5	14,0	195,2	99,8	2,9	1,5
7	Київська	188,8	6,7	91,4	48,4	68,0	36,0
8	Луганська	11,1	0,4	0,4	3,6	10,2	91,9
9	Львівська	513,2	23,5	390,1	76,0	36,4	7,1
10	Одеська	4,4	0,1	0,1	2,3	-	-
11	Полтавська	37,2	1,3	8,4	22,6	26,2	70,4
12	Рівненська	390,4	19,5	275,0	70,4	234,3	60,0
13	Сумська	106,6	4,5	55,7	52,3	72,9	68,4
14	Тернопільська	165,6	12,0	151,4	91,4	10,2	6,2
15	Харківська	11,8	0,4	4,2	35,6	5,6	47,4
16	Хмельницька	117,5	5,7	97,8	83,2	24,9	21,2
17	Черкаська	55,7	2,7	4,6	8,3	31,5	56,6
18	Чернівецька	121,8	15,0	121,4	96,7	-	-
19	Чернігівська	300,0	9,4	167,8	55,9	241,0	80,3
	Всього:	3307,4	5,5	2296,4	69,4	1115,2	33,7

Таким чином, осушувальні меліоративні роботи були проведені в більшості областей сучасної України, але надзвичайно важливу роль вони відіграли у становленні та підвищенні ефективності аграрного виробництва саме в зоні Полісся.

## Література до розділу

1. Поспелов Е. М. Географические названия мира. Топонимический словарь / отв. ред. Р. А. Агеева. 2-е изд. М. : Русские словари; Астрель; АСТ, 2002. 512 с.
2. Словарь современных географических названий / под общей редакцией акад. В. М. Котлякова. Екатеринбург : У-Фактория, 2006.
3. Климчук Ф. Д. Географическая проекция внутренней формы названия «Полесье». *Региональные особенности восточнославянских языков, литератур, фольклора и методы их изучения* : тезисы докладов и сообщений III республиканской конференции. Гомель, 1985. Часть I. С. 93–96.
4. Крывіцкі А. А. Назва Палессе – свая ці чужая? *Роднае слова*. 1997. № 8. С. 35–43.
5. Катанова Е. М. Балто-славянские контакты и проблема этимологии гидронимов. *Проблемы этногенеза и этнической истории балтов* : тезисы докладов. Вильнюс, 1981. С. 96–98.
6. Клімчук Ф. Д. Феномен Палесся. *Загароддзе-1* : матэрыялы Міждысцыплінарнага навуковага семінара па пытаннях даследавання Палесся (Мінск, 19 верасня 1997 г.). Мінск, 1999. С. 5–9.
7. URL: [http://vodospad.com/articles/beautiful-places/podsnezhniki\\_11032015.html](http://vodospad.com/articles/beautiful-places/podsnezhniki_11032015.html) (дата звернення: 21.04.2016).
8. Официальный сайт национального парка «Припятский». URL: <https://www.npp.by/> (дата звернення: 21.04.2016).
9. Пирожник И. И., Аношко В. С., Кот С. И. Дорогами дружбы : Белорусское и Украинское Полесье. Мн. : Полымя, 1985. 207 с.
10. Климчук Ф. Д. Некоторые дискуссионные вопросы средневековой истории Надъясельдья и Погорынья. *Palaeoslavica*. Cambridge-Massachusetts, 2004. Вып. XII. № 1. С. 5–28.
11. Мороз М. А., Чаквин И. В. Полесье как историко-этнографическая область, её локализация и границы. *Полесье. Материальная культура*. С. 40.
12. Ландшафты Белоруссии / под ред. Г. И. Марцинкевич, Н. К. Клицуновой. Минск : Университетское, 1989.
13. Природа Белоруссии. Популярная энциклопедия. Мн. : БелЭн, 1986.
14. Маринич О. М., Ланько А. І., Щербань М. І., Тищенко П. Г. Фізична географія Української РСР. К. : Вища школа, 1982. 208 с.

15. Географічна енциклопедія України: у 3 т. / редколегія: О. М. Маринич (відпов. ред.) та ін. К.: «Українська радянська енциклопедія» ім. М. П. Бажана, 1989.

16. Заставний Ф. Д. Географія України. Львів: Світ, 1990.

17. Поліський ландшафтний край. URL: [http://geografica.net.ua/publ/galuzi\\_geografiji/fizichna\\_geografija\\_ukrajini/poliskij\\_landshaftnij\\_kraj/39-1-0-544](http://geografica.net.ua/publ/galuzi_geografiji/fizichna_geografija_ukrajini/poliskij_landshaftnij_kraj/39-1-0-544) (дата звернення: 21.04.2016).

18. Туристический путеводитель по Люблинскому воеводству. URL: [www.polska.ru/turystyka/miasta/województwa/lubelskie.html](http://www.polska.ru/turystyka/miasta/województwa/lubelskie.html) (дата звернення: 21.04.2016).

19. Поліська екологічна конвенція – гносеологічна парадигма становлення / Коніщук В. В., Андрієнко Т. Л., Бондар О. І., Груммо Д. Г., Давидюк В. Ф., Євстігнєєв О. І., Коновальчук В. К., Ландін В. П., Лукаш О. В., Серебряков В. В., Соловей Т. В., Титар В. М., Фурдичко О. І., Чоботько Г. М., Шершун М. Х. *Природа західного полісся та прилеглих територій*. Розділ 3. *Екологія*. 2012. № 9/ С. 289–93.

20. Полесье. Материальная культура / В. К. Бондарчик, И. Н. Браим, Н. И. Бураковская и др.; редкол.: В. К. Бондарчик, Р. Ф. Кирчив (ответственные редакторы) и др. АН УССР. Львовское отделение Института искусствоведения, фольклора и этнографии им. М. Ф. Рильского. Киев: Наук. думка, 1988. 448 с.

21. Подлужный П. Из истории осушения Полесья. *Драгічынскі веснік*. 06/04/2010. URL: <http://www.drogichin.by/novosti/iz-istorii-osusheniya-rolesya/> (дата звернення: 21.04.2016).

22. Большой энциклопедический словарь Брокгауза Ф. А., Ефрона И. А. С-Пб., 1892. URL: <http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/007/121/> (дата звернення: 21.04.2016).

23. Жилинский И. И. Очерк работ Западной экспедиции по осушению болот (1873–1898). СПб.: Изд-во Министерства земледелия и гос. имуществ, 1899.

24. Трохи про Полісся і Волинь. URL: [http://hronosua.blogspot.com/2013/02/blog-post\\_7831.html](http://hronosua.blogspot.com/2013/02/blog-post_7831.html) (дата звернення: 21.04.2016).

25. Зайдельман Ф. Р. Мелиорация почв. М.: Изд-во Московского гос. ун-та, 1987. 303 с.

26. Козловський Б. І. Наукові основи моніторингу осушених земель. Львів: Місіонер, 1995. 189 с.



27. Паньків З. П. Земельні ресурси : навч. посіб. Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2008. 272 с.
28. Значение дренажа в повышении плодородия почв / Ковда В. А. и др. М. : Изд-во АН СССР, 1956. 58 с.
29. Шерстобоев Н. Я. К истории осушения земель закрытым дренажем в СССР. *Гидротехника и мелиорация*. 1962. № 3–4.
30. Шерстобоев Н. Я. К истории отечественной гидротехники и мелиорации. *Гидротехника и мелиорация*. 1951. № 9. С. 67–79.
31. Янголь А. М. Двухстороннее регулирование влажности при осушении. М. : Колос, 1970. 136 с.
32. Шкинкис Ц. Н., Смигли Х. А., Туманс В. В. Вопросы дополнительного увлажнения почв в условиях Латвийской ССР. *Гидротехника и мелиорация в Латвийской ССР*. Елгава, 1969. Т. 13. С. 3–38.
33. Маслов Б. С., Станкевич В. С., Черненко В. Я. Осушительно-увлажнительные системы. М. : Колос, 1981. 280 с.
34. Перехрест С. М. Меліорація надмірно зволожений мінеральних земель України. Київ : Наукова думка, 1966. 129 с.
35. Земельні ресурси України / за ред. В. В. Медведева, Т. М. Лактіонової. К. : Аграрна наука, 1998. 150 с.
36. Коваленко П. И. Концептуальные подходы к мелиорации земель в Украинском Полесье. *Мелиорация переувлажненных земель*. 2007. № 2. С. 6–16.

## 2. ҐРУНТИ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ ТА ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

### 2.1. Розвиток та еволюція ґрунтів Українського Полісся

У минулому 85% території сучасного Українського Полісся займали змішані хвойно-широколистяні ліси, а на безлісних ділянках проростала природна трав'яниста та болотна рослинність. Діяльність людини призвела до зміни рослинних формацій, що вплинуло на процеси ґрунтоутворення. Значна частина лісів поліської зони вирубана, а звільнені земельні ділянки використовуються як сільськогосподарські території. На сьогодні площа, покрита лісом, зменшилася до 30%, зокрема до 50% цієї території є заболоченими землями [1].

Різноманіття природних умов на Поліссі та господарська діяльність впливають на сучасні процеси ґрунтоутворення, що призводить до формування ґрунтів із розмаїтими ознаками та властивостями.

Серед основних природних факторів, які визначили неоднорідність ґрунтового покриву, виокремлюють кліматичні умови, рельєф місцевості, літологію та гранулометричний склад ґрунтоутворних порід, а також різноманітність рослинного покриву.

Характерною особливістю *кліматичних умов* Полісся є перевищення суми опадів за рік над випарованістю вологи, що зумовлює промивний тип водного режиму, а на понижених ділянках – заболочування.

Територія Українського Полісся – це слабодренована *рівнина з дуже розвиненим мезорельєфом* у вигляді моренних горбів, гряд, піщаних дюн і валів. Поліська низовина оточена з півночі та півдня значними підвищеннями. Із висот стікають підґрунтові води, що живлять численні річки, які в межах низовини мають незначні схили, дуже слабо врізані й тому майже не дреноують територію. Слабка дренованість та близьке залягання ґрунтових вод зумовлюють заболоченість значних територій.

Основні *ґрунтоутворні породи* на Поліссі включають водно-льодовикові, льодовикові та алювіальні відклади. В окремих областях можна виявити невеликі острівці лесових відкладів, які в основному характеризуються легким гранулометричним складом. Різноманітність материнських порід, хвилястий рельєф і коливання рівня ґрунтових вод формують різнобарвність ґрунтового покриву.

Четвертинне зледеніння значно вплинуло на формування ландшафтів, призводячи до домінування у структурі ґрунтоутворних порід водно-льодовикових відкладів. Серед них переважають середньо- і грубозерністі піски, супіски та рідше суглинки. Ці відкладення

відрізняються безкарбонатністю та безструктурністю, а при близькому заляганні ґрунтових вод мають ознаки оглеєння.

Льодовикові відклади (морени) характеризуються неоднорідним, переважно легкосуглинковим гранулометричним складом із включенням валунів, гальки і піску. Це найбагатша за хімічним складом ґрунтотворна порода, на якій сформувалися найродючіші поліські ґрунти.

Територія Полісся значно розчленована річковою мережею (притоки Прип'яті, Дніпра та Десни), тому значну площу займають алювіальні відклади. Особливістю алювіальних відкладів є їхня безкарбонатність.

Однак на Волинському, Малому, Чернігівському Поліссі карбонатні породи (мергелі, вапняки, крейда) виходять на поверхню, а їхні елювіальні відклади виступають як ґрунтотворні породи для дерново-карбонатних ґрунтів. Елювій щільних карбонатних порід характеризується карбонатністю та високою водопроникністю.

На Житомирському Поліссі щільні силікатні породи виходять на поверхню, і елювіальні відклади цих порід слугують ґрунтотворними породами для дернових літогенних ґрунтів.

В областях близького залягання крейдяних покладів утворюється карбонатна морена, яка містить уламки вапняків і крейдяних мергелів. Високий вміст карбонату кальцію у цих породах гальмує підзолення. У деяких місцях морени мають важкий гранулометричний склад, що призводить до низької водопроникності, зв'язності та перезволоження верхньої частини ґрунтового профілю.

Характер *рослинного покриву* на Поліссі обумовлений специфічними параметрами клімату, домінуючими піщаними та супіщаними ґрунтами та безкарбонатністю ґрунтотворних порід. У цій зоні розповсюджені три основних типи природної рослинності: ліси, болота та луки. Лісовий покрив на значній території відчутно постраждав від антропогенного впливу. У той же час трав'яний покрив, хоча і зазнав трансформацій, демонструє вищу стійкість до впливу людської діяльності.

У лісах Полісся поширені такі типи: соснові, сосново-дубові, дубово-грабові (на Правобережжі), дубово-липові (на Лівобережжі). Уздовж боліт, особливо при затопленні, можна спостерігати заболочені лісові угруповання. У заплавах річок Полісся характерні заплавні луки, котрі періодично заливаються повеневидами водами. Також на Поліссі розповсюджені дюнні піщані горби, покриті різноманітною трав'яною та злаковою рослинністю.

Дерновий процес через нагромадження у ґрунті органічних і органічно-мінеральних речовин за рахунок трав'янистої рослинності та її активний розклад за допомогою бактеріальної мікрофлори сприяють формуванню вираженого гумусового горизонту. Часто дерновий процес чергується із підзолистим або протікає паралельно з ним.

У сучасному періоді еволюції ґрунтів значний вплив на процеси ґрунтоутворення справляє людська діяльність, що включає вирубку лісів, обробку великих площ, а також осушення боліт та перезвожених територій.

Внаслідок осушення великих площ Полісся відбулися значні зміни в ландшафті: понизився рівень ґрунтових вод, інтенсифікувались елювіальні процеси, змінився водний баланс ґрунтів, активізувався дерновий процес у ґрунтовому профілі.

Осушення перезвожених і заболочених земель дозволило збільшити територію, задіяну в агросекторі. Сільськогосподарські угіддя займають площу 5,9 млн га, у тому числі рілля і перелоги – 3,9 млн га. Рівень розораності угідь становить більше 49%, що є найвищим показником серед лісових зон європейських країн [2]. Залучення ґрунтів у сільськогосподарському виробництві наведено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Ґрунти сільськогосподарських угідь Полісся та їхня розораність, у відсотках від площі зони (за М.І. Полупаном, 1988)

Ґрунти	Сільськогосподарські угіддя	Рілля
Дерново-підзолисті	48,0	59,5
Підзолисто-дернові	0,4	0,6
Світло-сірі і сірі лісові	9,4	13,2
Темно-сірі опідзолені і чорноземи опідзолені	4,5	6,5
Дернові	0,2	0,3
Дерново-карбонатні	3,4	4,8
Лучно-чорноземні	0,4	0,6
Дернові глейові	14,6	8,7
Дернові поверхнево оглеєні	0,1	0,1
Лучні	3,0	2,3
Алювіальні лучні	2,1	0,3
Лучно-болотні	4,0	0,9
Алювіальні лучно-болотні	1,7	0,3
Торфово-болотні та торфовища	6,0	1,4
Алювіальні торфово-болотні та торфовища	2,0	0,5
Розмиті землі та виходи порід	0,2	-

У структурі посівних площ переважають такі сільськогосподарські культури, як жито, картопля, льон, озима пшениця, овочеві культури та

люпин. Однак за останнє десятиріччя зміни кліматичних умов спричинили міграцію південних культур на північ та трансформацію структури посівних площ. До того ж, окупація південних областей України зумовила необхідність у розширенні посівів на заході країни. Це призвело до введення нових культур, які раніше не були типовими для цих регіонів. Проте дозволяє адаптувати аграрний сектор до змін клімату та забезпечити стабільний врожай.

Отже, неоднорідність гранулометричного і хімічного складу ґрунтоутворюючих підстилюючих порід, виражений мезо- та мікрорельєф на переважно рівнинній території, високий рівень залягання ґрунтових вод, різноманітність рослинних формацій та господарська діяльність зумовили формування неоднорідного, строкатого ґрунтового покриву Поліської зони.

## 2.2. Ґрунти Полісся та їхні основні агрофізичні властивості

**2.2.1. Дерново-підзолисті ґрунти.** Дерново-підзолисті ґрунти є зональними ґрунтами Полісся і займають близько 66% загальної площі (рис. 2.1). Ці ґрунти виникли в умовах впливу лісової рослинності та формувалися на різноманітних відкладах, як-то водно-льодовикові, моренні, лесоподібні та алювіальні. Залежно від ступеня підзолистості дерново-підзолисті ґрунти можуть бути визначені як слабопідзолисті, середньопідзолисті та дерново-прихованопідзолисті. Також, з урахуванням ступеня оглеєності, ці ґрунти поділяються на глеюваті, глейові та сильноглеюваті [1; 3].

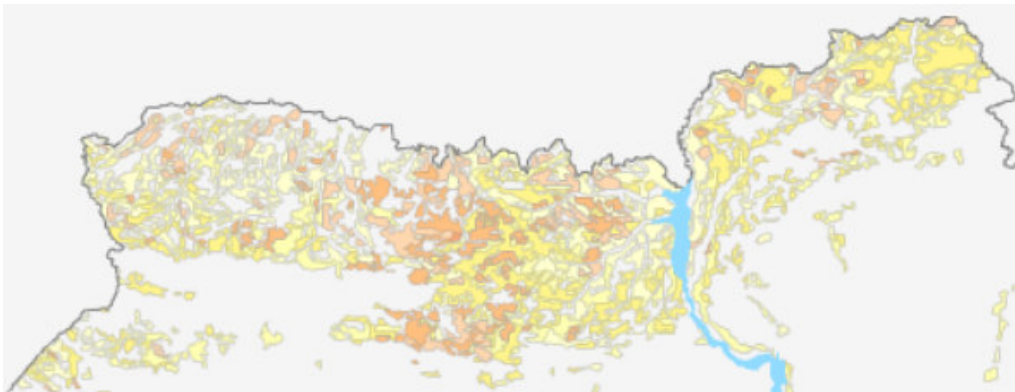


Рис. 2.1. Поширення дерново-підзолистих ґрунтів (джерело <https://superagronom.com/karty/karta-gruntiv-ukrainy#win24>)

Підзолювання є процесом, що характеризується руйнуванням, розчиненням і переміщенням органічних речовин із верхніх шарів ґрунту, а також їхнім відкладенням у нижчих шарах. Типовими рисами опідзолених ґрунтів є перерозподіл колоїдів вздовж ґрунтового профілю та чітке розмежування генетичних горизонтів, таких як елювіальний (вимивання) та ілювіальний (навивання).

В ілювіальному горизонті різко збільшується кількість мулу, що залежить від ступеня опідзоленості. Морфологічні ознаки цих ґрунтів включають світло-сірий безструктурний гумусовий елювіальний горизонт товщиною до 20 см у верхній частині. У цьому шарі зосереджений основний запас гумусу. На глибині 20–40 см розташований елювіальний безгумусовий горизонт, відзначений яскравим забарвленням внаслідок великої кількості крем'янки. Це горизонт, у якому найбільш виражений підзолистий процес. Добре промитий і збіднілий на поживні речовини. Основною характеристикою є відсутність структури в цьому горизонті.

Нижче розташований ілювіальний горизонт (40–120 см), для якого характерні виражені кластери колоїдних речовин, таких як гідрати, оксиди заліза та алюмінію, гумусові речовини та інші сполуки. Ці компоненти надають горизонту мозаїчності: на загальному червонувато-бурому тлі присутні прошарки грубозернистого світло-забарвленого (відмитого від плівок заліза) піску. Горизонт ущільнений, іноді не пропускає воду. Далі залягає ґрунтоутворна порода різного походження та потужності (120–200 см). При постійному або тимчасовому надмірному зволоженні є ознаки повного або часткового оглеєння у вигляді сизих та іржавих плям і розводів.

Найкраще виражені генетичні горизонти в супіщаних дерново-підзолистих ґрунтах. Помітна також диференціація ґрунтового профілю в дерново-слабо- і середньо-підзолистих піщаних і глинисто-піщаних ґрунтах. У дерново-прихованих підзолистих ґрунтах дерновий горизонт слабо забарвлений гумусом і має слабо виявлені ознаки підзолистості. Фізико-хімічні властивості та гранулометричний склад основних відмін дерново-підзолистих ґрунтів наведені в таблицях 2.2 та 2.3 [4].

Дерново-підзолисті ґрунти Полісся в основному характеризуються легким гранулометричним складом, включаючи піщані, глинисто-піщані та супіщані ґрунти, в яких вміст мулуватих часток становить відповідно 2%, 2–5%, 5–15%. Фізичні властивості цих ґрунтів залежать від їхнього гранулометричного складу. Щільність орного шару дерново-підзолистих ґрунтів перевищує оптимальне значення і коливається від 1,40 до 1,55 г/см<sup>3</sup>. Ці ґрунти відрізняються низькою вологоємністю, підвищеною водопроникністю та дуже низькою гігроскопічністю.

Таблиця 2.2

## Фізико-хімічні властивості дерново-підзолистих ґрунтів

Ґрунт	Глибина зразка, см	рН	Гідролітична кислотність	Сума ввібраних основ	Ступінь насичення основами	Гумус, %
			мг-екв на 100 г ґрунту			
Дерново-приховано-підзолистий піщаний	0–20	5,0	2,6	1,0	30,0	0,60
	30–40	5,1	1,6	0,5	24,0	0,23
Дерново-слабо-підзолистий глейовий глинисто-піщаний	0–20	4,6	2,6	1,3	52,4	1,30
	20–30	4,8	1,6	0,9	-	0,34
Дерново-середньо-підзолистий супіщаний	0–20	5,6	2,3	2,7	-	1,20
	30–40	5,9	0,8	1,5	-	0,20
Дерново-середньо-підзолистий глеуватий супіщаний	0–20	5,2	2,4	2,9	54,9	1,50
	25–40	5,0	1,6	2,8	31,0	0,42

Слід зауважити, що дерново-підзолисті ґрунти мають невисокий рівень родючості та несприятливі властивості для вирощування сільськогосподарських культур. Характерною особливістю цих ґрунтів у Поліссі є низька ємність катіонного обміну (1,5–8,5 мг-екв/100 г), а також бідність кальцієм, магнієм і поживними речовинами. Реакція ґрунтового розчину є кислою, рН сольової витяжки коливається від 4,2 до 5,6, а гідролітична кислотність становить 1,5–3,5 мг-екв на 100 г ґрунту.

Дерново-підзолисті ґрунти характеризуються низьким вмістом гумусу 0,4–2,5%, який локалізований переважно в гумусово-елювіальному горизонті. В елювіальному горизонті його кількість зменшується до 0,2–0,4%.

Аналіз складу гумусу вказує на перевагу вмісту фульвової кислоти над іншими кислотами. Запаси поживних речовин у дерново-підзолистих ґрунтах є дуже обмеженими: вміст азоту становить 0,05–0,08, фосфору – 0,04–0,09, а калію – 1,0–1,5% від маси сухого ґрунту. Крім того, ці ґрунти характеризуються низьким вмістом мікроелементів: кобальту – 2 мг, мангану – 98 мг, цинку – 29 мг і бору – 4 мг у 1 кг сухого ґрунту [1; 3].

Таблиця 2.3

## Гранулометричний склад дерново-підзолистих ґрунтів, %

Ґрунтова відміна	Глибина зразка, см	Розміри частинок, мм						фізична глина
		пісок		пил			мул	
		>0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001		
Дерново-приховано-підзолисті піщані	0–20	50,0	39,38	4,07	0,54	2,31	1,60	4,45
	30–40	51,25	38,58	3,54	1,54	2,46	2,00	6,00
	50–60	49,50	37,00	6,66	0,41	3,75	1,84	6,00
Дерново-слабопідзолисті глинисто-піщані глеюваті	0–20	35,6	45,78	10,66	0,94	2,66	4,36	7,96
	50–60	53,26	43,02	0,84	0,18	0,84	1,86	2,88
	150–160	45,77	50,31	1,20	0,24	0,56	1,92	2,72
Дерново-середньо-підзолисті глинисто-піщані	0–20	4,65	65,81	20,76	2,12	1,32	4,74	8,18
	30–40	3,87	65,98	22,96	1,64	2,50	2,68	6,82
	150–160	4,63	62,35	22,50	1,36	2,36	6,52	10,24
Дерново-середньо-підзолисті супіщані	0–20	12,21	48,63	17,86	2,18	1,94	15,62	19,74
	40–50	30,41	34,25	12,00	2,36	3,43	16,15	21,94

Із метою підвищення родючості дерново-підзолистих ґрунтів пропонується впровадження комплексу заходів, що передбачає насамперед вапнування та внесення органічних добрив. На зазначених типах ґрунтів виявлено, що серед мінеральних добрив найбільш ефективними є азотні та фосфорні, тоді як калійні проявляють менший ефект. Важливим аспектом є внесення мікроелементів, таких як мідь, бор, манган та інші, які сприяють значному підвищенню врожайності зернових та просапних культур.

*Дерново-підзолисті оглеєні* (глеюваті та глейові) ґрунти на делювіальних і водно-льодовикових відкладах, а також на морені розташовані на зниженнях вододільних просторів, терасах та інших ландшафтних елементах, де близько до поверхні розташовані ґрунтові води. Ці ґрунти можуть також зустрічатися на підвищених ділянках у випадку наявності ущільненого прошарку на певній глибині, на поверхні якого затримується атмосферна волога.

Оглеєння є біохімічним процесом, при якому відбувається перетворення окисних сполук заліза та алюмінію в закисні форми. Цей процес проходить в анаеробних умовах при тривалому перезволоженні ґрунту. Слід відзначити, що ступінь оглеєності прямо залежить від глибини розташування ґрунтових вод.



Оглеєні горизонти мають сизувате, брудно-зеленувате або голубувате забарвлення. Розрізняють дві основні категорії залежно від ступеня оглеєності:

а) глеюваті ґрунти, на яких ознаки оглеєності спостерігаються лише в материнській породі та нижній частині ілювіального горизонту;

б) глейові ґрунти, де оглеєння охоплює весь ілювіальний горизонт.

Дерново-підзолисті оглеєні ґрунти зберігають ознаки дерново-підзолистих ґрунтів. Під гумусовим горизонтом залягає вимитий білястий елювіальний пісок. Глибина цього горизонту коливається в межах 10–40 см. Під елювієм чітко виділяється ілювіальний горизонт, який має вигляд брудно-бурого ущільненого глинисто-піщаного прошарку.

Оглеєні ґрунти відзначаються низьким вмістом органічної речовини та збільшеною кислотністю, спричиненою активним рухомим алюмінієм, яка є особливо несприятливою для росту рослин. Негативний вплив також здійснюють закисні сполуки у ґрунтовому розчині. Близькість до ґрунтових вод та періодична перезволоженість цих ґрунтів визначають необхідність застосування агроеліоративних заходів, насамперед осушення ґрунту.

Для одержання високих урожаїв на оглеєних ґрунтах необхідно проводити їхнє вапнування та вносити мінеральні й органічні добрива. На дерново-підзолистих оглеєних ґрунтах вирощують овочеві, технічні та кормові культури, включаючи трави.

**2.2.2. Опідзолені ґрунти.** Опідзолені ґрунти утворились на лесових породах (рис. 2.2). Серед них можна виділити світло-сірі, сірі та темно-сірі опідзолені ґрунти, а також чорноземи опідзолені. Материнською породою для цих ґрунтів є лес та лесовидні суглинки.

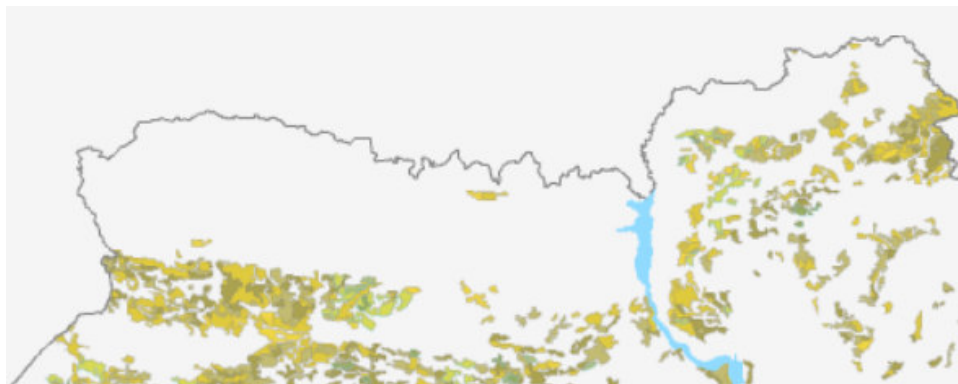


Рис. 2.2. Поширення опідзолених ґрунтів (джерело <https://superagronom.com/karty/karta-gruntiv-ukrainy#win24>)

Структура профілю *світло-сірих опідзолених ґрунтів* подібна до дерново-підзолистих. Гумусовий горизонт у них не перевищує 20–25 см, під ним чітко виділяється елювіальний. Під елювіальним, на глибині 28–30 см розташований бурий, ущільнений, горіхуватої структури ілювіальний горизонт, який поступово переходить у вилугований лес. Показники фізико-хімічних властивостей та гранулометричного складу опідзолених ґрунтів наведено в таблицях 2.4 і 2.5 [4].

Таблиця 2.4

Фізико-хімічні властивості сірих опідзолених ґрунтів

Ґрунт	Глибина зразка, см	рН	Гідролітична кислотність	Сума ввібраних основ	Ступінь насичення основами	Гумус, %
			мг-екв на 100 г ґрунту			
Світло-сірий опідзолений легкосуглинковий	0–20	5,7	2,67	9,30	71,6	1,43
	20–30	4,8	2,39	-	-	0,50
Сірий опідзолений легкосуглинковий	0–20	5,7	2,49	10,67	76,5	1,76
	30–40	-	2,23	-	83,7	0,93
Темно-сірий опідзолений крупнопилувато-легкосуглинковий	0–20	5,9	2,31	12,20	81,5	2,88
	30–40	5,8	2,34	11,23	82,8	1,31

Таблиця 2.5

Гранулометричний склад опідзолених ґрунтів, %

Ґрунтова відміна	Глибина зразка, см	Розміри частинок, мм						
		пісок		пил			мул	фізична глина
		>0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	0,01
Світло-сірі опідзолені легкосуглинкові	0–20	0,39	35,25	38,10	2,14	6,06	11,90	20,10
	50–60	3,21	12,74	50,96	5,76	1,70	23,92	30,38
	70–80	0,05	12,47	54,46	6,10	5,30	21,29	31,60
Сірі опідзолені крупнопилувато-легкосуглинкові	0–20	0,02	10,33	62,72	5,12	4,82	15,54	25,48
	30–40	0,11	10,05	52,22	5,18	4,48	19,48	29,14
	60–70	0,12	10,33	60,02	4,52	4,32	19,32	28,16
Темно-сірі крупнопилувато-легкосуглинкові	0–20	0,38	14,86	62,82	4,56	5,30	10,74	20,60
	30–40	0,06	31,81	36,50	5,52	5,84	18,72	30,18
	60–70	-	11,22	55,04	5,24	5,06	21,58	31,88

Вміст гумусу в орному шарі світло-сірих опідзолених ґрунтів варіюється у межах 0,8–2,5%, рН сольової витяжки – 4,8–6,6, а ступінь насичення основами коливається від 50% до 80%.

*Сірі опідзолені ґрунти* відрізняються від світло-сірих більш розвиненим гумусовим (30–35 см) і слабкішим елювіальним горизонтом. Ілювіальний горизонт також менш помітний і більше гумусований (1,7–2,5% гумусу). Його характеристиками є понижена кислотність (рН 5,2–7,0), вищий рівень насичення основами (76–95%) і підвищений зміст поживних речовин. Однак природна родючість цих ґрунтів недостатня для одержання на них високих урожаїв.

*Темно-сірі опідзолені ґрунти* відзначаються вищою природною родючістю порівняно з іншими ґрунтовими типами. У цих ґрунтах загальна глибина гумусового горизонту досягає 50–60 см, вміст гумусу на рівні 2,5–3,7%. Реакція ґрунтового розчину коливається від слабокислої до лужної (рН 5,9–7,0). Орний шар добре насичений основами (81–97%), валовий вміст фосфору – 0,1–0,4%, калію – 1,4–2,6% [1; 3].

Оглеєні відміни опідзолених ґрунтів характеризуються, порівняно з неоглеєними, більш щільним і в'язким ілювіальним горизонтом, меншим вмістом гумусу, більшою кислотністю і меншою насиченістю основами. Ці ґрунти краще забезпечені вологою, а в дощові періоди схильні до перезволоження.

Із метою підвищення родючості оглеєних опідзолених ґрунтів рекомендується впровадження агро меліоративних заходів, спрямованих на покращення фізико-хімічних властивостей ґрунтового профілю, серед них поглиблення орного шару та підтримання його пухкості. Для одержання високих урожаїв потрібно збільшувати вміст поживних речовин і знижувати кислотність ґрунтів.

Серед опідзолених ґрунтів особливу увагу привертають *опідзолені чорноземи*, які вирізняються високою природною родючістю, обумовленою помітним впливом підзолистого процесу. Ця особливість проявляється у їхній морфологічній структурі та фізико-хімічних характеристиках, таких як пластична структура підорного шару та присипка з кремнезему. Також ґрунти відзначаються невеликим підвищенням кислотності верхніх горизонтів порівняно з нижніми шарами ґрунту.

За вмістом гумусу, опідзолені чорноземи можна класифікувати на дві основні категорії: слабогумусовані, де вміст гумусу не перевищує 3%, та малогумусні, де цей показник перевищує 3%. Відповідно до потужності гумусової частини ґрунтового профілю, опідзолені чорноземи поділяються на глибокі (до 120–130 см) і неглибокі (до 80–110 см).

Крім того, можна виділити категорії чорноземів залежно від присутності карбонатів. Чорноземи класифікуються як карбонатні, якщо

карбонати присутні на глибині до 30 см від поверхні. Типові чорноземи характеризуються наявністю солей вуглекислого кальцію і магнію на глибині 40–60 см. У випадку вилугованих чорноземів ці солі вимиті в нижню частину ґрунтового профілю.

Верхній горизонт характеризується слабокислою або нейтральною реакцією ґрунтового розчину (табл. 2.6). Гранулометричний склад чорноземних легкосуглинкових ґрунтів наведений в табл. 2.7. Структура орного шару зернисто-грудкувата [4].

Таблиця 2.6  
Гранулометричний склад опідзолених ґрунтів, %

Ґрунти	Глибина зразка, см	рН	Гідролітична кислотність	Сума ввібраних основ	Ступінь насичення основами	Гумус, %
			мг-екв на 100г ґрунту			
Чорнозем неглибокий малогумусний легкосуглинковий	0–20	6,5	-	19,90	95,00	3,20
Чорнозем глибокий слабогумусований легкосуглинковий	0–20	6,7	-	19,80	92,50	2,70

Таблиця 2.7  
Гранулометричний склад опідзолених ґрунтів, %

Ґрунтова відміна	Глибина зразка, см	Розміри частинок, мм						
		пісок		пил			мул	фізична глина
		>0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	0,01
Чорноземи неглибокі малогумусні крупнопилувато-легкосуглинкові	0–20	0,17	11,32	61,30	4,26	4,98	16,32	25,76
	25–35	0,14	7,45	62,44	5,72	4,00	18,70	28,52
	45–50	0,04	9,52	56,72	3,64	4,12	15,20	22,96
Чорноземи глибокі малогумусні вилуговані крупнопилувато-легкосуглинкові	0–20	0,15	10,25	58,80	4,54	3,96	20,34	28,84

Мікробіологічна активність ґрунтів висока. Вміст гумусу в них порівняно невеликий, проте азотні добрива спричиняють значний ефект.

Фосфорною кислотою, у доступній для рослин формі, ці ґрунти забезпечені краще, тому ефективність фосфорних добрив нижча, ніж азотних. Калійні добрива також малоефективні, але сумісне внесення з азотними і фосфорними дає добрі результати.

**2.2.3. Лучні ґрунти.** Лучні ґрунти утворилися на понижених елементах рельєфу і в заплавах річок (рис. 2.3). У порівнянні з дерновими ґрунтами, вони відрізняються більш глибоким гумусованим профілем (до 70 см) і вищим вмістом гумусу (до 5%). Гумусовий дерновий горизонт, як правило, характеризується добре структурованою будовою.

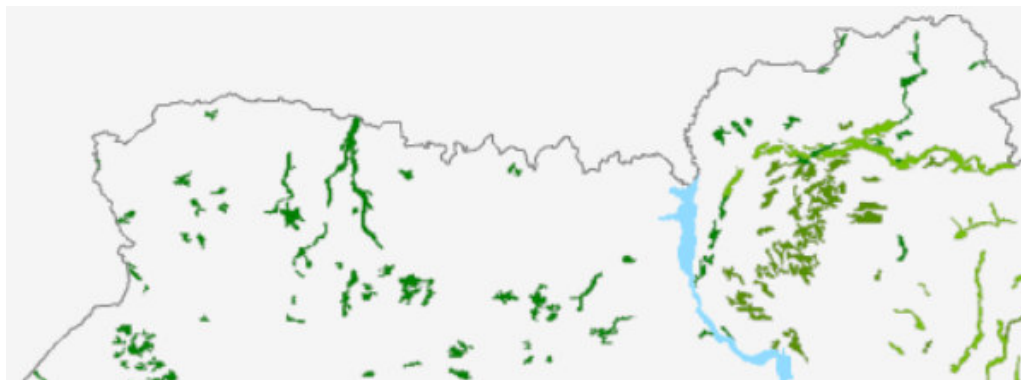


Рис. 2.3. Поширення лучних ґрунтів (джерело <https://superagronom.com/karty/karta-gruntiv-ukrainy#win24>)

Ґрунтотворними породами є алювіальні, делювіальні та льодовикові відклади. При формуванні лучного ґрунту на карбонатних делювіальних відкладах профіль може бути окарбонізований.

Залежно від глибини залягання ґрунтових вод і ступеня оглеєння виділяють лучні глейові та лучно-болотні ґрунти. У лучних глейових ґрунтах ґрунтові води розміщені на глибині 50–100 см, при цьому ознаки оглеєння простежуються у всьому профілі. У лучно-болотних ґрунтах ґрунтові води залягають близько до поверхні, а часто і виходять на неї.

На зниженнях вододілів, на терасах і підвищених ділянках заплавл зустрічаються лучно-чорноземні ґрунти, які сформувались під трав'яною рослинністю в умовах близького залягання ґрунтових вод. Таким ґрунтам притаманні ознаки як чорноземів, так і лучних ґрунтів. У нижній частині їхнього профілю спостерігаються прояви оглеєння. У порівнянні з чорноземами вони більш гумусовані і зволожені. За родючістю ці ґрунти відносять до класу чорноземів, що робить їх придатними для вирощування всіх видів сільськогосподарських культур, насамперед овочевих, а також для створення культурних сінокосів і пасовищ.

Фізико-хімічні властивості та гранулометричний склад лучних і лучно-чорноземних ґрунтів наведені в таблицях 2.8 та 2.9 [4].

Таблиця 2.8

Фізико-хімічні властивості лучних і лучно-чорноземних ґрунтів

Ґрунти	Глибина зразка, см	рН	Гідролітична кислотність	Сума ввібраних основ	Ступінь насичення основами	Гумус, %
			мг-екв на 100г ґрунту			
Лучні глейові супіщані	0–20	4,0	3,04	14,10	89,10	2,50
Лучні глейові легкосуглинкові	0–20	5,5	1,80	20,00	89,50	4,70
Лучно-чорноземні легкосуглинкові	0–20	6,6	0,91	23,51	97,12	3,96

Таблиця 2.9

Гранулометричний склад лучних і лучно-чорноземних ґрунтів

Ґрунтова відміна	Глибина зразка, см	Розміри частинок, мм						
		пісок		пил			мул	фізична глина
		>0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	0,01
Лучні середньоглейові легкосуглинкові	0–20	3,66	41,07	26,84	1,2	5,84	18,64	25,68
	25–35	7,01	34,34	26,36	5,52	4,48	20,24	30,24
	140–150	40,99	33,28	11,84	0,92	0,16	12,68	13,76
Лучні чорноземні супіщані	0–20	25,00	42,98	18,94	2,56	0,86	9,00	12,42
	70–80	33,10	31,19	20,53	1,32	1,44	11,46	14,22
	150–160	30,88	48,98	10,40	1,36	1,18	6,68	9,22

Лучні, лучно-болотні, а особливо лучно-чорноземні ґрунти відзначаються високою потенційною природною родючістю, що робить їх ефективними для успішного вирощування овочевих та кормових культур.

**2.2.4. Болотні ґрунти.** Болотні ґрунти формуються в умовах надмірного зволоження, під впливом болотного процесу ґрунтоутворення, характерною ознакою якого є оглеєння і торфоутворення (рис. 2.4). У заболочених територіях, в умовах достатньої кількості вологи, внаслідок

інтенсивного росту різноманітних трав спостерігається активне нагромадження значних мас органічних речовин.

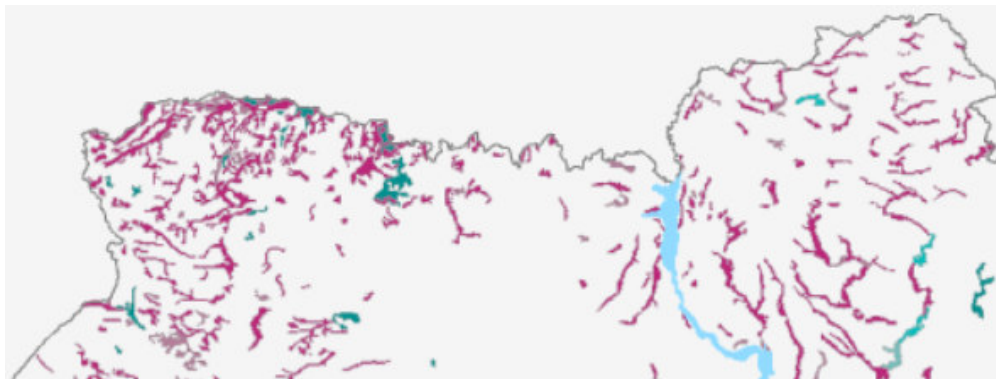


Рис. 2.4. Поширення болотних ґрунтів (джерело <https://superagronom.com/karty/karta-gruntiv-ukrainy#w1n24>)

Надмірне насичення вологою поверхні ґрунту обмежує вільний доступ повітря до ґрунту, що сприяє виникненню анаеробних процесів під час розкладання органічної маси. У результаті цього органічна речовина не встигає повністю розкладатися мікроорганізмами, її кількість постійно збільшується, формуючи бурий торф. Такий тип ґрунтоутворення визначається різним ступенем розвитку болотного процесу. Кожна фаза характеризується власними рослинними формаціями, які чергуються залежно від зміни умов проростання рослин і наявності анаеробних мікроорганізмів.

Болотні ґрунти за походженням, ботанічним складом, з якого сформувався торф, рельєфом місцевості та характером водного живлення, підлягають класифікації на три основних типи: низинні, перехідні та верхові.

Торф'яники перехідного і верхового типу займають 5% від загальної площі болотних ґрунтів. Вони розташовані на вододілах в областях невеликих височин із атмосферним водним живленням. Їм характерна менша ступінь розкладу торфу порівняно з низинними аналогами, низька зольність та кисла реакція ґрунтового розчину. Внаслідок цих особливостей вони є менш придатними для сільськогосподарського використання, їх доцільніше використовувати на паливо, підстилку тощо.

Переважаючим типом водного живлення низинних торф'яників є ґрунтово-напірне, води якого більш мінералізовані, ніж поверхневі. Ця особливість сприяє формуванню більш багатого та різноманітного рослинного покриву порівняно з торф'яниками, розташованими на верхових і перехідних болотах.

За потужністю торф'яного шару торф'яники поділяють на неглибокі (50–100 см), середньоглибокі (100–200 см), глибокі (200–400 см) і дуже глибокі (понад 400 см).

Особливістю добре розкладених торфів є їхній характерний рівень зольності, який визначається специфікою водно-мінерального живлення. Залежно від кількості золи торф'яники класифікуються як мало- і середньозольні (до 20%), багатозольні (20–50%), мулувато-торф'яні (50–80%) і мінерально-болотні (понад 80%).

Ґрунти низинних боліт можуть мати слабокислу, нейтральну і лужну реакцію ґрунтового розчину (рН=5,0–8,0). Вони мають високу ємність поглинання, відносно високу насиченість кальцієм і магнієм. Містять значні запаси азоту (2,6–4,0%), інколи фосфору, але вкрай невелику кількість калію (0,01–0,1%). Низинні торф'яники також виявляють дефіцит мікроелементів, а, отже, без внесення мікродобрив не забезпечують добрих урожаїв.

Фізико-хімічні та водно-фізичні властивості торфяного ґрунту болота Чемерне (Рівненська область), яке є типовим для зони Полісся, наведено в таблицях 2.10 та 2.11 [4].

Таблиця 2.10

Фізико-хімічні властивості торфяного ґрунту болота Чемерне  
(Рівненська область)

Глибина зразка, см	Органічна речовина, %	Зольність, %	рН	Валові запаси, %				
				Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	N <sub>2</sub> O
15–20	85,4	14,6	4,3	3,85	0,05	0,31	3,01	5,47
40–45	90,9	9,1	5,6	3,71	0,02	0,10	2,41	8,21

Таблиця 2.11

Водно-фізичні властивості торфяного ґрунту болота Чемерне  
(Рівненська область)

Глибина зразка, см	Питома вага, г/см <sup>3</sup>	Щільність ґрунту, г/см <sup>3</sup>	Загальна пористість, %	Гігроскопічна вологість, %	Повна вологоємність, %
10–20	1,57	0,265	83,2	32,0	338,2
40–50	1,54	0,190	91,0	28,9	526,0



За ступенем розвитку торф'яного (органогенного) горизонту виділяються різні типи торф'яних ґрунтів, а саме: мулувато-глейові, торф'янисто-глейові, торф'яно-глейові і торф'яники. Також розрізняються болотні ґрунти, що виникають на різних типах мінеральних порід, таких як пісок та супісок, суглинки та глина, а також на лучних мергелях і вапняках.

Мулувато-глейові ґрунти характеризуються відсутністю суцільного торф'яного шару. На їхній поверхні виявляється лише гумусовий оторфований горизонт, у якому спостерігаються напіврозкладені і нерозкладені рештки болотної рослинності на тлі мінеральної маси. Потужність цього горизонту коливається від 15 до 45 см. Відзначається темно-сірим (майже чорним) кольором, вологим, в'язким, та плавним переходом у сизо-сіру текстуру з вохристо-іржавими плямами породи.

Торф'янисто і торф'яно-глейові ґрунти мають такий самий профіль, як і мулувато-глейові. Однак вони відрізняються наявністю торф'яного шару, що розташований на їхній поверхні. Потужність цього шару становить 20–30 см у випадку торф'янисто-глейових ґрунтів та 30–50 см у торф'яно-глейових. Під торф'яним шаром розташований глейовий горизонт, який може виявляти слабкі ознаки гумусу у своїй верхній частині.

Заболочування може розвиватись під впливом як прісних і слабомінералізованих вод, так і вод, що містять значну кількість солей:  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$  та ін. У результаті цього процесу формуються солончаки та солончакові болотні ґрунти, які збагачені легкорозчинними солями натрію.

Осушення та розорювання торф'яників суттєво впливають на ґрунтоутворення, їхній склад та властивості. Замість накопичення торфу відбувається його розкладання, при цьому окислювальні процеси переважають над відновлювальними. Внаслідок чого верхній горизонт торф'яних ґрунтів розкладається та поступово перетворюється на перегнійно-торф'яний. Крім того, відбуваються зміни в агрохімічних та біологічних властивостях ґрунтів.

**2.2.5. Дернові ґрунти.** Дернові ґрунти поширені серед дерново-підзолистих ґрунтів. Від загальної площі орних земель Полісся вони становлять 7% (рис. 2.5). Ці ґрунти характеризуються особливістю поширення на територіях, де присутні карбонатні ґрунтоутвірні породи, такі як вапняки, крейдиані відклади, мергелі та окарбонізовані суглинки. Вони мають добре виражений гумусовий горизонт (10–30 см), високу насиченість кальцієм і магнієм, нейтральну або слабокислу реакцію гумусового горизонту, значний вміст перегною (3–5% і більше), досить міцну грудкувату структуру, високу природну родючість.



Рис. 2.5. Поширення дерново-підзолистих ґрунтів (джерело <https://superagronom.com/karty/karta-gruntiv-ukrainy#w24>)

У разі, коли дернові ґрунти формуються в місцях близького залягання підґрунтових вод, то перехідний горизонт та ґрунтоутворна порода можуть бути оглесеними.

Піщані і глинисто-піщані відміни відзначаються низькою природною родючістю. Вони слабо насичені основами, містять мало гумусу і поживних речовин (табл. 2.12, 2.13) [4].

Таблиця 2.12

Фізико-хімічні властивості дернових ґрунтів

Ґрунти	Глибина зразка, см	рН	Гідролітична кислотність	Сума ввібраних основ	Ступінь насичення основами	Гумус, %
			мг-екв на 100 г ґрунту			
Дернові глейові глинисто-піщані	0–20	5,3	2,9	2,6	42,1	1,70
Дернові глейові супіщані	0–20	5,5	1,7	4,2	31,7	2,70
Дерново глейові карбонатні суглинкові	0–20	6,9	0,8	-	-	5,12

Таблиця 2.13

## Гранулометричний склад дернових ґрунтів, %

Ґрунтова відміна	Глибина зразка, см	Розміри частинок, мм						
		пісок		пил			мул	фізична глина
		>0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	0,01
Дернові	0–20	49,93	33,96	9,40	2,28	3,32	6,20	11,80
глейові	40–50	40,11	39,68	8,58	1,82	2,32	7,04	11,18
супіщані	70–80	26,63	37,14	24,46	2,34	4,24	4,52	11,10
Лучно-чорноземні супіщані	0–20	40,09	9,02	18,75	11,84	7,69	11,14	30,67
	30–40	39,15	10,15	18,14	14,15	3,73	12,53	30,41
	100–110	31,18	11,79	25,17	25,17	3,85	12,75	31,09

Дернові ґрунти, які утворились на карбонатних суглинках, мергелях і на елювії щільних карбонатних порід, мають високий ступінь насиченості кальцієм, більше гумусу і поживних речовин для рослин, але бідні на калій. Ці ґрунти можуть забезпечувати високі врожаї сільськогосподарських культур, однак для цього необхідно вносити значні дози калійних добрив.

Значні території Полісся характеризуються наявністю еродованих ґрунтів. Вітрова ерозія, або дефляція, особливо поширена на піщаних та торфових ґрунтах, наносить значні збитки прилеглим земельним угіддям. Важливим заходом закріплення пісків є їхнє заліснення. У районах із хвилястим рельєфом, під впливом поверхневого стоку талої та зливової води, розвиваються яри та круті береги балок.

Ефективними методами протидії водній ерозії є заліснення та задернування ярів, спорудження підпірних стінок, лотків, перепадів та інших гідротехнічних споруд, проведення агро меліоративних заходів тощо.

Отже, для Полісся характерний строкатий ґрунтовий покрив. Істотним недоліком ґрунтів є кисла реакція ґрунтового розчину (площа, зайнята кислими ґрунтами з рН менше 5, становить 34%) і недостатній вміст поживних речовин, що зумовлено низьким запасом гумусу в орному шарі ґрунту (менше 100–200 т/га). Зазначений дефіцит гумусу призводить до нестачі загального азоту. Враховуючи легкий гранулометричний склад та періодичний промивний характер водного режиму, ґрунти Полісся втрачають рухомі форми азоту.

У дослідженнях ґрунтового складу Полісся встановлено, що вміст рухомих сполук фосфору в них є низьким. Лише 13% обсягу орних земель припадають на ґрунти з підвищеною та високою концентрацією фосфору. Вміст фосфору залежить від гранулометричного складу ґрунтів [5; 6].

Забезпеченість калієм у ґрунтах Полісся корелює з наявністю в них мулу. На 10% площі орних земель виявлено підвищений та високий вміст рухомого калію, в середньому – на 28%, тоді як на 62% площі спостерігається низький рівень калію. Вміст мікроелементів у ґрунтах даної зони виявився низьким [7].

Орні землі на Поліссі займають 45% усієї земельної площі. Значна частина зони зайнята лісами, чагарниками та болотами. Ліси займають 30% території, а площа заболочених земель становить половину площі лісових угідь в Україні. У західних районах Полісся понад 70% земель характеризуються вираженою кислотністю, в той час як в інших частинах зони цей показник перевищує половину.

У результаті вапнування кислих ґрунтів відбувається часткова нейтралізація кислотної реакції ґрунту, що призводить до поліпшення умов живлення рослин. Окрім того, збільшується ефективність використання органічних та мінеральних добрив. При проведенні комплексних меліорацій ґрунтів відзначається трансформація структури земель у сторону збільшення площі слабокислих ґрунтів за рахунок зменшення площі середньокислих та сильнокислих ґрунтів.

Одним із заходів підвищення родючості ґрунтів на Поліссі є періодичне поглиблення орного шару, що часто співпадає з потужністю гумусово-елювіального горизонту. При цьому вносять органічні добрива або застосовують сидеральні культури.

Внесення органічних і мінеральних добрив на бідних ґрунтах Полісся має велике значення для підвищення їхньої родючості. Цей процес відіграє вирішальну роль у покращенні агрохімічних властивостей ґрунтів та сприяє оптимальному забезпеченню рослин необхідними поживними речовинами.

Болотні ґрунти Полісся використовуються лише після їхнього осушення, причому ефективність зростає при двосторонньому регулюванні водно-повітряного режиму. Такий підхід дозволяє оптимізувати умови для розвитку рослин та забезпечує підвищення ефективності використання болотних ґрунтів у сільському господарстві.

### **2.3. Окультурення – основа підвищення родючості меліорованих земель**

Окультурення ґрунту – процес зміни властивостей ґрунту для підвищення родючості шляхом застосування науково обґрунтованих заходів. У процесі окультурення ґрунти зазнають різних змін, що обумовлено особливостями вихідних даних ландшафту, а також агротехнічними прийомами. При окультуренні родючих ґрунтів завданням

є збереження наявних сприятливих властивостей шляхом правильного ведення агротехніки та використання добрив.

Найбільш чутливими ґрунтами до змін під впливом окультурення є дерново-підзолисті. Для них характерний неглибокий орний шар із низьким вмістом гумусу, високою кислотністю або лужністю, несприятливими агрофізичними, фізико-хімічними і біологічними властивостями. Процес окультурення дерново-підзолистих ґрунтів включає комплекс заходів, таких як використання органічних і мінеральних добрив, вапнування, створення потужного орного шару, посіви багаторічних трав, сидерація та управління водним балансом ґрунтів.

За ступенем окультурення дерново-підзолисті ґрунти поділяють на три категорії: освоєні, окультурені та культурні.

До *освоєних* належать ґрунти, що задіяні до активного сільськогосподарського використання при звичайній агротехніці, малих дозах органічних і мінеральних добрив, незначному вапнуванні або його відсутності. Для освоєних ґрунтів характерна рілля, що має переважно неоднорідну плямисту поверхню, на якій часто утворюється кірка. Глибина орного шару становить 15–20 см, а вміст гумусу – 1,5–2,5%. Реакція кисла (рН 4,3–4,7), рідше слабокисла. Щільність орного шару становить 1,3–1,4 г/см<sup>3</sup>, при цьому загальна шпаруватість менше 45% [8].

*Окультурені* дерново-підзолисті ґрунти формуються в умовах високого рівня культури землеробства, що включає в себе дотримання сівозмін, систематичне внесення органічних та мінеральних добрив, а також проведення вапнування. Ознаки підзолистого типу ґрунтоутворення в цих ґрунтах виявляються досить чітко, при цьому відзначаються неявні риси дернового процесу. Глибина орного шару досягає 20–25 см, а вміст гумусу у ньому становить 2,0–3,5%. Реакція слабокисла (рН 5,0–5,5). Щільність орного шару у межах 1,2–1,3 г/см<sup>3</sup>, а загальна шпаруватість становить 45–50% [8].

Дерново-підзолисті *культурні* ґрунти, які формуються внаслідок тривалого та інтенсивного окультурення, втрачають морфологічні ознаки підзолистого типу під впливом постійного внесення значних кількостей органічних добрив та систематичного вапнування ґрунту. Їхні основні характеристики включають достатньо глибокий орний шар (25–30 см) із вмістом гумусу на рівні 3–5%, реакцію рН у межах 5,5–6,5, щільність орного шару на рівні 1,1–1,2 г/см<sup>3</sup> та загальну шпаруватість 50–55% [8].

Заходи з окультурення ґрунту необхідні як для забезпечення умов отримання високих врожаїв, так і формування основи розвитку культурних екологічних систем і ландшафту в цілому.

Комплекс інженерних заходів включає культуртехнічні роботи, внесення підвищених норми органічних і мінеральних добрив, меліорацію

кислих ґрунтів і солонців, осушення перезволожених ґрунтів, висівання багаторічних бобових трав, сидерація легких ґрунтів, боротьбу з бур'янами, поглиблення орного шару та ін.

Усі методи, застосовувані для окультурення ґрунту, можна систематизувати за трьома основними напрямками: фізичні, хімічні та біологічні.

*Фізичний метод* направлений на зміну таких агрофізичних властивостей ґрунту: щільності, пористості і структури. Основними способами впливу на ґрунти з метою їхньої зміни є: обробка ґрунту, прийоми регулювання водного, повітряного і теплового режимів, у тому числі осушування і зрошування земель.

*Хімічні методи* направлені на збільшення вмісту доступних для рослин поживних елементів у ґрунті шляхом внесення мінеральних добрив, а також на поліпшення хімічних властивостей ґрунту, наприклад, через вапнування чи гіпсування.

*Біологічні методи* включають заходи, спрямовані на збагачення ґрунту органічними речовинами, зокрема гумусом. До цих заходів належать посів бобових трав або травосумішей зі злаковими та бобовими рослинами, використання сидератів, а також правильний вибір та оптимальне співвідношення сільськогосподарських культур у системі сівозміни.

ґрунти з вищим ступенем окультуреності мають значно більше поживних речовин. Вони характеризуються наявністю цих елементів в оптимальних співвідношеннях, що сприяє ефективному фізіологічному розвитку рослинних організмів.

Особливостями хімічного складу добре окультурених ґрунтів є підвищений вміст кальцію та магнію, а також зменшений вміст натрію, водню та алюмінію. Кальцій і магній, що переважають у цих ґрунтах, виявляють високу активність, коагулюють органічні та мінеральні колоїди, що запобігає їхньому вимиванню у нижні шари ґрунту.

Окультуреність ґрунту насамперед характеризується *глибиною орного шару*. Глибший орний шар, порівняно з поверхневим, сприяє кращому забезпеченню рослин вологою та поживними речовинами завдяки поліпшеній водопроникності та вологоємності, а також вищій біологічній активності. Остання обумовлює інтенсивний розвиток кореневої системи рослин у глибших шарах ґрунту, сприяючи стійкому забезпеченню оптимальними умовами для їхнього росту та розвитку а, отже, збільшенню їхньої урожайності.

Важливо зауважити, що при проведенні поглиблення орного шару необхідно уникати винесення на поверхню непродуктивних шарів ґрунту з низькою родючістю та небажаними фізичними і хімічними властивостями. Тому один із головних способів залучення нижніх підорних шарів у

кореневмісний шар є розпушування з внесенням добрив, переважно органічного походження, на значну глибину. Цей процес сприяє покращенню якості та структури ґрунту, а також забезпечує ефективно залучення нижніх шарів ґрунту в кореневмісний шар рослин.

Для формування глибокого орного шару використовують різноманітні технологічні підходи [3]. Серед них можна виокремити такі:

1. Поступове збільшення глибини оранки стандартними плугами. Застосовується звичайний плуг, який здійснює оранку, поступово збільшуючи глибину обробки. Під час цього процесу відбувається вивертання глибших шарів ґрунту. Одночасно з оранкою вносяться органічні і мінеральні добрива, а при потребі – вапно чи гіпс.

2. Оранка з використанням глибокого розпушувача. Використовуються плуги з ґрунтопоглиблювачами, які розпушують ґрунт у борозні після пройденої оранки, не вивертаючи глибших шарів на поверхню. Цей метод сприяє поліпшенню структури ґрунту та збереженню глибших шарів.

3. Комбінований підхід. Використовується комбінація підривання плугом частини підорного шару та розпушування ґрунтопоглиблювачем глибше розташованих шарів. Глибший шар розпушується і залишається на місці для поліпшення його властивостей.

4. Глибоке розпушування без вивертання глибших шарів. Використовуються різні агрегати, такі як плуги без полиць і передплужників, глибокорозпушувачі-плоскорізи, чизель-культиватори тощо. Глибокорозпушувачі розривають і розпушують ґрунт без вивертання його на поверхню.

5. Плантажна оранка. Здійснюється аналогічно оранці з полицями і передплужниками, але на більшу глибину – до 60–70 см. Процеси, що відбуваються під час цієї оранки, схожі на ті, що відбуваються під час традиційної оранки, але з врахуванням більшої глибини обробки ґрунту.

Збільшення глибини кореневмісного шару і його окультурювання особливо ефективно у випадку невеликої глибини гумусового горизонту, недостатньої кількості поживних речовин або наявності шкідливих сполук у ґрунті. Вологі та глинисті ґрунти піддаються обробці частіше і на більшу глибину порівняно із сухими та легкими.

Важливо правильно визначити в сівозміні місце для поглиблення орного шару. При цьому науковий підхід передбачає врахування реакції культур на глибокий обробіток, а також введення хімічних меліорантів та значних доз добрив. Доцільніше ці заходи проводити в полі чорного пару або під час ранньої зяблевої оранки.

Близько третини сільськогосподарських угідь Полісся відзначається *підвищеною кислотністю ґрунтового розчину*, що призводить до низької родючості та обмеженої ефективності використання добрив. Через різке

зменшення обсягів вапнування площі кислих ґрунтів постійно зростають. Цей процес спричиняє зниження врожайності всіх культур, особливо високоінтенсивних, які поступово витісняються з сівозмін більш стійкими до кислотності, але менш конкурентоздатними видами, що призводить до загального погіршення ефективності землеробства.

Збільшення кислотності ґрунтів є наслідком як природних чинників, так і антропогенного впливу. При використанні мінеральних добрив у незбалансованих кількостях поширюються процеси вторинного підкислення ґрунтів, навіть тих, що мають нейтральну природу, як чорноземи. Це явище зумовлене техногенним забрудненням ґрунтів, частим випаданням кислотних атмосферних опадів та використанням фізіологічно кислих мінеральних добрив, особливо азотних.

Збільшення кислотності ґрунтів спричинюється вимиванням карбонатів з обробленого шару під впливом атмосферних опадів і ґрунтової вологи. Крім того, ерозійні процеси, які інтенсивно проявляються на схилах під час сильних дощів, особливо на площах із просапними культурами та при порушенні технологій обробітку ґрунту, сприяють зниженню вмісту карбонатів у ґрунтах.

Вторинне підкислення ґрунтів виявляється також у результаті посилення елювіальних (підзолистих) процесів, спостережених після впровадження систем дренажу на перезволожених ґрунтах, а також внаслідок глибинного внесення свіжих органічних добрив у важкосуглинкові, слабоаеровані та оглеєні горизонти ґрунту.

Використання великої кількості мінеральних добрив, зокрема азотних, що в основному мають фізіологічно кислу природу, призводить до активного підкислення ґрунтів. Спостерігається різке зменшення внесення органічних добрив, або, навіть їхня повна відсутність у деяких агрогосподарствах, що обумовлює зниження буферної здатності через зменшення надходження гумусових речовин, які виступають як ключові регулятори змін коливань кислотності. Отже, використання добрив є серед важливих факторів зміни рівня кислотності.

Кислі ґрунти характеризуються низьким вмістом кальцію і магнію, а також наявністю оксидів алюмінію і заліза, які перетворюють рухомі форми поживних елементів ґрунту на такі, які важко доступні для рослин.

У результаті зростання кислотності ґрунтів відбувається погіршення їхніх фізичних, фізико-хімічних, агрохімічних та мікробіологічних властивостей. Внаслідок підкислення ґрунту стає щільнішим орний та підорний шар, пористість зменшується, порушується водно-повітряний режим, і активізуються ерозійні процеси. Це призводить до деградації ґрунтового покриття та зниження врожайності сільськогосподарських культур.



Кардинальним заходом для підвищення продуктивності кислих ґрунтів є хімічна меліорація, зокрема використання вапнування [9; 10].

Упродовж останніх десятиріч відзначається зростання важливості застосування вапнякових матеріалів у сільському господарстві у зв'язку з інтенсифікацією техногенного підкислення ґрунтів. Свідченням цього процесу є значне збільшення використання вапна в різних країнах світу, наприклад, у Сполучених Штатах збільшилось майже втричі. Обсяги внесення вапна в ґрунт варіюють від 6 до 12 т/га, залежно від реакції ґрунтового розчину.

У Німеччині понад третина сільськогосподарської площі регулярно піддається вапнуванню. Враховуючи агрономічні вимоги, в цій країні вносять від 5 до 55 тонн вапна на гектар під час докорінної меліорації кислих ґрунтів, та близько 1 тонни на гектар при підтримувальному вапнуванні. У Великій Британії, з її традиціями вапнування ґрунтів, середнє внесення вапна становить близько 4,5 тонн на гектар.

Вапнування кислих ґрунтів знижує кислотність та покращує властивості, що впливають на рівень родючості. Використання вапнякових матеріалів призводить до суттєвого зростання врожаю, забезпечуючи значні переваги в аспекті поліпшення агроєкосистем. Важливо відзначити, що внесення мінеральних добрив на ґрунти, які вже піддавалися вапнуванню, має виражений позитивний ефект. Крім того, вапнування створює сприятливі умови для активізації корисних мікробіологічних процесів, сприяє зростанню кількості доступних форм поживних елементів в ґрунті.

В якості вапняного матеріалу використовують туф, озерне і лугове вапно, доломітове борошно, мергель, вапнякові глини, пісковики і торф. Також можуть бути застосовані крейда, палене вапно та відходи промисловості, які містять вапно. Це сприяє раціональному використанню ресурсів та забезпеченню оптимальних умов для зростання рослин та підтримки агроєкосистем.

На ґрунтах із низьким вмістом магнію (піщані, торф'яники) рекомендовано використовувати вапняний матеріал, який містить марганець. Серед таких матеріалів можна виділити доломітове борошно, цементний пил та сланцеву золу.

У Сумській, Чернігівській, Житомирській, Львівській, Волинській і Рівненській областях, у межах поширення ґрунтів, що потребують вапнування, є великі поклади крейди, крейдяних мергелів та твердих вапняків, які придатні для вапнування.

У практично всіх районах Полісся можна виявити поклади лучних мергелів вапнякових туфів, мергелевих торфів, а також наявність торфового і деревного попелу, а також поташу (карбонат калію).

Наприклад, в Рівненській області зафіксовано понад 20 родовищ покладів карбонатних порід, переважно крейди та мергелю, загальні запаси яких перевищують 10 млн т. Прогнозовані запаси цеолітових туфів у цьому регіоні становлять 60 млн т, що дозволяє забезпечити Рівненську область та суміжні території цією цінною сировиною [11]. У регіонах, де розташовані цукрові заводи, оптимальним вапняковим добривом для сільськогосподарських угідь є дефекат, тоді як в західних районах більш відповідними є вапнякові відходи, що виникають в процесі сірчаного та паперового виробництва.

Отже, використання меліорантів у вигляді суглинку, мергелю, туфу, а також вапняково-сірчаних відходів сприяє поліпшенню водного режиму та покращенню ґрунтового складу за рахунок зростання вмісту органічної речовини та поліпшення його якості. Це сприяє підвищенню водно-фізичних та фізико-хімічних показників шляхом збільшення вологомісткості, зниження кислотності та акумуляції корисних елементів. Крім того, застосування меліорантів сприяє зниженню концентрації цезію-137 у рослинній продукції, що є важливим аспектом для зон, забруднених внаслідок аварії на Чорнобильській атомній електростанції.

Ефективність вапнування залежить від багатьох факторів, серед яких важливими є ступінь кислотності ґрунту, норма внесення вапна, вибір культур у сівозміні та рівень їхнього удобрення.

Норми внесення вапна залежать від гранулометричного складу ґрунту, його кислотності, сільськогосподарської культури та виду вапняного матеріалу. Потреби ґрунтів у вапнуванні визначаються також характером процесів ґрунтоутворення.

Дозу вапна для вапнування ґрунтів нормального зволоження та торф'яників, що розрахована на глибину шару 20 см, наведено у табл. 2.14 і 2.15. При перекопуванні шару з глибиною 30–40 см дозу збільшують в 1,5–2 рази [9; 12].

Таблиця 2.14  
Гранулометричний склад дернових ґрунтів, %

Ґрунт	Сильнокислий (рН 3,8–4,1)	Кислий (рН 4,2–4,5)	Середньокислий (рН 4,6–4,9)	Слабокислий (рН 5,0–5,5)
Супісок	80–65	55–45	40–35	30–10
Легкий суглинок	90–80	70–60	55–50	45–30
Середній суглинок	100–90	75–65	60–55	50–35
Важкий суглинок	120–110	90–80	75–65	60–45

## Вапнування торф'яних ґрунтів

Кислотність, рН	Потреба у вапнуванні	Доза вапна, кг на 100 м <sup>2</sup>
Менше 3,5	сильна	110–140
3,6–4,3	середня	50–70
4,4–4,8	слабка	30–40
Більше 4,8	відсутня	-

Важливо відзначити, що вапнування може знижувати надходження калію в рослини, особливо в тих випадках, коли його вміст у ґрунті невеликий. Таким чином, рекомендується збільшувати дози калію для компенсації цього ефекту.

На створення оптимальних умов для розвитку сільськогосподарських культур у сівозміні можна впливати таким агротехнічним прийомом, як *система удобрення*, що включає форму добрив, строки і способи його внесення, поєднанням із вапнування.

Ефективність вапнування кислих ґрунтів на фоні мінеральних добрив залежить як від властивостей добрив, так і біологічних характеристик рослин. Постійне введення кислих форм мінеральних добрив на дерново-підзолистих та опідзолених ґрунтах призводить до їх підкислення та збільшення розчинних сполук алюмінію і марганцю у ґрунтовому розчині [13].

Процес вапнування призводить до зменшення кислотності, а отже, зниження доступності для рослин таких мікроелементів як бор, мідь, кобальт, марганець. Тому введення мікродобрив на вапнованих ґрунтах призводить до підвищення врожаю та поліпшення його якості.

Сумісне застосування вапна та добрива (вапнякове добриво) нейтралізує надмірну кислотність, сприяє поліпшенню структури ґрунту, підвищує його водопроникність та шпаруватість, посилює доступність макроелементів, таких як кальцій і магній.

Легкий гранулометричний склад ґрунтів Полісся сприяє постійному вимиванню обмінних основ у ґрунтові воді і їх виносу до річок та озер. Цей процес пояснюється низьким вмістом гумусу й органічної речовини в ґрунтах, які виконують роль клею та адсорбенту. У зв'язку з цим кальцій не утримується в ґрунтах. Одночасне внесення вапна та органічних добрив сприяє підвищенню родючості кислого ґрунту.

Результати досліджень, проведених на ґрунтах Полісся з середнім і низьким рівнем кислотності [1; 14], свідчать про те, що ефективність комбінації вапнування з органічними добривами залежить від ступеня окультуреності ґрунту. Умови підвищеної родючості ґрунту та систематичного внесення значних кількостей органічного добрива призводять до зниження ефективності вапнування. Отже, на окультурених ґрунтах рекомендується зменшити норму вапна вдвічі при внесенні великих обсягів гною.

Усі вапнякові добрива містять різноманітні домішки, що здатні знижувати їхню нейтралізаційну активність. Таким чином, при внесенні паленого вапна (негашеного) норму зменшують вдвічі, гідратного вапна (гашеного) – у 1,5 рази, мергелю – збільшують у 1,5 рази, деревної золи – у 3 рази, торф'яної золи – у 5 разів.

Процеси вимивання та поглинання рослинами внесеного кальцію призводять до поступового зменшення його вмісту у ґрунті. У зв'язку з цим настає необхідність регулярного вапнування, яке сприяє компенсації втрат та підтриманню оптимального рівня кислотно-основного балансу. Через певний час ґрунт знову підкислюється, що обумовлює необхідність повторного вапнування для забезпечення стійкості до кислотної реакції.

Оптимальним періодом для вапнування ґрунту є осінь. У процесі внесення вапна, його розсипають рівномірним шаром, по поверхні ґрунту, і після цього заорюють. Малоактивні форми вапна, такі як вапняне і доломітове борошно, дефекат, вапняний туф та крейда, можуть бути внесені в ґрунт одночасно з гноєм та іншими органічними добривами.

Для оптимізації використання вапна та уникнення тимчасового надлишку кальцію у вапнуванні кислих ґрунтів рекомендується розподілити загальну дозу на дві частини. Першу частину слід вносити під час освоєння ділянки, а другу – через 3–4 роки після висадження рослин. Такий метод сприяє ефективнішому контролю над кількістю кальцію у ґрунті впродовж тривалого періоду.

Вапнування дає найбільший ефект, коли цей процес реалізується не лише безпосередньо перед висадженням вимогливих до кальцію культур, але й під їхніми попередниками. Цей підхід сприяє стабілізації кислотно-основного режиму ґрунту та забезпечує належні умови для зростання та розвитку рослин, підвищуючи при цьому врожайність та якість сільськогосподарської продукції.

Важливим заходом при окультурюванні кислих ґрунтів є *фітомеліорація*. Цей підхід включає в себе вибір і розташування сільськогосподарських культур у системі сівозміни, які виявляють стійкість та ефективно ростуть в кислому ґрунті. Зокрема на кислих ґрунтах необхідно утримуватися від вирощування коренеплодів, ярої та озимої пшениці, ячменю. Замість цього, рекомендується надавати

перевагу тим культурам, які виявляють більшу стійкість до кислотної реакції ґрунту, таким як овес, озиме жито, морква, просо, люпин, злакові трави та інші.

Широке застосування бобових культур і сидератів у сівозміні також відіграє важливу роль у процесі окультурювання.

На сірих лісових ґрунтах та на чорноземах, опідзолених із близьким заляганням карбонатів, важливо в сівозміні включати такі фітомеліоранти, як люцерна, конюшина, люпин. Ці рослини володіють властивістю переміщення кальцію із нижніх шарів ґрунту у верхні, сприяючи поліпшенню вапнякового потенціалу кореневмісного шару. Цей процес сприяє нормалізації кислотно-лужної рівноваги ґрунтів, що сприяє оптимальним умовам для росту інших культур.

Кислі малородючі орні землі рекомендується спрямовувати для вирощування кормових культур, корисних чагарникових та лісових насаджень. Трансформація орних земель із дуже кислими ґрунтами може включати створення пасовищ та лісонасаджень.

Отже, для ефективного окультурювання кислих ґрунтів важливо враховувати такі науково обґрунтовані методи:

- комплексна діагностика кислих ґрунтів;
- збільшення глибини орного шару;
- застосування ефективних хімічних меліорантів;
- використання місцевих кальцієвмісних ресурсів;
- оптимальне співвідношення органічних і мінеральних добрив;
- впровадження методів фітомеліорації;
- зміна характеру використання кислих земель.

Отже, заходи окультурення ґрунтів Полісся повинні спрямовуватися на підвищення їхньої родючості, усунення негативних наслідків антропогенних впливів, істотне підвищення продуктивності сільськогосподарських угідь, створення передумов для припинення процесу деградації ґрунтів.

## **2.4. Підвищення родючості меліорованих дерново-підзолистих ґрунтів на прикладі Рівненської області**

Природна родючість дерново-підзолистих ґрунтів зони Полісся є досить низькою, що зумовлено сукупністю водних, хімічних, фізичних і біологічних властивостей. Серед факторів, що впливають на низький рівень родючості, значний вплив має кисла реакція ґрунтового розчину.

На прикладі господарств Рівненської області досліджено вплив різних агроеліоративних заходів на покращання властивостей дерново-підзолистих ґрунтів. Дослідження проводили на меліорованих ґрунтах.

Меліоративний фонд Рівненської області становить 544 тис. га, а частка осушених земель коливається від 70 до 100% для різних адміністративних районів. Переважаючими ґрунтами на даній території є дерново-підзолисті ґрунти, які займають біля 75% загальної площі [15].

Із метою підвищення продуктивності сільськогосподарських угідь даного регіону та обґрунтування меліоративних заходів вивчався вплив вапнування, глибокого розпушення та внесення органічних добрив на зміну фізичних і хімічних властивостей дерново-підзолистих ґрунтів.

Рівненська область має розвинену цукрову галузь, тому для зниження кислотності в дослідженнях, в якості вапнякового матеріалу, використовували відходи цукрового виробництва – дефекаат. Порівняно з традиційним вапном, внесення дефекаату є більш ефективним, що зумовлено його вмістом поживних речовин.

Аналіз результатів сольової витяжки ґрунту показав, що дефекаат є швидкодіючим нейтралізуючим матеріалом. Позитивна динаміка зміни значень рН спостерігалася вже через місяць після внесення дефекаату. Наприклад, внесення 5 т/га дефекаату разом із глибоким розпушенням та 40 т/га органічного добрива підвищило рівень рН від 6,42 до 7,45–7,47. Важливо відзначити, що зміна рівня рН під час внесення дефекаату не єдиний позитивний аспект вапнування. Також важливим є його вплив на покращання структури та водно-фізичних властивостей [16].

Дослідження впливу дефекаату як структуроутворювача було здійснене за умов глибокого розпушення ґрунтів та внесення підвищених доз органічних добрив.

У результаті польових досліджень було виявлено, що вміст агрегатів діаметром 0,5–3,0 мм у гумусовому горизонті збільшується в 1,5–2 рази, тоді як в ілювіальному горизонті цей показник зростає в 2–6 разів.

Вміст водостійких агрегатів діаметром 0,25–0,5 мм збільшується на 1% в орному горизонті та на 4–7% в підорному горизонті при спільному внесенні органічного добрива і дефекаату.

Глибоке розпушення дерново-підзолистих легкосуглинистих ґрунтів призводить до покращення їхніх фізичних властивостей у порівнянні з варіантами звичайної оранки. Зокрема, спостерігається зменшення об'ємної маси на 0,12–0,16 г/см<sup>3</sup> та збільшення загальної шпаруватості на 13–15%.

У варіанті з внесенням органічних добрив спостерігається найбільша зміна фізичних властивостей ґрунтів. У цьому випадку відзначається найбільша зміна об'ємної маси, а саме 1,22–1,24 г/см<sup>3</sup> проти 1,44–1,41 г/см<sup>3</sup> в орному і 1,47–1,49 г/см<sup>3</sup> проти 1,68 г/см<sup>3</sup> в підорному горизонті. У підорному горизонті спостерігається поступове збільшення об'ємної маси, при цьому ці значення залишаються на 3–5% вищими у порівнянні із варіантами звичайної оранки.

Проведення агроеліоративних заходів призводить до перерозподілу ґрунтової вологи в кореневмісному шарі ґрунту рослин і значно покращує водний, повітряний, тепловий та поживний режим дерново-підзолистих ґрунтів.

Встановлено, що найбільш сприятливі умови для перерозподілу вологи в профілі дерново-підзолистих легкосуглинистих ґрунтів виникають в орному горизонті при наявності угноєного фону. Загалом на ділянках із глибоким розпушенням під час інтенсивних опадів спостерігається знижена вологість у підорному горизонті, що пояснюється швидшим відведенням вологи у нижчі горизонти через меншу об'ємну масу, вищу шпаруватість та оптимальний агрегатний склад.

У контексті динаміки загальних і продуктивних запасів вологи на ділянках із глибоким розпушенням відзначається високий вміст запасів вологи в підорному горизонті, як на початку вегетаційного періоду, так і після збору врожаю (серпень-вересень).

Дослідження підтверджують, що найбільш ефективними є заходи, що включають глибоке розпушення з одночасним внесенням органічних добрив та дефекату. Ці заходи дозволяють змінювати агрегатно-структурний склад ґрунту. Зміни в структурі ґрунту, у свою чергу, призводять до поліпшення водно-фізичних властивостей дерново-підзолистих ґрунтів, створюючи оптимальні умови для росту та розвитку сільськогосподарських культур.

## **2.5. Торфування як адаптивний агроеліоративний захід використання малопродуктивних земель Полісся**

Водно-фізичні властивості дерново-підзолистих ґрунтів на фоні сучасних кліматичних змін обумовлюють обґрунтування адаптаційних агроеліоративних заходів для підвищення ефективності використання малопродуктивних земель.

У зв'язку з природною мозаїчністю ґрунтового покриву Полісся, де мінеральні ґрунти легкого механічного складу переплітаються з органогенними, рекомендується використовувати торфування як еколого-еліоративний захід.

Вплив торфування на властивості і режими ґрунту досліджено на прикладі дерново-підзолистих ґрунтів Рівненської області.

Виконані дослідження з різними варіантами внесення та переорювання торфу [17]. При поверхневому внесенні 100 т/га торфу щільність легкосуглинистого ґрунту зменшилася з 2,50–2,60 до 2,44–2,49 г/см<sup>3</sup> в орному та з 2,72–2,69 до 2,50–2,57 г/см<sup>3</sup> в підорному шарі ґрунту. Водночас внесення торфу в підорний горизонт призвело до

зменшення об'ємної маси ґрунту на 0,22–0,20 г/см<sup>3</sup>. Зменшення щільності та об'ємної маси зумовило збільшення загальної шпаруватості в підорному шарі ґрунту на 3–11%.

Аналізуючи характер змін об'ємної маси ґрунту по профілю (0–50 см), відмічаємо, що зі збільшенням дози торфу з 50 до 200 т/га встановлено пропорційне зменшення об'ємної маси. Так, якщо при внесенні 50 т/га торфу об'ємна маса знизилася на 5–6%, то при внесенні 100 і 200 т/га вона зменшилася відповідно на 10–15 та 19–20%.

Отже, торфування дерново-підзолистих легкого гранулометричного складу ґрунтів впливає на покращення їхніх фізичних властивостей, сприяючи покращенню водно-повітряного режиму.

Внесення торфу також впливає на режим вологості ґрунту, особливо легкого мінерального, та насичення органічною речовиною. Це змінює водоутримуючу здатність ґрунту і, відповідно, запаси продуктивної вологи.

Аналізуючи динаміку загальних запасів вологи ґрунту при внесенні в нього 50 т/га торфу, слід відмітити деяке збільшення вологості. Внесення торфу в орний шар призводить до збільшення запасів вологи на 8–10 мм (у порівнянні з контролем). Збільшення запасів вологи спостерігалось як у орних, так і в підорних горизонтах.

Однак в кінці липня і на початку серпня відзначено зменшення запасів вологи на торфованих ділянках у порівнянні з контролем. Це обумовлено більш інтенсивним використанням вологи краще розвинутою кореневою системою сільськогосподарських культур. При внесенні 100 т/га торфу ця різниця вирівнювалася.

Перерозподіл вологості по профілю ґрунту залежить як від норми, так і способу внесення торфу. При поверхневому внесенні торфу максимальний ефект спостерігався в горизонті 0–20 см, при цьому встановлений ступінь впливу торфування прямо пропорційний внесеній дозі. Так, внесення 100 т/га, призводить до збільшення вологості в шарі 0–20 см на 22% і зменшенню об'ємної маси на 0,1 г/см<sup>3</sup>. Внесення 600 т/га торфу призводить до змін цих величин відповідно на 70% і 0,43 г/см<sup>3</sup>.

При пошаровому внесенні торфу виникає водоакумулюючий екран, збільшується вологість ґрунту не тільки в цьому горизонті, але і над ним висотою 30–50 см, тобто в коренемісткому шарі сільськогосподарської культури.

У випадку переорювання торфу з поверхні, при загальному збільшенні вмісту поживних речовин, відмічається їхнє рівномірне зниження по профілю. А при пошаровому внесенні торфу спостерігається високий вміст поживних речовин на глибині 30–50 см, порівняно з вище та нижче розташованими шарами. Тобто прошарки торфу в мінеральному ґрунті є акумуляторами не лише додаткової вологи ґрунту, а також і



поживних речовин, таким чином покращуючи умови росту і розвитку культур.

Отже, при внесенні торфу в мінеральні ґрунти суттєво змінюються не лише поживний режим ґрунту, але і його водно-фізичні властивості. Торф дозволяє збільшити вологість ґрунту з метою додаткової акумуляції атмосферних опадів, що рівнозначно проведенню додаткового зволоження в посушливі періоди вегетації.

Торфування, як адаптивний агроеліоративний захід, є найбільш доцільним для підвищення ефективності використання малопродуктивних ґрунтів Полісся, особливо в різких змінах природно-кліматичних умов.

## **2.6. Аналіз агрогідрологічних властивостей ґрунту в контексті локального моніторингу**

У сучасних умовах ґрунти перетворюються з природного компонента на елемент природно-техногенної системи, що направлений на підвищення ефективності землекористування. Надмірний механічний обробіток, використання важкої агроеліоративної техніки, значне внесення мінеральних добрив та недостатнє внесення органічних добрив, застосування отрутохімікатів і недодержання ґрунтозахисних технологій призводять до погіршення агрогідрологічних властивостей ґрунтів, значного ущільнення кореневмісного шару, втрати гумусу та продуктивності земель [18].

Унаслідок інтенсивної системи землеробства винесення біогенних речовин із ґрунту рослинами перевищує їхнє надходження в 1,5–2 рази, що призводить до процесу дегуміфікації ґрунтів. Втрати гумусу, у свою чергу, призводять до погіршення агрофізичних характеристик ґрунтів.

Спостерігається зниження активності процесів агрегації, погіршення водно-повітряного та теплового режимів кореневого шару, а також умов живлення рослин.

При недостатньому внесенні органічних добрив і відсутності оптимальної сівозміни різко скорочується вміст у ґрунті зернистих агрегатів розміром 1–5 мм, які є особливо цінними. Водночас збільшується кількість фракцій діаметром більше 10 мм і менше 0,25 мм. Структура ґрунту значно погіршується, спостерігається зменшення водостійких агрегатів, що призводить до погіршення водно-фізичних характеристик, замулення верхнього шару під час його зволоження та утворення кірки при висиханні. Дані процеси посилюють ерозійні явища та порушують екологічні функції, що призводить до зниження природної потенційної родючості ґрунту.

Для оцінки зазначених процесів та розробки заходів із раціонального використання, поновлення та збереження земельних ресурсів, виникає необхідність у впровадженні систематичних спостережень за зміною умов еволюції ґрунтів. Це передбачає організацію служби локального моніторингу [19].

Моніторинг має бути систематичним, з метою вчасного виявлення відхилень і прийняття заходів із припинення негативних процесів у ґрунтах. Реалізація цього вимагає проведення масових польових вишукувань, лабораторних досліджень та значних затрат часу і коштів.

При аналізі польових досліджень із визначення агрогідрологічних властивостей ґрунтів спостерігається взаємозв'язок між окремими значеннями та їхньою динамікою, що залежить від зміни агрофізичного стану ґрунтів [18; 20].

Для встановлення залежності досліджувалися ґрунти дерново-підзолисті супіщаного і легкосуглинистого гранулометричного складу, сірі опідзолені піщаного і суглинистого гранулометричного складу, чорноземи малогумусові слаболужні легкосуглинисті (рис. 2.6).

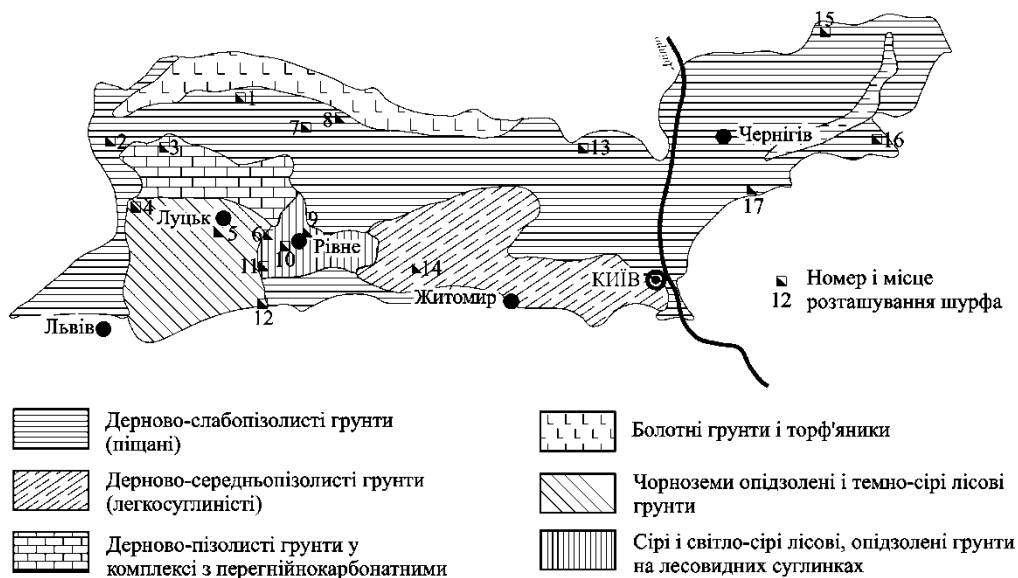


Рис. 2.6. Розташування шурфів ґрунту

Дерново-підзолисті ґрунти найбільш поширені на території Полісся. Дерново-слабопідзолисті піщані ґрунти характеризуються високою водопроникністю та доброю аерацією верхніх шарів, але водночас вони відзначаються низьким вмістом поживних речовин, при цьому вміст гумусу в них становить 0,4–0,9%. Реакція ґрунтового розчину дерново-слабопідзолистих ґрунтів є кислою. Дерново-середньопідзолисті ґрунти,

порівняно зі слабопідзолистими, відзначаються більшим вмістом поживних речовин, а вміст гумусу в них коливається від 1,0 до 1,9%.

У дерново-середньопідзолистих глеюватих ґрунтах процес обглюювання призводить до ущільнення та збільшення в'язкості нижньої частини ілювіального горизонту. На поверхні цих ґрунтів з'являються іржаві та сиві плями, а також залізо-марганцеві бобовини.

Значна різноманітність характеристик ґрунтів Полісся, необхідність систематичних та об'ємних досліджень у польових умовах потребують упровадження в практику раціональних та уніфікованих експрес-методів для визначення значень і змін їхніх властивостей.

При аналізі даних польових досліджень спостерігається взаємозв'язок між окремими властивостями та їхньою динамікою залежно від зміни агрофізичного стану ґрунтів. Серед агрофізичних властивостей мінеральних ґрунтів найбільш виділяється динаміка щільності, значення якої впливає практично на всі ґрунтові процеси.

Дослідження щільності ґрунту виявляється ключовим у визначенні агрофізичного стану даної території та виявленні рівнів деградації ґрунтів. При цьому щільність служить надійним аргументом для діагностики та кількісної оцінки агрогідрологічних властивостей ґрунту. Методика визначення щільності, як, наприклад, метод ріжучого кільця, представляє собою зручний та ефективний засіб оцінки даного показника. Однак, для взяття проб мінерального ґрунту із значної глибини, уникаючи влаштування шурфів, можна вдатися до використання методу буріння.

За величиною щільності можна охарактеризувати агрофізичний стан та визначити значення більшості агрогідрологічних властивостей ґрунту. Важливо відзначити, що зміна щільності впливає на родючість ґрунту, спричинюючи, зокрема, зниження вмісту гумусу [20].

Наявний прямий зв'язок між зростанням значень щільності та зниженням родючості ґрунту, що підтверджується високим рівнем кореляції (коефіцієнт кореляції становить 0,82–0,87):

$$N_2 = 13,66 - 8,33 \cdot \gamma_0, \% \quad (2.1)$$

де  $N_2$  – кількість гумусу в розрахунковому шарі ґрунту, % маси сухого ґрунту,  $\gamma_0$  – щільність ґрунту, г/см<sup>3</sup>.

Щільність ґрунту є визначальним фактором, що впливає на шпаруватість ґрунту. Від шпаруватості залежить структура ґрунту, з якою пов'язані його найважливіші агрономічні й гідрофізичні властивості.

Основні водно-фізичні властивості ґрунту прямо залежать від їхньої водоутримуючої здатності. Вода є найважливішим ґрунтоутворюючим фактором, оскільки вона розчиняє та переносить хімічні елементи та органічні речовини, необхідні для життєдіяльності ґрунтових організмів та для вирощування рослин.

У контексті сільськогосподарських меліорацій особливо вагомими агрогідрологічними показниками ґрунтів є повна і найменша вологоємність, вологість в'янення, водопоглинаюча здатність, водовіддача, висота капілярного підняття ґрунтових вод та інші характеристики. Зазначені показники напряду обумовлюються щільністю ґрунту, що визначає їхню величину та ефективність.

Для визначення кореляційної залежності між щільністю та агрогідрологічними властивостями ґрунтів використовувались результати польових досліджень, які охопили близько 200 зразків і виконані по 17 ґрунтових розрізах у поліській зоні (рис. 2.6).

Для оцінки тісноти зв'язку між щільністю та іншими властивостями ґрунту, було проведено статистичне опрацювання даних польових досліджень, визначено кореляційні залежності та обчислені коефіцієнти кореляції (табл. 2.16).

Таблиця 2.16

Рівняння регресії і тіснота зв'язку між щільністю та агрогідрологічними властивостями ґрунту

Властивості ґрунту	Рівняння регресії	Коефіцієнт кореляції
Загальна шпаруватість,%	$A = 96 - 35 \cdot \gamma_0$	0,98
Повна вологоємність,%	$\beta_{пол} = 109 - 53 \cdot \gamma_0$	0,99
Найменша вологоємність,%	$\beta_{нев} = 60 - 29 \cdot \gamma_0$	0,92
Вологість в'янення,%	$\beta_{ув} = 26 - 15 \cdot \gamma_0$	0,67
Максимальна гігроскопічність,%	$\beta_{мг} = \beta_{вн} / 1,34$	-
Запас води при повній вологоємності, м <sup>3</sup> /га	$W_{пол} = 100 \cdot H \cdot \gamma_0 \cdot (109 - 53 \cdot \gamma_0)$	0,94
Запас води при найменшій вологоємності, м <sup>3</sup> /га	$W_{нев} = 100 \cdot H \cdot \gamma_0 \cdot (60 - 29 \cdot \gamma_0)$	0,89

Примітка.  $\gamma_0$  – щільність ґрунту, г/см<sup>3</sup>, 1,34 – гідрометричний коефіцієнт.

При аналізі агрогідрологічних властивостей встановлено, що величина щільності скелету мінеральних ґрунтів практично не залежить

від їхньої щільності і коливається в межах 2,60–2,70 т/м<sup>3</sup>. При практичних розрахунках її величину можна прийняти постійним значенням 2,65 т/м<sup>3</sup>.

Окрім вказаних агрогідрологічних характеристик та розрахункових умов, суттєвими показниками при характеристиці ґрунтів є їхня швидкість і об'єм поглинання води.

Об'єм поглинання води ґрунтом визначається за залежністю

$$W = K_0 \cdot t^{1-\alpha}, \text{ мм}, \quad (2.2)$$

де  $W$  – об'єм поглинання води ґрунтом за час  $t$  (хв), мм;  $K_0$  – середня швидкість поглинання за першу годину поливу, мм/хв;  $\alpha$  – показник, що відображає вплив вихідної вологості на водопоглинаючу здатність ґрунту.

Середню швидкість поглинання за першу годину поливу встановлюють залежно від гранулометричного складу ґрунту. Для піщаних – 3,5 мм/хв, для глинистих – 1,5 мм/хв.

Для конкретних умов  $K_0$  можна визначити за формулою

$$K_0 = 3,3 \cdot \gamma_0 - 1,3, \text{ мм/хв}. \quad (2.3)$$

Величина показника степені  $\alpha$  змінюється залежно від вологості ґрунту і коливається від 0,8 при максимальній гігроскопічності до 0,3 при найменшій вологоємності ( $\beta_{нв}$ , %). Визначення  $\alpha$  може бути проведено на основі функціональної залежності

$$\alpha = 0,8 - \frac{0,5 \cdot (\beta_{вих} - \beta_{мг})}{\beta_{нв} - \beta_{мг}} = 0,8 - \frac{0,5 \cdot (\beta_{вих} - 19 + 11 \cdot \gamma_0)}{41 - 18 \cdot \gamma_0}, \quad (2.4)$$

де  $\beta_{вих}$  – вихідна вологість ґрунту, % маси сухого ґрунту;  $\beta_{мг}$  – максимальна гігроскопічність ґрунту, % маси сухого ґрунту;  $\beta_{нв}$ , % – найменша вологоємність.

Значення вихідної вологості можна знайти під час визначення щільності ґрунту за залежністю

$$\beta_{вих} = \frac{m_b - m_c}{m_c - m_б} \cdot 100, \%, \quad (2.5)$$

де  $m_b$ ,  $m_c$ ,  $m_б$  – відповідно маса вологого і сухого ґрунту разом з масою бюкса та маса бюкса, г.

Для спрощення визначення показника затухання швидкості поглинання води ґрунтом можна використати графічну модель (рис. 2.7).

Аналогічно можна встановити взаємозв'язки між величиною коефіцієнтів фільтрації, агрофізичним станом поля, ступенем ерозійних процесів, допустимими нормами зволоження та тривалістю вегетаційного періоду в залежності від щільності ґрунту. Слід зауважити, що щільність ґрунту може бути коригована шляхом внесення ґрунтових меліорантів, таких як піскування, глинування, торфування та інші.

Кількість меліоранта можна встановити з рівняння

$$\gamma_{вих} \cdot (h_p - x) + \gamma_m \cdot x = h_p \cdot \gamma_p, \quad (2.6)$$

де  $\gamma_{вих}$  – вихідна щільність ґрунту, т/м<sup>3</sup>;  $h_p$  – розрахунковий шар ґрунту, м;  $x$  – шар меліоранта, м;  $\gamma_m$  – щільність меліоранта, т/м<sup>3</sup>;  $\gamma_p$  – рекомендована щільність ґрунту, т/м<sup>3</sup>.

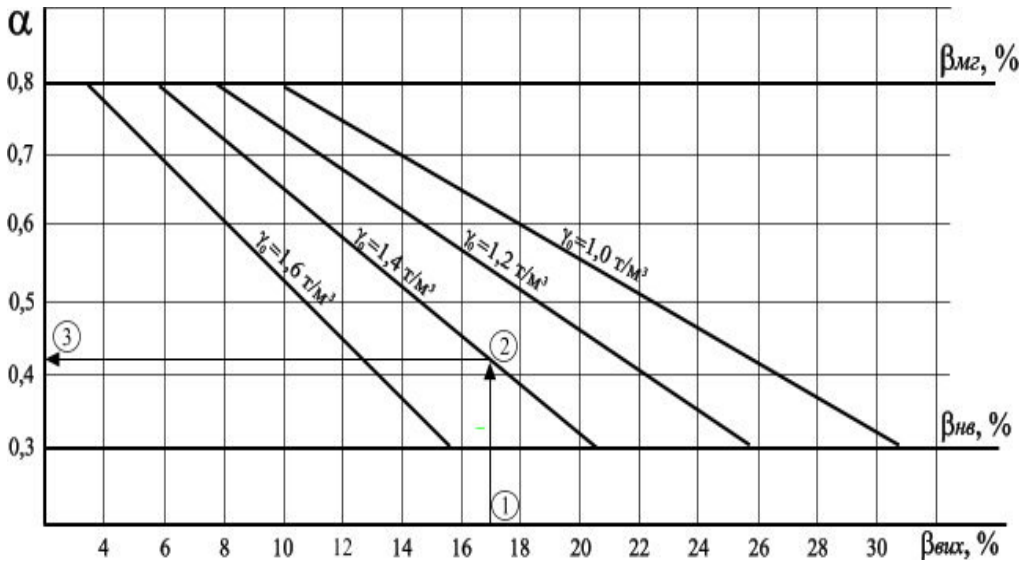


Рис. 2.7. Графічна модель для визначення показника затухання швидкості поглинання води ґрунтом

Необхідна кількість меліоранта для коригування щільності до рекомендованого значення буде:

$$N = x \cdot \gamma_m \cdot 10000, \text{ т/га}, \quad (2.7)$$

де  $N$  – необхідна кількість меліоранта, т/га.

Виконаємо приклад розрахунку необхідної кількості меліоранта для зміни агрогідрологічних властивостей ґрунту.

Вихідні дані: мінеральні ґрунти зі щільністю 1,4 т/м<sup>3</sup>; глибина розрахункового шару ґрунту 0,30 м; меліорант (торфокомпост) зі щільністю 1,0 т/м<sup>3</sup>; рекомендована щільність меліорованого ґрунту 1,25 т/м<sup>3</sup>.

Визначаємо необхідний шар меліоранта з рівняння (2.6)

$$1,40 \cdot (0,30 - x) + 1,0 \cdot x = 0,30 \cdot 1,25, \quad x = 0,11 \text{ м.}$$

Необхідну кількість меліоранта визначаємо за формулою (2.7)

$$N = 0,11 \cdot 1,0 \cdot 10000 = 1100 \text{ т/га.}$$

Вплив меліоранта на покращання властивостей ґрунту наведений у таблиці 2.17.

З таблиці 2.17 можна визначити, що внесення меліоранта нормою 1100 т/га призводить до зменшення щільності ґрунту на 11% у шарі глибиною 0,30 м.

При цьому повна та найменша вологоємність збільшуються на 22%, а запаси вологи в ґрунті зростають на 9,6%. Потенційна можливість збільшення гумусу в цьому випадку становить 65%.

Таблиця 2.17

Зміна агрогідрологічних властивостей ґрунту при внесенні меліоранта

Властивість ґрунтів	Показники			Ефективність меліоранта,%
	ґрунт до меліорації	меліорант	ґрунт після меліорації	
Щільність, т/м <sup>3</sup>	1,40	1,00	1,25	11
Шпаруватість,%	47,0	61,0	52,2	11,5
Повна вологоємність,%	34,8	56,0	42,7	22
Найменша вологоємність,%	19,4	31,0	23,8	22,5
Вологість в'янення,%	6,0	11,0	7,2	-
Запас вологи при повній вологоємності, м <sup>3</sup> /га	1462	1680	1603	9,6
Запас вологи при найменшій вологоємності, м <sup>3</sup> /га	815	930	890	9,6
Гумус,% м. с. гр.	2,0	5,0	3,3	65

Впровадження експрес-методу діагностики ґрунтів дозволяє отримувати інформацію про зміни агрогідрологічного стану та трансформацію сільськогосподарських угідь з невеликими витратами коштів і часу. Цей метод також дозволяє аналізувати причини змін основних властивостей ґрунтів та їхнього меліоративного стану.

Отримані рівняння регресії, які встановлюють зв'язок між щільністю ґрунту та агрогідрологічними його властивостями, а також визначення необхідної кількості меліоранта, свідчать про можливість впровадження цих досліджень у виробництво при організації та впровадженні локального ґрунтового моніторингу в Поліській зоні України.

## 2.7. Агрофізична деградація меліорованих ґрунтів: причини та заходи попередження

Агрофізична деградація ґрунтів є невід'ємною складовою процесів, що виникають у зв'язку з використанням сільськогосподарських земель. Вона впливає на властивості, а отже, на родючість ґрунтів та продуктивність сільськогосподарських культур. Вивчення причин деградації, впровадження ефективних технологій та раціональне використання земельних ресурсів можуть сприяти відновленню та збереженню ґрунтів.

Основними чинниками деградації меліорованих ґрунтів є інтенсивний механічний обробіток, використання важкої агротехніки, недотримання водного і поживного режимів.

Промивний режим, що виникає при осушенні, сприяє переміщенню частинок ґрунту вниз по його профілю. Цей процес призводить до виносу дрібних глинистих часток із верхнього шару, зміни гранулометричного складу та збільшення частки фізичного піску. Внаслідок цього вологоємність зменшується, а щільність збільшується, що може негативно впливати на властивості ґрунту. Крім того, ущільненню сприяє вимивання кальцієвих сполук, що призводить до заплівання ґрунтів та закупорки шпарин підорного шару через збільшення кількості агрегованого.

Здатність ґрунту до ущільнення визначається гранулометричним складом та рівнем вологості під час обробітку, що впливає на його потенційну стійкість проти деформації. Більше ущільнюються вологі ґрунти важкого гранулометричного складу, менше – сухі і ґрунти легкого складу.

Унаслідок проходження важкої техніки, особливо колісного типу, у коліях щільність ґрунту на глибині 30 см може досягати 1,45–1,50 т/м<sup>3</sup>, тобто, порівняно з неущільненим аналогом, вона зростає на 0,20–0,25 т/м<sup>3</sup>. Вміст повітря в шпаринах вдвічі нижчий за критичний, твердість ґрунту зростає в 3–4 рази, а водопроникність зменшується в 3–5 разів. Шпаруватість ґрунту різко зменшується, спостерігається збільшення окремих його агрегатів. Негативні наслідки ущільнення, залежно від типу ґрунту, проявляються на глибині до 50 см [21].

На осушувальних системах навіть у місцях над дренами спостерігається тривале перезволоження ґрунтів і вимокання рослин. Ступінь ущільнення ґрунту можна наглядно визначити за наявністю калюж тривалий час, заплівання верхнього шару ґрунтів.

Для запобігання та зменшення агрофізичної деградації ґрунту, необхідно визначити комплекс заходів. Зокрема, це збільшення потужності орного горизонту та збагачення його органічною речовиною



за одночасного насичення ґрунтового-поглинального комплексу катіонами кальцію і магнію. Це сприятиме формуванню та утриманню агрономічно цінної структури ґрунту, представленої агрегатами діаметром 0,5–10 мм. Така структура є визначальною для створення сприятливих фізичних властивостей ґрунту (водних, повітряних, термічних), а також пов'язаного із ними хімічного складу, сприяючи корисному розвитку мікробіологічних процесів.

Важливо враховувати, що водно-фізичні характеристики ґрунту тісно пов'язані з фізичною глиною та діаметрами часток ґрунту за фракціями. Для визначення середньозваженого радіуса частки мінерального ґрунту, можна використовувати методику на прикладі суглинистого гранулометричного складу (табл. 2.18).

Таблиця 2.18

Визначення середньозваженого радіуса частки ґрунту

Діаметр частки ґрунту по фракціях, $d$ , мм	Середній діаметр частки ґрунту, $d_{cp}$ , мм	Вміст фракції зразка ґрунту, $\alpha$ , %	Добуток $d_{cp} \cdot \alpha$	Середньозважений радіус частки ґрунту, $R$ , мм
0,5–0,25	0,38	$\alpha_1$	$0,38 \cdot \alpha_1$	$R = \frac{\sum_{i=1}^4 d_{cp} \cdot \alpha}{2 \cdot 100}$
0,25–0,10	0,18	$\alpha_2$	$0,18 \cdot \alpha_2$	
0,10–0,05	0,075	$\alpha_3$	$0,075 \cdot \alpha_3$	
< 0,05	0,027	$\alpha_4$	$0,027 \cdot \alpha_4$	



Теоретично ступінь ущільнення обумовлюється схемою взаємного розтушування часток ґрунту. Ці схеми можна зобразити як «трикутник» (ущільнений ґрунт) або «квадрат» (розпушений ґрунт).

Аналізуючи схему розташування часток ґрунту (табл. 2.19) можна визначити об'єми між центрами часток. У випадку ущільненого ґрунту об'єм  $V_1 = 2\sqrt{3}R^3$ , тоді як у розпушеному ґрунті об'єм  $V_3 = 8R^3$  ( $R$  – середньозважений радіус часток ґрунту, мм). Об'єми часток ґрунту представлені формулами  $V_2 = (5/6)\pi R^3$  та  $V_4 = (4/3)\pi R^3$ , в той час як об'єми проміжків між зернами розраховуються як  $0,84R^3$  та  $3,8R^3$  для ущільненого та розпушеного ґрунту відповідно.

Згідно з проведеними розрахунками, шпаруватість ущільненого ґрунту становить 24% його об'єму, тоді як у розпушеному стані ця величина збільшується до 47%. Площа поперечного перерізу шпарин в

ущільненому та розпушеному ґрунті представлена відповідною формулою  $f=0,16 \cdot R^2$  та  $0,86 \cdot R^2$ , де  $R$  – приведений радіус шпарини. Приведені радіуси шпарин визначаються як  $0,23 \cdot R$  у ущільненому стані та  $0,52 \cdot R$  у розпушеному. Отже, при розпушуванні ґрунту його шпаруватість збільшується на 50%. До того ж, зміна діаметрів шпарин при ущільненні ґрунту впливає на висоту капілярного підняття ґрунтових вод.

Таблиця 2.19  
Визначення середньозваженого радіусу частки ґрунту

Показники	Стан ґрунту	
	ущільнений ґрунт	розпушений ґрунт
Схема взаємного розташування часток ґрунту		
Об'єм між центрами часток ґрунту, мм <sup>3</sup>	$V_1 = 2\sqrt{3} \cdot R^3$	$V_3 = 8 \cdot R^3$
Об'єм твердих частин між центрами часток ґрунту, мм <sup>3</sup>	$V_2 = \frac{5}{6} \cdot \pi \cdot R^3$	$V_4 = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3$
Об'єм шпарин між центрами часток ґрунту, мм <sup>3</sup>	$V = V_1 - V_2,$ $V = 0,84 \cdot R^3$	$V = V_3 - V_4,$ $V = 3,8 \cdot R^3$
Площа поперечного перерізу шпарин, мм <sup>2</sup>	$f=0,16 \cdot R^2$	$f=0,86 \cdot R^2$
Приведений радіус шпарин, мм	$r=0,23 \cdot R$	$r=0,52 \cdot R$
Шпаруватість, %	$A = \frac{0,84 \cdot R^3 \cdot 100}{2\sqrt{3} \cdot R^3} = 24$	$A = \frac{3,8 \cdot R^3 \cdot 100}{8 \cdot R^3} = 47$
Висота капілярного підняття, мм	$h = \frac{15}{0,23 \cdot R}$	$h = \frac{15}{0,52 \cdot R}$

Зміна діаметрів шпарин при ущільненні ґрунту впливає на висоту капілярного підняття ґрунтових вод згідно з рівнянням Лапласа

$$P = \frac{2 \cdot a}{r}, \text{ Па}, \quad (2.8)$$

де  $P$  – капілярний тиск води, Па;  $a$  – поверхневий натяг, який при температурі води 10–15° С дорівнює 74 Н/м;  $r$  – радіус меніска, який можна прийняти рівним радіусу капіляра, м.

Під дією цього тиску вода в шпарині ґрунту піднімається на висоту  $h$ , при якій маса піднятого стовпа ґрунтової води буде рівна силі капілярного тиску  $P$  та буде становити

$$P = h \cdot \rho \cdot g, \text{ Па}, \quad (2.9)$$

де  $h$  – висота капілярного підняття ґрунтової води, м;  $\rho$  – щільність ґрунтової води, кг/м<sup>3</sup>;  $g$  – прискорення сили тяжіння, м/с<sup>2</sup>.

Прирівнявши вирази (2.8) та (2.9), отримаємо рівняння

$$h \cdot \rho \cdot g = 2 \cdot a / r. \quad (2.10)$$

Звідси висота капілярного підняття ґрунтової води буде дорівнювати

$$h = \frac{2 \cdot a}{\rho \cdot g \cdot r}. \quad (2.11)$$

Величину  $\frac{2 \cdot a}{\rho \cdot g}$  називають сталою капілярною, позначають  $a^2$ , а її значення можна прийняти 15 ( $a^2 = 2 \cdot 74 / 19,81 \approx 15$ ).

Отже, висота капілярного підняття ґрунтової води буде дорівнювати

$$h = \frac{a^2}{r} = \frac{15}{r} = \frac{30}{d}, \quad (2.12)$$

де  $r$  і  $d$  – відповідно приведений радіус та діаметр шпарини у ґрунті, мм.

Згідно з отриманими результатами (табл. 2.19) можна визначити, що висота капілярного підняття ґрунтових вод зменшується на 44% при глибокому розпушуванні ґрунту або меліоративній оранці у порівнянні з ущільненим станом ґрунту.

Отримані висновки мають практичне значення для визначення ефективних методів меліорації як незасолених, так і засолених земель [10]. Із врахуванням результатів дослідження встановлено, що глибоке розпушування є ключовим елементом у зниженні капілярного підняття ґрунтових вод, що в свою чергу сприяє покращенню водно-фізичних умов.

Глибоке розпушування, в якості агро меліоративного заходу, здобуло широку популярність починаючи з середини ХХ століття. Значний досвід у цій області накопичений в США, Франції та інших країнах Євросоюзу. Наприклад, у США глибоке розпушування застосовується на 90% сільськогосподарських земель.

Поглиблення орного шару ґрунту, особливо на ґрунтах, де товщина гумусового прошарку невелика, вважається одним із основних напрямів покращання родючості та окультурення ґрунту.

Частота проведення глибокого розпушування визначається типами ґрунтів та будовою їхнього профілю. На незасолених важких ґрунтах оптимальна періодичність розпушування становить 3–4 роки. На солонцевих ґрунтах із коефіцієнтом фільтрації менше 0,1 м/добу та шпаруватістю менше 40% глибоке розпушування рекомендується проводити через 2–3 роки.

Глибина розпушування ґрунтів залежить від ступеня їхнього засолення та ущільнення. На слабо засолених ґрунтах ця глибина становить від 0,4 до 0,6 метра, тоді як на більш засолених або ґрунтах із щільністю понад 1,40–1,50 т/м<sup>3</sup> – від 0,8 до 1,0 метра.

Агрофізична деградація ґрунтів визначається комплексом факторів, які взаємодіють між собою. Розуміння причин та наслідків цього процесу дозволяє розробляти ефективні стратегії для його запобігання та ліквідації. Впровадження комплексу заходів, спрямованих на відновлення та збереження ґрунтової якості, є критично важливим для забезпечення сталого розвитку аграрного сектору та збереження екологічної стійкості.

## **2.8. Потенціал меліорованих земель для досягнення сталого розвитку**

Внаслідок сучасних змін, які відбуваються як на планетарному, так і на регіональному рівнях, виклики сучасності щодо енергетичних, водних та продовольчих проблем, що загострюються через зміни клімату та військову агресію Росії, показують, наскільки наш наявний продовольчий потенціал впливає на продовольчу безпеку України та інших країн світу.

Також продовольча безпека багато в чому залежить від наявного фонду меліорованих земель. А отже, незадіяний потенціал сільськогосподарських угідь з регульованим водним режимом (зрошення, осушення, двостороннє регулювання водного режиму тощо) в зонах Полісся, Лісостепу та Степу може стати запорукою збільшення об'єму товарної продукції агропромисловості у регіонах та України в цілому.

Сучасні умови та вимоги визначають необхідність впровадження заходів з адаптації до змін клімату при проектуванні та реконструкції водогосподарсько-меліоративних об'єктів. Загалом, це може бути досягнуто шляхом розробки комплексу адаптивних організаційних, агротехнічних, агро-меліоративних та гідротехнічних заходів, спрямованих на поступовий перехід до вирощування нових сортів та видів сільськогосподарських культур. Це також включає ефективне регулювання водного режиму, зарегулювання і акумуляцію вологи в ґрунтовому профілі та в межах системи, перехід від традиційного періодичного поливу до реалізації та забезпечення регулярного зволоження осушуваних земель, удосконалення технологій водорегулювання, типів та конструкцій гідромеліоративних систем і їх технічних елементів, а також методів їх проектування та розрахунку.

Впровадження взаємопов'язаних інноваційних агро-меліоративних та гідротехнічних заходів може ефективно зменшити негативний вплив змін клімату на ґрунтові процеси та режими, умови вирощування та продуктивність сільськогосподарських культур на осушуваних землях Полісся. Це сприятиме підвищенню ефективності дренажних систем на 20–50%, зокрема завдяки впровадженню ресурсозберігаючих технологій, що враховують сучасні економічні й екологічні вимоги.

Такий підхід також сприятиме підвищенню рівня аграрного виробництва та продовольчої безпеки Поліського регіону і всієї країни як у воєнний, так і у повоєнний період. Важливо зазначити, що реалізація цих заходів передбачає врахування не лише економічних аспектів, але й екологічних та інших сучасних вимог для досягнення сталого розвитку.

### *Література до розділу*

1. Гудзь В. П., Лісовал А. П., Андрієнко В. О., Рибак М. Ф. Землеробство з основами ґрунтознавства і агрохімії / за редакцією В. П. Гудзя. К. : Центр уч. літератури, 2007. 408 с.
2. Томашівський З. М., Коник Г. С. Наукові основи системи землеробства в західному регіоні України: монографія / за наук. ред. Томашівського З. М. Львів : СПОЛОМ, 2020. 286 с.
3. Гудзь В. П., Примак І. Д., Будьонний Ю. В., Танчик С. П. Землеробство. 2-ге вид. перероб. та доп. / за ред. В. П. Гудзя. К. : Центр уч. літератури, 2010. 464 с.
4. Природа Ровенської області / за ред. Геренчука К. І. Л. : Вища школа, 1976. 156 с.
5. Медведєв В. В. Проблема фосфору в Україні та шляхи її розв'язання. *Вісник аграрної науки*. 2000. № 7. С. 82–84.
6. Носко Б. С., Христенко А. О., Максимова В. П. Проблема фосфору в землеробстві України. *Вісник аграрної науки*. 1999. № 5. С. 13–16.
7. Ґрунтознавство / Д. Г. Тихоненко, М. О. Горін, М. І. Лактіонов та ін. ; за ред. Д. Г. Тихоненка. К. : Вища освіта, 2005. 697 с.
8. Адаптивні системи землеробства / Гудзь В. П., Шувар І. А., Юник А. В. та ін. ; за ред. Гудзя В. П. К. : Центр уч. літератури, 2014. 336 с.
9. Ткаченко М. А., Кондратюк І. М., Борис Н. Є. Хімічна меліорація кислих ґрунтів. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2019. 318 с.
10. Мазур Г. А. Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів. Монографія. Київ : Аграрна наука. 2008. 308 с.
11. Мельничук В. Г., Мельничук Г. В. Мінерально-сировинна база Рівненської області: стан, проблеми, перспективи. *Мінералогічний збірник*. 2017. № 67. Вип. 2. С. 91–102.
12. Гуменюк А. І. Вапнування ґрунтів. Київ : Урожай, 1968. 100 с.
13. Сучасна концепція хімічної меліорації кислих і солонцевих ґрунтів. Харків : ННЦ ІГА імені О. Н. Соколовського, 2008. 100 с.
14. Науково обґрунтована система ведення сільського господарства на Поліссі та в західних районах УРСР / за ред. П. О. Дорошенка. К. : Урожай, 1967. 512 с.

15. Коротун І. М., Коротун Л. К. Географія Рівненської області. Рівне, 1996. 273 с.
16. Волкова Л. А., Козішкурт С. М. Підвищення потенціалу меліорованих дерново-підзолистих ґрунтів на прикладі Рівненської області. *Вісник НУВГП. Технічні науки*. 2021. № 1 (93). С. 106–115.
17. Волкова Л. А., Козішкурт С. М. Торфування як адаптивний агро меліоративний захід використання мало-продуктивних земель Полісся. *Наукове забезпечення та практичний досвід ґрунтозберігаючого землеробства / ІЗЗ НААН. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. С. 22–25.*
18. Родючість ґрунтів (моніторинг та управління) / за ред. В. Медведєва. Київ : Урожай, 1992. 240 с.
19. Козішкурт С. М. Збереження родючості ґрунтів Полісся потребує локального моніторингу. *Вісник НУВГП. Технічні науки : зб. наук. праць*. Рівне : НУВГП, 2014. Вип. 1 (65). С. 19–26.
20. Козішкурт М. Є., Козішкурт С. М., Голота Л. М. Об'ємна щільність індикатор агрофізичного стану та аргумент функції агрогідрологічних властивостей ґрунтів. *Вісник НУВГП. Технічні науки : зб. наук. праць*. Рівне : НУВГП, 2007. Вип. 3 (39). С. 300–308.
21. Медведєв В. В., Лындина Т. Е., Лактионова Т. Н. Плотность сложения почв (генетический, экологический и агрономический аспекты). Харьков : 13 типография, 2004. 244 с.
22. Козішкурт С. М. Агрофізична деградація меліорованих ґрунтів і заходи з їхнього окультурення. *Вісник НУВГП. Технічні науки : зб. наук. праць*. Рівне : НУВГП, 2014. Вип. 2 (66). С. 50–56.

### **3. ТРАНСФОРМАЦІЯ ТА ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ОРГАНОГЕННИХ ҐРУНТІВ ЗА ДРЕНУВАННЯ ТА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИКОРИСТАННЯ**

#### **3.1. Сільськогосподарське освоєння боліт**

Проблема меліорації боліт вимагає їхнього всебічного вивчення, оскільки вони є важливою складовою місцевих природних ресурсів та екології довкілля. Протягом значного періоду торф використовувався переважно, як паливо. Тому не даремно, за визнанням Брудастова (1955), торф становить паливо із щільно злежаних болотяних рослин, коріння і моху.

Основною умовою сільськогосподарського освоєння боліт є їхнє дронування. Внаслідок цього відбуваються значні зміни основних властивостей ґрунту. В порах верхніх шарів під впливом осушення значно підвищується аерація, починають свою діяльність аеробні мікроорганізми, змінюється поживний режим для рослин, а разом з тим міняється і склад рослинності.

За даними багатьох дослідників (Вознюк, 1974; Цюпа, 1986, Рижук, Слюсар, Вергунов, 2002), в умовах лучно-польового використання торфовищ щороку безповоротно мінералізується в середньому 7–9 т на 1 га торфу. Внаслідок цього за останні роки відбулося зменшення торфових ресурсів в Україні на 120–150 млн т. Крім того, в Україні для різних потреб і, перш за все, на добриво щороку видобувають до 20 млн т торфу (Зубець, Мурашко, Шебеко, 1978). Відбувається безсистемне використання цінних торфових ресурсів, що в недалекій перспективі може призвести до їхнього повного вичерпання. Все це вимагає термінових заходів переходу на екологічно вивірену систему раціонального та ощадливого використання торфовищ.

Одним з об'єктивних негативних природних явищ є ущільнення осушуваних торфових ґрунтів. Його темпи можна і потрібно максимально вповільнювати, а сам процес спрямовувати до поступового формування біохімічно стійких перегнійних ґрунтів. Тому головною метою регульованого ґрунтоутворення на дренованих торфовищах є максимальне посилення процесів гуміфікації торфової маси, рослинних решток, гуміфікації і формування стійкого орґано-мінерального ґрунтового комплексу.

Багатьма дослідниками (Зубець, Мурашко, Шебеко, 1978; Маслов, 1985) встановлено тісний кореляційний зв'язок між осіданням торфової маси та пониженням ґрунтових вод. Значні втрати торфу спостерігаються

також від вітрової ерозії. В середньому під просапними культурами вони становлять 2–3 т/га, під зерновими – 1 т на 1 га. Під багаторічними травами вітрової ерозії не спостерігається (Цюпа, Бистрицький, Слюсар, 1990).

Щодо запровадження сівозмін з тривалим лучним періодом, то ступінь розкладання торфу теж залежить від глибини залягання ґрунтових вод. За даними Цюпи (1986), щорічна мінералізація торфу під просапними культурами (картопля, кормові буряки) становить 14–16 т/га, а під багаторічними травами – в межах 3–4 т/га за рік.

Отже, під травами теж проходить мінералізація торфу, але трави, порівняно з іншими культурами, майже половину зруйнованого торфу компенсують поживними і кореневими рештками. Викликають занепокоєння також непродуктивні втрати мінерального азоту в процесі мінералізації торфу через винесення його дренажними водами та у вигляді газоподібних утрат у повітря.

Складається суперечлива ситуація, за якої, з однієї сторони, відбувається інтенсивне використання торфових ґрунтів, а з іншої, стоїть гостра екологічна необхідність їхнього збереження, як компонента біосфери, що відіграє істотну захисну функцію у збереженні її рівноваги. Виходячи з цього, виникла потреба створення системи агроекологічного моніторингу прогнозування й управління екологічним станом і продуктивністю осушуваних торфових ґрунтів України.

Таким чином, метою досліджень стало вивчення дії осушування і сільськогосподарського освоєння в різному часовому циклі на трансформацію торфу, зміну родючості та продуктивності торфових ґрунтів. Для проведення досліджень було вибрано найхарактерніші для зони Полісся й Лісостепу локації торфових ґрунтів. Це меліоративні системи «Зурно» та «Ольшанка» у Західному Поліссі Рівненської області; болото Замглай у Лівобережному низовинному Поліссі Чернігівської області; у лісостеповій зоні на дренажних торфовищах заплави р. Ромен Сумської області та у заплаві р. Супій Київської області.

Меліоративні системи «Зурно» й «Ольшанка» є болотами низинного типу, які до початку освоєння були вкриті чагарником різної щільності, купинами і перегнилими пеньками. Трав'яний покрив складався переважно з різнотравно-осокової рослинності, у травостойі якої знаходилися близько 20% хвощу болотяного, підмаренника болотяного, калюжниці і жовтцю повзучого. Злакова рослинність складалася з мітлиці, костриці червоної і тонконога болотяного. Осоки в травостойі було до 40–50%. Значна частина площі була вкрита гіпновими мохами. Дані про властивості торфу наведено у таблиці 3.1.



Таблиця 3.1

Основні агрохімічні властивості торфових болотних ґрунтів  
меліоративних систем «Зурно» та «Ольшанка»  
на початок освоєння, 1962 р.

Шар ґрунту, см	рН КСІ	Зольність, %	Ступінь розкладання торфу, %	Органічна речовина	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
<i>меліоративна система «Зурно»</i>									
0–20	5,5	6,47	20	98,5	3,51	0,37	0,09	3,27	0,11
20–40	5,4	8,12	25	91,9	3,24	0,85	0,10	3,13	0,07
40–60	5,6	5,25	25	94,8	3,07	1,24	0,04	2,86	0,09
<i>меліоративна система «Ольшанка»</i>									
0–20	5,3	13,81	20	86,2	3,42	0,54	0,11	2,20	0,14
20–40	5,6	9,05	25	90,9	3,12	1,14	0,03	2,42	0,13
40–60	5,7	6,56	25–30	93,4	2,97	0,93	0,06	2,14	0,19

Будівництво системи «Зурно» на площі 4870 га закінчено у 1957 р. Осушування проведено сіткою відкритих каналів за відстані між ними 300 м. Водоприймачем системи слугує р. Случ. Торф осоковий з переходом на глибині 0,5 м в осоково-очеретяний, слабзорозкладений. Ступінь розкладання торфу становить 20–25%, зольність – 5,2–8,1%. Значно менша, порівняно з мінеральними ґрунтами, щільність твердої фази і дуже мала об'ємна маса. Реакція ґрунтового розчину слабокисла (рН 5,3–5,7%). Глибина торфового шару 3–4 м, а безпосередньо під дослідними ділянками 3,1 м. Будівництво меліоративної системи «Ольшанка» закінчено у 1959 р. (осушення проведене відкритими каналами з відстанню між ними 300 м). Загальна площа осушуваних боліт становить 940 га. Водоприймачем також слугує р. Случ.

Як свідчить аналіз агрохімічних показників, меліоративні системи «Зурно» й «Ольшанка» близькі між собою за основними властивостями торфовищ і типові для боліт Українського Полісся (табл. 3.1).

Причинами заболочування їх, як і для більшості боліт цієї зони, були:

- неглибоке залягання водотривких порід і ґрунтових вод;
- дуже незначний поверхневий стік у зв'язку із специфічним рельєфом місцевості, несприятливим для природного стоку;
- перевищення опадів над сумарним випаровуванням.

Протягом 1961–1964 рр. на меліоративних системах «Зурно» й «Ольшанка» проводили польові й лабораторні дослідження з вивчення різних способів знищення чагарників і первинного обробітку, а також вивчали систему добрив у перші роки освоєння (Гімбаржевський, 1971).

Клімат району досліджень помірно теплий і вологий. Середньорічна температура повітря сягає близько +7° С. Зимовий період триває майже

3,5 місяця і порівняно м'який із середньомісячною температурою від -2,5 до -5° С. Середня річна сума опадів становить 634 мм. Найбільше їх випадає у літні місяці. Спостерігаються весняні та осінні приморозки, що не дає можливості культивувати теплолюбні культури.

До проведення дренавальних робіт болота Зурно і Ольшанка використовувалися переважно як пасовища в літні періоди року. Врожайність сіна низької якості не перевищувала 1,5 т/га. Після осушення торфові ґрунти почали інтенсивно використовувати під різні сільськогосподарські культури на фоні внесення фосфорно-калійних добрив. На дослідних ділянках, де вивчали різні способи знищення чагарнику і первинного обробітку на різних фонах фосфорно-калійних добрив, вирощували цукрові буряки, картоплю, кукурудзу на силос, кормові буряки, овес і злакові багаторічні трави.

Залежно від способів підготовки ґрунту і фонів удобрення врожайність з 1 га становила: цукрових буряків 32–34 т, кормових буряків 25–36, картоплі 30–34, кукурудзи на зелену масу 30–33, зерна вівса 1,7–2,2 і сіна багаторічних трав 5,3–6,7 т.

Болото Замглай, належить до евтрофних боліт району моренного Полісся, долинного походження (Вознюк, 1974). З півдня воно прилягає до р. Десни, а з півночі до р. Сож. Природне мінеральне підвищення і піщані пагорби ділять болото Замглай на три основні частини: Південний Замглай площею 3340 га, Центральний Замглай – 5878 га і Північний Замглай – 8500 га. Загальна площа болота – 17718 га, воно низинного типу, торф осокового походження. Середня товщина торфу 2,5–3,0 м, в окремих місцях 9 м. Реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної, зольність близько 20%. Болото осушене відкритими каналами в 1928–1930 рр. У 1949 р. проведено поглиблення головного каналу на 0,6 м. Болото часто затоплювалось весняними водами, переважно в квітні на 15–20 днів. Як об'єкт досліджень на болоті Замглай, нами було вибрано Бурівське дослідне поле, яке існує з осені 1926 р., спочатку як філія Рудня-Радовельської дослідної болотної станції, а з 1932 р. як самостійний пункт, що з 1935 р. перетворений у дослідне поле. Розташоване воно на межі Тупичівського та Ріпкинського розтоків Чернігівської області, в південній частині Центрального Замглая. Болото низинного типу, трав'яно-осокове. У 1930 р. 50% його площі було вкрите чагарником берези і верби, а подекуди вільхи. Здебільшого зустрічалися купини, переважно рослинного походження. Торф середньорозкладений без решток деревини, зольність – 11,9, реакція ґрунтового розчину слабколужна (рН 7,4). Болото не заливне і живиться винятково атмосферними і джерельними водами. З півдня біля с. Брусилів прилягає до р. Десни, а з півночі до р. Сож, притоки р. Дніпра. У 1949 р. при

реконструкції дренажної системи було проведено ґрунтове обстеження болота.

У зоні Лісостепу об'єктом досліджень є болото Ромен у заплаві р. Ромен Сумської області, де розташоване Сульське дослідне поле Інституту гідротехніки і меліорації УААН. Болото Ромен має площу 12000 га. Береги річки в районі його розташування стрімкі, з глибокими балками та ярами. Дно болота – глинисті післятретинні нашарування. Середня товщина торфу 2,5–3,0 м, максимальна – 7,1 м. Зольність висока, понад 20%. Багато домішок черепашок. Торф слаборозкладений. Болото низинне, трав'яно-осокове. З рослинності переважають осоки, в окремих місцях – зарослі очерету та зелених мохів. Середня кількість атмосферних опадів 510 мм. Крім того, болото живиться ще багатими джерельними водами, що є характерною особливістю майже всіх боліт Лісостепу.

Сульське дослідне поле було організоване як опорний болотний пункт на базі Рудня-Радовельської болотної дослідної станції навесні 1932 р. Його роботу було зосереджено на дослідженні лужних ґрунтів, тоді ще маловивчених. Розташоване дослідне поле на болоті р. Ромен, притоки р. Сули біля с. Ведмеже, у південно-східній частині Сумської області. На дослідному полі є ділянки, на яких осушення й освоєння проводили в 1932–1934, 1948 і 1954 рр. Крім того, є торфове болото біля с. Ведмеже, яке осушене, але не освоєне.

Панфільське дослідне поле (пізніше дослідна станція) було організовано в 1936 р. у заплаві р. Супій лісостепової зони Київської області. Торф карбонатний різної потужності підстиляється легким суглинком, який багатий на поживні речовини. Тут діє осушувально-зволожувальна меліоративна система, яка періодично реконструювалася. Болото не заливне і живиться винятково атмосферними й джерельними водами.

На всіх цих ділянках у свій час було проведено пошукові роботи і за архівними даними (в основному це наукові звіти дослідних станцій) є можливість встановити рослинний покрив, потужність, щільність торфу, валові і рухомі форми поживних речовин, зольність, ступінь розкладання торфу до осушення і в перші та наступні роки його сільськогосподарського використання.

### **3.2. Зміна водно-фізичних властивостей органогенних ґрунтів під дією антропогенних факторів**

Як уже відмічалось, меліоративні системи «Зурно» і «Ольшанка» побудовано в 1957–1959 рр. системою відкритих каналів з відстанню між ними 300 м. У 1978–1979 рр. провели поглиблення магістральних каналів

та очищення бокової мережі, яке до 1992 р. виконувалося регулярно згідно з планом ремонтно-експлуатаційних робіт управління експлуатації.

На дослідних ділянках, закладених у 1962 р., постійно вели спостереження за рівнем ґрунтових вод і вивченням способів їхнього сільськогосподарського використання. До 1986 р. на болоті, де розміщені дослідні ділянки, дотримувалися кормової сівозміни з таким набором культур: 1–4 – багаторічні трави, 5 – коренеплоди (кормові буряки, картопля), 6 – озиме жито, 7 – кукурудза на силос, 8 – ячмінь за літньо-осінньої сівби багаторічних трав. У наступні роки осушувані ґрунти на системі «Ольшанка» використовували безсистемно, а на системі «Зурно» – переважно під багаторічні трави і пасовище.

Рівні ґрунтових вод на системах залежали переважно від метеорологічних умов і коливалися в досить широких межах – від 38 до 78 см навесні і до 110–142 см у літній період на дренажному болоті Зурно і відповідно 34–69 та до 116 см на болоті Ольшанка.

Аналіз досліджень показав (табл. 3.2), що коефіцієнт фільтрації (КФ) дренажних торфовищ у 0–30 см шарі на системі «Зурно» до початку освоєння був у межах 2,1 м/добу, а під впливом осушення і сільськогосподарського використання помітно зменшився. Уже через 8 років після освоєння він становив 1,6, а через 27 років – 1,3 м/добу. Те саме спостерігається і на дренажній системі «Ольшанка», де коефіцієнт фільтрації зменшився від 1,9 м/добу у 1962 р. до 0,8 м/добу у 2002 р. У шарі ґрунту 40–60 см коефіцієнт фільтрації за цей час змінився досить мало. До початку освоєння він був на системі «Зурно» 1,9, а на системі «Ольшанка» – 1,8 м/добу. Через 40 років після освоєння торфовищ він становить 1,4 м/добу на системі «Зурно» і 1,1 м/добу – на системі «Ольшанка».

Звертає на себе увагу також помітне збільшення щільності і зменшення повної вологості торфовищ під впливом дренажу та сільськогосподарського використання. Щільність торфового ґрунту на осушувальній системі «Зурно» до освоєння в шарі 0–30 см була в межах 0,138–0,166 г/см<sup>3</sup>, а повна вологості – 656–572%.

Через 8 років після освоєння щільність ґрунту тут становила 0,151–0,198 г/см<sup>3</sup>, а повна вологості – 596–455%. На меліоративній системі «Ольшанка» ці показники відповідно становили 0,146–0,170 г/см<sup>3</sup> і 618–530%, а через вісім років освоєння – 0,172–0,212 г/см<sup>3</sup> і 524–416%. Отже, за перших 8 років щільність торфу в шарі 0–30 см збільшилася на 0,032–0,013 г/см<sup>3</sup> на системі «Зурно» і на 0,042–0,026 г/см<sup>3</sup> на системі «Ольшанка», а повна вологості зменшилася відповідно на 117–60% і 126–94%. У шарі торфу 40–60 см такі зміни були менш помітними. На системі «Зурно» щільність торфу збільшилася від 0,120 до 0,129 г/см<sup>3</sup>, а на системі «Ольшанка» – від 0,138 до 0,144 г/см<sup>3</sup>.

Таблиця 3.2

Зміна водно-фізичних властивостей болотно-торфового ґрунту  
в процесі освоєння і сільськогосподарського використання

Шар ґрунту, см	Меліоративна система									
	«Зурно»					«Ольшанка»				
	щільність, г/см <sup>3</sup>		вологоемність		К <sub>ф</sub> , м/добу	щільність, г/см <sup>3</sup>		вологоемність		К <sub>ф</sub> , м/добу
	тверд ої фази	ґрунту	ПВ, %	НВ, % від ПВ		твердої фази	ґрунту	ПВ, %	НВ, % від ПВ	
<i>до початку освоєння, 1962 р.</i>										
0–10	1,44	0,166	572	71,8	2,2	1,47	0,170	530	75,6	2,1
10–20	1,40	0,149	605	73,8	2,1	1,43	0,165	545	78,4	1,9
20–30	1,40	0,188	656	85,0	1,9	1,41	0,146	618	86,0	1,7
40–60	1,38	0,120	755	93,3	1,9	1,40	0,138	656	91,1	1,8
<i>через 8 років після освоєння, 1970 р.</i>										
0–10	1,51	0,198	455	62,6	1,6	1,53	0,212	416	69,7	1,4
10–20	1,46	0,189	478	66,4	1,5	1,50	0,204	438	71,3	1,2
20–30	1,44	0,151	596	79,8	1,7	1,47	0,172	524	81,3	1,5
40–60	1,40	0,129	706	67,2	1,9	1,43	0,144	627	89,1	1,7
<i>через 27 років після освоєння, 1989 р.</i>										
0–10	1,55	0,229	373	54,7	1,2	1,56	0,246	349	58,2	1,1
10–20	1,50	0,221	412	58,9	1,1	1,52	0,238	358	68,4	1,0
20–30	1,47	0,182	495	74,5	1,4	1,48	0,191	478	74,5	1,3
40–60	1,42	0,131	695	81,4	1,6	1,44	0,149	606	86,6	1,5
<i>через 40 років після освоєння, 2002 р.</i>										
0–10	1,61	0,247	348	52,1	0,9	1,60	0,273	312	54,9	0,8
10–20	1,55	0,234	364	54,2	0,8	1,56	0,265	328	57,2	0,7
20–30	1,48	0,194	465	64,9	1,1	1,53	0,231	369	73,4	0,9
40–60	1,45	0,137	662	95,3	1,4	1,47	0,152	592	80,1	1,7

Повна вологоемність у цьому шарі на початок освоєння становила 755% на системі «Зурно» і 656% на системі «Ольшанка», а через 8 років після освоєння стала відповідно 706 і 626%. Подібну залежність спостерігали і в заплаві р. Супій на карбонатних торфовищах (Цюпа, 1986). Протягом подальших років використання осушуваних торфовищ темпи їхнього ущільнення дещо знизились. У шарі ґрунту 0–30 см на болоті Зурно через 27 років щільність становила 0,182–0,229 г/см<sup>3</sup> і на болоті Ольшанка 0,191–0,246 г/см<sup>3</sup>, а через 39 років – відповідно 0,194–0,247 і 0,231–0,273 г/см<sup>3</sup>. У нижньому шарі 40–60 см щільність торфового ґрунту збільшилась мало, всього на 0,017 г/см<sup>3</sup> на системі «Зурно» і на 0,014 г/см<sup>3</sup> на системі «Ольшанка».

За 40 років сільськогосподарського використання досить помітно зменшилась повна вологоемність торфовищ. Порівняно з її величиною до початку освоєння вона становила в шарі 0–30 см на системі «Зурно»

465–348% і на системі «Ольшанка» 369–312%, що на 191–224 і 218–249% менше. У шарі торфовища 40–60 см ця різниця становить лише 44% на системі «Зурно» і 64% на системі «Ольшанка».

Отже, якщо розглядати зміни щільності і повної вологості в різному часовому циклі, то видно, що за перших 8 років щільність торфу на системі «Зурно» в шарі 0–10 см збільшилася на 18,5%, 10–20 см – на 26,8% і в шарі 20–30 см – на 9,4%, а на системі «Ольшанка» – відповідно по цих самих шарах торфу на 24,7; 23,6 і 17,8%. У шарі торфу 40–60 см щільність його зросла на 7,5% на болоті «Зурно» і на 4,3% на болоті «Ольшанка». Через 27 років після освоєння щільність торфу, порівняно з попередньою на системі «Зурно», була більшою лише на 15,6–16,9%, а в шарі 0–30 см лише на 2%. Після 40 років сільськогосподарського використання ущільнення торфу на системі «Зурно» сягало 7,8–6,6% у шарі 0–30 см і 4,5% у шарі 40–60 см.

Аналогічну залежність спостерігали на меліоративній системі «Ольшанка». Тут щільність ґрунту через 27 років після освоєння збільшилася в шарі 0–20 см на 31–47%, а через 40 років – на 58,6–60,6%, у шарі 40–60 см – відповідно на 89% через 27 років і на 10,1% після 40 років, порівняно зі щільністю на початок осушування.

Такі самі зміни відбулися і відносно повної вологості торфу, яка зменшилася в шарі 0–30 см за 49 років на 218–245% на системі «Ольшанка». Зростання щільності торфу, яке проходить під впливом дренажування, є основним фактором, від якого залежить зменшення повної вологості і питомої водовіддачі. Але саме дренажування може бути різним, від пониження РГВ на 20–30 см і до кількох метрів. І різні способи осушення створюють неоднакові умови зволоження, аерації, нітрифікації і таке інше, від чого залежить величина врожайності сільськогосподарських культур.

Щодо глибини осушування торфовищ, то абсолютна більшість учених (Янголь, 1970; Гімбаржевський, 1971; Стариков, 1977) віддають перевагу помірному підтриманню рівнів залягання ґрунтової води згідно з періодами росту і розвитку сільськогосподарських культур.

Регулювання водного режиму торфових боліт є дуже важливим та складним процесом. Головна його мета – створити оптимальні умови водно-повітряного режиму для вирощування сільськогосподарських культур. Як уже було відмічено, болото Замглай осушувалося в 1926–1930 рр. системою відкритих каналів за відстані між ними 60 м. У 1952 році у науковому звіті наводяться дані про деякі водно-фізичні властивості торфового ґрунту Бурівського дослідного поля (табл. 3.3). Глибина торфового шару становить 2,3 м, щільність ґрунту в шарі 0–20 см – 0,240 г/см<sup>3</sup>, повна вологості – 355%, а в шарі 20–40 см – відповідно 0,178 г/см<sup>3</sup> і 506%.

Таблиця 3.3

Зміна основних водно-фізичних властивостей торфових ґрунтів  
Бурівського дослідного поля, серпень 2002 р.

Шар торфу, см	1952 р.			1982 р.			2002 р.			
	потужність торфу, м	щільність, г/см <sup>3</sup>	ПВ,%	щільність, г/см <sup>3</sup>		ПВ,%	потужність торфу, м	щільність, г/см <sup>3</sup>		ПВ,%
				d	D			d	D	
0–20	2,3	0,240	355	0,268	1,85	318	1,74	0,321	1,88	261
20–40	-	0,178	506	0,216	1,46	408	-	0,284	1,71	301
40–60	-	-	-	-	-	-	-	0,233	1,35	366
60–80	-	-	-	-	-	-	-	0,192	1,31	470

*Примітка.* ПВ – повна вологоємність; D – щільність твердої фази ґрунту; d – щільність складання ґрунту.

Через 30 років (у 1982 р.) на Бурівському дослідному полі проводилася реконструкція осушувальної системи і ґрунтове обстеження, при якому встановлено, що в шарі торфу 0–20 см щільність дорівнювала 0,268 г/см<sup>3</sup>, повна вологоємність – 318%, а щільність твердої фази ґрунту – 1,85 г/см<sup>3</sup>, у шарі 20–40 см – відповідно 0,216 г/см<sup>3</sup>; 408% і 1,46 г/см<sup>3</sup>. За останніми даними, потужність торфового шару за 49 років зменшилася на 56 см, або на 24,3% вихідної товщини 2,3 м. Якщо екстраполювати в майбутнє процес спрацювання торфу за цими цифрами, то втрата торфу за рік сягає 1,14 см, відповідно шару торфу 230 см вистачить на понад 200 років.

Звичайно, такий розрахунок спрощений, але він характеризує орієнтовно темпи спрацювання торфового шару. У ході мінералізації органічна (основна) частина торфової маси повністю розкладається, залишкова маса органічної речовини набуває більшої мінералізації, розкладання та щільності. Однак щільність твердої фази за 1982–2002 рр. в орному шарі практично не змінилася, а в шарі 20–40 см – помітно зросла. Щільність ґрунту за 50 років значно зросла і в орному та підорному шарах. Поряд з мінералізацією втрату маси торфу викликають також процеси ерозії і дефляції.

У 2001–2002 рр. було проведено ґрунтово-меліоративне, геоботанічне та культуртехнічне обстеження болота Ромен у межах Сульського дослідного поля. У точках закладено й описано ґрунтові розрізи, відібрано зразки ґрунту для аналізів і визначено водно-фізичні властивості в шарах по 10 см до глибини 80 см. Аналіз проведених досліджень показує, що найбільша щільність ґрунту у верхньому (в освоєних ґрунтах – в орному) шарі. З глибиною її величина зменшується і в найнижчих, щільність найменша; досить значне її підвищення спостерігається на ділянці, що перебувала в культурі з 1932 р. Вологоємність ґрунту на освоєних ділянках в орному шарі значно нижча

порівняно з ділянками осушуваними, але не освоєними. У глибших шарах ця різниця дещо нівелюється.

Таким чином, термін і інтенсивність освоєння торфових ґрунтів впливає на зміну їхніх водно-фізичних властивостей: зі збільшенням строків використання зростає ступінь розкладання, зольність, щільність, зменшується повна вологоємність. Необхідно відмітити той факт, що навіть на неосвоєній, але дренованій ділянці з часом відбуваються помітні зміни водно-фізичних властивостей.

Глибина торфу на цій ділянці в 1956 р. коливалася в межах 181–197 см, у середньому 189 см. Обстеження, проведене в 2002 р., показало, що середня потужність орного шару становить 141 см. Це свідчить, що навіть на неосвоєному болоті товщина торфу за 45 років зменшилася на 48 см, що пов'язано насамперед з ущільненням торфу, а також з його мінералізацією. Щільність ґрунту помітно зросла як в орному, так і в підорному шарах. Спостерігається істотне зменшення повної вологоємності (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Вплив тривалості та інтенсивності освоєння на щільність і повну вологоємність торфового ґрунту, Сульське дослідне поле, 2002 р.

Шар торфу, см	Осушуваний, не освоєний		Осушуваний і освоєний					
			в 1932–1934 рр.		в 1949 р.		в 1954 р.	
	D, г/см <sup>3</sup>	ПВ, %	D, г/см <sup>3</sup>	ПВ, %	D, г/см <sup>3</sup>	ПВ, %	D, г/см <sup>3</sup>	ПВ, %
0–10	0,248	347	0,351	237	0,342	243	0,233	250
10–20	0,221	397	0,316	264	0,324	258	0,301	279
20–30	0,202	444	0,291	294	0,293	291	0,273	312
30–40	0,196	460	0,280	305	0,269	217	0,241	354
40–50	0,127	717	0,208	426	0,198	455	0,185	488
50–60	0,119	765	0,149	605	0,166	542	0,176	512
60–70	-	-	0,126	722	0,137	662	0,149	605

З архівних матеріалів про ділянку, осушену в 1932–1934 рр., відомо, що до дреновання вона була вкрита трав'яною рослинністю, в якій домінували осока, очерет, хвощ, водяна лілія, водяні трави, болотні злаки, зелені гіпнові мохи та поодинокі низькорослі дерева вільхи. Глибина торфу коливалася в межах 2,3–1,4 м, щільність глибокого торфовища в шарі 0–25 см становила 0,188 г/см, повна вологоємність – 497%, а в неглибокому торфовищі ці показники відповідно склали 0,196 г/см і 481%.

У 1946, 1956, 1958 рр. проводили ґрунтове обстеження болота в заплаві р. Ромен (Сульське дослідне поле). Обстеження на цих самих точках і аналіз отриманих нами показників свідчать (табл. 3.5), що за 68 років використання торфових ґрунтів відбулися значні зміни у їхніх



водно-фізичних властивостях. Щільність торфу зросла майже удвічі, відповідно зменшилася повна вологоємність. На ділянці, яка була дренована і почала освоюватись з 1949 р., проводили стаціонарні польові дослідження з вивчення впливу способів сільськогосподарського освоєння високозольних торфових ґрунтів на зміну їхньої родючості та продуктивності сівозмін і загальні втрати органічної маси.

Таблиця 3.5

Вплив сільськогосподарського використання торфових ґрунтів на зміну його властивостей, Сульське дослідне поле (заплава р. Ромен)

Шар торфу, см	На початок освоєння, 1933 р.		1956 р.		2002 р.	
	щільність складання, г/см <sup>3</sup>	повна вологоємність, %	щільність складання, г/см <sup>3</sup>	повна вологоємність, %	щільність складання, г/см <sup>3</sup>	повна вологоємність, %
0–25	0,188	497	0,305	0,278	0,348	238
25–50	-	-	0,156	0,850	0,319	261
50–75	-	-	0,145	0,623	0,292	292
75–100	-	-	-	0,284	0,301	-

У досліджах вивчали 6 семипільних сівозмін з таким набором культур:

- 1) просапна: картопля – кормові буряки – кукурудза;
- 2) кормова: 3 поля багаторічних трав – картопля – кормові буряки, кукурудза – однорічні трави;
- 3) кормова: 4 поля багаторічних трав – картопля – кормові буряки – однорічні трави;
- 4) кормова: 5 полів багаторічних трав – картопля – однорічні трави;
- 5) кормова: 6 полів багаторічних трав – однорічні трави;
- 6) беззмінне вирощування багаторічних трав, 7 полів.

Перед закладанням дослідів у кожній сівозміні був проведений детальний замір глибини торфу методом зондування. Як видно з проведених досліджень (табл. 3.6), на осушуваних заплавах торфових ґрунтах Лісостепу за систематичного використання під посівами просапних культур потужність торфу щороку зменшувалась на 1,4 см, при цьому втрати органічної маси досягають 13 т/га. У кормових сівозмінах із 4–6 полями багаторічних трав потужність торфу зменшувалась відповідно на 1,03 і 0,8 см за рік. Втрати органічної речовини відповідно становили 9,5 і 4,7 т/га за рік.

На ділянці за беззмінного вирощування багаторічних трав щорічне зменшення глибини торфу становило 0,65 і втрати органічної маси – 3,8 т/га за рік. Слід звернути увагу на той факт, що за продуктивністю польові сівозміни не мають істотної переваги перед кормовими.

Таблиця 3.6

Вплив тривалості використання торфовищ і типу сівозміни  
на спрацювання торфу (ділянку осушено в 1949 р.),  
Сульське дослідне поле (заплава р. Ромен)

Сівозміна	Потужність торфу, см			В інтервалі років; зменшення потужності торфу, см			Річна втрата органічної маси, т/га	Продукти вність сівозміни, т/га к.од.
	1969 р.	1984 р.	2002 р.	15	18	за весь період (33 р.)		
Польова	107–111	81–85	61–67	26	19	45	13,0	7,6
	109	83	64					
Кормова з чотирма полями багаторічних трав	102–106	86–84	66–76	19	14	33	9,5	7,1
	104	85	71					
Кормова з шістьма полями багаторічних трав	123–127	111–113	96–102	13	13	26	4,7	7,2
	125	112	99					
Беззмінне виращування багаторічних трав	124–126	113–117	101–107	10	11	21	3,8	7,0
	125	115	104					

*Примітка.* Верхня клітинка – межі коливання, нижня клітинка – середнє.

Аналіз проведених спостережень за зміною фізичних і агрохімічних властивостей торфового ґрунту на ділянці, осушеній у 1949 р. показав (табл. 3.7), що за перші 19 років після закладання дрен і в процесі сільськогосподарського використання, щільність торфу в орному шарі зросла від 0,210 до 0,293 г/см<sup>3</sup>, а за наступні 14 років – до 0,352 г/см<sup>3</sup>. Подальший процес ущільнення ґрунту уповільнювався, і за 10 років (1963–1992) щільність торфу зросла лише до 0,372 г/см<sup>3</sup> і, нарешті, за 1993–2002 рр. досягла значення 0,384 г/см<sup>3</sup>. Даних про щільність торфу в підорному шарі за 1950 р. немає, проте за період з 1969 по 1983 р. вона зросла в шарі 30–50 см від 0,215 до 0,234 у 1983 р., до 0,241 в 1993 і до 0,249 г/см<sup>3</sup> – у 2002 р.

Ділянка, яка осушена і освоєна в 1954 р., представлена мало- і середньопотужним торфом. Середня глибина торфу в 1954 р. становила 86 см, у 1973 р. – 55 і в 2002 р. – 51 см. Отже, за перші 19 років глибина торфу зменшилася на 31 см (1,63 см за рік), за наступні 28 років – лише на 4 см (0,14 см за рік).

Дані про зміну потужності торфу показують, що в польовій сівозміні, насиченій просапними культурами, глибина торфу за 32 роки зменшилася на 45 см, а в кормових сівозмінах з 4 і 6 полями та беззмінним виращуванням багаторічних трав – відповідно на 33, 26 і 21 см.

Таблиця 3.7

Вплив осушення та сільськогосподарського використання на фізичні й агрохімічні властивості торфу, Сульське дослідне поле

Шар торфу, см	Щільність ґрунту, г/см <sup>3</sup>	Зольність, %	Рухомі форми, мг/100 г ґрунту		
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1950 р.					
0–25	0,210	36,2	32,7	12,0	31,0
1969 р.					
0–30	0,293	39,7	30,2	22,4	37,9
30–50	0,215	27,1	17,4	18,3	24,2
1983 р.					
0–30	0,352	50,9	32,1	25,4	39,1
30–50	0,234	30,4	17,4	17,2	19,4
1993 р.					
0–20	0,372	42,2	28,2	20,4	11,0
20–40	0,241	32,1	17,3	8,2	11,0
2002 р.					
0–20	0,379	46,4	24,6	21,7	12,3
20–40	0,249	135,5	18,4	10,3	9,4

### 3.3. Зміна агрохімічних характеристик торфових ґрунтів у процесі їхнього освоєння та сільськогосподарського використання

Щоб дати повну агрохімічну характеристику торфових ґрунтів, необхідно розглядати їх по кожній відміні окремо, тому що показники агрохімічного стану залежать від багатьох поєднань цілої низки факторів. Але для них можна знайти і загальний показник, а саме: всі торфові ґрунти багаті азотом, вологою і дуже бідні калієм, а деякі також фосфором і мікроелементами, зокрема міддю (Троїцький, Проскура, 1959; Шейко, 1964).

Проведений нами аналіз агрохімічних показників осушуваних торфовищ за багато років показує (табл. 3.8), що в торфових ґрунтах боліт Зурно і Ольшанка на початок освоєння в шарі 0–20 см валовий вміст азоту становив 3,42–3,51%, фосфору – 0,37–0,54, калію – 0,09–0,10%, в шарі 20–40 см – відповідно азоту 3,12–3,24%, фосфору – 0,35–1,14%, калію – 0,03–0,11%, а в шарі 40–60 см було дуже мало калію (0,04–0,06%). Вміст азоту був майже однаковий по всьому профілю ґрунту.

Звертає на себе увагу порівняно високий вміст валового фосфору в ґрунті. На меліоративній системі «Зурно» досить помітне зростання вмісту фосфору по профілю вниз (0,37; 0,85 і 1,24% по вказаних шарах). Приблизно така сама характеристика ґрунту на системі «Ольшанка»

(0,54–1,14–0,93% по тих самих горизонтах). Як бачимо, ґрунти досліджуваних меліоративних систем лісостепової зони забезпечені фосфором більше середніх показників для торфових ґрунтів Полісся. Подібну характеристику мали карбонатні торфовища розміщені в Центральному Лісостепу заплави р. Супій (Панфільська дослідна станція), де вміст валових форм фосфору в орному шарі може досягати до 0,92%, а в підорному – 0,44% на суху наважку (Слюсар, Соляник, Сербенюк та ін., 2017).

Таблиця 3.8

Основні агрохімічні показники торфовищ боліт Зурно і Ольшанка та їхня зміна в процесі освоєння, Сульське дослідне поле

Шар ґрунту, см	рН	Ступінь розкладання, %	Зольність, %	Органічна речовина, %	% від маси абсолютно сухого ґрунту				
					N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Болото Зурно, 1970 р., 8 років після освоєння</i>									
0–20	5,4		8,6	79,9	3,84	0,39	0,14	2,81	1,32
20–40	5,3	26	9,3	82,7	3,49	0,87	0,18	3,44	2,44
40–60	5,6	25	6,1	90,6	3,19	1,12	0,09	3,08	2,16
<i>Болото Ольшанка, 1970 р.</i>									
0–20	5,2	25	14,8	79,4	3,97	0,84	0,17	2,04	1,72
20–40	5,4	25	12,4	83,0	3,52	0,93	0,06	2,55	1,87
40–60	5,7	32	6,6	89,7	3,12	12,16	0,09	2,47	3,16
<i>Болото Зурно, 1989 р.</i>									
0–20	5,3	32	13,3	74,6	3,81	0,91	0,21	2,75	1,21
20–40	5,3	30	11,7	78,5	3,76	0,96	<b>0,1–0</b>	3,56	2,56
40–60	5,5	26	8,9	88,1	3,57	1,22	0,08	3,27	2,44
<i>Болото Ольшанка, 1989 р.</i>									
0–20	5,1	33	18,8	72,1	3,86	1,11	0,19	1,87	1,57
20–40	5,2	27	16,2	75,6	3,80	0,95	0,08	2,64	1,92
40–60	5,6	32	10,7	86,4	3,49	1,31	0,11	2,43	2,11
<i>Болото Зурно, 2002 р.</i>									
0–20	5,2	34	21,4	73,2	3,92	0,96	0,27	2,31	0,41
20–40	5,2	32	18,5	75,8	3,24	1,11	0,223	4,15	0,54
40–60	5,6	28	12,3	86,3	3,76	1,23	0,09	2,10	0,73
<i>Болото Ольшанка, 2002 р.</i>									
0–20	5,2	37	27,1	71,3	3,97	1,13	0,28	1,87	0,32
20–40	5,0	34	23,2	74,5	3,92	0,94	0,20	1,66	0,26
40–60	5,6	34	16,1	86,1	3,87	1,26	0,11	2,16	0,37

Дослідження з вивчення удобрення в перші роки освоєння показали, що внесення фосфорних добрив під різні сільськогосподарські культури залежно від доз внесення і способів підготовки ґрунту підвищувало врожай в середньому на 27–51%, а самі калійні добрива забезпечували

приріст урожаю у 2,1–2,4 рази. Нами встановлено (табл. 3.8), що сільськогосподарське використання торфовищ протягом перших 8 років зумовило збільшення зольності торфу від 5,47 до 8,6% в шарі 0–20 см і від 8,12 до 9,3% в шарі 0–20 см. Збільшився ступінь розкладання торфу, зменшилася кількість органічної речовини, майже не змінилася реакція ґрунтового розчину.

Помітніші зміни торфяного ґрунту відбулися через 27 років після початку сільськогосподарського використання. Дещо зросла кислотність ґрунту, залишаючись у межах слабкої (рН зменшилося від 5,4 до 5,1 у шарі 0–20 см і від 5,3 до 5,2 у шарі 20–40 см). Зольність зросла вдвічі порівняно з 1970 р. І втричі порівняно з початком освоєння (1962). Збільшився також ступінь розкладання торфу і вміст органічної речовини.

Якщо розглядати зміну основних агрохімічних властивостей торфу окремо по меліоративних системах «Зурно» і «Ольшанка», то видно, що торфовище Ольшанка більше реагує на дренавання і сільськогосподарське освоєння. Так у шарі 0–20 см на системі «Зурно» вміст азоту за перші вісім років зріс від 3,42 до 3,97%; так само і в шарі 20–40 см, де валовий вміст азоту зріс на 0,25%, а на системі «Ольшанка» – на 0,42%.

Отже, якщо простежити за змінами основних агрохімічних властивостей торфу на зазначених меліоративних системах під час їхнього використання після осушування через 8, 27 і 40 років, то видно, що в шарі 0–40 см зольність зросла майже втричі, а кислотність і ступінь розкладання дещо менше.

Мінералізація органічної речовини торфу і внесення мінеральних добрив досить помітно сприяли збільшенню вмісту валового фосфору. На системі «Зурно» в шарі 0–20 см на початку освоєння вміст валового фосфору становив 0,37%, у 1970 р. – 0,84, в 1989 р. – 0,91, а в 2002 р. – 0,96%, тобто у 2,1 і 2,6 рази більше, ніж на початку освоєння. В нижніх шарах торфу таке збільшення вмісту валового фосфору було менш вираженим. На меліоративній системі «Ольшанка» на час освоєння в шарі 0–20 см вміст валового фосфору становив 0,54%, через 8 років – 0,84%, через 27 років – 1,11% і через 40 років – 1,13%, тобто збільшився в 1,5 рази. Вміст валового калію в шарі ґрунту 0–20 см за час освоєння і сільськогосподарського використання подвоювався, а в нижніх горизонтах такого зростання не спостерігається.

З метою виявлення агроекологічних змін торфових ґрунтів під дією сільськогосподарського використання в різних часових циклах улітку 2001 р. нами на Бурівському дослідному полі був закладений ґрунтовий розріз. Він розміщений між каналами 2 і 3 на відстані 1340 м від дороги, на тому місці, де відбирали початкові зразки ґрунту для аналізів у 1949 р. (М.Н. Шевченко) і в 1952 р. (І.М. Доценко), та в 1982 р. під час реконструкції системи і опісля в 1990 р. (Шматок, 1994). В умовах

вегетацийного періоду 2001 р. поле було під багаторічними злаковими травами четвертого року використання.

Морфологічна будова торфового ґрунту була такою:

- Тс1 – 0–4 см – дернина нещільна;
- ТН – 4–27 см – торфово-перегнійний, темно-сірий, сильно розкладений, свіжий, середньо-ущільнений, пронизаний корінням рослин, перехід помітний;
- Тh – 27–56 см – торф середньорозкладений, бурувато-сірий, злегка ущільнений, вологий, зустрічається коріння, перехід поступовий;
- Т3 – 56–101 см і нижче – торф середньо- і слабкорозкладений, бурувато-сірий нещільний, вогкий, до 89 см – водонасичений, мокрий, залишки осок, очерету та гіпнових мохів.

Агрохімічні показники торфових ґрунтів з роками помітно змінюються. Реакція ґрунтового розчину в 1932 р. була нейтрально слаболужною (рН водне 7,2), а в 2001 р. – слабкислою – 6,2. Унаслідок мінералізації органічної речовини та щорічного внесення мінеральних добрив значно зростає вміст рухомих форм фосфору і калію. У 1949 р. в шарі 0–20 см містилося 8 мг рухомого  $PO_5$  та 6,4 мг/100 г –  $K_2O$ ; у 1982 р. їхній вміст збільшився відповідно до 15,5 і 11,1, а в 2001 р. – до 33,6 та 19,4 мг/100 г ґрунту.

Цінні результати ґрунтового обстеження торфовищ на Бурівському дослідному полі було отримано різними дослідженнями. Проведена нами оцінка цих спостережень за багато років показує, що агрохімічні показники як за валовим вмістом поживних речовин, так і рухомих форм істотно змінювалися незалежно від способу освоєння торфовищ.

Так описані М.Н. Шевченком ґрунти Бурівського дослідного поля (табл. 3.9) у 1949 р. мали такі показники: глибина торфового шару становила 3,2 м, рН водної витяжки 7,2; верхній шар ґрунту (0–27 см) жовто-коричневого кольору, пилоподібний, добре розкладений, у вогкому стані дуже мазався, а за стискання з нього виділялася рідина бурого кольору. Залишків рослин торфоутворювачів неозброєним оком майже не було видно.

Таблиця 3.9

Агрохімічна характеристика орного шару (0–20 см) торфового ґрунту Бурівського дослідного поля, 1949 р.

Валовий вміст, %							Рухомі форми, мг/100 г ґрунту		
N	$P_2O_5$	$K_2O$	CaO	MgO	$Al_2O_3$	$Na_2O$	N	$P_2O_5$	$K_2O$
3,84	0,37	0,21	15,1	1,19	0,13	0,25	9,8	8,3	6,8

Шар торфу 27–32 см зберігав свій природний стан, непорушений обробітком; у ньому помітніші залишки осоки, гіпнового моху й очерету. На глибині 32–36 см залягав шар малорозкладеного торфу, що складається з гіпнового моху із значною кількістю очерету. Гіпновий прошарок лежить на осоковому шарі товщиною 3 см, ясно-сірого кольору, середнього ступеня розкладання з великою домішкою черепашок. На глибині 39–35 см залягав малорозкладений гіпново-очеретяно-осоковий шар торфу темно-коричневого кольору, який мав досить рихлу будову. Нижче 95 см залягав шар гіпново-осоково-очеретяного не розкладеного торфу ясно-бурого кольору з червонуватим відтінком. Підстилався торф темно-сизим глеєм, а нижче на 10–15 см залягав сизо-сірий вапняково-мергелисто-суглинковий горизонт, який сильно закипав від НС1.

За 1952 р. деякі агрохімічні властивості ґрунту Бурівського дослідного поля наводить дослідник І.М. Доценко, а через 30 років проведено нове ґрунтове обстеження (табл. 3.10).

Таблиця 3.10

Агрохімічна характеристика торфового ґрунту Бурівського дослідного поля, рухомі форми поживних речовин, мг/100 г сухого ґрунту

Шар торфу, см	1952 р.				1982 р.				
	зольність, %	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	зольність, %	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
0–20	18,7	22,4	8,7	6,4	31,7	26,8	15,5	11,1	1,39
20–40	12,4	18,7	8,2	4,5	16,4	21,1	13,2	8,2	1,29

З отриманих даних видно, що за валовими запасами встановити певну залежність важко. Але порівняно з 1949 р., коли в шарі ґрунту 0–20 см вміст азоту становив 3,84 мг/100 г, а в 2001 р. (табл. 3.11) – 2,43 мг/100 г ґрунту, що свідчить про зменшення запасів азоту, вміст рухомих форм азоту, навпаки, зростав (19,8; 22,4; 26,8; 56,8 мг/100 г відповідно в 1949, 1952, 1982 та 2001 рр.). Те саме спостерігалось в шарі 20–40 см (1952 р. – 12,7; 1982 р. – 21,1; 2001 р. – 39,2 мг/100 г). Порівнюючи з 1949 р., у шарі ґрунту 0–20 см вмісту фосфору і калію в 2001 р. виявлено в три і у два рази більше.

Крім агрохімічних аналізів ґрунту, нами влітку 2001 р. було проведено ґрунтово-меліоративне, геоботанічне та культуртехнічне обстеження болота Ромен у межах Сульського дослідного поля. Було закладено й описано ґрунтові розрізи, відібрано зразки для аналізів по шарах 20 см до глибини 80 см, а також проби непорушеної будови для визначення водно-фізичних властивостей ґрунту. Нижче наведено описи чотирьох ґрунтових розрізів.

Таблиця 3.11

Агрохімічна характеристика торфових ґрунтів  
Бурівського дослідного поля, 2001 р.

Шар торфу, см	Валовий вміст, %			Рухомі форми, мг/100 г			pH <sub>KCl</sub>	Зольність, %	Ступінь розкладання, %
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O			
0–20	2,43	0,31	0,24	56,8	26,7	14,8	6,2	37,5	27,2
20–40	2,27	0,29	0,21	39,2	20,4	24,5	6,1	39,4	25,8
40–60	1,86	0,25	0,18	22,4	10,1	11,1	6,2	22,7	17,9
60–80	1,81	0,17	0,09	13,2	17,4	8,4	6,4	20,1	-

**Розріз 1:** болото осушене і не освоєне; рослинний покрив – осоки, очерет, різнотрав'я і бур'яни.

Tc1 – 0–6 см – дернина добре розвинена; T – 7–25 см – торфовий середньорозкладений, темнувато-коричневий, свіжий, слабоущільнений, густо переплетений корінням, перехід помітний;

T<sub>2</sub> – 27–58 см – торфовий середньо-, донизу слабкорозкладений; тьмно-коричневий, вогкий, слабкорозкладені залишки осоки й очерету, слабощільний, перехід поступовий;

T<sub>3</sub> – 59–100 см – торфовий слабкорозкладений, бурувато-коричневий, мокрий.

Ґрунтові води на глибині 52 см. Потужність шару торфу – 121 см, закипає від НС1 з поверхні. Назва ґрунту – торфовий низинний, середньорозкладений, середньоглибокий.

**Розріз 2** закладено на болоті, яке осушене й освоюється з 1932 р.

Tc1 – 0–3 см – дернина, нещільна;

TН – 4–42 см – торфово-перегнійний темно-коричневий, свіжий, добре розкладений, слабоущільнений, перехід помітний;

T – 43–78 см – торф середньо- та слабкорозкладений, осоково-очеретяний, бурувато-коричневий.

Ґрунтові води на глибині 78 см, закипання від НС1 з поверхні. Потужність торфового шару 123 см. Назва ґрунту – торфовий, низинний, сильно розкладений, середньоглибокий.

**Розріз 3** закладено на болоті, яке осушене й освоюється з 1949 р. Ділянка використовується під сінокіс. Травостій складається з тимофіївки лучної, костриці лучної і грястиці збірної.

TcI – 0–5 см – дернина, щільна;

TН – 6–29 см – торфово-перегнійний, добре розкладений, темно-коричневий, свіжий, переплетений корінням рослин, перехід помітний;



T<sub>2</sub> – 30–69 см – сирий, бурувато-сірий, середньорозкладений, середньоущільнений, перехід поступовий;

T<sub>3</sub> – 70–84 см – сирий до мокрого, бурувато-сірий, слабозкладений, перехід ясний;

RnI – 85–92 см – мокрий, коричнево-сірий з сизим відтінком, алювіальний суглинок.

Потужність торфу – 82 см, закипання від НС1 бурхливе з поверхні. Грунтові води на глибині 125 см. Назва ґрунту – торфовий, низинний, сильно розкладений, неглибокий.

**Розріз 4** закладено на болоті, осушеному й освоєному в 1954 р. Використовується під сінокіс, травостій, складається з тимофіївки лучної.

Tc1 – 0–6 см – добре розвинена дернина;

T<sub>1</sub> – 7–30 см – торф середньорозкладений, темно-коричневий, свіжий, густо переплетений корінням, із включеннями черепашок, слабоущільнений, перехід поступовий;

T<sub>2</sub> – 31–58 см – темно-коричневий, вогкий, коріння рослин до 38 см, ущільнений, перехід поступовий;

T<sub>3</sub> – 59–76 см – оторфований суглинок, сіро-сизий з іржавими плямами, із включенням нерозкладеного очерету, щільний, мокрий;

T<sub>4</sub> – 77–84 см – сірувато-сизий суглинок, мокрий, залишки очерету, іржаві краплини.

Грунтові води на глибині 130 см, глибина торфу – 95 см. Назва ґрунту – торфовий, низинний, середньорозкладений, неглибокий.

Порівнюючи агрохімічні характеристики ділянок різного терміну й інтенсивності освоєння (табл. 3.12), слід відмітити, що всі вони добре забезпечені азотом, валові форми якого коливаються в межах 2,5–3,5% залежно від шару ґрунту. Дещо більший вміст азоту в орному шарі ділянок 2 і 3, які осушено й освоєно в раніші періоди.

Валових рухомих форм фосфору і калію значно менше на ділянці 1, осушеній і не освоєній унаслідок повільнішого процесу мінералізації. Не вносяться тут і мінеральні добрива, на інших ділянках простежується чітка закономірність, що чим раніше осушено й освоєно площу, тим запаси фосфору і калію зростають.

Зольність торфових ґрунтів дослідних ділянок у його верхніх шарах найбільша і з глибиною її величина різко зменшується. Очевидно, це пов'язано з тим, що поверхневі води відклали мінеральні частки ґрунту на заплаві під час розливу р. Ромен, та інтенсивнішою мінералізацією торфу у верхніх шарах. Найбільша зольність була в шарі 0–20 см і 20–40 см на ділянці, осушеній і освоєній в 1932–1934 рр., а найменша – на болоті, осушеному і не освоєному. Дві інші ділянки займають проміжне становище. Аналогічне явище простежується і за ступенем розкладання торфу.

Таблиця 3.12

Агрохімічна характеристика ґрунту дослідних ділянок Сульського дослідного поля, червень 2002 р.

№ розрізу, рік освоєння	Шар ґрунту, см	Валовий вміст, % від маси сухої речовини			Рухомі форми, мг/100 г сухого ґрунту			рН <sub>КСІ</sub>	Зольність, %
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		
1. 1932– 1936	0–20	2,40	0,33	0,22	4,34	5,8	3,3	6,9	30,1
	20–40	2,31	0,18	0,17	2,15	2,4	7,2	6,4	20,3
	40–60	2,52	0,14	0,08	1,67	2,6	3,5	6,5	18,6
	60–80	3,10	0,09	0,05	-	-	-	-	-
2. 1949	0–20	2,62	0,36	0,44	4,47	11,9	10,3	6,4	42,9
	20–40	2,41	0,39	0,39	3,09	10,7	8,9	6,7	39,6
	40–60	2,71	0,18	0,16	2,46	6,8	8,8	6,2	20,3
	60–80	3,61	0,12	0,09	2,14	10,1	5,6	6,7	16,8
3. 1954	0–20	2,55	0,32	0,35	2,96	9,7	10,3	6,7	43,1
	20–40	2,34	0,29	0,28	3,31	9,2	11,4	6,9	31,4
	40–60	2,69	0,19	0,14	2,82	4,5	9,5	6,4	16,8
	60–80	3,32	0,14	0,12	3,16	5,0	9,1	6,6	21,6
4. 1954	0–20	2,46	0,31	0,33	2,93	6,8	7,3	6,5	32,7
	20–40	2,33	0,24	0,19	2,04	5,3	11,4	6,9	25,8
	40–60	2,52	0,15	0,13	1,54	6,0	7,1	6,7	14,3
	60–80	3,21	0,10	0,10	0,86	4,4	6,1	6,6	15,4

Реакція ґрунтового розчину коливається в межах рН 6,5–6,8. На першій ділянці рН верхніх шарів ближча до нейтральної 6,8, а на другій вона слабокисла – рН 6,5. Очевидно, це пов'язано зі щорічним внесенням мінеральних добрив, які підкислюють ґрунтовий розчин.

Отже, термін та інтенсивність використання торфових ґрунтів впливають на зміну як агрохімічних, так і водно-фізичних властивостей. Зі збільшенням терміну використання осушуваних торфових ґрунтів у них підвищуються вміст поживних речовин, ступінь розкладання, зольність, щільність та зменшується повна вологоємність.

Проведене обстеження торфових ґрунтів у 1956 і 1993 рр. показало, що перша ділянка має глибоке торфове поле осокового складу, яке підстиляється алювіальними глейовими суглинками. Аналіз тривалих спостережень (табл. 3.13) показує, що нині у ґрунті виявлено більше валових форм азоту, фосфору і калію, але рухомих, навпаки, навіть зменшилося проти вмісту на початок освоєння заплави. Друга ділянка, яка осушена в 1932–1934 рр. і до освоєння була вкрита переважно осокою й очеретом, має глибину торфу 2,3–1,4 м, зольність 31,3–49,0%, ступінь розкладання торфу 25–35%. Агрохімічну характеристику ділянки, за даними Ю.Т. Коробченко в 1958 р., наведено в таблиці 3.14.

Таблиця 3.13

Вплив осушення торфяного ґрунту на його агрохімічні властивості,  
ділянка осушена і не освоєна, Сульське дослідне поле

Шар торфу, см	Зольність, %	рН	Валовий вміст, %			Рухомі форми, мг на 100 г ґрунту		
			N	P	K	NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<i>1956 р.</i>								
0–25	27,9	7,3	2,26	0,26	0,14	18,0	6,1	5,3
25–50	16,1	7,2	2,17	0,34	0,11	10,2	6,9	4,7
50–75	17,7	7,2	2,93	0,31	0,06	4,8	5,3	4,3
<i>1993 р.</i>								
0–25	29,6	6,8	2,43	0,29	0,23	4,21	5,6	3,1
25–50	19,7	6,5	2,28	0,20	0,16	2,07	2,0	6,5
50–75	18,2	6,5	2,56	0,12	0,09	1,51	2,7	4,0
<i>2001 р.</i>								
0–25	30,4	6,7	2,54	0,29	0,27	5,16	5,4	3,6
25–50	21,2	6,5	2,37	0,27	0,14	3,02	3,7	5,7
50–75	18,6	6,5	2,55	0,19	0,11	0,98	1,8	5,0
<i>2019 р.</i>								
0–25	32,9	6,8	2,55	0,30	0,28	5,09	5,5	4,7
25–50	21,9	6,6	2,38	0,27	0,15	2,99	3,6	6,1
50–75	18,8	6,5	2,59	0,21	0,14	0,98	2,1	5,2

Таблиця 3.14

Агрохімічна характеристика торфу Сульського дослідного поля,  
осушеного в 1932–1934 рр. (Ю.Т. Коробченко, 1958 р.)

Ґрунт	Шар торфу, см	рН водне	Склад ґрунту, %			Валові форми, %			Рухомі форми, мг на 100 г ґрунту		
			Перегній	Рослинні рештки	Мінеральні частки	N	P	K	NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Торф глибокий високозольний	0–15	7,6	50,5	17,5	32,6	2,19	0,37	0,16	35,0	7,9	5,1
	15–30	7,6	51,0	18,0	32,0	2,15	0,43	0,14	24,0	8,2	4,1
Цілина	30–40	7,6	59,5	18,9	21,6	2,20	0,40	0,02	18,3	8,6	5,2
	40–60	7,6	77,5	17,0	5,5	3,15	0,33	0,08	6,8	5,7	6,2
Торф глибокий високозольний (13 років у культурі)	0–10	7,5	54,0	8,5	37,5	2,56	0,26	0,20	69,3	8,2	8,7
	10–20	7,5	59,0	8,5	32,0	2,10	0,31	0,15	53,6	8,5	2,5
	20–30	7,6	58,0	7,0	35,5	2,23	0,30	0,15	50,3	7,9	3,1
	31–61	7,6	77,0	19,0	4,0	3,09	0,05	0,05	38,4	10,0	-
	61–100	7,6	77,5	19,0	11,5	3,23	0,03	0,03	8,6	6,6	3,4

Дослідженнями встановлено (табл. 3.15), що за 60 і 68 років використання торфових ґрунтів відбулися значні зміни їхніх агрохімічних властивостей.

Таблиця 3.15

Зміни основних агрохімічних властивостей торфових ґрунтів  
у процесі освоєння, ділянка № 2

Шар торфу, см	Зольність, %	Ступінь розкладання, %	рН	Валовий вміст, %			Рухомі форми, мг на 100 г сухого ґрунту		
				N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<i>1933 р.</i>									
0–25	31,3	25,0	8,2	2,58	0,21	0,10	21,0	6,3	3,2
<i>1956 р.</i>									
0–25	32,6	31,1	7,5	2,19	0,37	0,16	35,0	7,9	5,1
25–50	20,9	20,9	7,2	2,15	0,43	0,14	24,0	8,2	4,1
50–75	15,5	14,3	6,5	2,20	0,40	0,02	18,3	8,0	6,2
<i>1993 р.</i>									
0–20	44,6	37,2	6,5	2,67	0,39	0,47	4,23	11,0	8,0
20–40	37,9		6,5	2,37	0,37	0,35	4,08	9,1	8,0
40–60			6,4	2,76	0,20	0,15	1,77	5,9	6,7
60–80			6,4	3,58	0,10	0,10	2,63	8,8	6,7
<i>2001 р.</i>									
0–20	46,3	37,7	6,5	2,64	0,38	0,32	5,06	10,6	6,6
20–40	38,5	29,4	6,4	2,47	0,44	0,39	3,4	9,7	6,2
40–60	21,1	-	6,6		0,27	0,19	2,1	5,8	5,1

Зольність торфу у верхньому шарі 0–20 см зросла майже в 1,5 раза, ступінь розкладання – на 12,7%. Збільшилися запаси валових форм азоту, фосфору і калію у результаті внесення мінеральних добрив і мінералізації органічної речовини торфу.

Реакція ґрунтового розчину з лужної змінилася на слабкокисло. Вміст мікроелементів у цих торфах, за даними І.М. Красильникова і М.П. Подоляки (звіт дослідного поля), становив у відсотках на абсолютно суху наважку: CaCO<sub>3</sub> – 4,5–18,7; SO<sub>4</sub> – не більше 0,065; Cl – 0,009–0,150; SiO<sub>2</sub> – 12,8–85,5% від золи.

На ділянці, яка використовувалася під стаціонарними польовими дослідями, встановлено, що зольність торфу в шарі 0–20 см зросла від 36,2% у 1950 р. до 46,4% у 2001 р., а в шарі ґрунту 20–40 см – відповідно від 27,1% у 1969 р. до 35,5% у 2001 р. Відносно рухомих сполук калію, то чіткої закономірності за роками освоєння не спостерігається, але кількість фосфору і калію помітно зростала з 1950 по 1983 р. Найвність загального азоту в 2001 р. істотно зменшилася, порівняно з 1950 р. Подібну залежність спостерігали і на ділянці 4, де поле було осушено в 1954 р. (табл. 3.16).

Таблиця 3.16

Вплив тривалості використання дренажних торфовищ на його агрохімічні показники, дослідна ділянка болота 4 Сульського дослідного поля

Шар торфу, см	Зольність, %	рН водного розчину	Валовий вміст,			Рухомі форми,		
			%, на суху наважку			мг на 100 г ґрунту		
			N	P	K	NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<i>1954 р.</i>								
0–25	20,7	7,3	2,86	0,18	0,16	18,4	9,1	6,0
25–50	16,2	7,2	2,71	0,11	0,07	9,2	7,8	4,7
<i>1993 р.</i>								
0–20	32,3	6,6	2,48	0,30	0,35	2,81	6,9	5,0
20–40	27,0	6,8	2,30	0,22	0,20	1,13	4,9	12,5
<i>2001 р.</i>								
0–20	33,0	6,5	2,41	0,32	0,30	2,76	7,4	6,1
20–40	29,7	6,8	2,34	0,20	0,22	2,11	5,7	9,8

Щодо основних елементів живлення рослин, то вміст їх помітно змінився. Якщо в 1954 р. валового азоту в шарі торфу 0–20 см було 2,86%, а в шарі 25–50 см – 2,71%, то через 39 років використання, в 1993 р., вміст відповідно становив 2,48 і 2,30, а в 2001 р. – 2,41 і 2,34%. Майже удвічі збільшився вміст валового фосфору і калію, але значно зменшився вміст рухомих форм азоту, зокрема його нітратної форми – NO<sub>3</sub>. Якщо в 1954 р. його вміст становив 18,4 і 9,2 мг, то в 1993 і 2001 рр. – відповідно 2,81–1,13 мг та 2,76–2,11 мг на 100 г ґрунту. В цілому торфовища бідні на калій.

Спостереження показують, що навіть на староорних ділянках, незважаючи на щорічне внесення високих доз калійних добрив, ефективність їхнього застосування залишається досить високою, що має різне пояснення (Цюпа, Бистрицький, Слюсар, 1990). За даними Бельського (1964) і Кулаковської (1983), рухомі форми калію на торфових ґрунтах становлять 40–80% валового запасу і в цілому характеризують стан калійного режиму. Проведені нами спостереження за динамікою різних форм калію залежно від тривалості й інтенсивності сільськогосподарського використання осушуваних торфових ґрунтів показали (табл. 3.17), що вміст калію в досліджуваних зразках досить низький і коливається в межах 25,6–56,5 мг на 100 г ґрунту. Найбільше його в ґрунті, який в культурі понад 40 років. Це пояснюється високими дозами внесення калійних добрив, а також інтенсивнішим ступенем мінералізації органічної речовини торфу.

Найменшу кількість водорозчинного калію відмічено на ділянці, яку тільки почали освоювати після осушування, а найбільшу – в ґрунті після сорокарічного освоєння і сільськогосподарського використання.

Таблиця 3.17

## Вплив тривалості сільськогосподарського використання на груповий склад калію в торфовому ґрунті, осушувальна система «Зурно»

Тривалість освоєння	Шар ґрунту, см	Вміст калію, мг на 100 ґрунту				% доступного калію від валового	Запаси калію, кг/га
		водорозчинний	обмінний	необмінний	всього		
1961р. (початок освоєння)	0–30	1,8	6,2	17,6	25,6	25	36
	40–60	4,1	15,9	12,5	32,7	18	42
1970 р. (9 років у культурі)	0–30	4,6	11,2	20,6	36,4	32	112
	40–60	3,0	8,7	28,1	39,8	24	43
2001 р. (40 років у культурі)	0–30	9,1	39,4	8,0	56,5	69	389
	40–60	8,7	32,3	3,5	44,5	72	137
Осушений, але не освоєний	0–30	2,1	7,7	18,2	28,0	26	69
	40–60	4,4	19,6	12,0	36,0	44	86

Така сама закономірність спостерігається і для обмінної форми калію. Водночас необмінна форма калію є найменшою на ділянці тривалого сільськогосподарського використання, а на не освоєній і використаній в культурі дев'ять років найбільша. Якщо на частку необмінного калію на ділянці тривалого використання припадає 9%, то на початок освоєння – 54% й на не освоєній ділянці – 56%. Це показує те, що мінералізація торфу (його оземлення) не сприяє закріпленню калію колоїдним комплексом у необмінну (недоступну) для рослин форму, а навпаки, сприяє звільненню його з рослин-торфоутворювачів і переведення в рухомі форми, які стають легкодоступними для вирощуваних сільськогосподарських культур.

Відсоток доступної форми калію в ґрунті на ділянці довготермінового використання досягає 71%, а на ділянках у перші роки освоєння і під травами зі слабою мінералізацією торфу рухомі форми калію ледве сягають 25–26%.

Таким чином, інтенсивність сільськогосподарського виробництва не погіршує калійного режиму торфових ґрунтів і за науково обґрунтованих доз внесення мінеральних добрив тут можна отримувати високі й сталі врожаї. Звичайно, природні ґрунтові запаси калію не можуть забезпечити одержання очікуваних високих урожаїв, тому необхідне посилене щорічне калійне удобрення. На фоні внесення  $K_{120-150}$  можна отримувати понад 10 т/га сіна або 3–4 т/га картоплі.

На слабоокультурених площах під природними сіножатями і пасовищами калію в 2–3 рази менше ніж під просапними культурами. На

противагу рухомим формам фосфору, сезонна динаміка калію досить помітна і становить від 7,3 до 67,4 мг/100 г ґрунту. Відмічено його зниження протягом вегетації від весни до осені. Гідротермічні умови вегетаційного періоду також впливають на вміст калію в ґрунті. За систематичного внесення калійних добрив (понад  $K_{120}$ ) дещо поліпшується калійний режим торфового ґрунту.

Осушування боліт та мінеральних періодично перезволожених земель, їхнє освоєння і тривале сільськогосподарське використання певною мірою впливають також на реакцію ґрунтового розчину. Але цей вплив не має відповідної закономірності. В одних випадках зміна реакції майже непомітна протягом тривалого часу сільськогосподарського використання; в інших випадках відбувається зміна переважно від слаболужної в бік кислої. З даних динаміки реакції ґрунту на осушувальних системах «Зурно» і «Ольшанка» видно, що на початок освоєння кислотність у шарі ґрунту 0–20 см дорівнювала 5,5–5,3, а в глибших – 5,4–5,6. Через 8 і 27 років після освоєння кислотність торфового ґрунту майже не змінилася і залишалася у тих самих інтервалах, у межах слабого ступеня кислотності.

Більше змінювалася реакція в лузних торфковищах Лісостепу. Як видно з таблиці 15, на початок освоєння торфового болота Сульського дослідного поля в заплаві р. Роменка в 1933 р. реакція ґрунту в шарі 0–25 см становила 8,2, через 23 роки, у 1956 р., зменшилася до 7,5, через 60 років, у 1993 р. – до 6,5 і через 70 років, у 2003 р. – до 6,5. У шарі 25–50 см реакція торфового ґрунту змінилася від 7,2 в 1956 р. до 6,5 у 1993 р., до 6,5 у 2003 р. і до 6,8 у 2019 р. Ще глибше (50–75 см, 60–80 см) реакція торфу майже не змінювалася, залишаючись лужною, що зумовлено карбонатністю і складом ґрунтових вод.

Певне зрушення ґрунтового розчину орного шару в бік підкислення в процесі його освоєння і сільськогосподарського використання викликано двома причинами: промиванням орного шару атмосферними опадами і виносом кальцію та інших основ з дренажними водами та внесенням фізіологічно кислих мінеральних добрив у формі хлоридів та сульфатів. Звертає на себе увагу той факт, що навіть на ділянці, яка була осушувана і не освоювалася (табл. 3.18), реакція ґрунтового розчину теж змінилася від лужної до слабокислої. Якщо в 1956 р. в шарі ґрунту 0–25 см рН дорівнювала 7,3, то в 1993 р. цей показник зменшився до 6,8; у 2001 р. – до 6,7; у шарі 25–50 см – відповідно від 7,2 у 1956 р. до 6,5 в 1993 р. і залишилася без змін у 2019 році.

Як відомо, інтенсивність мінералізації та фізичне розпилення торфу залежить від ступеня осушування, способу обробітку та вирощування культур. Найбільша мінералізація торфу відбувається під просапними культурами за глибокої щорічної оранки та інтенсивного осушування

грунту (Цюпа, 1986; Рижук, Слюсар, Вергунов, 2002). Проведеними дослідженнями встановлено, що під багаторічними травами мінералізація поступово уповільнюється і вже на 4-й – 5-й роки кількість рухомих сполук азоту в ґрунті різко скорочується (табл. 3.18).

Таблиця 3.18

Зміна характеристики торфового ґрунту шару 0–30 см залежно від способу його використання, заплава р. Супій, Панфільська дослідна станція

Спосіб використання	рН водного розчину, 2015 р.	Зольність, %, 2015 р.	Вміст валових форм поживних речовин, %						Біологічна активність ґрунту, %, 2015 р.
			1982 р.			2015 р.			
			загальний азот	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	загальний азот	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
Травопільна сівозміна	7,6	61	2,5	0,5	0,1	1,6	0,7	0,1	73,5
Беззмінне вирощування багаторічних трав	7,5	55	2,5	-	0,1	1,8	0,6	0,1	55,7
Березовий ліс	7,7	27	-	-	-	2,0	0,5	0,2	-
Сінокіс із періодичним перезалуженням	7,6	47	2,3	0,4	0,1	1,7	0,7	0,1	47,9
Природний травостій	7,7	45	-	-	-	2,0	0,6	0,1	-
Природне заболочування	7,8	34	-	-	-	2,1	0,4	0,1	-

Відповідно і продуктивність дренованих ґрунтів істотно залежить від способу їхнього використання (табл. 3.19). Найвищу продуктивність мали за використання органічних ґрунтів у травопільній сівозміні з двома однорічними культурами за внесенням мінеральних добрив – близько 7 т сухої маси врожаю з 1 га, що майже в 1,6 раза вище від продуктивності природних сінокісів і пасовищ. При цьому найпродуктивнішою (понад 7,5 т сухої маси з 1 га) виявилася сівозміна за повного удобрення з набором таких культур: багаторічні травосуміші 1–6 поле + в останній рік після другого укосу редька олійна або гірчиця на сидерат; 7 поле – однорічна культура; 8 поле – зернова яра культура + літній посів багаторічних травосумішей.

За внесення фосфорно-калійного удобрення найбільшу продуктивність сівозмін (8,69–11,5 т сухої маси з 1 га) мали за вирощування просапних культур, але в такій сівозміні відбувалася



інтенсивна мінералізація торфу, яка була вищою майже в два рази порівняно з травопільними сівозмінами.

Таблиця 3.19

Вплив способів використання осушуваних карбонатних торфовищ на їхню продуктивність, заплава р.Супій, Панфільська дослідна станція, середнє за 2011–2015 рр., тонн сухої маси з 1 га

Спосіб використання	Без добрив	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>
Травопільна сівозміна	4,72	6,77
Беззмінне вирощування багаторічних трав	4,37	5,98
Сінокіс із періодичним перезалуженням	4,12	5,78
Природний травостій	3,26	4,17
Природне заболочування	1,65	-

Виходячи з результатів наведених вище досліджень, для торфових ґрунтів з добре відрегульованим водним режимом у Поліссі природоохоронні умови складаються за такої структури посівних площ: багаторічні трави – 65–70%, зернові – до 10, картопля і овочі – до 5, силосні та однорічні трави – 15%, а в 7–9-пільних сівозмінах багаторічні трави повинні займати 5–7 полів, до того ж доцільно висівати проміжні культури, з метою не залишати ґрунти без рослинного покриву в теплий період вегетації.

### **3.4. Біологічна активність дренаваного торфового ґрунту залежно від інтенсивності його використання**

Дослідження біологічних процесів, які відбуваються в торфових ґрунтах, є одним із головних методів діагностики їхнього агроecологічного стану, важливим для оцінки ефективності системи землеробства й окремих агротехнічних заходів при вирощуванні сільськогосподарських культур.

Сумарну біологічну активність ґрунту визначали методом аплікацій із льонової тканини, яку закладали на певну глибину, з експозицією 30 і 60 днів. Сутність цього методу полягає в кількісному визначенні інтенсивності розкладання целюлози, що перебуває в ґрунті протягом визначеного часу. Цей метод дає порівняльні добрі результати при оцінці інтенсивності мінералізації за різних агротехнологічних заходів, що застосовуються за вирощування сільськогосподарських культур (способи обробітку, удобрення, водний режим та ін.).

Існують різні варіанти описаного методу, але кращим можна вважати польовий, який дає змогу вивчати розкладання целюлози за ґрунтовим профілем без копання шурфу. Як видно з даних, наведених у таблиці 3.20, на інтенсивність біологічних процесів великий вплив має обробіток ґрунту. Швидкість розкладання целюлози за оранки порівняно з дискуванням більша. Якщо по оранці під озимим житом відсоток розкладання лляної тканини через місяць після закладання становив 21,6%, то за дискування – 19,1%, а через два місяці – відповідно 28,3 і 23,5%. Таке саме явище спостерігається і через 60 днів після закладання лляної тканини.

Таблиця 3.20

Руйнування целюлози під різними сільськогосподарськими культурами в орному шарі 0–30 см торфового ґрунту, Сарненська дослідна станція, 2003 р.

Сільськогосподарські культури	Втрата маси тканини, %			
	через місяць		через 2 місяці	
	оранка	дискування	оранка	дискування
Озиме жито	21,6	19,1	28,3	23,5
Ячмінь	23,2	18,4	39,0	25,4
Кукурудза на силос	59,3	45,5	64,8	60,1
Багаторічні трави 4-го року вирощування	18,9	14,7	21,6	18,7
Беззмінне вирощування багаторічних трав	13,7	13,7	15,9	15,9

Досить помітна різниця інтенсивності розкладання целюлози за різних обробітків торфового ґрунту під кукурудзою. Тут через місяць ступінь розкладання тканини за оранки сягав 59,3%, а через два місяці – 64,8%; за поверхневого обробітку – відповідно 45,5% через місяць і 60,1% через два місяці.

Якщо аналізувати результати мікробіологічних процесів під різними сільськогосподарськими культурами, то найповільнішою їхня активність була на ділянці за беззмінного вирощування багаторічних трав (13,7% за місяць і 15,9% за два місяці). Під багаторічними травами четвертого року використання відповідні показники становили 14,7 і 21,6%, вони залежали також від способів підготовки ґрунту під багаторічні трави. Це свідчить про те, що введення в сівозміну багаторічних трав зменшує темпи руйнування целюлози (табл. 3.20) та швидкість мінералізації органічної речовини торфу. Ті самі показники під озимим житом становили 19,6–21,6% і під травами 4-го року використання – 14,7–18,9%. Наведені дані підтверджують, що зі збільшенням у сівозміні частки багаторічних трав

темпи руйнування целюлози уповільнюються, а за вирощування просапних культур прискорюються.

Однак за використання методів аплікації слід мати на увазі, що вони дають інформацію не про темпи мінералізації органічної речовини торфу, а лише про руйнування целюлози в ґрунті. У складі органічної речовини торфу переважають стійкіші, ніж целюлоза, компоненти – гумусові кислоти, лігнін, залишки, що не піддаються гідролізу, в тому числі гумін та ін.

У числі органічних речовин, які формують гумус, специфічні речовини – гумусові кислоти та їхні орґано-мінеральні похідні. Вони лежать в основі загальних характеристик гумусового стану ґрунтів. Дослідженнями встановлено, що використання торфових ґрунтів у сівозміні підсилює процес їхнього окультурювання. Змінюється співвідношення основних складових гумусових речовин у бік збільшення конденсованіших форм – гумінових та ульмінових кислот. Найбільшу кількість їх відмічено під травами тривалого терміну використання (беззмінне вирощування трав); у сівозмінах з польовими культурами їхній вміст знижується на 3–8%.

Кількісною мірою типу гумусу слугує відношення вмісту вуглецю гумінових кислот до вмісту вуглецю фульвокислот (Сгк: Сфк). З цього видно, що всі типи гумусу окультурених торфовищ відносять до фульватно-гуматного типу (Сгк: Сфк у межах 0,8–1,2). Цікаво, що в орному шарі 0–30 см цей показник дещо зменшується, порівняно з підорним, що пояснюється підвищеною аерацією першого. Для порівняння можна відмітити, що в чорноземах типових показник (Сгк: Сфк) також знижений в орному шарі ґрунту порівняно з необроблюваним підорним.

Отже, для торфових ґрунтів, які використовуються тільки під багаторічними травами, кількісне вираження типу гумусу нижче, ніж для сівозмін, де з травами вирощуються просапні й зернові культури.

### **3.5. Міґрація біогенних елементів залежно від геохімічних умов, дренавання та використання**

За результатами досліджень наукових установ (Цюпа, 1986; Slyusar, Solyanik, Serbenyuk and ets., 2020) щодо фонові гідрохімічної ситуації в межах гумідної зони України, то як поверхневі, так і прісні підземні води мають мінералізацію нижчу 1 г/л, до того ж, солі в них переважно є гідрокарбонатно-кальцієвими. Але залежно від геоструктурних та геоморфологічних особливостей території можуть мати певні відмінності гідрохімічного складу. Наприклад, на Чернігівському Поліссі в складі

води другим аніоном є переважно хлор, а на Волинському Поліссі – як хлор, так і сульфат-іон порівну. Серед катіонів на Чернігівському Поліссі містяться натрій і кальцій теж порівну, а на Волинському переважають кальцій і магній. На Житомирському Поліссі в складі води переважають кальцій та гідрокарбонат-іон, а сульфат-іони та хлор-іони, як і натрій з магнієм, знаходяться в малій кількості. Серед біогенних елементів у водах Полісся найменше міститься калію-до 0,5 мг-екв/л. Сполуки азоту присутні не завжди і не систематично і, як і фосфор, містяться нижче граничнодопустимих концентрацій (ГДК).

Аналізуючи склад води дренажного і поверхневого стоків по основних масивах, можна відмітити, що лише за окремі періоди з деяких ділянок виносяться нормовані речовини у концентраціях, що перевищують ГДК (Прістер, Трускавецький, Мостовий М. та ін. 1993; Slyusar, Solyanik, Serbenyuk and ets., 2021).

На Сульському дослідному полі вода дренажного стоку відбиралася на високо- та середньозольних торфових ґрунтах під просапними культурами й багаторічними травами з магістрального каналу, р. Ромен навесні, влітку та восени. Дослідження показали (табл. 3.21), що в торфових ґрунтах під просапними культурами в дренажній воді міститься від 135 до 207 мг/л розчинених речовин. З ґрунту під багаторічними травами виносяться помітно менше – 99–114 мг/л. Слід зазначити, що подібну закономірність ми спостерігали і в заплаві р. Супій (Лісостеп), але зі значно більшими показниками (Цюпа, 1986; Kurhak, Panasyuk, Asanishvili, Slyusar and other, 2020). За складом компонентів у дренажній воді і воді магістрального каналу переважає іон гідрокарбонату, кальцій, хлор та сульфат-іони, меншою мірою магній, натрій, калій, азот і фосфати. Необхідно звернути увагу на те, що кількість фосфатів як у поверхневих, так і в дренажних водах магістрального каналу зовсім незначна. Це пояснюється їх слабкою розчинністю, з одного боку, і значним поглинанням фосфору органомінеральними колоїдами – з іншого. Важливо відмітити, що вода, яку відібрали з магістрального каналу на 500 м нижче впадання дренажних вод з ділянки, зайнятої багаторічними травами, і на 150 м нижче ділянки, зайнятої кормовими буряками, за своїм хімічним складом більш стійка – 167,8 мг/л солей навесні, 138,8 – влітку і 141,2 мг/л – восени.

Як уже було розглянуто раніше, об'єктом досліджень є також торфові ґрунти, як не осушені, так і осушені, але не освоєні, поряд з ґрунтами, які осушені і тривалий час перебувають у сільськогосподарському використанні. Такі ділянки знаходяться в господарствах, розташованих поруч із землями Сульського дослідного поля. Проведені спостереження показали (табл. 3.22), що найбільше вимиваються водою гідрокарбонат, кальцій, фосфати, хлориди, азот. Але

цікавий той факт, що саме осушення не дуже впливає на збільшення солей у воді та їхню міграцію. Сумарна кількість солей у дренажній воді осушеного і не освоєного болота зростає порівняно з не осушеним на 23,1–30,2% залежно від пори року. При цьому збільшення спостерігається по всіх компонентах, які визначалися. Однак найбільший вплив на підвищення мінералізації дренажних вод має сільськогосподарське освоєння – оранка, внесення добрив, посилене розкладання торфу.

Таблиця 3.21

Гідрохімічний склад дренажних вод та вод магістрального каналу,  
Сульське дослідне поле, 2003 р.

Місце відбирання	Період відбирання	Вміст, мг/л													
		pH вод-не	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K	Na	Ca	Mg	Fe	SO	Cl	HCO	SiO	Сума
Кормові буряки	Весна	7,3	9,52	0,91	0,25	2,87	3,05	28,01	4,21	0,17	11,82	19,8	112,0	14,51	207,18
	Літо	7,2	1,40	0,06	0,14	1,16	2,96	18,73	3,52	0,07	9,41	15,9	75,68	4,33	133,36
	Осінь	7,3	1,82	0,23	0,10	3,37	4,50	19,01	5,22	0,06	18,11	28,7	80,57	4,51	166,21
Багато-річні трави	Весна	7,04	0,96	0,08	0,08	1,72	3,45	13,50	4,48	0,18	13,18	9,21	56,70	4,40	168,06
	Літо	7,4	0,50	0,04	0,04	0,23	2,17	11,15	4,07	0,12	12,92	8,50	57,14	2,16	99,17
	Осінь	7,1	1,30	0,06	0,06	0,61	4,40	14,71	3,65	0,14	17,95	8,52	62,12	1,28	114,85
Магістра-льний канал	Весна	7,2	0,06	0,09	0,32	1,47	3,05	26,07	3,64	0,07	12,21	8,49	112,0	0,38	167,85
	Літо	7,4	0,74	0,04	0,35	2,0	3,60	22,66	1,65	0,29	14,62	9,06	82,71	1,70	138,80
	Осінь	7,7	0,17	0,02	0,23	1,60	2,50	26,07	1,21	0,09	15,20	7,49	32,90	3,25	141,16

Таблиця 3.22

Хімічний склад ґрунтових вод та торфових ґрунтів за різної інтенсивності їхнього освоєння, Сульське дослідне поле, 2003 р.

Період відбирання	Вміст, мг/л води										
	Ca	Mg	K	Na	MN <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	PO <sub>4</sub>	Сума
<i>не дренаване торфове болото</i>											
Весна	18,1	1,3	0,2	2,0	1,2	0,3	59,9	7,7	3,1	0,11	93,8
Літо	16,2	1,9	0,3	1,5	1,х	0,6	37,4	11,2	2,6	0,07	73,8
Осінь	21,6	1,6	0,5	1,8	1,5	0,4	40,1	9,2	3,5	0,06	79,3
<i>дреноване і не освоєне торфове болото</i>											
Весна	23,8	2,2	0,5	2,4	2,7	0,4	67,9	13,8	4,7	0,08	115,5
Літо	21,7	1,9	0,5	2,5	1,7	1,6	35,2	22,7	8,2	0,07	96,1
Осінь	21,8	1,8	0,5	2,0	0,5	0,2	40,4	9,8	3,5	0,08	-
<i>дреноване освоєне торфовище</i>											
Весна	31,2	4,5	7,4	4,4	4,5	2,7	88,5	24,1	14,9	0,16	182,4
Літо	41,4	3,9	3,5	4,9	3,2	0,5	67,8	27,7	22,6	0,10	174,7
Осінь	72,3	3,5	2,8		1,1	1,6	74,3	28,8	12,9	0,09	173,3

Дренажна вода з ділянки, яка перебуває тривалий час у сільськогосподарському використанні, за вмістом хімічних компонентів помітно відрізняється від води, взятої з неосушеного болота та дренаваного, але неосвоєного. Загальний вміст солей у дренажній воді з освоєного болота був на 94,4–136,7% більшим, ніж на недренаваній ділянці, і на 23,1–30,3% більшим, ніж на осушеній і не освоєній площі. Це означає, що поповнення солей у поверхневих і дренажних водах відбувається завдяки сільськогосподарському освоєнню та використанню, і насамперед завдяки внесенню мінеральних добрив та інтенсивності використання.

Як уже відмічалось раніше, на торфовищах, зайнятих багаторічними травами, вміст хімічних елементів у дренажній воді помітно менший, ніж на ділянці, зайнятій кормовими буряками. Отримані дані добре узгоджуються з даними інших дослідників (Зубець, Афанасик, 1973; Прістер, Трускавецький, Мостовий та ін., 1993; Slyusar, Solyanik, Serbenyuk and other, 2021). Вони встановили, що кількість солей у воді недренаваного болота зменшується навесні (до 65 мг/л), дренаваного – до 115 мг/л, дренаваного освоєного – до 177 мг/л, а восени їхній вміст відповідно становив 78, 91 і 165 мг/л.

### **3.6. Грунтоохоронні заходи**

Органогенні ґрунти після осушення та наступного сільськогосподарського використання істотно змінюють свої властивості і стають вразливими до розвитку деградаційних процесів, особливо там, де не дотримуються рекомендованої структури посівних площ, сівозмін, оптимальних систем обробітку ґрунту та водного режиму. Перше місце в низці цих деструктивних процесів за масштабами прояву та наслідками займає вітрова ерозія, яка на осушуваних торфових ґрунтах проявляється у вигляді пилових бур переважно у весняний період, коли ґрунт ще не захищений рослинним покривом, а верхній висушений його шар розпушений обробітком. Рідше пилові бурі виникають у літній та осінній періоди, коли проводиться обробіток ґрунту під сівбу багаторічних трав та озимих культур (Kurhak, Panasyuk, Asanishvili, Slyusar and other, 2020; Боговін А., Слюсар, Царенко, 2005; Слюсар, (2013).

Систему заходів запобігання ерозії торфових ґрунтів розробляють на основі існуючих рекомендацій і включають у проєкти меліоративних систем та проєкти землекористування. Поряд з вітровою ерозією можна поставити прискорену мінералізацію органічної речовини торфових ґрунтів. Протиерозійні заходи і заходи запобігання прискореній

мінералізації багато в чому збігаються, і тому їх доцільно розглядати в комплексі.

Основними заходами використання неглибоких торфовищ виключно під посіви багаторічних трав із перезалуженням через кожні 5–7 років. У сівозмінах на середніх і глибоких торфовищах під багаторічними травами має бути зайнято 50–70% площі з коротким польовим періодом (один-два роки) і з мінімальним обробітком ґрунту. На ерозійно нестійких площах слід повністю вилучити просапні культури, а лучний період сівозміни розширювати до 6–8 років. Важливим заходом на неглибоких торфовищах є заорювання підстилаючим мінеральним ґрунтом. В особливо несприятливі (посушливі) роки для запобігання проявам вітрової ерозії варто проводити дощування з поливною нормою до 300–400 м<sup>3</sup> на 1 га. На ґрунтах, де вже виявлено ознаки вітрової ерозії, при необхідності коткування, замість гладких котків слід застосовувати кільчасто-шпорові або в крайньому разі гладкі, агрегатовані з легкими боронами для надання поверхні ґрунту деякої шорсткості.

В усіх випадках треба дотримуватись рекомендованих сівозмін, системи диференційованого обробітку ґрунту і оптимального водного режиму. Поля з багаторічними травами і однорічними, зокрема з просапними культурами, доцільно розміщувати смугами впоперек напрямку пануючих вітрів. Уздовж постійних меж полів, а також упоперек заплави необхідно влаштовувати посадки вітроломних дерев у вигляді дворядних смуг з відстанню між смугами 600–1000 м (Слюсар, Соляник, 2005; Трускавецький, 2010).

Великі піщані масиви серед торфових ґрунтів слід заліснювати, а на окремих піщаних включеннях проводити структурну меліорацію шляхом вивезення піску з піщаних горбів на торф нормою 250–300 т на 1 га і завезення торфу (150–200 т на 1 га) на вирівняну поверхню піску.

Для запобігання водній ерозії на заплавах річок обробіток ґрунту краще проводити весною впоперек напрямку руху повеневих вод. Велику небезпеку для торфовищ, особливо переосушених, можуть становити пожежі. Для захисту від пожежі висаджують протипожежні лісосмуги шириною 20–100 м, а також протипожежні водойми з обсягом води, достатнім для безперервного гасіння вогню протягом трьох діб. Водойми доцільно розміщувати так, щоб вони відділяли торфові масиви від населених пунктів, залізниць, електричних підстанцій та інших важливих об'єктів.

Дієвий контроль за змінами, які відбуваються в природних комплексах під впливом осушування, слід проводити через еколого-меліоративний моніторинг, який полягає у виділенні еталонних осушувальних систем, розробки методики та відповідних спостережень. При цьому, проведення моніторингових робіт слід покладати на

гідрогеолого-меліоративні експедиції для кожної меліоративної системи або групи подібних між собою за ґрунтово-кліматичними умовами та способом їхнього використання систем.

Отже, у цьому розділі на основі проведених досліджень, спостережень, а також аналізу літературних джерел і архівних матеріалів автори зробили такі висновки:

У результаті дренажування і сільськогосподарського використання торфовищ у них активізується ґрунтоутворний процес, який супроводжується зміною їхніх якісних і кількісних властивостей: зростає ступінь розкладання, зольність, щільність, валові запаси КРК, а водознижувальна і водоутримуюча здатність зменшується.

Характер та інтенсивність змін властивостей торфових ґрунтів залежить від терміну перебування в культурі і способів їхнього використання.

Найінтенсивніше ущільнення торфу (33% від початкового) і спрацювання органічної маси (13,1 т/га в рік) відбувається під просапними культурами і найменше під багаторічними травами – відповідно 12% і 3,9 т/га в рік. Проміжне місце серед цих показників посідають торфи, що використовувалися в травопільних сівозмінах з одним або двома полями просапних, одним полем однорічних і 4–5 полями багаторічних трав (20% і 4,9 т/га в рік).

Регулювання ґрунтових процесів меліоративними й агротехнологічними способами з метою збереження торфових ґрунтів та підвищення їхньої родючості повинно стати основою їхнього раціонального використання. Зміна агрохімічних властивостей органогенних ґрунтів під впливом сільськогосподарського використання інтенсивніша в зоні Лісостепу ніж на Поліссі.

Багаторічні дослідження трансформації перезволожених заплавної земель після дренажних робіт потребують наступних тривалих моніторингових спостережень. Особливо природоохоронних, що враховували б глобальне потепління клімату, запобігали б забрудненню ґрунтових і річкових вод, сприяли зменшенню виділення парникових газів та передбачали б збереження та консервацію торфовищ, розвиток біорізноманіття та рекреаційних зон.

### *Література до розділу*

1. Брудастов А. Сушение минеральных й болотных земель. М. : Сельхозиздат, 1955. 422 с.
2. Вознюк С. Агромелиоративная характеристика торфяных почв Полесья и Лесостепи Украины. *Земледелие на осушаемых землях*. К. : Урожай, 1974. С. 31.



3. Цюпа Н. Минерализация и баланс азота в торфяных почвах Лесостепи УССР при с.-х. использовании. *Земледелие*. 1986. Вып. 61. С. 33–37.
4. Рижук С. М., Слюсар І. Т., Вергунов В. А. Агроекологічні особливості високоефективного використання осушуваних торфових ґрунтів Полісся і Лісостепу. К. : Аграр. наука, 2002. 136 с.
5. Зубец В., Мурашко А., Шебеко В. Мелиорация земель, строительство и эксплуатация осушительно-увлажнительных систем. *Проблемы Полесья*. 1978. Вып. 5. С. 37–44.
6. Мелиорация и водное хозяйство. 3. Осушение. Справочник / под ред. Б. С. Маслова. М. : Агропромиздат, 1985. 447 с.
7. Цюпа М. Г., Бистрицкий В. С., Слюсар І. Т. Землеробство на осушених землях. К. : Урожай, 1990. 183 с.
8. Гимбаржевский В. Р. Культуртехнические работы на осушенных землях. *Вестн. сельскохозяйственной науки*. 1971. № 8. С. 28–32.
9. Стариков Х. Увлажнение осушаемых торфяников. М. : Колос, 1977. 295 с.
10. Янголь А. Двухстороннее регулирование влажности при осушении. М. : Колос, 1970. 136 с.
11. Троїцький О., Проскура С. Шляхи сільськогосподарського освоєння заплави р. Супій. К. : Держсільгоспвидав УРСР, 1959. С. 24–27.
12. Шейко М. Характеристика торфових ґрунтів. Осушення та освоєння заплавної землі Лісостепу УРСР. К. : Урожай, 1964. С. 6–8.
13. Сінокоси і пасовища на осушуваних землях : монографія / Слюсар І., Соляник О., Сербенюк В. та ін. ; за наук. ред. І. Т. Слюсаря. К. : ЦП «КОМПРИНТ», 2017. 258 с.
14. Шматок В. Якісні зміни органічної речовини сушених торфоболотних ґрунтів під дією сільськогосподарського використання. *Меліорація і водне господарство*. 1994. Вип. 80. С. 39–40.
15. Бельский Б. Эффективность минеральных удобрений в зависимости от условий водного режима. *Регулирование водного режима торфяных почв*. Минск : Ураджай, 1964. С. 143–155.
16. Кулаковская И. К вопросу о снижении водного режима на осушенном торфянике и о влиянии этого режима на развитие растительности. *Повышение плодородия почв и продуктивности сельского хозяйства при интенсивной химизации*. М., 1983. С. 124–141.
17. Slyusar I., Solyanik O., Serbenyuk V., Viryovka V., Tarasenko O. Effect of the water regime, crop rotation and fertilizers in biogenic matters leaching into ground water and surface water. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. 10(3). P. 197–200. doi: 10.15421/2020\_154. <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000576691500013>

18. Підвищення родючості і охорона осушених земель : довідник / Прістер Б., Трускавецький Р., Мостовий М. та ін. К. : Урожай, 1993. 136 с.

19. Slyusar I., Solyanik O., Serbenyuk V., Zadubinna E., Perets S. Energy crops safe cultivation on drained organic soils. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11, Issue 1. P. 415–418. DOI 0.15421/2021\_60. URL: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000631814800042> (дата звернення: 21.04.2016).

20. Influence of perennial legumes on the productivity of meadow phytocenoses / Kurhak V., Panasyuk S., Asanishvili N., Slyusar I., Slyusar S. and other. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10(6). P. 310–315. doi: 10.15421/2020\_298. URL: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000608622800047> (дата звернення: 21.04.2016).

21. Зубец В., Афанасик Г. Теоретические исследования регулирования водного режима на осушенных торфяно-болотных почвах. *Мелиорация переувлажненных земель*. БелНИИ МИВХ. Минск : Ураджай, 1973. Т. 21. С. 3–11.

22. Боговін А., Слюсар, І., Царенко М. Трав'янисті біогеоценози, їхнє поліпшення та раціональне використання. К. : Аграрна наука, 2005. 361 с.

23. Слюсар І. Концептуальні основи природоохоронного використання земельних і водних ресурсів гумідної зони Полісся. Адаптивні системи землеробства і сучасні технології – основа раціонального землекористування збереження і відтворення ґрунтів / за ред. В. Ф. Камінського. К. : ВП «Едельвейс», 2013. С. 132–142.

24. Слюсар І., Соляник О. Особливості системи землеробства на осушуваних землях гумідної зони України: проблеми, шляхи вирішення. Екологія: проблеми адаптивно-ландшафтного землеробства. Житомир : Державний екологічний університет, 2005. С. 38–42.

25. Трускавецький Р. Торфові ґрунти і торфовища України. Харків : Міськдрук, 2010. 278 с.

#### **4. ОЦІНЮВАННЯ ВОДОПОТРЕБИ ОСУШУВАНИХ ЗЕМЕЛЬ ЩОДО ЗМІННИХ ПОГОДНО-КЛІМАТИЧНИХ ТА АГРОМЕЛІОРАТИВНИХ УМОВ**

Як переконливо свідчать багаточисленні результати досліджень, людство стикнулося з серйозною проблемою – глобальною зміною клімату. Не виключенням є і Україна, яка також належить до числа регіонів планети, де зміни клімату вже сьогодні є відчутними.

Зміни погодно-кліматичних умов безпосередньо впливають на функціонування гідромеліоративних систем в цілому, та умови вирощування сільськогосподарських культур зокрема. Будучи об'єктом впливу атмосферних процесів, аграрне виробництво суттєво залежить від метеорологічних умов, що складаються, і повинне своєчасно забезпечуватися інформацією щодо їхніх очікуваних змін [1].

Сучасний етап розвитку аграрного виробництва, зокрема, на землях із регульованим водним режимом, характеризується комплексом невирішених завдань, що пов'язані насамперед з практичною відсутністю достатніх методів обґрунтування загальної еколого-економічної доцільності реалізації меліоративних заходів з урахуванням змін клімату на різних рівнях ухвалення рішень у часі. Тому вже зараз виникає необхідність визначення наслідків прогнозованих глобальних змін клімату та ухвалення відповідних адаптивних рішень щодо цих змін та пом'якшення їхніх наслідків.

Для осушуваних територій з близьким заляганням ґрунтових вод погодно-кліматичні умови безпосередньо беруть участь у формуванні водного режиму ґрунту і ґрунтових вод, визначаючи напрям перебігу ґрунтових процесів як у природному стані, так і в окремі технологічні періоди вирощування сільськогосподарських культур.

Прогнозоване підвищення температури повітря та посилення посушливості в умовах змін клімату, які спостерігаються вже сьогодні, неминуче призведуть до зменшення природної вологозабезпеченості території та збільшення загальної водопотреби при вирощуванні сільськогосподарських культур на осушуваних землях. Водночас нестача природної вологи потребуватиме додаткового зволоження вирощуваних культур шляхом реалізації відповідних технологій зволоження осушуваних земель. Тому дані про загальну водопотребу вирощуваних культур та її зміну є основою для розробки проєктних і формування експлуатаційних режимів водорегулювання в умовах змін клімату, що здійснюється шляхом вибору й обґрунтування необхідних способів водорегулювання, типів, конструкцій і режимів роботи дренажних систем, розрахунку їхніх параметрів.

У зв'язку з цим, метою дослідження є оцінювання змін у водопотребі при вирощуванні сільськогосподарських культур на осушуваних землях Західного Полісся України у змінних кліматичних умовах для обґрунтування відповідних адаптивних рішень.

Представлені матеріали є продовженням досліджень, що здійснювалися в рамках виконання спільного проекту Інституту водних проблем і меліорації НААН та Національного університету водного господарства та природокористування «Виконати оцінку впливу змін клімату на вологозабезпечення рослин і розробити ГС-систему управління зрошенням і водорегулюванням».

Оскільки першим кроком в оцінюванні змін у водопотребі сільськогосподарських культур є дослідження зміни погодно-кліматичних умов місцевості, для вирішення цього завдання нами було виконане статистичне опрацювання багаторічних ретроспективних та сучасних даних кліматичних спостережень у Західному Поліссі України за такими варіантами досліджень [2; 3]:

- варіант 1 – «Base»: характеристика основних метеофакторів їх нормовані значення за період вегетації (IV–X місяці), отриманих за багаторічними ретроспективними даними (1891–1964 рр.) [4];

- варіант 2 – «Transitional»: нормовані середньобагаторічні значення величин основних метеофакторів та їх розподіл за період вегетації отримані в перехідних умовах (1965–1990 рр.);

- варіант 3 – «Recent»: динаміка та нормовані середньобагаторічні значення величин основних метеофакторів та їх розподіл за період вегетації отримані в сучасних умовах за 1991–2019 рр.

Згідно з [3; 5], розрахунок здійснено для п'яти типових груп розрахункових років щодо умов тепло- й вологозабезпеченості періодів вегетації сукупності  $\{p\}$ ,  $p = \bar{1}, n_p$ : *дуже вологі* ( $p=10\%$ ); *вологі* ( $p=30\%$ ); *середні* ( $p=50\%$ ); *сухі* ( $p=70\%$ ) та *дуже сухі* ( $p=90\%$ ) за такими основними метеорологічними характеристиками як: *сума опадів* ( $P$ , мм); *середня температура повітря* ( $T$ , °C); *сума дефіциту вологості повітря* ( $D$ , мм); *середня відносна вологість повітря* ( $H$ ,%) та їхніми похідними: *випаровуваність* ( $E^0$ , мм), визначена загальновідомою формулою М.М. Іванова; *коефіцієнт вологозабезпеченості* ( $k_w$ , мм) як відношення суми опадів до випаровуваності.

Узагальнені результати розрахунку вегетаційних значень основних метеорологічних характеристик та їхніх похідних по розрахункових роках та за варіантами досліджень для умов Західного Полісся України наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Вегетаційні значення основних метеорологічних характеристик та їхніх похідних по розрахункових роках та за варіантами досліджень для умов Західного Полісся України

Показники, моделі		Роки розрахункової забезпеченості, $p, \%$				
		10%	30%	50%	70%	90%
Сума опадів ( $P$ , мм)	«Base»	575,1	509,1	443,0	377,0	310,9
	«Transitional»	544,4	471,9	434,9	375,2	307,9
	«Recent»	559,0	510,8	443,3	418,0	347,8
Середня температура повітря ( $T$ , °C)	«Base»	12,7	13,1	13,5	13,7	14,2
	«Transitional»	12,9	13,3	13,8	13,8	14,4
	«Recent»	13,3	14,0	14,2	14,5	14,3
Сума дефіциту вологості повітря ( $D$ , мм)	«Base»	698	785	849	943	1036
	«Transitional»	722	805	884	923	1044
	«Recent»	729	854	914	946	1098
Середня відносна вологість повітря ( $H$ , %)	«Base»	80,6	77,7	75,3	72,1	69,4
	«Transitional»	81,8	78,7	73,9	73,0	70,7
	«Recent»	76,7	75,8	73,5	72,5	68,5
Випаровуваність ( $E^o$ , мм)	«Base»	425,8	478,9	517,9	575,2	632,0
	«Transitional»	440,4	491,1	539,2	563,0	636,8
	«Recent»	444,7	520,9	557,5	577,1	669,8
Коефіцієнт волого-забезпеченості ( $k_w$ , мм)	«Base»	1,35	1,06	0,86	0,66	0,49
	«Transitional»	1,24	0,85	0,81	0,67	0,48
	«Recent»	1,26	0,98	0,80	0,72	0,52

Наведені дані переконливо свідчать про наявність змін погоднокліматичних умов Західного Полісся України [2; 3], вказують на стійку тенденцію до підвищення посушливості клімату в регіоні. Зокрема, останні роки характеризуються рекордними температурними максимумами (наприклад, у 2018 р. середня температура повітря за вегетаційний період становила 16,6° C при середньобогаторічній нормі 13,5° C) та посиленням сезонної нерівномірності випадання опадів, що негативно впливає на запаси природної ґрунтової вологи, доступної для вирощування культур.

В цілому сучасні вегетаційні значення основних метеорологічних характеристик вже знаходяться в межах їхніх прогнозованих змін [6], тому подальші дослідження щодо оцінювання зміни водопотреби при вирощуванні сільськогосподарських культур на осушуваних землях

Західного Полісся України виконані нами для сучасних погоднокліматичних умов за варіантом досліджень «Recent».

Основою формування величини водопотреби сільськогосподарських культур є випаровування, значення якого визначається погоднокліматичними умовами місцевості. Сьогодні розглядають три основні групи методів визначення випаровування: методи визначення потоків водяної пари від випаровуючої поверхні в атмосферу; методи визначення теплового балансу; водобалансові методи.

У зв'язку зі складною залежністю випаровування від численних чинників, що його визначають, на цей час існує багато різних за ступенем складності моделей зв'язку інтенсивності випаровування з впливаючими на нього показниками. Такі моделі розроблені І.А. Шаровим, Г.К. Льговим, С.І. Харченко, А.Р. Константиновим, М.І. Будико, М.В. Данильченко, Д.А. Штойко, Х.Л. Пенманом, Л. Тюрком та ін. – для зони зрошення, в практиці осушувальних меліорацій використовують формули О.М. Костякова, А.І. Івицького, А.І. Шарова, В.Ф. Шебеко, А.М. Янголя та ін.

Серед іноземних розробок найбільшою популярністю користуються методи Блейні і Кридла, Торнтвейна, Пенмана – Монтейта.

В Україні широкого застосування й офіційного статусу [7] набула методика водобалансових розрахунків при зволоженні осушуваних земель, розроблена А.М. Янголем [8]. Вона ґрунтується на використанні однакової повторюваності опадів і дефіциту вологості повітря, за яким визначається величина сумарного випаровування.

Оскільки водопотреба залежить від кліматичних умов місцевості, водного режиму осушуваних ґрунтів, що визначається зміною погоднокліматичних умов та технологій водорегулювання, а також ростом та розвитком вирощуваних сільськогосподарських культур, вирішення задачі щодо оцінювання зміни водопотреби сільськогосподарських культур в умовах змін клімату потребує застосування відповідного комплексу прогнозно-імітаційних моделей, який повинен включати в себе модель клімату місцевості, модель водного режиму та технологій водорегулювання осушуваних земель, модель розвитку та формування урожаю вирощуваних культур, які реалізуються за довготерміновим прогнозом [9].

Для ефективної реалізації завдань такого роду на кафедрі водної інженерії та водних технологій Національного університету водного господарства та природокористування розроблено комплекс ієрархічно зв'язаних прогнозно-імітаційних моделей, практичне застосування яких регламентоване відповідними галузевими нормативами Держводагентства України:

– щодо кліматичних умов місцевості чи метеорологічних режимів [5];

- щодо водного режиму та технологій водорегулювання осушуваних земель [10];
- щодо продуктивності осушуваних земель [11].

Тут модель водного режиму та технологій водорегулювання зв'язує між собою параметри режимів і технологій, а тому має універсальний характер і є базовою у створюваному комплексі прогнозно-імітаційних моделей з обґрунтування проєктних рішень на еколого-економічних засадах.

Застосування такого комплексу прогнозно-імітаційних моделей дає змогу вибору та обґрунтування кращого варіанту технології водорегулювання осушуваних земель з урахуванням необхідності додаткового зволоження за визначеною водопотребою вирощуваних культур у змінних кліматичних умовах.

Методи дослідження ґрунтуються на застосуванні теорії систем з основами системного підходу, системного аналізу та моделювання орієнтованого на широке використання ЕОМ та відповідного програмного й інформаційного забезпечення при розробці сучасних підходів до обґрунтування технічних і технологічних рішень з водорегулювання осушуваних земель в умовах зміни клімату [9].

Для реалізації зазначеної мети нами було сплановано і здійснено імітаційне моделювання різних кліматичних сценаріїв у прискореному масштабі часу для осереднених умов зони Західного Полісся України.

Прогнозні розрахунки у машинному експерименті виконані за такими множинними змінними умови:

- за ґрунтами  $\{g\}$ ,  $g = \overline{1, n_g}$  ( $n_g = 3$ ), які характеризуються різним рівнем потенційної родючості за бонітетом у відповідних балах та часткою  $f_g$  розповсюдження в межах об'єкта: 1 – дерново-опідзолені глесві зв'язно-супіщані (Б=28 балів),  $f_g=0,4$ ; 2 – торфові середньопотужні малозольні (Б=38 балів),  $f_g=0,6$ ;

- за типовими районованими для даної зони вирощуваними сільськогосподарськими культурами сукупності  $\{k\}$ ,  $k = \overline{1, n_k}$  ( $n_k = 3$ ), та відповідною часткою їх посівних площ  $f_k$ : 1 – озима пшениця – (проєктний врожай 47 ц/га)  $f_k=0,3$ ; 2 – картопля – 250 ц/га  $f_k=0,2$ ; 3 – багаторічні трави – 35 ц/га  $f_k=0,5$ ;

- за типовими (розрахунковими) щодо умов тепло- й вологозабезпеченості періодами вегетації сукупності  $\{p\}$ ,  $p = \overline{1, n_p}$  ( $n_p = 5$ );

– за різними способами водорегулювання сукупності  $\{s\}$ ,  $s = \overline{1, n_s}$  ( $n_s = 4$ ): ОС – осушення ( $s = 1$ ); ПШ – попереджувальне шлюзування ( $s = 2$ ); ЗШ – зволожувальне шлюзування ( $s = 3$ ); ДП – зрошення дощуванням ( $s = 4$ ).

Результати прогнозних розрахунків за здійсненим машинним експериментом опрацьовані нами за такою схемою і подані у відповідній послідовності.

Визначення й аналіз умов формування сумарного випаровування у змінних погодно-кліматичних та агроеліоративних умовах щодо змінних метеорологічних режимів розрахункових за умовами тепло й вологозабезпеченості періодів вегетації, видів вирощуваних сільськогосподарських культур, ґрунтів та технологій водорегулювання осушуваних земель подані в табл. 4.2, 4.3, для наочності на рисунках 4.1, 4.2.

Таблиця 4.2

Формування середньорічних вегетаційних значень сумарного випаровування щодо видів вирощуваних культур та технологій водорегулювання на осушуваних землях

Культура	Частка	Сумарне випаровування за вегетацію, м <sup>3</sup> /га			
		ОС	ПШ	ЗШ	ДП
<i>Мінеральні ґрунти</i>					
Озимі зернові	0,2	1840	1892	1952	2007
Картопля	0,2	3365	3482	3792	3965
Багаторічні трави	0,3	4117	4253	4620	4868
Овочеві	0,3	3699	3799	4116	4328
<i>Середньозважене</i>	<i>1,0</i>	<b>3386</b>	<b>3490</b>	<b>3770</b>	<b>3953</b>
<i>Торфові ґрунти</i>					
Озимі зернові	0,2	1839	1898	1953	2018
Картопля	0,2	3382	3516	3793	4106
Багаторічні трави	0,3	4169	4295	4594	4876
Овочеві	0,3	3708	3822	4112	4383
<i>Середньозважене</i>	<i>1,0</i>	<b>3407</b>	<b>3518</b>	<b>3761</b>	<b>4002</b>

*Примітка:* ОС – осушення; ПШ – попереджувальне шлюзування; ЗШ – зволожувальне шлюзування; ДП – зрошення дощуванням.



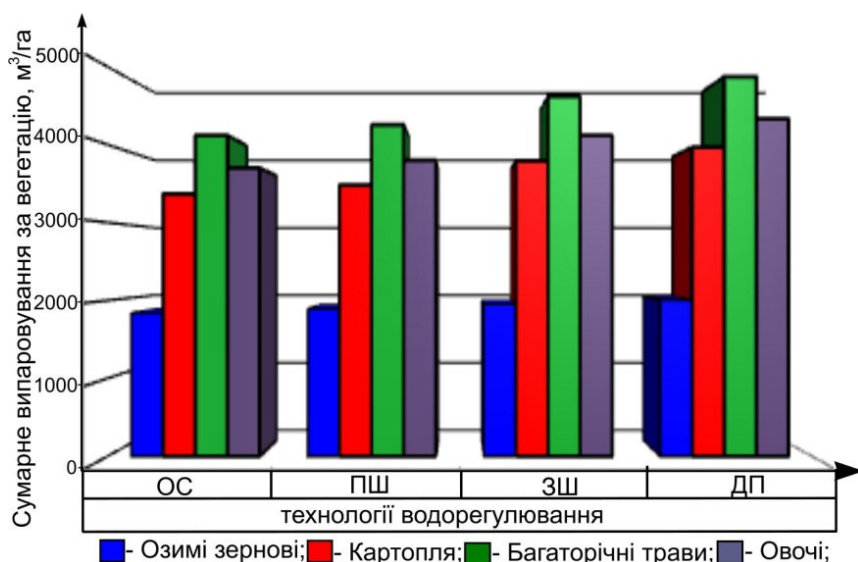


Рис. 4.1. Формування середньорічних вегетаційних значень сумарного випаровування щодо видів вирощуваних культур та технологій водорегулювання на мінеральних ґрунтах

Таблиця 4.3

Формування вегетаційних значень сумарного випаровування щодо кліматичних умов розрахункових років за різних технологій водорегулювання на осушуваних землях

Роки розрахункової забезпеченості, $p, \%$	Сумарне випаровування за вегетацію, $m^3/га$			
	ОС	ПШ	ЗШ	ДП
<i>Мінеральні ґрунти</i>				
10	2911	2911	2911	2911
30	3492	3500	3500	3500
50	3594	3627	3655	3822
70	3614	3819	4089	4362
90	2991	3281	4646	5137
<i>Середньозважене</i>	<b>3386</b>	<b>3490</b>	<b>3770</b>	<b>3953</b>
<i>Торфові ґрунти</i>				
10	2911	2911	2911	2911
30	3494	3505	3505	3505
50	3588	3631	3668	3804
70	3640	3835	4052	4505
90	3096	3426	4621	5252
<i>Середньозважене</i>	<b>3407</b>	<b>3518</b>	<b>3761</b>	<b>4002</b>

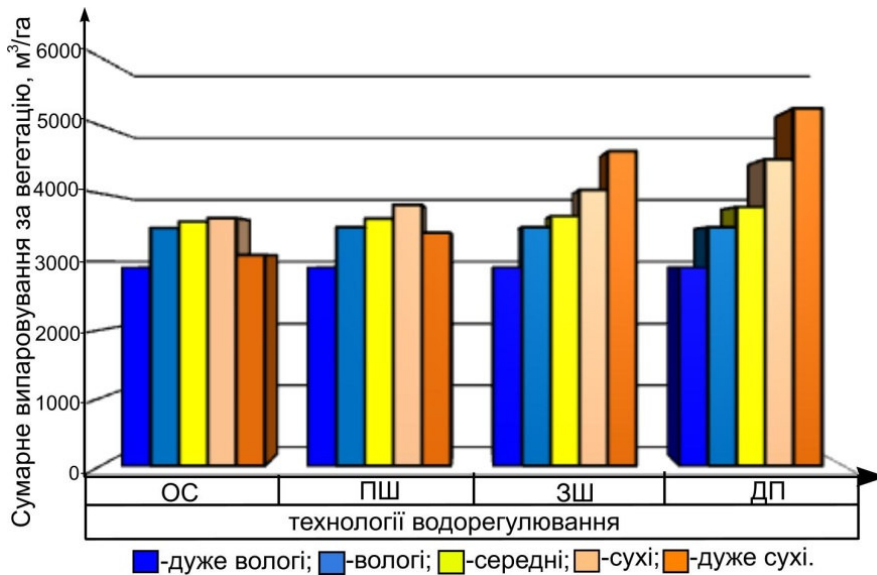


Рис. 4.2. Формування вегетаційних значень сумарного випаровування щодо кліматичних умов розрахункових років за різних технологій водорегулювання на торфових ґрунтах

Отримані результати є основою для подальшого визначення величини водопотреби при вирощуванні сільськогосподарських культур у зоні осушувальних меліорацій України у змінних кліматичних умовах.

Визначення й аналіз водопотреби за основними показниками режиму та техніки зволоження (поливні й зволожувальні норми, кількість поливів, модулів водоподачі тощо) для зволоженого шлюзування та зрошення дощування як найбільш поширених технологій зволоження на осушуваних землях.

Результати розрахунків з визначення водопотреби представлені у вигляді діаграм, які у співставному вигляді відображають значення максимальних модулів водоподачі для дуже сухого (p=90%) року у подекадному перерізі при вирощуванні запроєктованих сільськогосподарських культур на мінеральних (а) та торфових (б) ґрунтах при різних технологіях водорегулювання подані на рис. 4.3, 4.4.

Аналіз й порівняльна оцінка технологічної ефективності застосування зволоженого шлюзування та зрошення дощування на осушуваних землях представлені в табл. 4.4, 4.5.

Отримані результати щодо визначення сумарного випаровування, водопотреби та технологічної ефективності зволоження осушуваних земель у змінних природно-кліматичних та агроеліоративних умовах Західного Полісся України переконливо свідчать про необхідність переоцінки можливостей та технічного стану існуючих дренажних систем

шляхом зміни їх функціональних можливостей щодо проведення зволожувальних заходів на осушуваних землях на постійній основі.

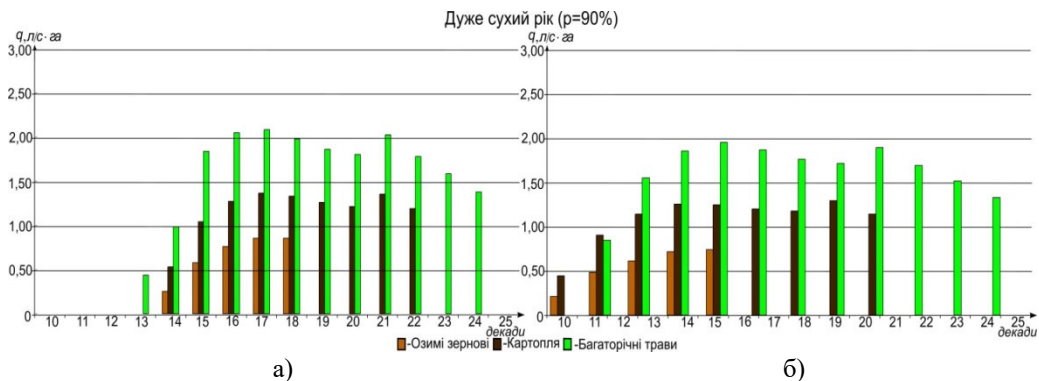


Рис. 4.3. Динаміка максимальних середньодекадних значень водопотреби за модулем водоподачі у посушливі періоди вегетації (p=90%) при зволожувальному шлюзуванні осушуваних земель

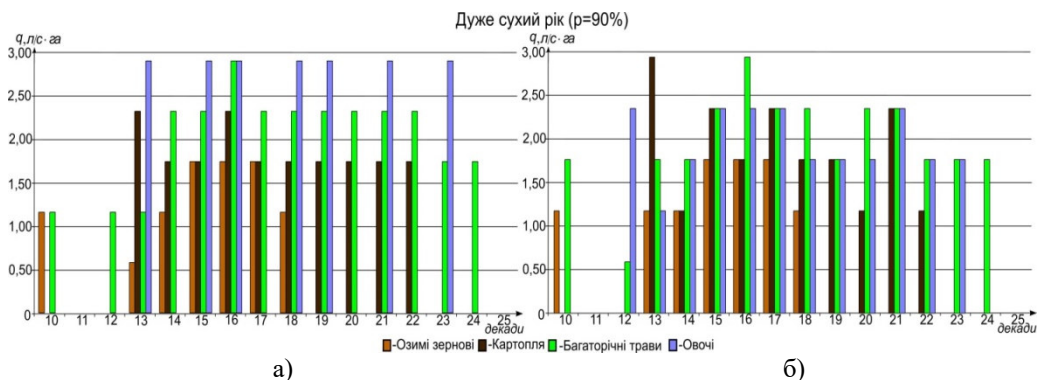


Рис. 4.4. Динаміка максимальних середньодекадних значень водопотреби за модулем водоподачі у посушливі періоди вегетації (p=90%) при зрошенні дощуванням осушуваних земель

Остаточний вибір технологій водорегулювання при обґрунтуванні типу, конструкції та параметрів системи можуть бути визначені на основі прогнозно-оптимізаційних розрахунків з урахуванням сучасних економічних та екологічних вимог [9; 11].

Перспективи подальших досліджень полягають, насамперед, у необхідності дослідження даного питання за довготерміновим прогнозом можливих змін погодно-кліматичних умов зони Західного Полісся України на найближчу та віддалену перспективу.

Таблиця 4.4

Порівняльна характеристика основних елементів режиму зволоження та показників технологічної ефективності при зволожувальному шлюзуванні осушуваних земель

Культура	Частка культури в сівозміні	Роки розрахункової забезпеченості, $p, \%$							
		$p=70\%$				$p=90\%$			
		М	$n/m$	ККД	М/У	М	$n/m$	ККД	М/У
<i>Мінеральні ґрунти <math>g = 1, f_g = 0,4; B=28</math> балів</i>									
Озима пшениця (зерно)	0,2	50	2/25	1,81	1,01	397	4/99	1,42	8,21
Картопля	0,2	1061	10/106	1,57	3,45	1772	10/177	1,25	5,7
Багаторічні трави (сіно)	0,3	877	11/80	0,84	26	2500	11/227	0,67	74,6
Овочеві	0,3	837	11/76	0,78	2,25	1816	11/165	0,63	4,9
<i>Середньо-зважене</i>	<i>1,0</i>	<i>736</i>	<i>8/87</i>	<i>1,16</i>	<i>9,36</i>	<i>1728</i>	<i>9/192</i>	<i>0,92</i>	<i>26,6</i>
<i>Торфові ґрунти <math>g = 2, f_g = 0,6; B=38</math> балів</i>									
Озима пшениця (зерно)	0,2	0	0/0	1,83	0	324	4/81	1,4	6,81
Картопля	0,2	945	10/95	1,59	3,03	1776	10/178	1,25	5,72
Багаторічні трави (сіно)	0,3	683	10/68	0,83	20,5	2282	11/207	0,86	68,5
Овочеві	0,3	702	10/70	0,78	1,89	1723	10/172	0,62	4,7
<i>Середньо-зважене</i>	<i>1,0</i>	<i>604</i>	<i>7/81</i>	<i>1,16</i>	<i>7,32</i>	<i>1621</i>	<i>9/185</i>	<i>0,97</i>	<i>24,4</i>

Примітка: М – зволожувальна норма;  $n/m$  – кількість поливів/поливна норма; ККД – фактичне значення ККД використання ФАР вирощуваною культурою %; М/У – питомі затрати зрошуваної води на одиницю продукції  $m^3/ц$ .

Таблиця 4.5

Порівняльна характеристика основних елементів режиму зволоження та показників технологічної ефективності при зрошенні дощуванням осушуваних земель

Культура	Частка культури в сівозміні	В сучасних умовах							
		Розрахункові роки за забезпеченістю, $p, \%$							
		$p=70\%$				$p=90\%$			
		М	$n/m$	KKD	M/Y	М	$n/m$	KKD	M/Y
<i>Мінеральні ґрунти <math>g = 1, f_g = 0,4; B=28</math> балів</i>									
Озима пшениця (зерно)	0,2	250	1/250	1,88	4,85	750	1/250	1,54	14,4
Картопля	0,2	1500	6/250	1,77	4,34	2250	9/250	1,46	6,27
Багаторічні трави (сіно)	0,3	1250	5/250	0,89	34,9	2750	11/250	0,74	73,5
Овочеві	0,3	1250	5/250	0,85	3,0	2500	10/250	0,8	5,28
<i>Середньо-зважене</i>	<i>1,0</i>	<i>1000</i>	<i>4/250</i>	<i>1,25</i>	<i>13,2</i>	<i>2250</i>	<i>9/250</i>	<i>1,02</i>	<i>27,7</i>
<i>Торфові ґрунти <math>g = 2, f_g = 0,6; B=38</math> балів</i>									
Озима пшениця (зерно)	0,2	250	1/250	1,89	4,83	1000	4/250	1,63	18,11
Картопля	0,2	1500	6/250	1,89	4,05	2500	4/250	1,8	5,66
Багаторічні трави (сіно)	0,3	1500	6/250	1	37,4	2750	11/250	0,79	69,2
Овочеві	0,3	1500	6/250	0,98	3,19	2500	10/250	0,81	5,21
<i>Середньо-зважене</i>	<i>1,0</i>	<i>1250</i>	<i>5/250</i>	<i>1,35</i>	<i>13,9</i>	<i>2750</i>	<i>10/250</i>	<i>1,16</i>	<i>27,0</i>

Таким чином, наявний рівень кліматичних змін, вплив яких вже є відчутним в аграрному виробництві, насамперед на землях з регульованим водним режимом, ставить перед нами необхідність вирішення низки завдань, головним з яких є необхідність прийняття рішень з адаптації до змін клімату взагалі та зростання величини водопотреби при вирощуванні сільськогосподарських культур на осушуваних землях зокрема. Це потребує перегляду наявних вимог щодо обґрунтування режимно-технологічних та конструктивних рішень при проектуванні та будівництві дренажних систем з урахуванням цих змін. Результати дослідження можуть бути ефективно використані при обґрунтуванні адаптивних заходів до прогнозованих змін клімату та розробці проектів реконструкції та модернізації дренажних систем в регіоні відповідно до програми «Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року» [12].

### *Література до розділу*

1. Про деякі завдання аграрної науки у зв'язку зі змінами клімату: наукова доповідь-інформація / М. І. Ромащенко, О. О. Собко, Д. П. Савчук, М. І. Кульбіда. Київ : Інститут гідротехніки і меліорації УААН, 2003. 46 с.
2. Evaluation of climate changes and their accounting for developing the reclamation measures in western Ukraine / Rokochynskiy A., Volk P., Frolenkova N., Prykhodko N., Gerasimov Ie., Pinchuk O. *Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences*. 2019. Vol. 28. Issue 1(83). DOI: 10.22630/PNIKS.2019.28.1.1
3. Evaluation of climate change in Ukrainian part of Polissia region and ways of adaptation to it / Kovalenko P., Rokochynskiy A., Jeznach J., Koptyuk R., Volk P., Prykhodko N., Tykhenko R. *Journal of Water and Land Development*. 2019. Vol. 41. Issue 1. P. 72–82. DOI: 10.2478/jwld-2019-0030
4. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1–6. Вып. 1. Украинская ССР. Книга 1. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1990. 608 с.
5. Метеорологічне забезпечення інженерно-меліоративних розрахунків у проектах будівництва й реконструкції осушувальних систем : посібник до ДБН В.2.4.-1-99 «Меліоративні системи та споруди». Розділ 3. *Осушувальні системи* / А. М. Рокочинський та ін. Київ : ВАТ «Укрводпроект», 2008. 63 с.
6. Проблеми і стратегія виконання Україною Рамкової Конвенції ООН про зміну клімату / В. Я. Шевчук, І. В. Трофимова, О. М. Трофимчук та ін. Київ : УІНСіР, 2001. 96 с.
7. Руководство по проектированию осушительных систем в Украинской ССР: НТД 33.63-074-87. К. : Укргіппроводхоз, 1987. 526 с.

8. Янголь А. М. Двустороннее регулирование влажности при осушении. М. : Колос, 1970. 135 с.

9. Рокочинський А. М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах : монографія / за ред. академіка УААН Ромашенка М. І. Рівне : НУВГП, 2010. 351 с.

10. Тимчасові рекомендації з прогнозої оцінки водного режиму та технологій водорегулювання осушуваних земель у проектах будівництва й реконструкції меліоративних систем / А. М. Рокочинський, В. А. Сташук, В. Д. Дупляк, Н. А. Фроленкова та ін. Рівне, 2011. 54 с.

11. Меліорація та облаштування Українського Полісся : колективна монографія / за ред. д.с.-г.н., професора, акад. НААН Я. М. Гадзала, д.т.н., професора, член-кор. НААН В. А. Сташука, д.т.н., професора А. М. Рокочинського. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. Т. 1. 932 с.

12. Стратегія зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-%D1%80> (дата звернення: 20.08.2019).

## 5. ОЦІНЮВАННЯ ЗМІНИ КЛІМАТУ В ПОЛІСЬКОМУ РЕГІОНІ ТА ШЛЯХИ АДАПТАЦІЇ ДО НЬОГО

Глобальне потепління клімату є однією з численних екологічних та соціально-економічних проблем, яке особливо виразно постало перед людством наприкінці минулого століття.

Сучасні зміни клімату можуть мати значні природні, економічні і соціальні наслідки. Зважаючи на ті зміни погодно-кліматичних умов, що відбуваються вже сьогодні, дуже важлива роль відводиться прогнозуванню можливих змін клімату в майбутньому та розв'язанню цілої низки надзвичайно важливих і складних завдань, пов'язаних з розробкою та реалізацією стратегій подальшого існування людства як на глобальному, так і регіональному рівнях. Тому вже зараз виникає необхідність прогнозного оцінювання змін клімату та розробки відповідних адаптаційних рішень [2; 3; 11; 12].

Україна також належить до числа регіонів планети, де зміни клімату, що відбуваються, є досить суттєвими. За численними метеорологічними ознаками і показниками вітчизняні фахівці-кліматологи приходять до висновку, що в Україні останні 10–25 років формується новий клімат [1]. Такі зміни клімату вже помітні й впливають на усі сфери людської діяльності, зокрема аграрне виробництво й умови функціонування водогосподарсько-меліоративних об'єктів і комплексів. Особливо відчутними ці зміни є в Поліському регіоні України, осушувані землі якого відіграють важливу роль у розвитку економіки країни та забезпеченні її продовольчої безпеки.

Тому представляє інтерес оцінити прогнозовані зміни погодно-кліматичних чинників в умовах змін клімату та їх вплив на умови функціонування водогосподарсько-меліоративних об'єктів і комплексів, природно-меліоративний стан осушуваних земель Поліського регіону України, який має свої характерні особливості, притаманні цьому регіону.

Для вирішення поставленого завдання був спланований та здійснений широкомасштабний машинний експеримент на ПЕОМ за багаторічними ретроспективними та сучасними даними спостережень у Поліському регіоні [5; 6; 9].

Були сплановані та реалізовані такі варіанти дослідження для усереднених умов Західного Полісся:

- **варіант 1** – «*Base*»: характеристика основних метеофакторів за період вегетації (IV–X місяці), отриманих за багаторічними ретроспективними даними (1891–1964 рр.) [7];

- **варіант 2** – «*Transitional*»: нормовані середньобагаторічні значення величин основних метеофакторів та їх розподіл за період вегетації, отримані в перехідних умовах (1947–1990);



- **варіант 3** – «Recent»: динаміка та нормовані середньобаторічні значення величин основних метеофакторів та їх розподіл за період вегетації, отримані в сучасних умовах за 1991–2023 рр.;

- **варіант 4a** – «СССМ» та **варіант 4б** – «УКМО»: нормовані середньобаторічні значення величин основних метеофакторів та їх розподіл за період вегетації отримані з урахуванням наявних та можливих змін клімату, згідно з [10], за моделями Канадського кліматологічного центру «СССМ» – як більш сприятливий прогноз, та Метеорологічного бюро Об'єднаного королівства «УКМО» – як менш сприятливий прогноз, що передбачають підвищення середньорічної температури повітря відповідно на 4° С та 6° С – при подвоєнні вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері.

Доцільність застосування моделей «СССМ» та «УКМО» при відповідних прогнозних режимних розрахунках підтверджується тим, що вони враховують як менш, так і більш критичні сценарії змін погоднокліматичних умов, а також якнайкраще узгоджуються з використаними моделями прогнозу оцінки нормованого розподілу основних метеорологічних характеристик у багаторічному та внутрішньовегетаційному перерізах [6].

Прогноз здійснено для п'яти типових груп періодів вегетації розрахункових років щодо загальної тепло- та вологозабезпеченості (дуже вологий – 10%, вологий – 30%, середній – 50%, сухий – 70%, дуже сухий – 90%) за такими основними метеорологічними характеристиками як температура повітря, опади, відносна вологість та дефіцит вологості повітря, фотосинтетичноактивна радіація (ФАР), коефіцієнт вологозабезпеченості (відношення суми опадів до сумарного випаровування) за такою схемою (рис. 5.1) [6].

Науково-методичні основи машинного експерименту становлять підходи та моделі для прогнозування типових метеорологічних режимів на довгостроковій основі, використання яких регламентується відповідними галузевими стандартами [6]. Узагальнену блок-схему етапів реалізації моделі типового розподілу метеофакторів за наявності багаторічної бази даних представлено на рис. 5.2.

Узагальнені результати розрахунку вегетаційних значень основних метеорологічних факторів (опади, температура, дефіцит та відносна вологість повітря) та похідних від них характеристик (ФАР, коефіцієнт вологозабезпеченості) по розрахункових роках за варіантами досліджень («Base», «Transitional», «Recent», «СССМ», «УКМО») для умов Поліського регіону наведені в табл. 5.1 та табл. 5.2.

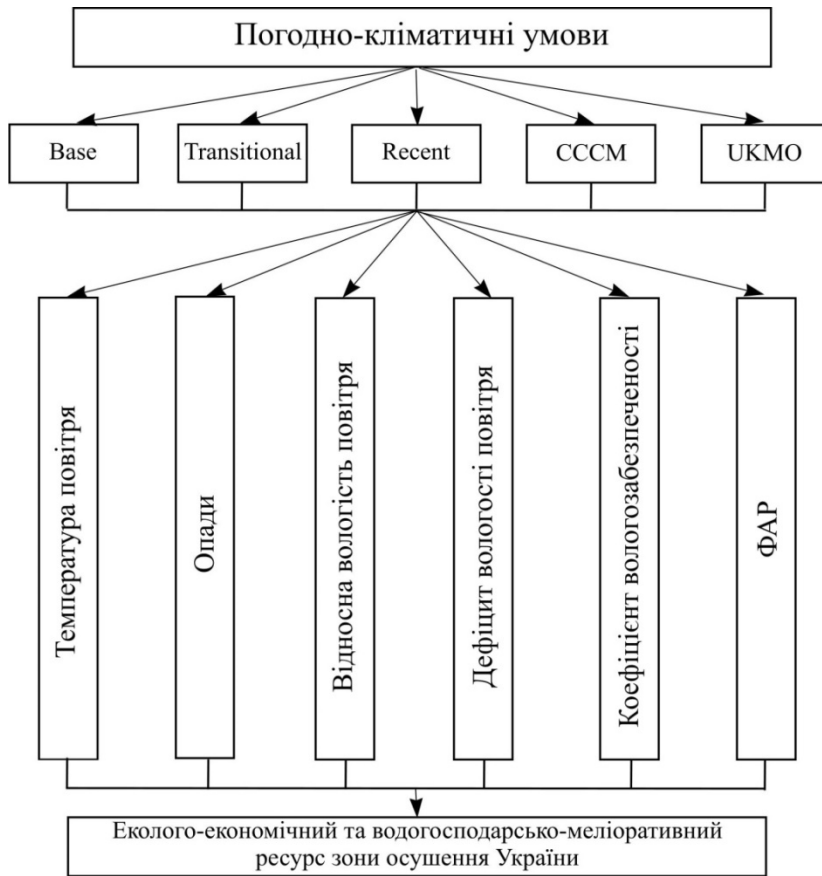


Рис. 5.1. Схема виконання оцінки погодно-кліматичних характеристик в ретроспективних («Base»), перехідних («Transitional»), сучасних («Recent») та перспективних («СССМ», «УКМО») умовах

Відповідно до отриманих результатів щодо порівняльної оцінки змін сучасних та прогнозованих вегетаційних значень основних метеорологічних характеристик по розрахункових роках та в середньому між ними у досліджуваних умовах можна зробити такі висновки [5; 15]:

- **щодо опадів:** у перехідних умовах («Transitional») порівняно з базовим варіантом («Base») має місце зменшення кількості опадів по всіх розглянутих розрахункових роках (від 0,47% у сухий рік – 70% до 17,9% у вологий рік – 30%), що в середньому складає 5,30%. Щодо сучасних умов («Recent»), то тут в цілому має місце деяке збільшення опадів (при їх зміні від 2,80% у дуже вологий рік – 10% до 11,87% у дуже сухий рік – 90%), що в середньому складає 4,07%. Відповідно за прогнозними варіантами також можливе часткове збільшення опадів по всіх розрахункових роках, яке в середньому складає для «СССМ» – 1,69% та для «УКМО» – 7,47%;

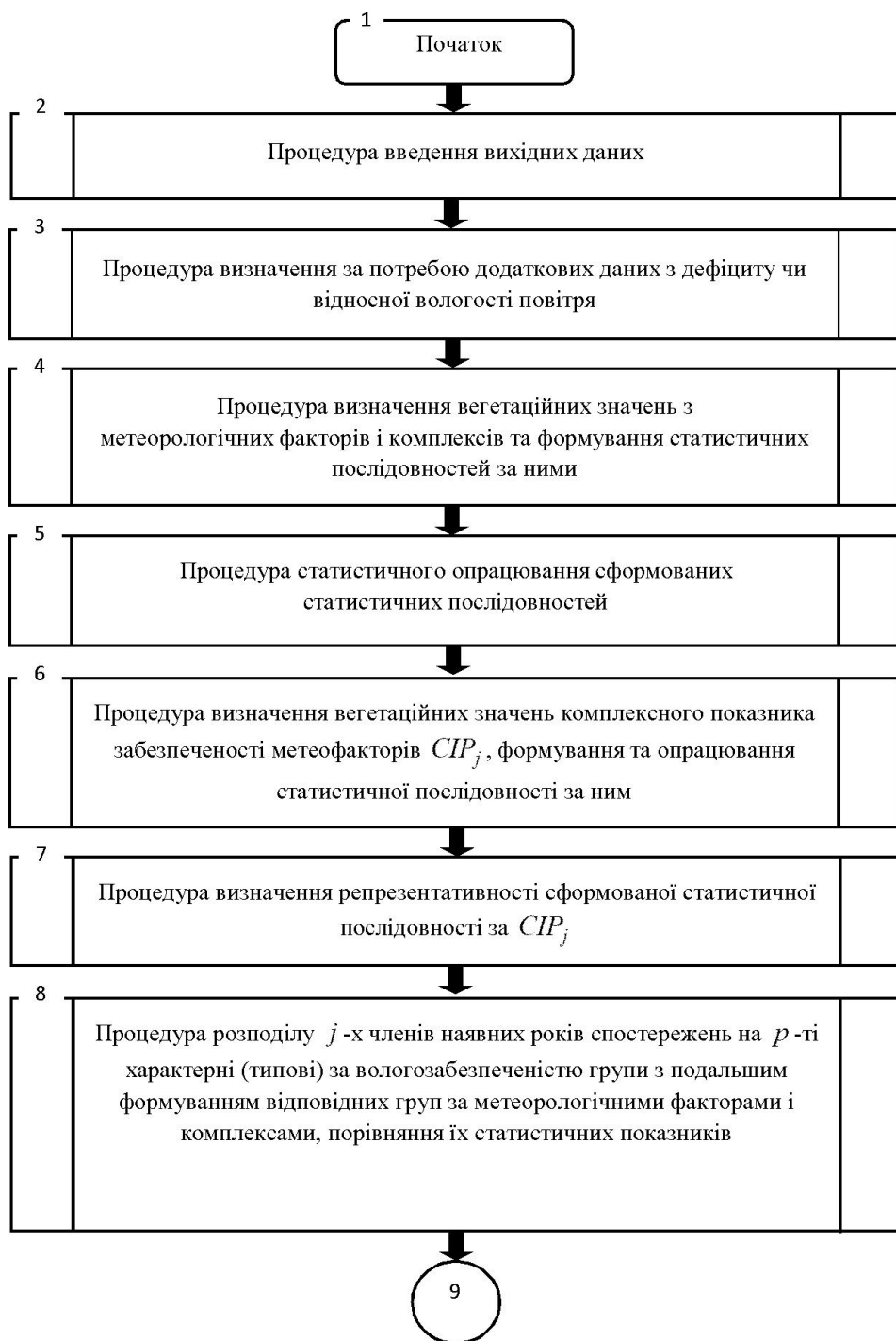


Рис. 5.2. Структурна блок-схема з визначення типового розподілу метеофакторів при наявності даних багаторічних спостережень

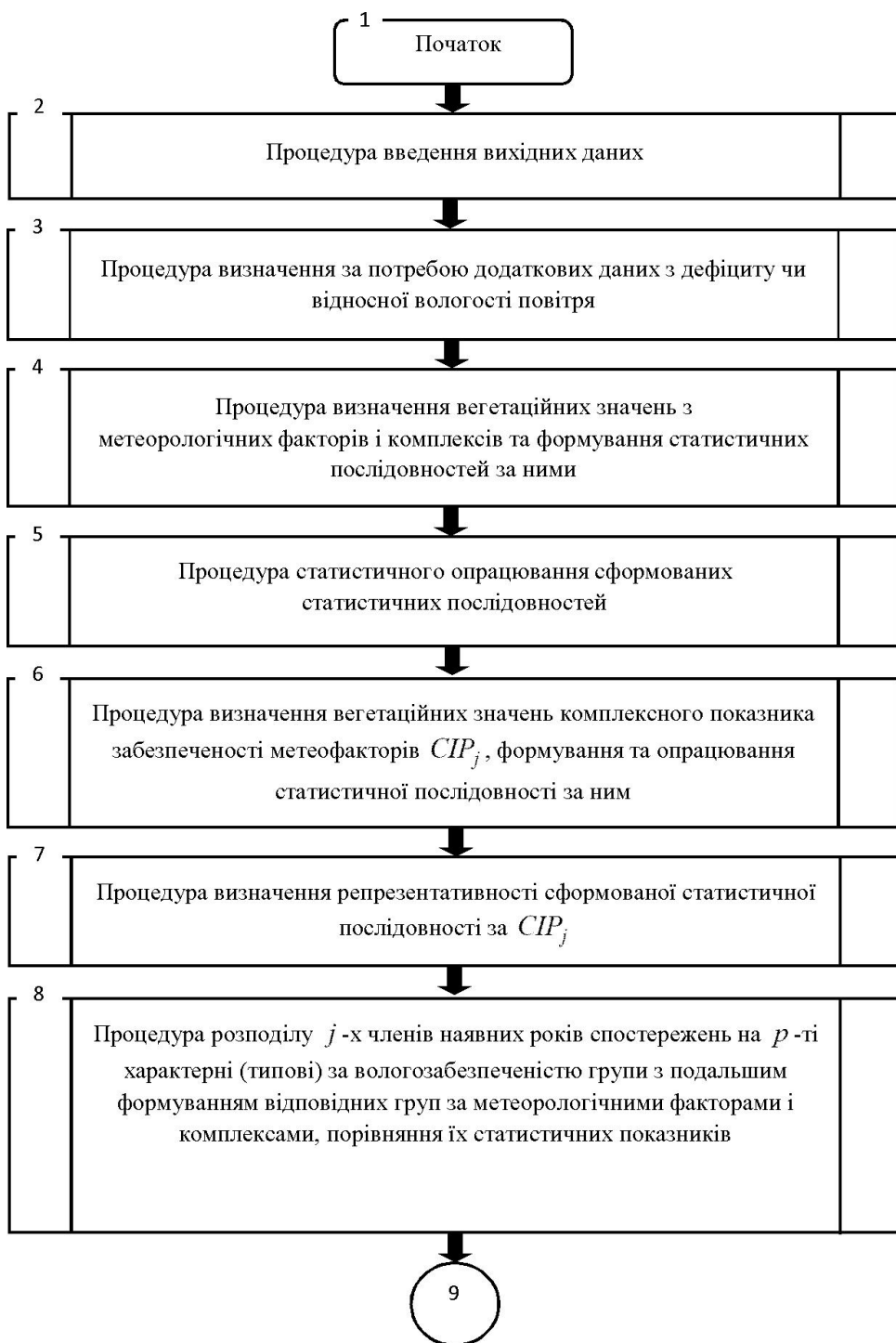


Рис. 5.2. Закінчення

Таблиця 5.1

Вегетаційні значення основних метеорологічних характеристик  
за варіантами досліджень для умов Поліського регіону

Показник, модель		Рік розрахункової забезпеченості				
		10%	30%	50%	70%	90%
сума опадів (P, мм)	Base	575,12	509,06	443,01	376,96	310,90
	Transitional	544,38	471,93	434,86	375,20	307,90
	Recent	559,00	510,75	443,28	417,98	347,80
	CCCM	582,54	516,36	450,18	384,01	317,83
	UKMO	615,64	545,71	475,77	405,83	335,89
середня температура повітря (T, °C)	Base	12,68	13,06	13,47	13,67	14,19
	Transitional	12,92	13,33	13,75	13,80	14,44
	Recent	13,30	14,01	14,20	14,51	14,26
	CCCM	15,94	16,33	16,77	16,98	17,52
	UKMO	17,26	17,69	18,16	18,39	18,98
сума дефіциту вологості повітря (D, мм)	Base	698,0	785,0	849,0	943,0	1036,0
	Transitional	722,0	805,0	884,0	923,0	1044,0
	Recent	729,0	854,0	914,0	946,0	1098,0
	CCCM	866,0	973,4	1044,0	1150,0	1254,0
	UKMO	893,0	1005,0	1078,0	1207,0	1295,0
середня відносна вологість повітря (H, %)	Base	80,56	77,73	75,26	72,07	69,42
	Transitional	81,76	78,66	73,94	73,02	70,73
	Recent	76,65	75,81	73,48	72,51	68,48
	CCCM	74,12	72,51	70,23	67,45	64,78
	UKMO	73,36	71,73	68,46	65,77	63,42
сума ФАР (МДж/м <sup>2</sup> )	Base	1586,0	1616,0	1646,0	1665,0	1705,0
	Transitional	1594,0	1634,0	1673,0	1680,0	1727,0
	Recent	1631,0	1691,0	1708,0	1729,0	1706,0
	CCCM	1845,0	1876,0	1911,0	1928,0	1971,0
	UKMO	1948,0	1982,0	2020,0	2038,0	2084,0
коефіцієнт вологоза- безпеченості (K <sub>w</sub> )	Base	1,35	1,06	0,86	0,66	0,49
	Transitional	1,24	0,85	0,81	0,67	0,48
	Recent	1,26	0,98	0,80	0,72	0,52
	CCCM	1,10	0,87	0,71	0,55	0,42
	UKMO	1,13	0,89	0,72	0,55	0,43

Таблиця 5.2

Порівняльне оцінювання зміни вегетаційних значень основних метеорологічних характеристик за варіантами досліджень для умов Поліського регіону (%)

Показники моделі		Роки розрахункової забезпеченості					Середнє, %
		10%	30%	50%	70%	90%	
Опади, (P)	«Transitional»	-5,34	-17,90	-1,84	-0,47	-0,96	-5,30
	«Recent»	-2,80	0,33	0,06	10,88	11,87	+4,07
	«CCCM»	1,29	1,43	1,62	1,87	2,23	+1,69
	«UKMO»	7,05	7,20	7,39	7,66	8,04	+7,47
Температура повітря, (T)	«Transitional»	1,89	2,07	2,08	0,95	1,76	+1,75
	«Recent»	4,89	7,27	5,42	6,14	0,49	+4,84
	«CCCM»	25,71	25,04	24,50	24,21	23,47	+24,59
	«UKMO»	36,12	35,45	34,82	34,53	33,76	+34,93
Дефіцит вологості повітря, (D)	«Transitional»	3,44	2,55	4,12	-2,12	0,77	+1,75
	«Recent»	4,44	8,79	7,66	0,32	5,98	+5,44
	«CCCM»	24,07	24,00	22,97	21,95	21,04	+22,81
	«UKMO»	27,94	28,03	26,97	28,00	25,00	+27,19
Відносна вологість, (H)	«Transitional»	1,49	1,20	-1,75	1,32	1,89	+0,83
	«Recent»	-4,85	-2,47	-2,37	0,61	-1,35	-2,09
	«CCCM»	-7,99	-6,72	-6,68	-6,41	-6,68	-6,90
	«UKMO»	-8,94	-7,72	-9,04	-8,74	-8,64	-8,62
Сума ФАР, (ФАР)	«Transitional»	0,50	1,11	1,64	0,90	1,29	+1,09
	«Recent»	2,84	4,64	3,77	3,84	0,06	+3,03
	«CCCM»	16,33	16,09	16,10	15,80	15,60	+15,98
	«UKMO»	22,82	22,65	22,72	22,40	22,23	+22,57
Коефіцієнт вологозабезпеченості, (K <sub>w</sub> )	«Transitional»	-8,49	-19,94	-5,73	1,69	-1,72	-6,84
	«Recent»	-6,94	-7,77	-7,05	10,53	5,55	-1,14
	«CCCM»	-18,36	-18,20	-17,36	-16,47	-15,54	-17,19
	«UKMO»	-16,33	-16,27	-15,42	-15,89	-13,57	-15,49

- **щодо температури повітря:** то у всіх розглянутих варіантах має місце підвищення температури повітря як по розрахункових роках, так і в середньому, яке менш виражене у перехідних умовах («Transitional») – 1,75%, більш виражене у сучасних умовах («Recent») – 4,84%, і значно збільшується у прогнозованих умовах – «СССМ» – 24,59% та «УКМО» – 34,93%;

- **щодо дефіциту вологості повітря:** характер зміни даного показника аналогічний зміні температури повітря з деякими відхиленнями за розрахунковими роками та в середньому: «Transitional» – 0,83%; «Recent» – 5,44%; «СССМ» – 22,8%; «УКМО» – 27,19%;

- **щодо відносної вологості повітря:** у перехідних умовах («Transitional») величина даного показника в середньому дещо зростає – 0,83%, в сучасних умовах («Recent») зменшується на 2,09%, за прогнозами також зменшується – для «СССМ» на 2,09%, а для «УКМО» на 6,9%;

- **щодо ФАР:** характер зміни даного показника узгоджується зі зміною температури повітря з дещо меншою інтенсивністю зростання: «Transitional» – 1,09%; «Recent» – 3,03%; «СССМ» – 15,98%; «УКМО» – 22,57%;

- **щодо коефіцієнта вологозабезпеченості:** характер і величина зміни кількості опадів та дефіциту вологості повітря як по розрахункових роках, так і в середньому зумовлюють деяке його зниження у перехідних умовах («Transitional») – 6,84%, менш виражене зниження у сучасних умовах («Recent») – 1,14%, і досить істотне зниження за прогнозом – для «СССМ» на 17,19% та для «УКМО» на 15,49%.

Порівняльне оцінювання динаміки основних метеорологічних характеристик вегетаційного періоду за 1991–2023 рр. з їх ретроспективними та перспективними нормами наведена на рис. 5.3.

За ними можуть бути виділені такі характерні моменти [5; 15]:

- **щодо опадів:** простежується значна амплітуда їх коливань за розглянутий період від 200 до 600 мм при середньобогаторічній нормі 428 мм з чітко вираженими максимумами у 1991, 1999, 2008 та 2020 рр. та мінімумами у 1994, 2002, 2004, 2011, 2013 та 2019 рр. У наступні після 2008 роки спостерігається стійке зменшення кількості опадів щодо всіх розглянутих варіантів досліджень. Сучасні коливання сумарних вегетаційних значень після 2008 року вже рівні або менші прогнозованих норм;

- **щодо температури повітря,** то має місце протилежна картина: починаючи з 1991 р., спостерігається підвищення температури повітря з максимально вираженим максимумом у 2018 рр., який складає 16,6° С. Водночас середньорічні температури повітря за розглянутий період часу не досягають прогнозованих значень;

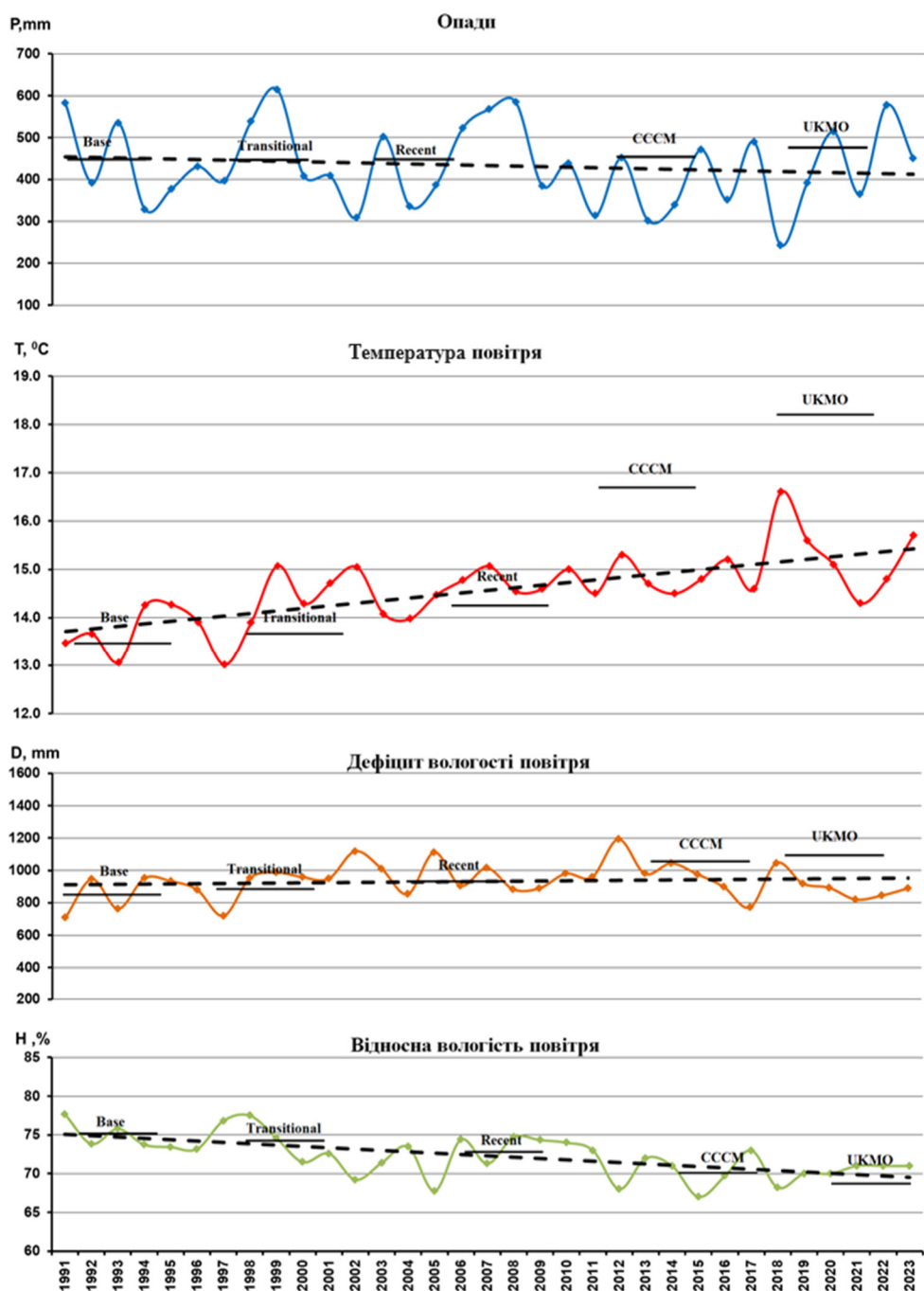


Рис. 5.3. Порівняльне оцінювання нормованих вегетаційних значень основних метеорологічних характеристик за варіантами досліджень щодо динаміки їх реальних значень у сучасних умовах Поліського регіону



**- щодо дефіциту вологості повітря:** динаміка зміни дефіцитів вологості повітря в цілому відображає характерні особливості зміни амплітуди коливань за температурою повітря: дефіцит вологості досягає першого та другого максимумів у 2002 та 2005 рр., які складають відповідно 1118 мм при їх середньовегетаційному значенні 5,30 мм та 1112 мм і 5,20 мм. Після 2005 р. сумарні вегетаційні значення дефіциту вологості дещо знижуються та мають незначну амплітуду коливань, а за тим спостерігається різке їх підвищення до третього максимуму у 2012 р. – відповідно 1193 мм та 5,60 мм. Величина дефіциту вологості повітря за моделлю Base менша середньорічної норми за моделлю Recent, а його відповідні прогнозовані норми вже знаходяться у межах їх сучасних коливань;

**- щодо відносної вологості повітря:** спостерігається протилежна ситуація щодо динаміки зміни відносної вологості повітря, тут два перші максимуми (близько 78%) мають місце у 1991 та 1998 рр., після яких відбувається стрімке зниження її до першого та другого мінімумів (близько 68%) у 2005 та 2012 рр. Середньобагаторічна величина відносної вологості повітря за моделлю Base є вищою середньорічної норми за моделлю Recent, а її відповідні прогнозовані норми знаходяться у межах сучасних коливань середньорічних значень.

У цілому прогнозовані значення розглянутих метеорологічних характеристик за моделями «СССМ» та «УКМО» в Поліському регіоні, за виключенням температури повітря, вже знаходяться в межах їх сучасних коливань і навіть перевищують їх за окремими позиціями, що свідчить про стійку тенденцію зміни кліматичних умов.

Підвищення температури повітря, збільшення кліматичного дефіциту та посилення посушливості в регіоні неминуче призведе до збільшення сумарного випаровування та загальної водопотреби при вирощуванні сільськогосподарських культур, в тому числі і на землях з регульованим водним режимом (осушувані землі).

Для осушуваних територій з близьким заляганням ґрунтових вод, на яких розміщені осушувальні системи України, погодно-кліматичні умови безпосередньо беруть участь у формуванні водного режиму ґрунтів і ґрунтових вод, визначаючи напрям течії ґрунтових процесів, як в природному стані, так і в окремі технологічні періоди вирощування сільськогосподарських культур.

Мінливість клімату прямо або опосередковано впливає на ґрунти, як мінеральні, так і органічні. Це відображається у вигляді підвищеної небезпеки загоряння торфовищ, їх мінералізації та спрацювання внаслідок переосушення, погіршенні водно-фізичних властивостей по відношенню до вирощуваних сільськогосподарських культур, що призводить до зниження їх продуктивності.

Зміна ґрунтово-кліматичних умов передбачає проведення комплексу робіт з вилучення вигоди для вирощуваних культур. Це, перш за все, необхідність заміни традиційних районованих культур, їх видів і сортів на культури, які вимагають велику суму позитивних температур. Так само підвищується актуальність питання про можливості вирощування нових посухостійких культур з нетривалим періодом вегетації.

Таким чином, зміни клімату тягнуть за собою необхідність адаптації ґрунтів до цих умов. У зв'язку з цим однією з найважливіших проблем аграрної та меліоративної науки сьогодні є підвищення адаптаційного потенціалу сільськогосподарських угідь з регульованим водним режимом для максимального вилучення можливої вигоди в умовах, що склалися.

Адаптація сільськогосподарського виробництва в умовах сталого розвитку до умов зміни ґрунтово-кліматичних показників вимагає впровадження нових технологій оперативного водорегулювання, зміщення акцентів на максимальну акумуляцію випадають атмосферних опадів, відповідні удосконалення конструкції діючих і знову споруджуваних меліоративних систем на осушуваних землях.

Це відобразиться на функціонуванні водогосподарсько-меліоративних об'єктів і комплексів унаслідок відповідних змін природно-меліоративного ресурсу, що визначає необхідність розробки адаптивних технічних та режимно-технологічних заходів з управління цими об'єктами через відповідні комплексні наукові, галузеві, державні та міждержавні дослідження і програми.

За таких умов, адаптація до змін клімату означає пристосування у природних чи соціальних системах як відповідь на фактичні або очікувані кліматичні впливи або їхні наслідки, що дозволяє, по-перше, знизити шкоду, та, по-друге, скористатися сприятливими можливостями.

Землі сільськогосподарського використання в межах водогосподарсько-меліоративних об'єктів і комплексів необхідно розглядати як агроєкосистему. Раціональне використання цих земель можливе за умов оцінювання їх адаптаційного потенціалу. При цьому враховується: по-перше – характер і ступінь схильності до значних кліматичних змін; по-друге – здатність впоратися із зовнішніми впливами та порушеннями, що виникли в результаті зміни навколишнього середовища [12]; по-третє – ризик ймовірності або частота виникнення стихійних лих і масштабу наслідків їхнього впливу [14].

Одним з найважливіших складників виконання провідної ролі у процесі адаптації є чітке розуміння мети впровадження конкретних заходів з адаптації. Існують різні заходи для розв'язання різних аспектів:

– заходи, спрямовані на формування адаптаційного потенціалу, щоб зменшити потенційні збитки, скористатися новими можливостями та впоратися з наслідками»;

– заходи, спрямовані на зниження ризику та ступеня чутливості. Ці заходи мають *підготовчий* характер і спрямовані на зменшення потенційно небезпечних наслідків, та на підвищення стійкості. Конкретними прикладами може бути використання нових сортів сільськогосподарських культур, стійкіших до температурних змін та нестачі води;

– заходи, спрямовані на підвищення потенціалу для подолання надзвичайних та стихійних явищ (готовність до стихійних лих). Ці заходи тісно пов'язані зі спрямованими на зниження ризику, стосуються надзвичайних подій та їхнього впливу на людей, майно та природу під час або після цих подій (ураганів, періодів сильної спеки, повеней і пожеж);

– заходи, спрямовані на отримання вигоди від змінених кліматичних умов. Однією з причин, яку часто не беруть до уваги, для впровадження адаптації є та, що із зміною кліматичних умов можна дістати деякі вигоди, і що не всі наслідки зміни клімату будуть негативними. Отже, необхідно розробити заходи, які допоможуть на осушуваних землях отримати вигоду від зміни кліматичних умов: інвестиції у різні види товарних культур для внутрішнього споживання або експорту.

Як базові розглянуто заходи для вирішення різних аспектів адаптації (рис. 5.4) [13].

Заходи, спрямовані на формування адаптаційного потенціалу	Заходи, спрямовані на зниження ризику і ступеня чутливості	Заходи, спрямовані на підвищення потенціалу для подолання наслідків надзвичайних подій	Заходи, спрямовані на отримання вигоди від зміни кліматичних умов
Сприяють на державному і громадському рівнях усвідомленню процесу зміни клімату, його наслідків і можливостей реагувати на них.	Підготовчі заходи, спрямовані на підвищення ступеня стійкості і захисту від короткотермінових, середньотермінових і довготермінових змін клімату.	Заходи під час та після надзвичайних подій (повеней, пожеж, ураганів) для зменшення їх наслідків та приборкання стихійних лих.	Заходи, спрямовані на отримання вигоди від зміни клімату; для когось зміна клімату є вигідна.
<b>приклади:</b> дослідження впливу кліматичних змін, плани дій у разі стихійного лиха та ін.	<b>приклади:</b> системи раннього оповіщення, нові сорти сільськогосподарських культур та ін.	<b>приклади:</b> місця для охолодження під час сильної спеки, спеціальний фонд на випадок надзвичайних ситуацій, спеціальні бригади для розчищення доріг та ін.	<b>приклади:</b> вигода від більш тривалих сезонів вирощування нових видів сільськогосподарських культур.

Рис. 5.4. Загальна характеристика заходів щодо адаптації

Впровадження заходів щодо адаптації меліорованих агроландшафтів зони Полісся до змін клімату обов'язково повинна передбачати, насамперед, згідно із загальноприйнятою європейською практикою, комплекс робіт для підвищення обізнаності громадськості та користувачів земельних ресурсів.

Загальна методологія проведення таких дій може бути представлена у вигляді наступного алгоритму (рис. 5.5).



Рис. 5.5. Алгоритм ухвалення рішень з адаптації в умовах агроєкосистеми

Враховуючи досвід європейських країн [4], заходи з адаптації осушуваних земель повинні включати комплекс організаційно-господарських, експлуатаційно-агротехнічних, будівельних та проєктних заходів (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

Порівняльне оцінювання зміни вегетаційних значень основних метеорологічних характеристик за варіантами досліджень для умов Поліського регіону (%)

Заходи			
організаційно-господарські	експлуатаційно-агротехнічні	будівельні	проєктні
Створення організаційно-консультаційних центрів.	Регулювання водного режиму.	Будівництво, реконструкція та ренатуралізація водогосподарсько-меліоративних об'єктів і комплексів.	Забезпечення екологічно-безпечних умов природо-користування.
Розробка звітнього, планового і перспективного водогосподарського балансу за басейновим принципом.	Запобігання деградації ґрунтів.	Будівництво і реконструкція протиповеневих і протипаводкових гідротехнічних споруд	Проєктування замкнених агровиробничих циклів
Моделювання екологічного стану басейну річки з урахуванням показників якості води в межах окремих агроєкосистем	Покращення селекційної роботи		

Існують різні заходи з адаптації, які стосуються галузі сільського господарства [4; 8], вони включають різні рівні залучених сторін від міжнародного, національного, регіонального до місцевого, так і реалізацію в часі від запобіжних до ліквідації наслідків. Впровадження заходів з адаптації обов'язково передбачає комплекс робіт з підвищення обізнаності громадськості і користувачів земельних ресурсів.

Таким чином, при наявних темпах та рівнях змін метеорологічних показників слід очікувати суттєвого погіршення умов функціонування водогосподарсько-меліоративних об'єктів і комплексів, природно-меліоративного стану осушуваних земель Поліського регіону в цілому. Запропоновані адаптаційні заходи мають власні чіткі цілі, які тісно між собою пов'язані, а тому, щоб сформувавши програму адаптаційних дій, необхідно ґрунтовно розуміти потенційні наслідки змін клімату, ризики та вразливості. Саме такий комплексний підхід до вирішення проблеми дозволить підвищити адаптаційний потенціал Поліського регіону та розвивати його.

### *Література до розділу*

1. Бойченко С. Г., Волощук В. М., Дорошенко І. А. Глобальне потепління та його наслідки на території України. *Український географічний журнал*. 2000. № 2. С. 59–68.
2. Водна стратегія України на період до 2050 року. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1134-2022-%D1%80#n8> (дата звернення: 15.01.2024).
3. Гожик І., Ємельянова Ж., Трофімова І., Шерешевський А. Україна та глобальний парниковий ефект : Кн. 2. Вразливість і адаптація екологічних та економічних систем до змін клімату. Київ, 1998. 96 с.
4. Ерік Е. Массей. Досвід європейського союзу в адаптації до зміни клімату та застосування його в Україні. Бюро Координатора з економічної та довкілляної діяльності ОБСЄ. 2012. 40 с.
5. Меліорація та облаштування Українського Полісся : колективна монографія / за ред. д.с.-г.н., професора, акад. НААН Я. М. Гадзала, д.т.н., професора, член-кор. НААН В. А. Сташука, д.т.н., професора А. М. Рокочинського. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. Т. 1. 932 с.
6. Метеорологічне забезпечення інженерно-меліоративних розрахунків у проектах будівництва й реконструкції осушувальних систем : посібник до ДБН В.2.4-1-99. «Меліоративні системи та споруди». *Розділ 3. Осушувальні системи* / А. М. Рокочинський та ін. Рівне, 2008. 64 с.
7. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1–6. Вып. 10. Украинская ССР. Книга 1. Л. : Гидрометеиздат, 1990. 608 с.

8. Паризька угода. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_161#n2](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_161#n2) (дата звернення: 15.01.2024).

9. Рокочинський А. М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах : монографія / за ред. Ромащенко М. І. Рівне : НУВГП, 2010. 351 с.

10. Ромащенко М. І., Собко О. О., Савчук Д. П., Кульбіда М. І. Про деякі завдання аграрної науки у зв'язку зі змінами клімату : наукова доповідь-інформація. К. : Інститут гідротехніки і меліорації УААН, 2003. 46 с.

11. Сучасні зміни клімату та їх прояви від глобального до регіонального проявів / Ромащенко М. І., Рокочинський А. М., Галік О. І., Савчук Т. В., Колодич О. Д. *Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво* : зб. наук. праць. Рівне, 2007. Вип. 32. С. 65–79.

12. Шевчук В. Я., Трофимова І. В., Трофимчук О. М. Проблеми і стратегія виконання Україною Рамкової Конвенції ООН про зміну клімату. Київ : УІНСіР, 2001. 96 с.

13. Adger W. N. Vulnerability: Global environmental change. 2006. Vol. 16. P. 268–281.

14. M. E. Brown, J. M. Antle, P. Backlund, E. R. Carr, W. E. Easterling, M. K. Walsh, C. Ammann, W. Attavanich, C. B. Barrett, M. F. Bellemare, V. Dancheck, C. Funk, K. Grace, J.S.I. Ingram, H. Jiang, H. Maletta, T. Mata, A. Murray, M. Ngugi, D. Ojima, B. O'Neill, and C. Tebaldi. Climate Change, Global Food Security, and the U.S. Food System. 2015. 146 p. URL: [http://www.usda.gov/oce/climate\\_change/FoodSecurity2015Assessment/FullAssessment.pdf](http://www.usda.gov/oce/climate_change/FoodSecurity2015Assessment/FullAssessment.pdf). (дата звернення: 21.04.2016).

15. ESPON. The spatial effects and management of natural and technological hazards in Europe. Schmidt-Thome P. 2007.

16. Rokochinskiy A., Volk P., Pinchuk O., Mendus S., Koptiyuk R. Comparative evaluation of various approaches to the foundation of parameters of agricultural drainage. *Journal of Water and Land Development*. 2017. No. 34. P. 215–220. DOI: 10.1515/jwld-2017-0056. (SNIP: 0.486).

## **6. ВПЛИВ СУЧАСНИХ КЛІМАТИЧНИХ, ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА РЕСУРСНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ОСУШУВАНИХ ЗЕМЕЛЬ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ**

### **6.1. Вплив сучасних кліматичних факторів на ресурсний потенціал осушуваних земель**

Глобальні зміни клімату, їхній вплив на соціальний, економічний та екологічний розвиток людства стає все відчутнішим, вразливішим і перетворюється на одну з ключових проблем світової економіки та політики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить, що сучасні кліматичні зміни проявляються в підвищенні температури повітря, середньорічний показник якої в період 1991–2020 рр. порівняно з періодом 1961–1990 рр. загалом по Україні підвищився на 1,2° С. Одночасно, в зоні осушувальних меліорацій його підвищення є суттєвішим: у західних областях – на 1,2–1,3° С, північних та центральних – на 1,4–1,5° С [1–4]. Загалом в Україні спостерігається збільшення тривалості теплого періоду, який починається навесні на 15–20 днів раніше і закінчується восени на 1–6 днів пізніше, при цьому, у Поліссі та Лісостепу тривалість теплого періоду збільшилась в середньому на 4–10 днів.

За оцінками світових і вітчизняних кліматологів у майбутньому існує висока ймовірність подальшого підвищення температури повітря як у глобальному масштабі, так і в різних природно-кліматичних регіонах України [5–10].

Атмосферні опади є одним із основних факторів, які визначають особливості регіонального клімату. Кількість і сезонний їх розподіл є визначальними показниками формування режиму зволоження території, які зумовлюють гідрологічний режим, характер зволоження ґрунту та інші характеристики екологічного стану та кліматичних ресурсів. На відміну від температури повітря річна сума атмосферних опадів у порівнянні для періодів 1991–2020 рр. та 1961–1990 рр. як загалом в Україні, так і в зоні осушувальних меліорацій, змінилася несуттєво (у межах 5–10%). Загальною тенденцією є перерозподіл сезонної та місячної їх кількості, що проявляється у зменшенні кількості опадів взимку і влітку та збільшенні – весною і восени. Зменшення кількості опадів у вегетаційний період найбільш відчутним для зони осушувальних меліорацій є в Київській, Вінницькій, Житомирській та Чернігівській областях, території яких за рівнем водозабезпеченості уже сьогодні відповідають зоні недостатнього

зволоження. В осінній період, особливо у жовтні, відмічається істотне (до 20%) підвищення кількості опадів [11; 12].

При несуттєвій зміні кількості атмосферних опадів загалом для території України помітно змінився характер та інтенсивність їх випадання [13; 14]. Змінилася також їх структура, що за суттєвого підвищення температури повітря у холодний період проявляється у збільшенні повторюваності дощів і зменшенні снігопадів та зростанні кількості випадків мокрого і зливого снігу; у теплий період – у зменшенні кількості днів з дощами, збільшенні кількості днів зі зливами, зростанні тривалості бездощового періоду [11; 15–20].

Про підвищення ймовірності надмірних опадів зазначається у звітах Міжурядової комісії зі змін клімату (IPCC). Зазначено, що на фоні помірних змін загальної кількості опадів, добова їх кількість у багатьох регіонах планети має значущі додатні тренди [15; 21–27].

В Україні надмірні опади у літній період можуть мати особливо небезпечні наслідки, в т. ч. з утворенням паводків у будь-якому регіоні країни, особливо на заході [16; 28–33]. Тому їх врахування є особливо актуальним для адаптації економіки, і, особливо, аграрної галузі [17; 34–39].

До основних наслідків змін клімату належать зміни кількості та якості водних ресурсів, забезпеченість ними різних секторів економіки, у першу чергу тих, що спрямовані на вирішення продовольчої проблеми, а саме – агровиробництва, оскільки дефіцит водозабезпечення є одним із головних обмежуючих факторів сталого розвитку сільського господарства. Сучасний стан водних ресурсів та водозабезпечення населення і агропромислового комплексу України перетворюється на одну з головних і актуальних загроз національній безпеці нашої держави, що постійно загострюється. Ця гострота обумовлена тим, що Україна належить до найменш забезпечених власними водними ресурсами країн Європи. Осушувані землі є важливим чинником ведення сталого агровиробництва, від ефективності їх використання значною мірою залежить економічна, екологічна та соціальна стабільність регіонів Полісся.

Встановлено, що сучасне агровиробництво перебуває під безпосереднім впливом кліматичних змін, тому ефективно його ведення можливе за умови створення сільськогосподарським виробникам відповідних умов для адаптації до них та мінімізації впливу [18].

Сучасні зміни клімату формують нові умови вирощування сільськогосподарських культур, тому трансформується і роль дренажних систем, а ефективність їх використання впливає на розвиток і стабільність зони осушувальних меліорацій.



Аналіз впливу кліматичних змін на сільськогосподарське виробництво аграрних підприємств свідчить, що в зоні осушувальних меліорацій останнім часом відбулося найбільше змін у виробничій структурі [19; 40–44]. Фактично відбулась зміна спеціалізації сільськогосподарського виробництва, що змінило структуру посівних площ вирощуваних культур. На зміну традиційним сільськогосподарським культурам (жито, овес, кукурудза на силос, льон, цукрові буряки та ін.) прийшли економічно привабливі культури, вирощування яких підпорядковане кон'юктурі ринку сільськогосподарської продукції.

Через зміну спеціалізації сільськогосподарського виробництва відбувається перенасичення структури посівів інтенсивними культурами та повне ігнорування сівозмін, як важливого заходу збереження якості ґрунтів та культури землеробства [20].

Враховуючи, що сучасне агровиробництво супроводжується недотриманням сівозмін та неналежним науковим обґрунтуванням агротехнічних та гідромеліоративних заходів, для ефективного використання осушуваних земель необхідне розроблення структури посівних площ та технологій водорегулювання на осушуваних землях, які враховують спеціалізацію існуючого агровиробництва в гумідній зоні [21].

Оскільки в сучасних умовах господарювання визначальними факторами формування сівозмін є попит ринку на окремі види продукції з відповідними якісними показниками та економічною доцільністю їх вирощування, то, на думку аграріїв, це потребує запровадження різноротаційних (в. т. ч. підвищеної динамічності) сівозмін, які дають можливість виробнику оперативно реагувати на зміни ринкового характеру без порушення вимог до сівозміни. Мобільні короткоротаційні сівозміни вимагають підбору найкращих попередників під культури з урахуванням їх господарського значення та біологічних особливостей, природно-екологічних умов та технологій вирощування [22].

Важливим заходом покращення структури сівозмін є включення до них нішевих культур, які мають значний потенціал для диверсифікації монокультурного олійно-зернового напрямку. Основними нішевими культурами є овес, жито, гречка, льон, конопля тощо. Досі в експертів немає єдиної думки щодо того, які сільськогосподарські культури вважати нішевими. Одні відносять до них культури, що вимагають подальшої глибокої переробки і використовуються в суміжних галузях, таких як фармацевтична, кондитерська, текстильна (льон, конопля, розторопша, рижій, гірчиця). Інші – зернові та олійні, обсяги виробництва яких у рази менші порівняно з основними культурами.

Нішеві культури можна використовувати як культури-замінники для пересіву загиблих зернових або олійних. Наприклад, гречка є однією з найбільш пізніх (за часом сівби) ярих культур, нею добре пересівати загиблі озимі. Для цих цілей також підходить льон. Однак ці культури не є надто поширеними, оскільки мають обмежений попит і будуть високомаржинальними лише за умови збереження своєї нішевості. Проте вони ефективно регулюють сівозміни, а в умовах зниження світових цін на основні культури, насамперед кукурудзу і пшеницю, можуть зацікавити виробників [22].

Науковцями ІВПіМ НААН виконано оцінку агоресурсного потенціалу сільськогосподарських територій та формування конкурентоспроможних агроєкосистем на осушуваних землях, запропоновано перспективні варіанти міжгалузевої оптимізації з формуванням адаптованої до умов регіонів інфраструктури, яка дає можливість максимально реалізувати агоресурсний потенціал меліорованих територій [24].

Важливим аспектом сучасного аграрного розвитку є розміри виробництва. По багатьох культурах спостерігається зростання концентрації агровиробництва, коли незначна частка підприємств фактично має суттєву питому вагу у формуванні пропозиції на ринку. До того ж простежується певна залежність між рівнем концентрації виробництва та його ефективністю, оскільки сучасне великотоварне виробництво має більше можливостей і доступу до фінансових ресурсів. З одного боку, це свідчить про досить високу ефективність застосування інноваційних агротехнологій, а з іншого, – про значні та недостатньо використані резерви в інших господарствах [25].

Згідно з дослідженням менше 5% посівів зернових та олійних культур вирощуються селянами-одноосібниками, про що свідчать результати супутникового моніторингу, проведеного Світовим банком [26].

Для сільського господарства зміни клімату мають як позитивні, так і негативні наслідки. До позитивних наслідків слід віднести: покращення умов і зменшення термінів збирання врожаю; можливість ефективного впровадження пізньостиглих сортів (гібридів), для яких необхідно більше теплових ресурсів; покращення умов перезимівлі сільськогосподарських культур; підвищення ефективності внесення добрив. До негативних наслідків відносяться: підвищена концентрація вуглекислоти у повітрі – при позитивному впливі на врожайність сільськогосподарських культур вона призведе до погіршення якості зерна; похолодання та посилення посух у вегетаційний період; прискорення розкладання гумусу в ґрунтах; погіршення зволоження ґрунту; зростання кількості шкідників, поширення збудників хвороб рослин та бур'янів за рахунок сприятливих умов їх

перезимівлі; збільшення кількості посух та екстремальних опадів; збільшення ризиків вимерзання озимих культур через відсутність стійкого снігового покриву [23].

Меліоративний фонд гумідної зони України складає 5,4 млн га, які представлені постійно або тимчасово перезволожуваними мінеральними та заболоченими торфовими ґрунтами. Найбільші площі заболочених і перезволожених земель знаходяться у Волинській, Житомирській, Львівській і Чернігівській областях. Загалом по гумідній зоні на більшій частині земель меліоративного фонду (60,5%) проведено меліоративні заходи. У Закарпатській області осушено майже 99% меліоративного фонду, Чернівецькій – 76%, Рівненській – 84% [27; 28]. Завдяки цьому показник меліорованості земель цієї зони досить високий і відповідає рівню таких країн, як США (60%), Німеччина (66%), Нідерланди (81%) [29].

Як свідчить досвід ведення агровиробництва в гумідній зоні України, осушувальні меліорації є важливим чинником його сталості завдяки регулюванню водно-повітряного режиму ґрунту та застосуванню комплексу необхідних агротехнічних заходів на осушуваних землях, що сприяє значному підвищенню продуктивності землеробства й одержанню високих і стабільних врожаїв вирощуваних культур [29]. Враховуючи формування в гумідній зоні не тільки умов перезволоження ґрунтів, але і дефіциту в них вологи впродовж періоду вегетації культур, зростає необхідність відновлення та розширення можливостей водорегулювання на осушуваних землях для підвищення ефективності ведення сучасного сільськогосподарського виробництва.

Отже, меліоративне землеробство в зоні осушувальних меліорацій є важливим чинником ведення сталого сільськогосподарського виробництва, від ефективності використання дренажних систем залежить економічна, екологічна та соціальна стабільність регіону. Завдяки вищому рівню продуктивності та можливостям забезпечення стабільності сільськогосподарського виробництва меліоровані землі розглядаються як страховий фонд продовольчої безпеки України. Дренажні системи, переважна кількість яких знаходиться в зоні Полісся України, мають загальну площу 3,2 млн га і включають 1671 дренажну меліоративну систему [29–32].

На більшій частині земель меліоративного фонду гумідної зони (60,5%) проведено меліоративні заходи. У низці областей, а саме Закарпатській області осушено майже 99%, Чернівецькій – 76%, Рівненській – 84% меліоративного фонду [27].

Останнім часом, особливо під час окупації частини південних та східних областей України російськими загарбниками, агропромисловий комплекс зони Полісся стає осередком підвищеної економічної

активності, зростає його інвестиційна привабливість. Водночас у розвитку агропромислового комплексу залишається низка дуже складних проблем, які не лише перейшли у спадок від старої адміністративної системи, а й стали результатом окремих помилок у його реформуванні, недостатній послідовності у їх здійсненні. Серед зазначених проблем чільне місце займає нераціональне використання земельних ресурсів сільськогосподарського призначення, особливо меліорованих, зниження родючості земель внаслідок недостатніх природоохоронних та агротехнічних заходів у землекористуванні [33–35].

Отже, сучасний технічний стан меліоративного фонду є вкрай важливим для вирішення проблем, пов'язаних з використанням земельних та водних ресурсів, які формують агропромисловий комплекс регіону.

## **6.2. Оцінювання технічного стану елементів осушувальної системи (на прикладі ОС «Марининська» Рівненської області)**

Осушувальна система (ОС) «Марининська», як і більшість гідромеліоративних систем двосторонньої дії на теренах українського Полісся, потребує підвищення рівня технічної експлуатації, оскільки побудована була понад півстоліття тому, а капітального ремонту за увесь період зроблено не було.

Меліорований масив становить малогорбисту долиноподібну місцевість з добре вираженим мікрорельєфом. Масив має загальний ухил місцевості в сторону р. Случ. Відстань до м. Березне – 34 км. У межах осушувальної системи знаходяться с. Маринин та с. Дерманка (рис. 6.1).

Осушувальна система відноситься до комбінованих із закритою регулюючою мережею (дренаж гончарний) і відкритою провідною мережею. За способом відводу надлишкової води система відноситься до самопливних, а за характером дії на водний режим – двосторонньої дії.

Гончарний дренаж побудовано на площі 900 га, площа осушення з двостороннім регулюванням водного режиму становить 663 га. Протяжність магістральних, міжгосподарських та інших провідних каналів становить 28,9 км, протяжність регулюючої мережі – 571,2 км, дрен – 497,4 км, колекторів – 73,8 км. Система обладнана шлюзами-регуляторами, трубчастими переїздами, дренажними колодязями, гирловими спорудами. Водоприймачем системи служить р. Случ.

Гідромеліоративна система «Марининська» побудована у 1966 р., тобто вік системи складає 58 років, що свідчить про закінчення строку служби практично всіх конструктивних елементів згідно з нормативно-правовою документацією [36].

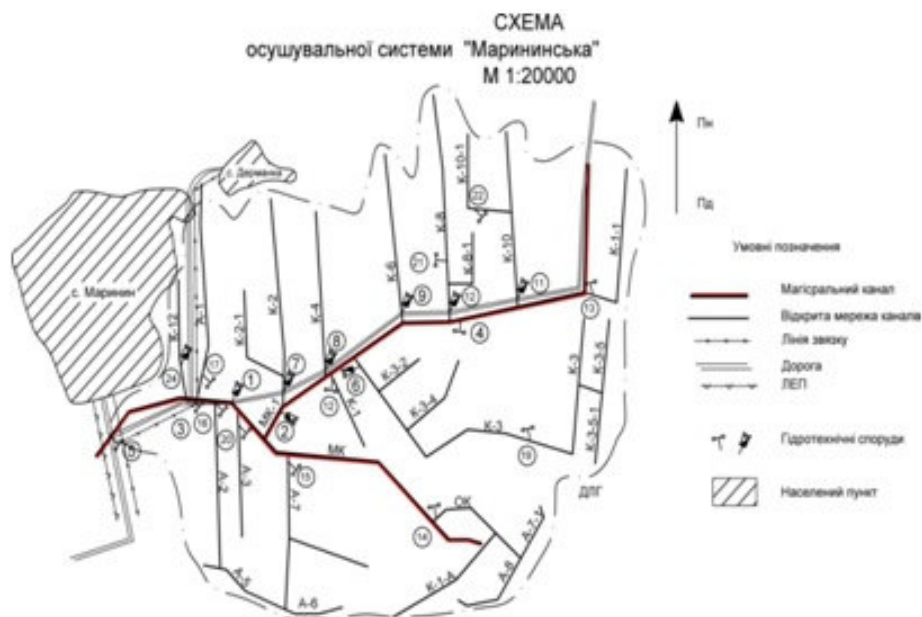


Рис. 6.1. Схема осушувальної системи «Марининська»

Наразі землі розпайовані і мають велику кількість власників. Ця проблема критично відзначилась на експлуатації осушувальної системи в цілому, адже ніхто з пайовиків не взяв на себе відповідальність за експлуатацію внутрішньогосподарської регулюючої мережі.

Оцінку технічного стану елементів осушувальної системи було проведено на основі якісного та кількісного аналізів надійності елементів системи за допомогою натурних обстежень.

Якісний аналіз надійності осушувальної мережі був здійснений на основі методу аналізу діагностичного дерева відмов [37], а окремих елементів, зокрема дренажних колодязів, ґрунтується на експлуатаційно-функціональному аналізі [38].

Кількісний аналіз здійснено на основі якісного аналізу із застосуванням натурних досліджень елементів осушувальної системи.

Обстеження проводилися навесні 2013 р. та повторно – навесні 2023 р. під час пропуску весняної повені та впродовж всього періоду вегетації. Під час обстеження було виявлено, що значна частина закритого дренажу не виконує покладених на нього функцій, а саме відведення надлишкових вод з прилеглих до нього територій. Так, у період пропуску весняної повені приблизно 53% всієї оглянутої території є затопленими або підтопленими, а в літній період цей відсоток зменшується приблизно до 15–20%, і тільки в посушливі періоди вода на цій території повністю зникає.

Доказом цього свідчать фото обстежень (див. рис. 6.2, 6.3, 6.4).



Рис. 6.2. Затоплення мікропонижень та інших ділянок території



Рис. 6.3. Місця колишнього знаходження оглядових колодязів

Під час проведення обстежень нами також було виявлено місця розкрадання елементів гідротехнічних споруд, зокрема кілець дренажних колодязів, що слугували для огляду та підтримання в справному стані колекторно-дренажної мережі.



а)



б)



в)

Рис. 6.4. Види пошкоджень на каналах:

а) ділянки розмивання укосів каналів; б) ділянки каналу, де укоси зруйновані антропогенним навантаженням; в) замулення, засмічення та заростання каналів

Об'єктами розкрадання також стали:

- плити облицювання каналів;
- гирлові труби;
- затвори та регулятори на шлюзах.

Не в кращому стані, на жаль, знаходиться і відкрита мережа, зокрема досліджувані канали А-7 та МК.

У результаті проведених досліджень встановлено, що канали А-7 та МК знаходяться в незадовільному стані. По всій протяжності каналів спостерігається їх замулення та заростання, що зменшує їх пропускну здатність. Також на укосах каналів спостерігається заростання чагарником та деревами, що порушує та змінює міцнісні характеристики укосів, і також сприяють розмноженню диких тварин та птахів. До того ж на певних ділянках спостерігається розмив та руйнування укосів каналів (див. рис. 6.4).

На обох каналах близько 10,6% укосів зруйновані механічним шляхом. По всій довжині канали замулені (товщина мулу становить близько 30–40 см), а заростання деревами спостерігається на 35,4% протяжності каналів, розмив укосів поверхневими водами – на 2,2%, засмічення – на 32,7%.

Результати натурних досліджень каналів наведено у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

Результати натурних досліджень на каналах А-7 та МК

Види пошкоджень	Оглянуто, м	Всього пошкоджено		Всього пошкоджено	
		2013 рік		2023 рік	
		абс., м	відн., %	абс., м	відн., %
Руйнування укосів каналу антропогенними навантаженнями	2260	240	10,6	268	11,9
Замуленість	2260	2260	100,0	2260	100,0
Заростання деревами	2260	800	35,4	868	38,4
Розмив укосів поверхневими водами	2260	50	2,2	59	2,6
Засмічення	2260	740	32,7	772	34,2



Обстеження трубчастих переїздів і регулятора показали, що з п'яти гідротехнічних споруд (ГТС) на чотирьох є відсутніми плити облицювання біля споруди (80%), замулення спостерігається у 100%, проростання трави між плитами – у 100%, підмив – у 60%, перекіс – у 40%, лущення бетону, що характеризує деградаційні процеси матеріалу – у 100% споруд.

Обстеженнями виявлено, що на всіх переїздах спостерігається проростання трави між плитами, лущення бетону. Здебільшого фіксується відсутність плит облицювання поблизу споруди і тільки біля однієї вони були в наявності, однак в неналежному стані (див. рис. 6.5).



Рис. 6.5. Переїзди, в яких спостерігаються перекіс, лущення бетону, замулення, проростання трави та підмив споруди

Результати натурних обстежень гідротехнічних споруд відкритої мережі наведено у таблиці 6.2.

Вищезазначені пошкодження та відмови елементів даної гідромеліоративної системи вказують на відсутність проведення впродовж останніх років будь-яких експлуатаційних заходів, що спричиняє зменшення пропускної здатності каналів і знижує ефективність відведення

надлишкової води з прилеглої території, зокрема в період пропуску весняної повені.

Таблиця 6.2

Результати натурних досліджень на каналах А-7 та МК

Види пошкоджень	Оглянуто, м	Всього пошкоджено		Всього пошкоджено	
		2013 рік		2023 рік	
		абс., м	відн., %	абс., м	відн., %
Відсутні плити облицювання	5	4	80,0	5	100,0
Замулення	5	5	100,0	5	100,0
Проростання трави між плитами	5	5	100,0	5	100,0
Підмив	5	3	60,0	4	80,0
Перекіс	5	2	40,0	4	80,0
Лущення бетону	5	5	100,0	5	100,0

### **6.3. Техніко-технологічні особливості функціонування осушувальних систем (на прикладі ОС «Мар'янівка» та «Ольшанка» Рівненської області)**

Для встановлення техніко-технологічних особливостей функціонування осушувальних систем «Мар'янівка» та «Ольшанка» насамперед було опрацьовано первинну документацію, а саме паспорти осушувальних систем «Мар'янівка» й «Ольшанка» та проєкти з реконструкції цих систем.

На основі аналізу цієї інформації встановлено, що документація під назвою «Реконструкція осушительной системы «Марьяновка» в клх. им. Ленина Березновского района Ровенской области» [45] стосується території, обведених червоною лінією (рис. 6.6).

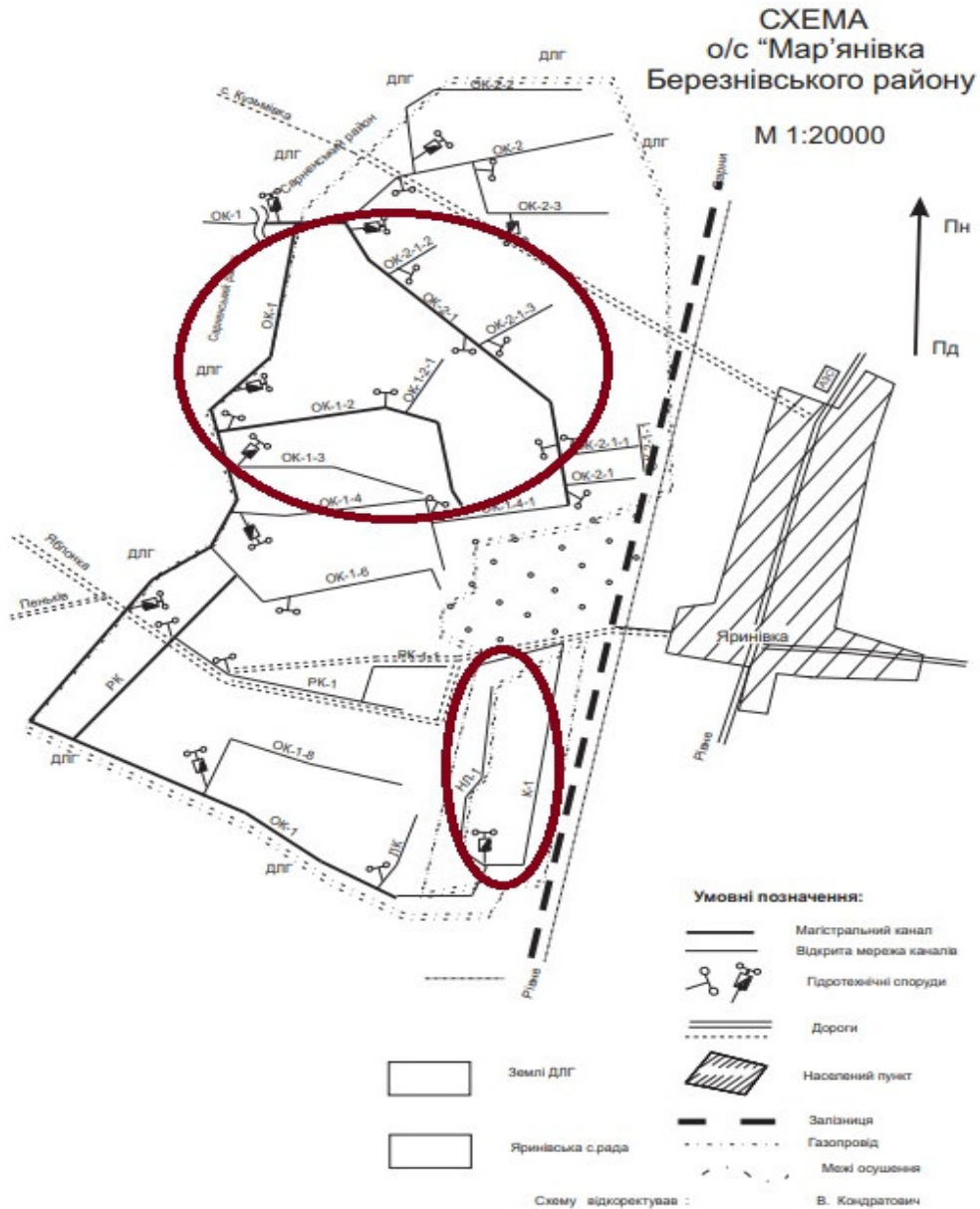


Рис. 6.6. Реконструйовані ділянки осушувально-зволожувальної системи «Мар'янівка» на основі [45]

Детальне вивчення матеріалів вказує на те, що вищезгаданий проєкт був реалізований у виробництво в 1989–1990 рр., про що свідчить наявність каналу ОК-1-3, який було улаштовано саме під час виконання робіт згідно з проєктом реконструкції.

Крім того, ці ділянки було реконструйовано під двостороннє регулювання. Даний факт підтверджує наявність каналу ОК-1-4-1, за допомогою якого шляхом шлюзування здійснюється перерозподіл водного стоку при зволоженні з каналу ОК-1 в канал ОК-1-4, а далі через канал ОК-1-4-1 вода потрапляє в канал ОК-2-1.

ОС «Мар'янівка» була введена в експлуатацію в 1971 році, часткова реконструкція здійснювалася в 1989–1990 роках. Це свідчить про те, що строк служби більшості складових елементів системи завершився або на межі завершення, оскільки згідно з Положенням про планово-попереджувальні ремонти максимальний строк служби гідротехнічних споруд меліоративних систем становить 50 років. Таке свідчення підтверджує також той факт, що балансова вартість міжгосподарської мережі і споруд на ній (відповідно до даних Паспорта системи) станом на 01.01.2020 (441,301 тис. грн) майже рівна сумі зносу (433,344 тис. грн). Що стосується внутрішньогосподарської мережі та споруд на ній, то станом на 01.01.2020 ці суми однакові і становлять 896,269 тис. грн. Тобто внутрішньогосподарська мережа є повністю амортизована.

ОС «Мар'янівка» загальною площею 644 га за своїм функціональним призначенням є гідромеліоративною системою з двостороннім регулюванням водного режиму ґрунту, яке здійснюється на площі 525 га. Земельний фонд Аграрного Полігону ТОВ «ЗАХІДАГРОПРОМ» на масиві ОС «Мар'янівка» становить близько 400 га. Регулювання водного режиму ґрунту здійснюється шляхом попереджувального шлюзування [33; 44; 48].

ОС «Мар'янівка» була введена в експлуатацію в 1971 році, часткова реконструкція здійснювалася в 1989–1990 рр. За конструктивними особливостями ОС «Мар'янівка» складається з мережі відкритих каналів та закритої колекторно-дренажної мережі на площі 535 га, в основі якої – гончарний дренаж (рис. 6.6).

ОС «Мар'янівка» включає мережу відкритих каналів з середньою відстанню між ними 250–300 м. Функції магістрального каналу та разом і водоприймача виконує канал ОК-1. Надлишкові води відводяться в р. Зульня, яка належить до басейну р. Горинь. Середня глибина каналу – 2,6 м, ширина по дну – 1,5 м, по верху – 11,0 м.

Провідна міжгосподарська мережа представлена каналами ОК-1-2 та ОК-2-1 (рис. 6.6). Середня глибина каналів провідної мережі – 2,0 м, ширина по дну – 1,0 м, по верху – 9,0 м. Закрита мережа представлена гончарним дренажем, який було побудовано з відстанями між дренами 20–26 м [33].

За результатами огляду технічного стану ОС «Мар'янівка» виявлено, що система знаходиться в занедбаному стані, експлуатаційні заходи не здійснювалися впродовж десятиліть, враховуючи заліснення як окремих

територій, так і каналів, особливо внутрішньогосподарської мережі [48; 49].

Одночасно дренаж свою основну функцію відведення ґрунтових вод виконує. Про це свідчить наявність води в каналах та виявлені дренажні гирла закритих дренажних колекторів, які, попри неналежний технічний стан, знаходяться у робочому стані.

Через мікрозападинний рельєф ускладнюється поверхневий стік, тому вода акумулюється в пониженнях, що призводить до зриву строків посіву навесні та вимокання посівів у літньо-осінній період. Загалом закритий дренаж місцями деформований, замулений тощо.

Також було здійснено детальний аналіз проєктів реконструкції осушувальної системи «Ольшанка».

ОС «Ольшанка» була введена в експлуатацію у 1968 році. Судячи з строків експлуатації, балансової вартості системи і суми її зносу, система, практично, повністю зношена. Однак деякі факти із Паспорта системи щодо різниці балансової вартості окремих споруд на каналах і їхньої суми зносу вказують на те, що на території їхнього розташування було проведено реконструкцію. Імовірно територію реконструкції обведено червоною лінією (рис. 6.7).

Встановлено, що документація під назвою «Реконструкция осушительной системы «Ольшанка» в МАПО Березновского района Ровенской области» [46] стосується території, обведеної зеленою лінією (рис. 6.7). Документація під назвою «Реконструкция с увлажнением осушительной системы «Ольшанка», «Поляны-Бронне-Тишица» в колхозе им. Котовского Березновского района Ровенской области» [47] стосується території, обведеної жовтою лінією (рис. 6.7).

Судячи з різниці балансової вартості і суми зносу регулятора на каналі К-5, можна припустити, що проєкт з назвою «Реконструкция осушительной системы «Ольшанка» в МАПО Березновского района Ровенской области» був реалізований.

ОС «Ольшанка» була введена в експлуатацію у 1968 р. Часткова реконструкція здійснювалася відповідно до наявної проєктної документації. Реконструкція на окремих ділянках системи проведена на основі проєктів: «Реконструкция осушительной системы «Ольшанка» в МАПО Березновского района Ровенской области», «Реконструкция с увлажнением осушительной системы «Ольшанка» та «Поляны-Бронне-Тишица» в колхозе им.Котовского Березновского района Ровенской области».

Осушувальна система «Ольшанка» загальною площею 5964 га за своїм функціональним призначенням є також гідромеліоративною системою двосторонньої дії, однак лише на площі 3195 га.

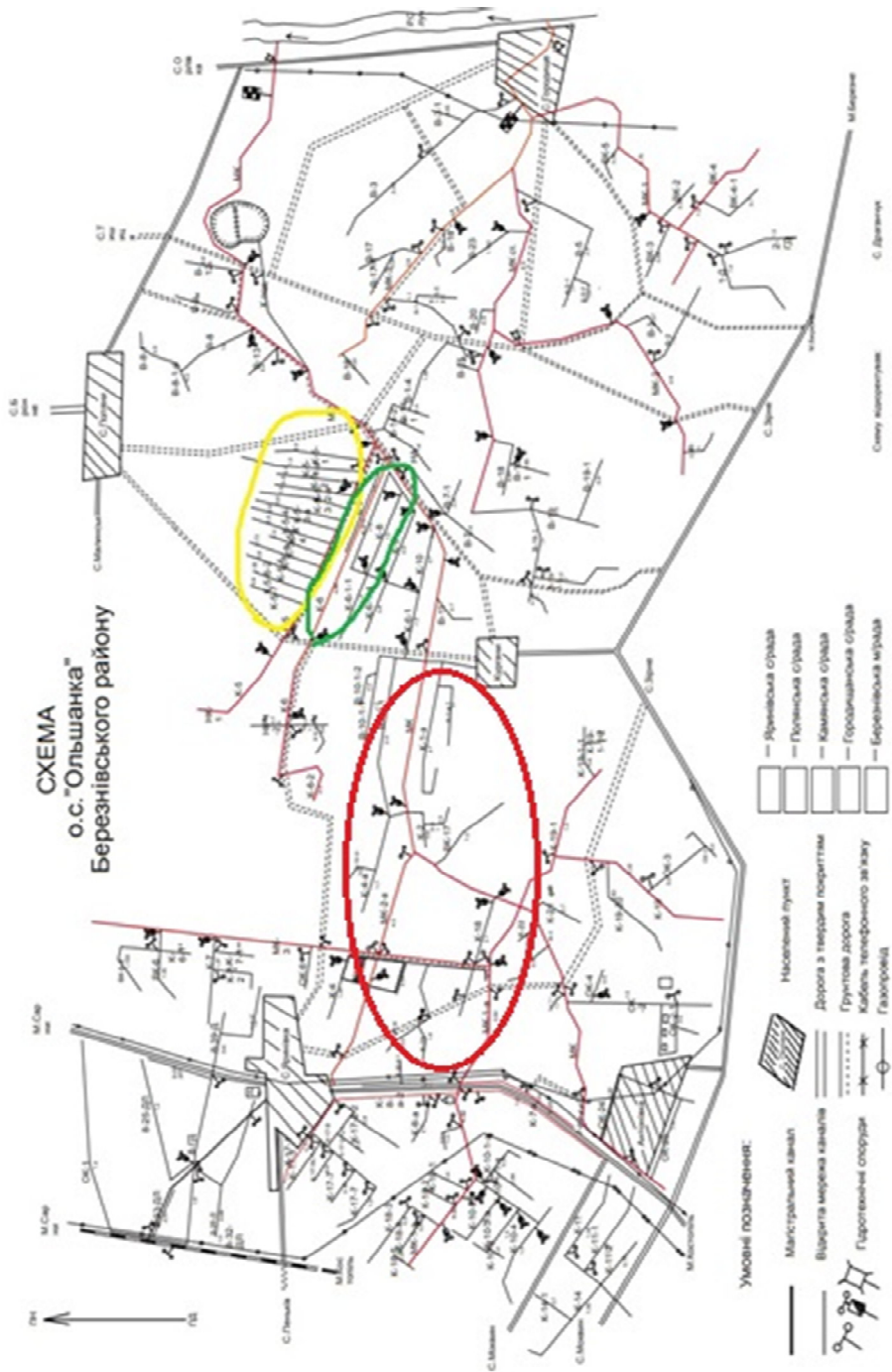


Рис. 6.7. Ділянки імовірної реконструкції ОС «Ольшанка» на основі [46] (зелений колір), [47] (жовтий колір) та на основі даних балансової вартості з паспорта ОС (червоний колір)

ОС «Ольшанка» становить мережу відкритих каналів з відстанню між ними 50–300 м. Роль магістрального каналу відіграє канал МК, він же служить водоприймачем, що відводить воду в р. Ольшанка, яка належить до басейну р. Случ. Середня глибина каналу – 2,6 м, ширина по дну – 1,0 м, по верху – 11,0 м.

Міжгосподарська провідна мережа, яка знаходиться на балансі Рівненського МУВГ, представлена каналами К-11, К-11-1, К-11-2, К-14, К-6, К-7-а, К-5, К-19, К-25, К-18, К-8, 8-ГД, ВК-6, К-8-а, 8-ГД, ВК-6, К-19-1, К-8-а-2, К-5-1, К-5-1-а, В-5 (рис. 6.7).

В результаті огляду технічного стану ОС «Ольшанка» виявлено, що система знаходиться в занедбаному стані [48; 49].

Із несприятливих інженерно-геологічних факторів, що впливають на стан та регулювання водно-повітряного режиму ґрунтів у межах функціонування ОС «Ольшанка», відмічаються наступні:

- локальне підтоплення на ділянках із високим рівнем ґрунтових вод;
- процеси заболочення.

Слід зазначити, що умови наповненості водою каналів навіть із збільшенням кількості опадів і настанням фази середньої або високої водності в даний час є практично не можливими через кольматування джерел ґрунтового живлення. В період повені водойми будуть наповнюватися до проєктних рівнів, але в меженні періоди через значне погіршення умов ґрунтового живлення стік буде значно нижчим природного. Погіршення ситуації можливе і в подальші роки.

Під час обстеження не виявлено жодної гідротехнічної споруди на закритій дренажній мережі, зокрема оглядових колодязів, колодязів – фільтрів, фільтруючих ловильних воронок тощо [48; 49].

Обстеженнями встановлено, що осушувальні системи «Мар'янівка» та «Ольшанка» знаходяться в незадовільному технічному стані. Експлуатаційні заходи по догляду та нагляду за об'єктами інженерної інфраструктури систем відсутні [48; 49].

Загалом осушувальні системи «Мар'янівка» та «Ольшанка» частково виконують одну із своїх функцій – відведення надлишкового стоку води. Результати виконаних гідрогеологічних вишукувань свідчать, що, незважаючи на незадовільний технічний стан каналів, осушувальні системи забезпечують пониження рівнів ґрунтових вод на меліорованих територіях та відведення надлишкових ґрунтових та поверхневих вод, практично, на всій площі в зоні дії зазначених систем. Винятком є північно-західна ділянка ОС «Ольшанка», територія яка в даний час є частково заболоченою.

Виявлено, що подача води на зволоження відсутня через розукомплектування регулювальних гідротехнічних споруд та порушення їхньої стійкості, тому системи не виконують передбачену проєктами

реконструкції функцію двостороннього регулювання шляхом проведення шлюзування [48; 49].

Регулювання рівнів ґрунтових вод у літній період можливе лише за рахунок акумуляції стоку у травні та часткової акумуляції повеневого стоку шляхом улаштування штучно створених ємкостей, кількість і місцерозташування яких визначається за результатами топогеодезичних і геологічних вишукувань. Вибір способів регулювання водно-повітряного режиму ґрунтів для вирощування конкретної сільськогосподарської продукції визначається техніко-економічними розрахунками.

#### **6.4. Застосування геоінформаційних систем керування та аналізу даних при здійсненні аудиту меліорованих земель**

Аудит меліорованих земель здійснюється на основі картографічної інформації, особливостей кліматичних умов території, технічного стану мережі та споруд, а також результатів обстежень земельних та водних ресурсів [39].

У сучасних умовах розвитку високих технологій можливою є заміна натурних обстежень земельних та водних ресурсів на аналітичні дослідження шляхом використання даних дистанційного зондування землі (ДЗЗ) та обробки їх із застосуванням геоінформаційних систем (ГІС), автоматизації керування і аналізу даних ДЗЗ, одночасно використовуючи при цьому технічну інформацію та враховуючи особливості кліматичних умов та їх змін [39; 40].

Так, наприклад, здійснюючи агромоніторинг меліорованих земель осушувальної системи «Мар'янівка», що знаходиться у Рівненській області, спираючись на аналіз даних та застосування геоінформаційних технологій обробки мультиспектральних даних, виявлено, що меліоровані землі є деградованими та малопродуктивними. Встановлено факти розкриття піщаних ґрунтів, що обумовлюють наявну низьку родючість ґрунтів даних сільськогосподарських земель (рис. 6.8, а).

За результатами аналізу супутникових знімків упродовж року, зокрема вегетаційного періоду, виявлено локальні пониження рельєфу з періодичним затопленням у повеневий та дощовий періоди. Крім того, як видно з рис. 6.8, б, маємо значну нерівномірність сходів та суттєву відмінність продуктивності та врожайності сільськогосподарських культур.

Станом на 12.06.2020 спостерігається нерівномірність рослинного покриття після посушливої весни та затоплені ділянки після дощів (рис. 6.9, б).



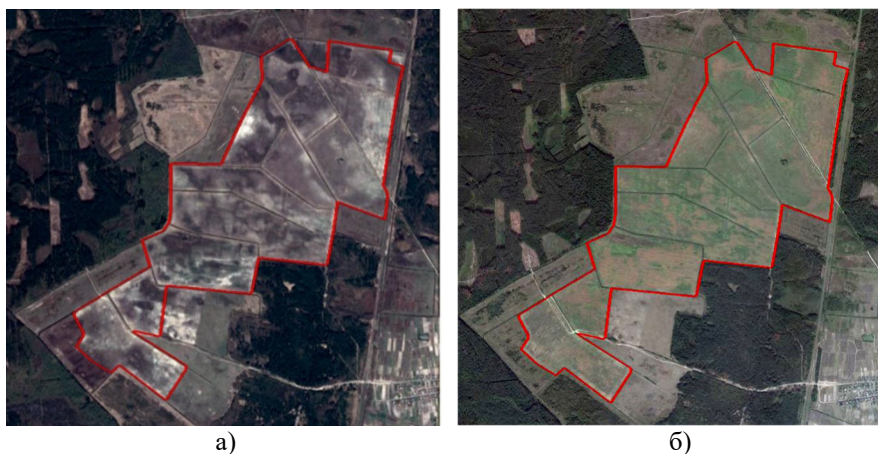


Рис. 6.8. Зображення деградованих меліорованих земель ОС «Мар'янівка» (а) та нерівномірність сходів с.-г. культур (б) [39]

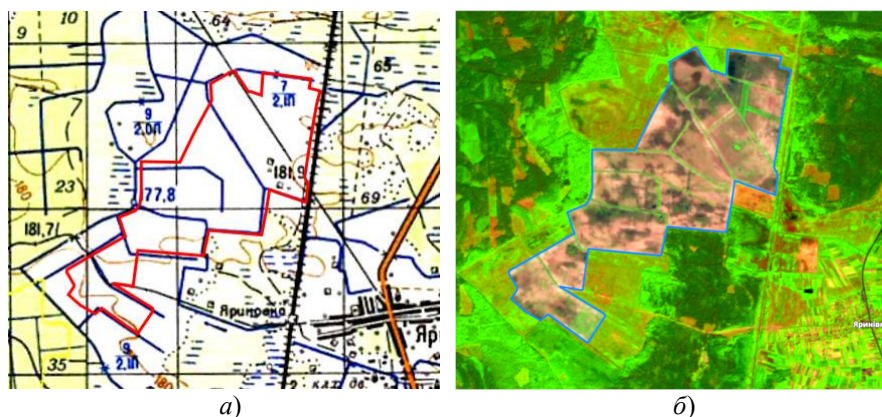


Рис. 6.9. Зображення меліоративних каналів осушувальної системи «Мар'янівка» (а) та ділянок надмірного перезволоження (б) станом на 12.06.2020 [39]

Оптимальні рішення на господарському рівні можна приймати лише на підставі всебічного і повного аналізу різноманітної інформації про водогосподарський об'єкт управління. Особливо актуальним дане питання є для такого багатофункціонального меліоративного комплексу, як осушувально-зволожувальна система. Наявність геоінформаційної системи для агрогосподарства дозволить відстежувати поточну екологічну, агрономічну, експлуатаційну та водогосподарську ситуацію та на основі отриманих даних приймати рішення для управління водними ресурсами в аграрному виробництві, а також підвищити ефективність використання меліорованих земель [39; 41–44].

На основі аудиту меліорованих земель із застосуванням геоінформаційних інтелектуальних систем можна зробити висновок про

те, що осушувальна система «Мар'янівка» потребує відновлення, створення системи підґрунтового зволоження, влаштування додаткових водорегулювальних ємностей, розроблення системи заходів щодо підвищення родючості ґрунту, впровадження системи точного землеробства, оперативного контролю за станом посівів на базі спеціальних ГІС та даних ДЗЗ.

### **6.5. Дослідження ресурсного потенціалу меліорованих земель після проведення відновлювальних робіт інженерної інфраструктури**

Вивчення ресурсного потенціалу меліорованих земель після проведення відновлювальних робіт є важливим етапом для оцінки ефективності та стану меліораційних заходів. Ці дослідження включають аналіз різних аспектів, спрямованих на визначення, які ресурси можуть бути використані на меліорованих землях. Основні аспекти такого дослідження можуть включати:

- ✓ Ґрунтовий потенціал:
  - Визначення фізико-хімічних та агрохімічних характеристик ґрунтів.
  - Вивчення структури та текучості ґрунтового води.
- ✓ Гідрологічний аспект:
  - Аналіз водоутримуючої здатності ґрунтів після меліорації.
  - Визначення рівня ґрунтових вод та їх взаємодії з поверхневим стоком.
- ✓ Рослинний покрив:
  - Оцінка видового та кількісного складу рослинного покриву.
  - Аналіз продуктивності сільськогосподарських культур та гідробіонтів.
- ✓ Екологічні аспекти:
  - Вивчення впливу меліорації на місцевий екосистемний баланс.
  - Оцінка впливу на біорізноманіття та інші аспекти екосистем.
- ✓ Соціоекономічні фактори:
  - Аналіз впливу меліораційних робіт на сільське господарство та життєзабезпечення місцевого населення.
  - Оцінка економічної ефективності проведених заходів.

Ці дослідження мають на меті визначити, наскільки успішно відновлено ресурсний потенціал меліорованих земель та як ці ресурси можна оптимально використовувати для сільськогосподарської та екологічної діяльності.

На ОС «Мар'янівка» у 2021 р. було проведено комплекс робіт (розліснення засобами малої механізації або видалення чагарникової рослинності, розчистка меліоративних каналів), що забезпечило відновлення відкритих каналів та колекторно-дренажної мережі до

проектних показників, та укомплектування гідротехнічних споруд і відновлення їхньої стійкості.

В межах ОС «Ольшанка» на території аграрного полігону було впроваджено зрошення на площі 80 га, що дозволяє забезпечити зволоження у посушливі періоди вирощування сільськогосподарських культур шляхом акумулювання додаткових об'ємів води у каналі МК-1-а (довжина 1000 м) з використанням дощувальної машини барабанного типу (рис. 6.10, 6.11).

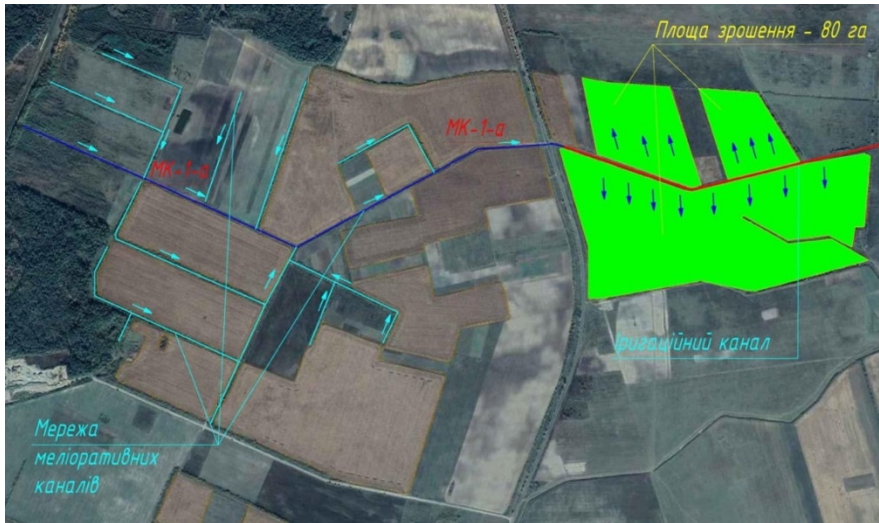


Рис. 6.10. Ділянка зрошення в межах ОС «Ольшанка»



Рис. 6.11. Схема зрошувального контуру на ОС «Ольшанка»

**6.5.1. Характеристика погодних умов меліорованих територій в зоні дії ОС «Мар'янівка» та «Ольшанка».** Визначення метеорологічних параметрів на ОС «Мар'янівка» та «Ольшанка» у 2022–2023 рр. проводили на метеорологічному посту Аграрного Полігону ТОВ «ЗАХІДАГРОПРОМ».

Встановлено, що у вегетаційний період 2022 р. випало 445,3 мм опадів, що є близьким до середньобогаторічної норми, а найбільш багатоводними є червень (90,4 мм), липень (112,6 мм) та вересень (87,3 мм), рис. 6.12.

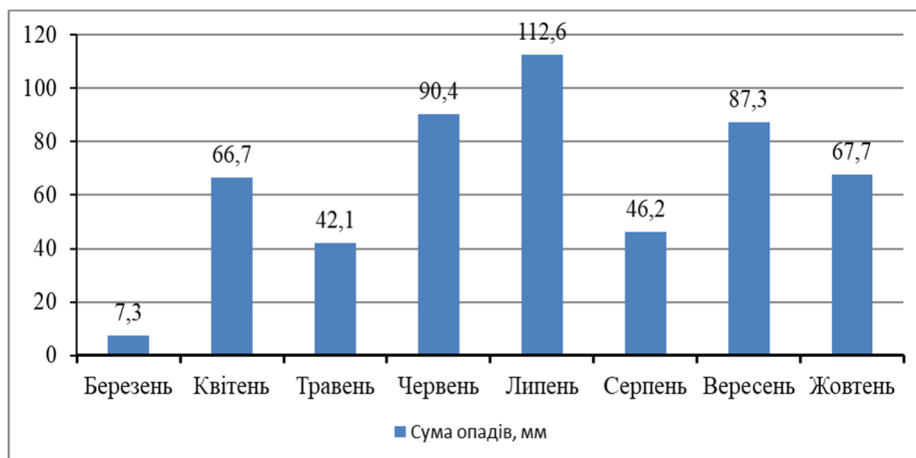


Рис. 6.12. Атмосферні опади, 2022 р., ОС «Мар'янівка» та «Ольшанка»

Найтеплішими місяцями були червень та серпень із показниками середньомісячної температури відповідно 20,2 і 20,0° С, рис. 6.13.

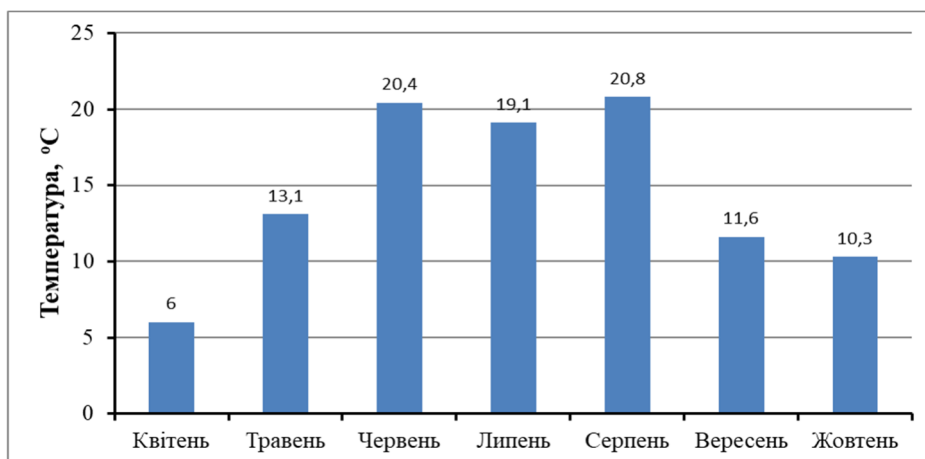


Рис. 6.13. Атмосферні опади, 2022 р., ОС «Мар'янівка» та «Ольшанка»

Встановлено, що у вегетаційний період 2023 р. випало 388,0 мм опадів, що є дещо меншим від середньобогаторічної норми, а найбільш багатоводними є червень (75,0 мм), липень (100,0 мм) та жовтень (106,0 мм), рис. 6.14.

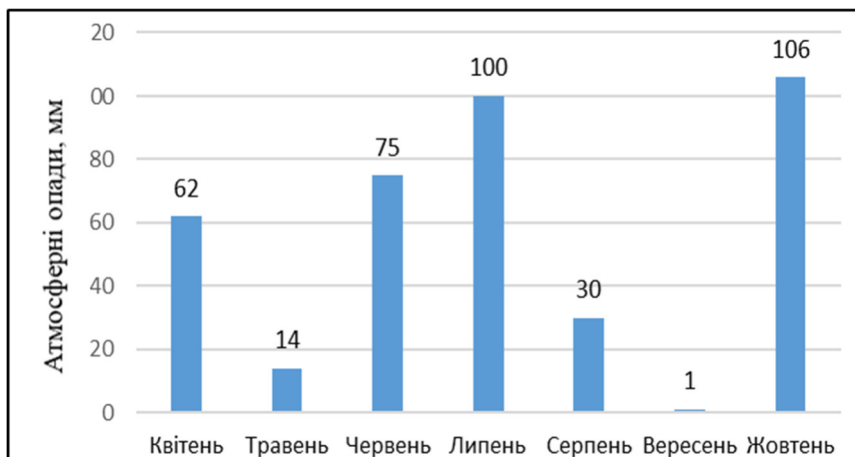


Рис. 6.14. Атмосферні опади, 2023 р., ОС «Мар'янівка» та «Ольшанка»

Найтеплішими місяцями були липень та серпень із показниками середньомісячної температури відповідно 19,9 і 22,0° С, рис. 6.15.

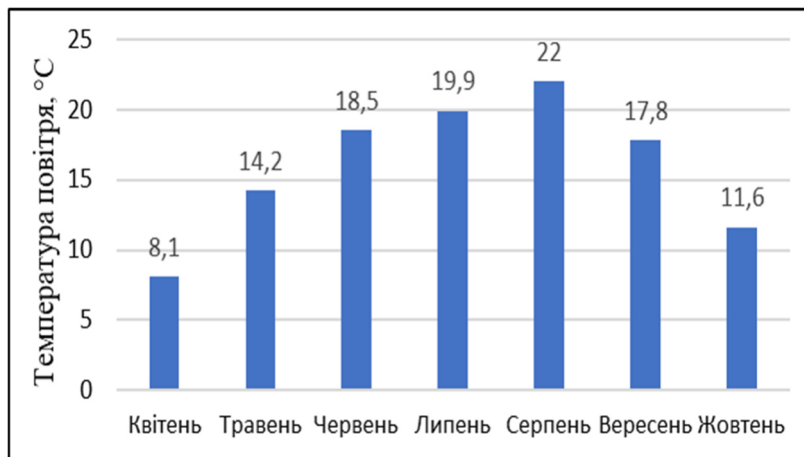


Рис. 6.15. Середньомісячна температура повітря, 2023 р., ОС «Мар'янівка» та «Ольшанка»

**6.5.2. Формування водно-повітряного режиму ґрунту осушуваних земель ОС «Мар'янівка» та «Ольшанка».** Конструкції меліоративних систем дозволяють регулювати водний режим ґрунту за допомогою шлюзування. На осушуваних землях ОС «Мар'янівка» та «Ольшанка» у

межах землекористування Аграрного Полігону ТОВ «ЗАХІДАГРОПРОМ» у виробничих умовах за базової технології агровиробництва у 2022 р. дослідження проводили при вирощуванні таких культур: жито озиме – КВС Етерно, ріпак озимий – КВС Альваро, пшениця озима – КВС Ронін, соняшник – Суміко, кукурудза на зерно – ЛГ30273.

У виробничих умовах за базової технології агровиробництва дослідження проводили при вирощуванні жита озимого КВС Етерно (посів 03–06.09.2022); ріпаку озимого КВС Альваро (посів 20–28.08.2022); пшениці озимої КВС Кубус (посів 16–22.10.2022); соняшника Суміко (посів 08–15.05.2023) та кукурудзи на зерно ЛГ30273 (посів 16–21.05.2023).

Результати вимірювань вологості в активному шарі ґрунту у період 2022–2023 рр. наведено у табл. 6.3–6.4. Динаміку вологості ґрунту в зоні аерації представлено на рис. 6.16–6.17.

Таблиця 6.3

Вологість в активному шарі ґрунту, 2022 р., ОС «Мар'янівка»  
та «Ольшанка»

№ з/п	Шар ґрунту, см	Вологість, % об'єму ґрунту										
		Березень	Квітень	Травень		Червень	Липень	Серпень		Вересень		Жовтень
		01.03	01.04	01.05	18.05	03.06	01.07	01.08	18.08	01.09	15.09	06.10
1	0–10	21,3	19,2	17,0	11,3	14,0	10,2	10,9	12,1	10,3	14,6	11,9
2	10–20	16,4	17,3	15,2	10,9	14,1	9,7	9,7	11,8	9,4	16,5	15,4
3	20–30	15,9	14,5	13,5	10,5	13,9	9,9	9,3	12,0	9,0	15,6	15,3
4	30–40	15,2	13,4	13,0	10,9	12,6	9,6	7,5	10,7	8,1	13,4	15,3
5	40–50	12,8	12,0	11,1	11,1	12,3	10,5	4,7	7,4	6,7	10,5	13,7
6	50–60	11,7	10,6	7,3	7,7	10,1	5,8	2,5	3,7	6,6	9,1	7,2
7	60–70	6,6	10,5	5,8	4,8	4,9	7,2	2,2	1,6	4,3	4,1	6,7
8	70–80	7,4	11,3	8,4	7,1	7,2	11,3	1,7	3,2	6,0	8,1	9,1
9	80–90	8,5	12,8	11,7	11,3	11,9	9,8	5,6	5,8	7,4	9,3	14,0
10	90–100	13,3	9,2	13,9	12,7	12,9	9,3	7,2	5,7	7,3	11,7	13,7

Таблиця 6.4

Вологість в активному шарі ґрунту, 2023 р., ОС «Мар'янівка»  
та «Ольшанка»

№ з/п	Шар ґрунту, см	Вологість, % від об'єму ґрунту								
		Січень	Лютий	Квітень		Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень
1	0–10	22,0	33,0	20,6	18,3	10,5	8,7	8,5	14,1	7,0
2	10–20	16,6	14,7	18,4	15,9	10,6	8,4	8,7	12,5	5,0
3	20–30	16,0	14,0	16,9	14,7	10,8	8,2	9,2	12,3	5,4
4	30–40	16,9	14,6	18,2	14,2	11,1	7,4	9,1	12,4	5,6
5	40–50	16,5	14,2	16,9	14,2	11,8	7,7	8,7	12,2	5,6
6	50–60	15,6	13,4	13,3	13,7	11,5	8,3	8,4	10,6	4,6
7	60–70	11,6	13,5	9,8	6,2	11,4	9,1	8,7	6,7	2,3
8	70–80	8,8	6,0	10,5	6,7	10,6	9,2	9,1	11,6	2,5
9	80–90	9,7	7,5	10,8	8,6	6,6	8,5	8,8	8,0	5,8
10	90–100	12,3	9,1	12,7	8,8	9,4	9,1	9,3	13,2	11,5

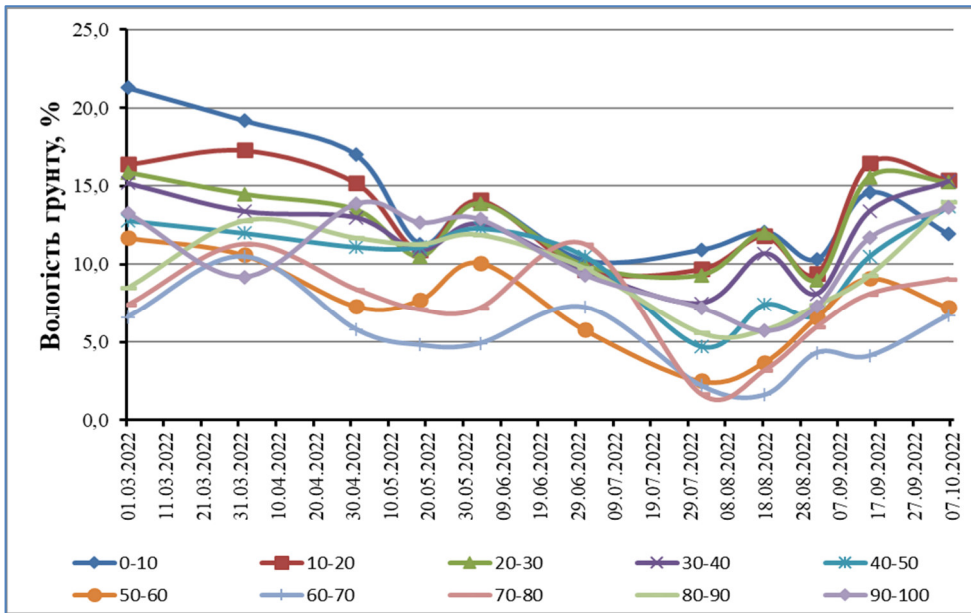


Рис. 6.16. Динаміка вологості в активному шарі ґрунту, 2022 р. ОС «Мар'янівка» та «Ольшанка»

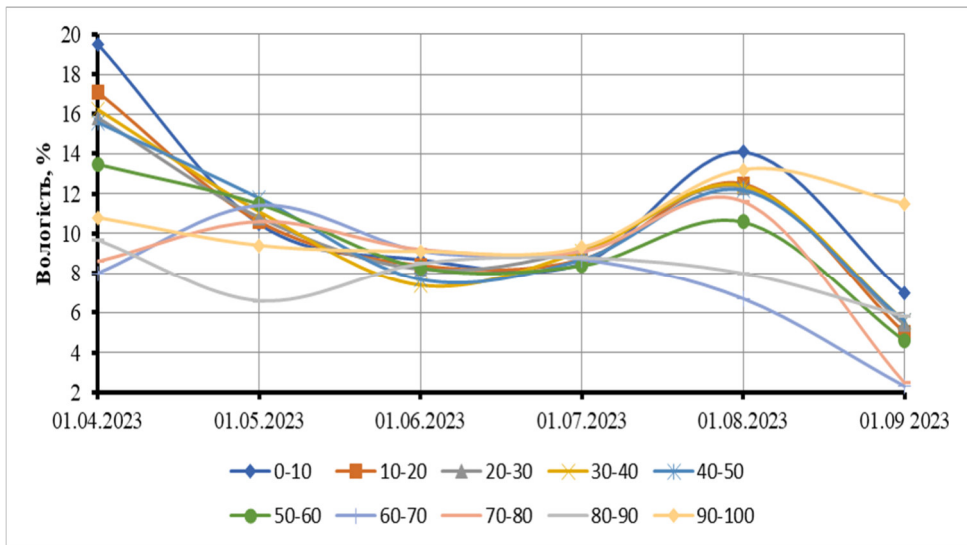


Рис. 6.17. Динаміка вологості в активному шарі ґрунту, 2023 р., ОС «Мар'янівка» та «Ольшанка»

Дати настання фаз розвитку сільськогосподарських культур та показники їх урожайності у 2022 р. наведено у табл. 6.5 та 6.6.

Таблиця 6.5

Дати настання фаз розвитку сільськогосподарських культур, вегетаційний період 2022 р., ОС «Мар'янівка» та «Ольшанка»

Фаза вегетації ----- С/г культура	Посів	Сходи	Цвітіння	Збір
Жито озиме	15–19.09.2021	12–14.10.2022	10–15.05.2022	20–22.08.2022
Ріпак озимий	12–15.09.2021	10–12.10.2022	02–05.05.2022	01–02.08.2022
Пшениця озима	19–22.09.2021	16–18.10.2022	20–22.05.2022.	15–16.08.2022
Соняшник	30.04–02.05.2022	20–22.05.2022	10–18.08.2022	08–11.10. 2022
Кукурудза на зерно	06–12.05.2022	24–28.05. 2022	02–10.08.2022	03–07.11. 2022

Таблиця 6.6

Урожайність сільськогосподарських культур на осушуваних землях систем «Мар'янівка» та «Ольшанка», Рівненська область станом на 07.11.2022 р.

№ з/п	Культура	Площа, га	Урожайність, т/га
1	Жито озиме	220,0	5,4
2	Ріпак озимий	210,0	2,8
3	Пшениця озима	154,0	6,2
4	Соняшник	139,4	3,4
5	Кукурудза на зерно	420,0	9,2
Разом		1143,4	

Встановлено показники урожайності досліджуваних сільськогосподарських культур у 2023 р. (табл. 6.7).

Таблиця 6.7

Урожайність сільськогосподарських культур на осушуваних землях систем «Мар'янівка» та «Ольшанка», Рівненська область

№ з/п	Культура	Площа, га	Урожайність, т/га
1	Жито озиме	360,0	5,1
2	Ріпак озимий	154,0	2,9
3	Пшениця озима	139,0	4,7
4	Соняшник	296,0	2,1
5	Кукурудза на зерно	264,0	8,7
Разом		1213,0	

Таким чином, осушувальні системи «Мар'янівка» та «Ольшанка» є класичними за конструкцією та способом відведення надлишкових вод. Ці системи є комбінованого типу; відкритий дренаж представлений каналами, закритий – гончарним дренажем. Проекти реконструкції осушувальних систем «Мар'янівка» та «Ольшанка» передбачають



регулювання водного режиму за допомогою шлюзування. Реконструкція окремих ділянок осушувальних систем «Мар'янівка» та «Ольшанка» була пов'язана з необхідністю здійснення двостороннього регулювання дренажного стоку, тобто питання можливості зволоження сільськогосподарських культур на полях даних систем були актуальними вже в 80-х роках минулого сторіччя. Нормативний строк служби осушувальних систем «Мар'янівка» та «Ольшанка» є вичерпаним, за виключенням деяких гідротехнічних споруд, які були побудовані під час реконструкції окремих ділянок систем [50; 51].

Дослідженнями, які були проведені у 2020 р., виявлено, що осушувальні системи «Мар'янівка» та «Ольшанка» знаходяться в незадовільному технічному стані. Експлуатаційні заходи по догляду та нагляду за об'єктами інженерної інфраструктури систем відсутні.

Визначено, що осушувальні системи «Мар'янівка» та «Ольшанка» лише частково виконують відведення надлишкових вод. Результати виконаних гідрогеологічних вишукувань свідчать, що, незважаючи на незадовільний технічний стан каналів, осушувальні системи забезпечують пониження РГВ і відведення надлишкових ґрунтових та поверхневих вод, практично, на всій площі систем, за винятком північно-західної ділянки ОС «Ольшанка», яка нині є частково заболоченою.

Виявлено, що подача води на зволоження відсутня через розукомплектування регулювальних гідротехнічних споруд та порушення їхньої стійкості, тому системи не виконують передбачену проєктами реконструкції функцію двостороннього регулювання методом шлюзування [50; 51].

Проведення комплексу робіт (розліснення або видалення чагарникової рослинності, розчистка меліоративних каналів) забезпечило відновлення відкритих каналів та колекторно-дренажної мережі до проєктних показників та укомплектування гідротехнічних споруд і відновлення їхньої стійкості дозволило забезпечити стабільність агровиробництва та підвищення ресурсного потенціалу меліорованих земель в межах функціонування ОС «Мар'янівка» та «Ольшанка».

### *Література до розділу*

1. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації : аналіт. доповідь / С. П. Іванюта, О. О. Коломієць, О. А. Малиновська, Л. М. Якушенко ; за ред. С. П. Іванюти. Київ : НІСД, 2020. 110 с.

2. В умовах сучасних змін клімату рівень зволоження на території України є головним чинником, який обмежує продуктивність рослинництва та потенціал землеробства. URL: <https://www.google.com.ua/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ve>

d=2ahUKEwixm7W7ubzyAhVlAxAlHfJlC0IQFnoECAIQAQ&url=http%3A%2F%2Fnaas.gov.ua%2Fslide%2Fv-umovakh-suchasnikh-zm-n-kl-matu-r-ven-zvolozhennya-na-teritor-ukra-ni-golovnim-chinnikom-yakiy-obm%2F&usg=AOvVaw1LuplRix2pT9yqNl5M6Mck (дата звернення: 21.04.2016).

3. Балабух В. О. Зміна кліматичних умов в Україні та її вплив на сільськогосподарське виробництво. URL: [https://www.researchgate.net/publication/326301047\\_Zmina\\_klimaticnih\\_umo\\_v\\_v\\_Ukraini\\_ta\\_ii\\_vpliv\\_na\\_silskogospodarske\\_virobnictvo](https://www.researchgate.net/publication/326301047_Zmina_klimaticnih_umo_v_v_Ukraini_ta_ii_vpliv_na_silskogospodarske_virobnictvo) (дата звернення: 21.04.2016).

4. Сайко В. Ф. Землеробство в контексті змін клімату. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства УААН»*. Спецвипуск. Київ : ВД «ЕКМО», 2008. С. 3–14.

5. Нечипоренко О. Стан та перспективи адаптації аграрного сектору економіки України до глобальних змін клімату. *Економіст*. 2018. № 11. С. 10–14.

6. Шевченко О. Г., Сніжко С. І. Особливості формування попиту на метеорологічну продукцію серед сільськогосподарських виробників у сучасних умовах. *Другий Всеукраїнський гідрометеорологічний з'їзд : тези доповідей*. м. Одеса, 7–9 жовтня 2021 року. Одеса : Одеський державний екологічний університет, 2021. С. 32–33.

7. Сайко В. Ф. Землеробство в контексті змін клімату. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства УААН»*. Спецвипуск. Київ : ВД «ЕКМО», 2008. С. 3–14.

8. Як змінюється клімат в Україні. URL: <https://menr.gov.ua/news/35246.html> (дата звернення: 20.03.2021).

9. Бабіченко В. М., Ніколасва Н. В., Рудішина С. Ф., Гущина Л. М. Настання весняного сезону в Україні (перехід середньої добової температури повітря через 0° С) в умовах сучасного клімату. *Український географічний журнал*. 2009. № 1. С. 25–35.

10. Характер изменения среднесуточной температуры воздуха на территории Украины в последнее десятилетие и физико-статистический метод его прогноза с длительной заблаговременностью / Мартазинова В. Ф. и др. *Тр. УкрНИГМИ*. 1999. Вып. 247. С. 36–48.

11. Слюсар І. Т. Використання осушуваних земель гумідної зони в контексті глобальних змін клімату. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства УААН»*. Спецвипуск. Київ : ВД «ЕКМО», 2008. С. 42–49.

12. Мартазинова В. Ф., Иванова Е. К., Чайка Д. Ю. Изменение атмосферной циркуляции в Северном полушарии в течение периода глобального потепления в XX веке. *Укр. геогр. журнал*. 2007. № 3. С. 10–19.

13. Адаптація до зміни клімату. Карпатський Інститут Розвитку Агентство сприяння сталому розвитку Карпатського регіону «ФОРЗА». 2015. URL: [global\\_climate\\_changes\\_training\\_manual\\_ua\\_screen\\_final.pdf](http://global_climate_changes_training_manual_ua_screen_final.pdf) (дата звернення: 21.04.2024).
14. Царик Л., Царик П., Кузик І. Регіональні кліматичні зміни у Тернопільській області та їх наслідки. *Збірник наукових праць ЛОГОС*. 2020. С. 41–48. URL: <https://doi.org/10.36074/24.01.2020.v1.12> (дата звернення: 21.04.2024).
15. Data GISS: GISS Surface Temperature Analysis: Station Data. URL: [http://data.giss.nasa.gov/gistemp/station\\_data/](http://data.giss.nasa.gov/gistemp/station_data/) (дата звернення: 08.09.2024).
16. Метеорологи стурбовані небезпечною тенденцією зростання посух в Україні. *Укрінформ*. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-presshall/1912344-vpliv-zminklimatu-na-vodozabezpechennya-vodospojivannya-i-prodovolchu-bezpeku-zala-1.html> (дата звернення: 21.04.2024).
17. Звіт про науково-дослідну роботу «Розроблення сценаріїв зміни кліматичних умов в Україні на середньо- і довгострокову перспективу з використанням даних глобальних і регіональних моделей». УкрГМІ, 2013. 135 с.
18. Прокопенко К. О., Удова Л. О. Сільське господарство України: виклики і шляхи розвитку в умовах зміни клімату. *Економіка і прогнозування*. 2017. № 1. С. 92–107.
19. Бутко В. А. Вплив кліматичних змін на продуктову орієнтацію аграрних підприємств Полісся. *Економіка України*. 2014. Вип. 10 (635). С. 44–50.
20. Гладій М. В., Лузан Ю. Я. Земельна реформа: сучасні проблеми і шляхи їх вирішення. *Економіка АПК*. 2020. № 2. С. 6–19.
21. Слюсар І. Т., Гера О. М., Соляник О. П., Сербенюк В. О. Природоохоронне використання осушуваних земель гумідної зони. *Землеробство*. 2015. № 2. С. 51–55.
22. Данкевич А. Є., Бовсуновський А. М. Особливості формування структури посівів та структури сівозмін в умовах Житомирської області. *Агросвіт*. 2011. № 13–14. URL: [http://www.agrosvit.info/pdf/13-14\\_2011/7.pdf](http://www.agrosvit.info/pdf/13-14_2011/7.pdf) (дата звернення: 11.04.2020).
23. Прокопенко К. О., Удова Л. О. Сільське господарство України: виклики і шляхи розвитку в умовах зміни клімату. *Економіка і прогнозування*. 2017. № 1. С. 92–107.
24. Меліоровані агроєкосистеми. Оцінка та раціональне використання агроресурсного потенціалу України (зони зрошення і осушення) / за ред. М. І. Ромащенко, Ю. О. Тараріко. Ніжин : ПП Лисенко М. М., 2017. 696 с.

25. Кернасюк Ю. В. Сучасний агробізнес: чи впливає розмір на ефективність. *Агробізнес Сьогодні*. 2020. № 11 (426). С. 14–17.

26. Близько 8 млн га тіньового обробітку землі в Україні здійснює організований бізнес. *Agronews* (головні аграрні новини). URL: <https://agronews.ua/news/blyzko-8-mln-ha-tinovo-ho-obrobitku-zemli-v-ukraini-zdiysniuie-orhanizovanuyu-biznes/> (дата звернення: 09.05.2024).

27. Кожушко Л. Ф., Велесик Т. А. Формування ринку осушених земель сільськогосподарського призначення : монографія. Рівне : НУВГП, 2015. 188 с.

28. Сучасний стан, основні проблеми водних меліорацій та шляхи їх вирішення / за ред. П. І. Коваленка. Київ : Аграрна наука, 2001. 214 с.

29. Меліорація ґрунтів (систематика, перспективи, інновації) : колективна монографія. Херсон : Грінь Д. С., 2015. 668 с.

30. Some aspects of reforming the water management system and efficient use of reclaimed lands in Ukraine / Romashchenko M., Kuzmych L., Saidak R., Matiash T., Muzyka O. *Land Reclamation and Water Management*. 2022. № 2. P. 5–15. URL: <https://doi.org/10.31073/mivg202202-341> (дата звернення: 09.05.2024).

31. Кузьмич А., Кузьмич Л. Забезпечення євроінтеграційної водної політики України в умовах військової агресії. *Трансформація національної, закордонної моделей економічного розвитку та законодавства в умовах воєнного часу* : матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції ВНУ ім. Лесі Українки, (27–29 червня 2022 року), м. Луцьк. С. 382–385.

32. A. Rokochynskiy, P. Volk, L. Kuzmych. Formation of Water Consumption at Drained Lands in Climate Changes. Monograph. LAMBERT Academic Publishing, 2022. 76 p.

33. Water Supply of the Ukrainian Polesie Ecoregion Drained Areas in Modern Anthropogenic Climate Changes / Kuzmych L., Furmanets O., Usatyi S., Kozytskyi O., Mozol N., Polishchuk V. & Voropai H. *Archives of Hydro-Engineering and Environmental Mechanics*. 2022. Vol. 69(1). P. 79–96. URL: <https://doi.org/10.2478/heem-2022-0006> (дата звернення: 09.05.2024).

34. Kuzmych L., Kvasnikov V. Study of the durability of reinforced concrete structures of engineering buildings. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2017. Vol. 543. P. 659–663. DOI 10.1007/978-3-319-48923-0

35. Kuzmych L., Voropai H. Environmentally Safe and resource-saving water regulation technologies on drained lands. *Handbook of Research on Improving the Natural and Ecological Conditions of the Polesie Zone*. IGI Global. Hershey, Pennsylvania 17033–1240, USA. 2023. P. 75–96. DOI: 10.4018/978-1-6684-8248-3.ch005

36. Кузьмич Л. В., Шекель Ю. В. Оцінка технічного стану осушувальної системи «Марининська» Березнівського району Рівненської області. *Вісник НУВГП. Технічні науки*. Рівне : НУВГП, 2014. Вип. 4(68). С. 34–42.

37. Кузьмич Л. В. Підвищення надійності та удосконалення елементів закритої мережі осушувальної системи (в умовах Західного Полісся) : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 06.01.2002 / УААН, Ін-т гідротехніки і меліорації. К., 2006. 18 с.

38. Гурин В. А., Кузьмич Л. В. Експлуатаційно-функціональна оцінка надійності роботи оглядових колодязів осушувальних систем. *Вісник РДТУ : зб. наук. праць*. Рівне, 2002. Вип. 3(16). С. 31–38.

39. Кузьмич Л. В., Шевчук С. А. Застосування геоінформаційних систем керування та аналізу даних при здійсненні аудиту меліорованих земель. *Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами* : матеріали VII Міжнародної науково-технічної Internet-конференції, 26 листопада 2020. К. : НУХТ, 2020. С. 99–100. URL: [https://drive.google.com/file/d/1uqm12pA\\_MKFlcB1wJMGySg\\_Y\\_NuyguFR/view](https://drive.google.com/file/d/1uqm12pA_MKFlcB1wJMGySg_Y_NuyguFR/view) (дата звернення: 09.05.2024).

40. Шевчук С. А., Вишневський В. І. Зміни зволоженості Українського Полісся та їх наслідки. *Екологічні науки*. 2019. Вип. 26. С. 35–39.

41. Prykhodko N., Kopyuk R., Kuzmych L., Kuzmych A. Formation and predictive assessment of drained lands water regime of Ukraine Polesie Zone. *Handbook of Research on Improving the Natural and Ecological Conditions*. IGI Global of Timely Knowledge. Hershey, Pennsylvania 17033–1240, USA. 2023. P. 51–74. DOI: 10.4018/978-1-6684-8248-3.ch004.

42. *Handbook of Research on Improving the Natural and Ecological Conditions of the Polesie Zone* / Rokochinskiy A., Kuzmych L., Volk P. Eds. IGI Global. 2023. 500 p. URL: <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-8248-3> (дата звернення: 09.05.2024).

43. Формування водного режиму ґрунту на осушуваних землях в сучасних умовах змін клімату / Воропай Г., Кузьмич Л., Молеща Н., Харламов О., Котикович І. *Прискорення змін для подолання водної кризи в Україні* : зб. тез XI Міжнародної науково-практичної онлайн-конференції, присвяченої Всесвітньому дню водних ресурсів, 22 березня 2023 р., Київ. С. 49–50.

44. Кузьмич Л. В., Козицький О. М., Усатий С. В., Мозоль Н. В. Аналіз водозабезпеченості меліорованих земель в межах осушувальної системи «Мар'янівка» Рівненської області. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 3. С. 70–77.

45. Проект «Реконструкция осушительной системы «Марьяновка» в клх. им. Ленина Березновского района Ровенской области». 187 с.

46. Проект «Реконструкція осушительной системы «Ольшанка» в МАПО Березновского района Ровенской области». 128 с.
47. Проект «Реконструкція с увлажнением осушительной системы «Ольшанка», «Поляны-Бронне-Тишица» в колхозе им. Котовского Березновского района Ровенской области». 124 с.
48. Water Supply of the Ukrainian Polesie Ecoregion Drained Areas in Modern Anthropogenic Climate Changes / Kuzmych L., Furmanets O., Usatyi S., Kozytskyi O., Mozol N., Kuzmych A., Polishchuk V. & Voropai H. *Archives of Hydro-Engineering and Environmental Mechanics*. 2022. Vol. 69(1). P. 79–96. URL: <https://doi.org/10.2478/heem-2022-0006> (дата звернення: 09.05.2024).
49. Кузьмич Л. В., Усатий С. В., Козицький О. М., Мозоль Н. В. Результати натурних досліджень інженерної інфраструктури гідромеліоративних осушувальних систем «Мар'янівка» та «Ольшанка» Рівненської області. *Сучасні технології та досягнення інженерних наук в галузі гідротехнічного будівництва та водної інженерії* : зб. наук. праць. 5-й випуск. Херсон : ХДАЕУ, 2023. С. 42–47.
50. Study of contemporary climate changes in the Ukrainian humid zone (on the example of the Volyn Region) / L. Kuzmych et al. *IOP Conf. Ser. : Earth Environ. Sci.* 2023. 1269 012022. DOI 10.1088/1755-1315/1269/1/012022
51. Formation of the water regime of the soil on drained lands in modern climate conditions / Voropai H., Kuzmych L., Moleshcha N., Kharlamov O., Kotykovych I., Babitska O., Stetsiuk M., & Zosymchuk M. *Land Reclamation and Water Management*. 2023. № 2. P. 5–17. URL: <https://doi.org/10.31073/mivg202302-370> (дата звернення: 09.05.2024).

## **7. НЕОБХІДНІСТЬ І ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ АДАПТАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ОСУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ У МІНЛИВИХ КЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ**

Як на глобальному, так і на регіональному рівні зміни клімату стали незаперечним фактом, наявність якого поставило перед людством проблему розв'язання цілої низки найважливіших і складних завдань, пов'язаних із розробкою та реалізацією стратегії свого практичного існування і пристосування до нових кліматичних умов. При цьому наявні зміни клімату загрожують значним зниженням продуктивності в галузях рослинництва і тваринництва, а також деградацією екосистем, що викликає значні ризики для продовольчої безпеки населення і добробуту майбутніх поколінь. Вирішення цієї проблеми вимагає розробки і впровадження стратегій адаптації, які зможуть підвищити продуктивність, ефективність і рентабельність аграрного виробництва [1].

В аграрному виробництві меліорації традиційно відіграють провідну роль у забезпеченні його сталого розвитку у несприятливих кліматичних умовах. З урахуванням прогнозованих змін клімату надзвичайно важливу роль в адаптації до нього сільського господарства і, насамперед, рослинництва, відіграють водні, гідротехнічні, агротехнічні та інші види меліорацій. У зв'язку з цим для ефективного протистояння сучасним викликам енергетичної, продовольчої та водної криз, які посилюються внаслідок наявних змін клімату, виникає об'єктивна необхідність у розробці та реалізації адаптивних заходів для аграрного виробництва на землях із регульованим водним режимом, у тому числі і на осушуваних, у змінних кліматичних умовах [2].

Виконано аналіз і узагальнення змісту програмних міжнародних і національних документів щодо необхідності та загальних рекомендацій з розробки адаптивних заходів, пов'язаних зі змінами клімату, результатів досліджень і загальної оцінки вітчизняних та закордонних вчених й фахівців, а також результатів наших відповідних досліджень. Виконано оцінювання сучасного стану змін погодно-кліматичних умов, у тому числі в зоні Полісся, та їх впливу на ефективність ведення сільськогосподарського виробництва, родючість і вологозабезпеченість ґрунтів, умови функціонування водогосподарсько-меліоративних об'єктів, природно-меліоративний стан осушуваних земель, загальних рекомендацій з розробки адаптивних організаційно-господарських, експлуатаційно агротехнічних, будівельних і проєктних заходів, що мають власні чіткі цілі і тісно взаємопов'язані між собою [3].

Методи виконаних нами досліджень щодо змін клімату та їх впливу на різні сторони аграрного виробництва на осушуваних землях з метою

розробки відповідних адаптивних заходів ґрунтуються на застосуванні відповідного комплексу прогнозно-імітаційних моделей, який включає в себе модель клімату місцевості, модель водного режиму та технологій водорегулювання осушуваних земель, модель розвитку і формування врожаю вирощуваних культур та реалізуються на основі довгострокового прогнозу [3; 4]. Також використані основні методи загальної теорії експерименту: аналітичний, експериментальний і статистичний; математичне моделювання і машинний експеримент із використанням сучасних інформаційних і комп'ютерних технологій.

Факт глобальних кліматичних змін на сьогодні визнаний світовою спільнотою і не викликає сумнівів. Проблема глобального потепління виникла ще наприкінці минулого століття, і згодом, у зв'язку із все більш відчутним її негативним впливом, актуальність тільки зростає [5]. У 1988 р. з метою оцінювання стану глобального потепління і пов'язаних із ним ризиків Всесвітньою метеорологічною організацією і Програмою ООН з навколишнього середовища було створено Міжурядову групу експертів зі зміни клімату (МГЕЗК, англ. Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) [5]. Визнання глобальних кліматичних змін на планеті та їх негативних наслідків для людства було задекларовано міжнародною спільнотою в 1992 р. прийняттям Рамкової конвенції ООН про зміну клімату (РКЗК, англ. Framework Convention on Climate Change, UN FCCC) – угода була підписана більше ніж 180 країнами світу [6; 7]. У Парижі (Франція) 17 червня 1994 р. була прийнята і відкрита для підписання Конвенція ООН про боротьбу з опустелюванням і засухою. У 1997 р. Рамкова конвенція ООН про зміну клімату була доповнена Кіотським протоколом [7; 8].

Надалі, у зв'язку із посиленням темпів потепління, у 2015 р. була прийнята Паризька хартія, головною метою якої є утримання темпів зростання глобальної температури в XXI столітті в межах  $2^{\circ}\text{C}$  і можливість її зниження до  $1,5^{\circ}\text{C}$  [8].

Вирішення цієї проблеми вимагає розробки і впровадження стратегій адаптації, які зможуть підвищити продуктивність, ефективність і рентабельність аграрного виробництва [5].

Згідно з Рамковою конвенцією ООН про зміну клімату, *адаптація* означає пристосування природних, соціальних чи економічних систем у відповідь на фактичні або очікувані кліматичні зміни, а також їх наслідки [6; 7].

Для уточнення і розширення використання поняття адаптації до умов зміни клімату також були розглянуті і дані чіткі визначення наступних категорій: *адаптаційний потенціал; схильність до впливу; стійкість; ризик; чутливість; вразливість* [9].



Відповідно до програмних міжнародних документів, присвячених цій проблематиці у сфері кліматичної дипломатії в Україні та ЄС в цілому, а також стратегії на основі реальних досліджень за критеріями ІРПС (англ. International Plant Protection Convention) про зміни клімату в Україні до 2100 року і на виконання Указу Президента України «Про рішення Ради національної безпеки і оборони України» від 14 вересня 2020 року та «Про Стратегію національної безпеки України» та ін. Україна, як і решта держав-учасників, взяла на себе зобов'язання виділяти кошти на адаптацію до змін клімату та підготовку до її реалізації [10].

Поряд з енергетичною, продовольчою та водною кризами зміна клімату є одним з основних викликів сучасності. Так, непередбачуваність погодно-кліматичних умов, яка ставить під загрозу виробництво продовольства, провокує підвищення рівня моря, збільшує ризик природних катастроф і аномальних явищ, які проявляються у різному вигляді (посуха, перезволоження і підтоплення територій та ін.) і є наслідками змін клімату, мають глобальний характер і безпрецедентні масштаби. При цьому очікується, що більшість наслідків змін клімату буде зберігатися впродовж кількох століть. Тому, якщо не вжити рішучих дій сьогодні, то подальша адаптація до змін клімату потребуватиме значно більших зусиль і витрат.

Для оцінювання можливих наслідків змін клімату в цілому за поточний період було розроблено 12 сценаріїв впливу на його змін: для кожної з трьох глобальних моделей клімату (ГМК) GISS, GFDL, UKMO визначено чотири сценарії: ГМК без прямого впливу CO<sub>2</sub> на врожайність; з безпосереднім впливом CO<sub>2</sub> на врожайність; з прямими ефектами CO<sub>2</sub> і адаптацією 1-го рівня; з безпосереднім впливом CO<sub>2</sub> і адаптацією 2-го рівня). Модель IBSNAT була використана для оцінювання того, як зміна клімату і підвищення рівня CO<sub>2</sub> може вплинути на вирощування світових сільськогосподарських культур на 112 об'єктах у 18 країнах.

Україна також належить до регіонів планети, де наявні зміни клімату є відчутними. Згідно з узагальненими даними результатів досліджень фахівців і вчених Укргідромету, Інституту водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України (НААН), а також Одеського державного екологічного університету [1] за останні тридцять років середньорічна температура повітря в цілому по країні зросла на 1,2° С.

За результатами оцінювання регіональних темпів потепління встановлено, що на півдні і північному сході країни в 1991–2019 рр. середньорічна температура повітря виявилася на 1,0–1,1° С вище ніж для нормативного періоду (1961–1990 рр.), на заході – на 1,2–1,3° С, а на півночі і в центральних областях – на 1,4–1,5° С. Тобто темпи підвищення температури повітря за 1975–2019 рр. складають від 0,61 до 0,82° С/10 років, тоді як у сусідніх пострадянських країнах (Росія, Молдова,

Білорусь) – 0,47–0,59° С/10 років [1], а в північній півкулі і Європі – 0,34 і 0,47° С/10 років відповідно. Ці дані свідчать про те, що швидкість підвищення температури повітря в Україні значно вище за європейські і глобальні масштаби.

Зазвичай підвищення температури повітря підвищує вологоємність атмосфери [1]. При зростанні температури повітря на 1° С водоутримуюча здатність повітря зростає приблизно на 7%, що призводить до зростання потенційного випаровування [1].

За даними розрахунку вчених Інституту водних проблем і меліорації НААН [1] підвищення середньомісячної температури повітря на 1° С підвищує потенційне середньомісячне сумарне випаровування (без урахування інших факторів) на 9%. У зв'язку з цим в Україні виділено шість основних типових зон: надлишкового вологозабезпечення – займає 4,5% території; волога – 30,0%; недостатнього вологозабезпечення – 16,0%; посушлива – 20,0%; суха – 22,0%; дуже суха – 7,5%.

У період з 1991 по 2015 рр., порівняно з 1961 по 1990 рр., території зі значним дефіцитом природного вологозабезпечення (суха і дуже суха зони) збільшилися на 7% і охоплюють в цілому більше 29,5% площі України або 11,6 млн га (37%) орних земель. При цьому територія країни з надмірним і достатнім атмосферним зволоженням, навпаки, зменшилася на 10% і займає лише 22,5% площі України, в тому числі 7,6 млн га ріллі.

Згідно з прогнозом до 2050 р. за сценарієм на основі моделі А1В [11] очікується збереження загальної тенденції підвищення температурного режиму на 1,24–1,48° С, а при зростанні кількості опадів на 8% кліматичний водний баланс території України може знизитися на 45–115 мм, а його дефіцит в зоні Степу складе 560 мм і більше. З огляду на це, частка території України з недостатнім рівнем зволоження збільшиться до 56%, і тільки 28% території відповідатимуть вологим і надлишково вологим умовам.

У довгостроковій перспективі до кінця 2100 р частина території України з недостатнім рівнем зволоження може досягти 71% проти 50% в 1991–2015 рр. з одночасним зниженням площ орних земель з достатнім зволоженням до 5,5–1,8 млн га.

Загалом, на території України вже в ХХ столітті простежувалася загальна тенденція до підвищення температури повітря і збільшення кількості атмосферних опадів: так річна температура збільшилася на 0,3–0,7° С, а опади – на 50–100 мм, істотно (в 1,5 рази) збільшилася і частота значних аномалій обох показників. Зросла також внутрішньосезонна їхня мінливість. За всіма сценаріями буде збільшуватися і кількість опадів. В окремі сезони це збільшення може перевищувати існуючий рівень на 20% [1; 11].

У теплий період року, у результаті різкого зростання температури повітря, значна частина опадів буде витрачатися на випаровування. Основною особливістю періоду потепління є постійна нерівномірність випадання опадів у середині року і в окремі роки. При цьому найбільший вплив, завдяки глобальному потеплінню, впродовж зимового та весняного сезонів відчуває зона Українського Полісся.

На меліорованих сільськогосподарських угіддях з близьким заляганням рівня ґрунтових вод погодно-кліматичні умови безпосередньо беруть участь у формуванні водного режиму ґрунтів і ґрунтових вод, визначаючи напрям перебігу ґрунтових процесів як в природному стані, так і в окремі технологічні періоди вирощування сільськогосподарських культур. Тому прогнозна оцінка погодно-кліматичних умов є невід'ємною умовою реалізації оцінки загальної ефективності використання та еколого-меліоративного стану осушуваних земель.

Для оцінювання ретроспективних, сучасних та очікуваних змін клімату в зоні Західного Полісся України та їх впливу на ефективність ведення сільськогосподарського виробництва, родючість і вологозабезпеченість ґрунтів, умови функціонування водогосподарсько-меліоративних об'єктів, а також з метою розробки відповідних адаптивних заходів, нами був спланований і здійснений широкомасштабний машинний експеримент із використанням сучасних інформаційних і комп'ютерних технологій. Дослідження ґрунтуються на використанні відповідного комплексу прогнозно-імітаційних моделей і включають в себе модель клімату місцевості, модель водного режиму та технологій водорегулювання осушуваних земель, модель розвитку і формування врожаю вирощуваних культур, які реалізуються на основі довгострокового прогнозу [2].

Що стосується нашого оцінювання змін клімату, то, згідно з [3], прогноз був здійснений:

- за такими основними метеорологічними характеристиками: температура повітря, опади, відносна вологість і дефіцит вологості повітря;

- для п'яти груп розрахункових років щодо умов загальної тепло- і вологозабезпеченості періодів вегетації: дуже вологий – 10%; вологий – 30%; середній – 50%; сухий – 70%; дуже сухий – 90%;

- для наступних рівнів і відповідних періодів оцінювання: ретроспективний – (retrospective – 1945–1990 pp.); сучасний – (recent – 1991–2015 pp.); прогнозний – (forecast по кліматичній моделі УКМО – модель Метеорологічного бюро Об'єднаного Королівства, передбачає підвищення середньорічної температури повітря на 6° С при подвоєнні змісту CO<sub>2</sub> в атмосфері). Дана модель при прогнозних режимних

розрахунках враховує більш критичні сценарії змін погодно-кліматичних умов і краще узгоджується з моделями, які використані нами для прогнозної оцінки нормованого розподілу основних метеорологічних характеристик у багаторічному і внутрішньовеgetаційному розрізі.

Узагальнені результати встановлених середньобагаторічних норм вегетаційних значень показників основних метеорологічних характеристик, а також можливий характер їх зміни по розглянутих рівнях і періодах оцінювання за останні фактичні роки (2015–2022 рр.) для умов Західного Полісся України, наведено на рис. 7.1.

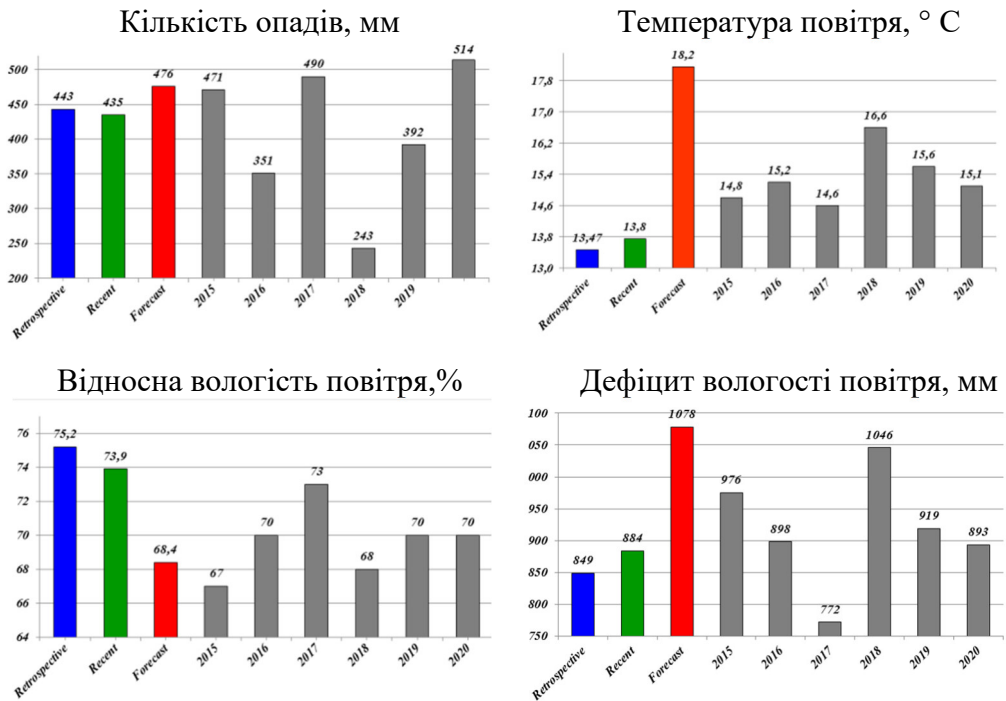


Рис. 7.1. Порівняльне оцінювання середньобагаторічних норм вегетаційних значень показників основних метеорологічних характеристик для умов Західного Полісся за розглянутими рівнями і періодами

Отримані результати переконливо свідчать про те, що прогнозовані значення майже всіх основних метеорологічних показників у зоні Західного Полісся, крім температури повітря, вже знаходяться в межах їх сучасних коливань і навіть перевищують їх по окремих позиціях, що свідчить про стійку тенденцію зміни кліматичних умов у даному регіоні.

При цьому для випаровування, як похідної складової сумарного випаровування, зміна даного показника для сучасних умов щодо

ретроспективних є незначною (збільшення на 5,44%), а для прогнозних умов за моделлю «УКМО» досить істотною – 27,2%.

Детальний аналіз, проведений ФАО [1], показує, що зміни клімату впливають на ситуацію в секторах сільського господарства безліччю різних способів, які варіюються залежно від регіону. Очікується, що деякі регіони зіткнуться з проблемою тривалих посух і дефіциту води. Повсюдне танення льодовиків і снігового покриву на великих гірських хребтах, особливо в Азії, вплине на обсяг і терміни сходження водних потоків, що у кінцевому підсумку зменшить доступність води для зрошення нижче за течією. Підвищення температури повітря призведе до змін географії і частоти спалахів хвороб і навал шкідників. У низькоширотних регіонах навіть незначне потепління призведе до зниження врожайності.

Згідно з даними багатьох досліджень [12], що охоплюють широкий діапазон регіонів, негативний вплив клімату на врожайність сільськогосподарських культур буде більш поширеним явищем, ніж позитивний.

Слід звернути увагу на розширення меж ведення сільського господарства у багатьох країнах, оскільки воно не тільки може бути викликане глобальними змінами у регіоні (зростання населення, зміна ландшафту і природно-кліматичних умов), а й викликати інші зміни.

Зараз сільське господарство України поки не є екстремально вразливим до зміни клімату. Однак зміни погодно-кліматичних умов (підвищення температури повітря, нерівномірний розподіл опадів, які мають зливовий характер у теплий період року, неефективне накопичення вологи в ґрунті та ін.) призводять до збільшення кількості та інтенсивності посушливих явищ. Разом з іншими негативними факторами антропогенного впливу це може призвести до розширення зони ризикованого землеробства і опустелювання в південних областях України. Внаслідок інтенсивного потепління впродовж останніх десятиліть відбулися зміни в структурі аграрного виробництва, площ посівів сільськогосподарських культур і рівнів їх врожайності.

Згідно з [10; 11], клімат відіграє визначальну роль у формуванні агроєкологічних умов ведення сільськогосподарського виробництва. Однією з найважливіших завдань, яке необхідно вирішувати при його вивченні, це необхідність знань: які саме сільськогосподарські культури вигідно вирощувати в тій чи іншій місцевості; як клімат впливає на ґрунти, на яких вирощуються ці культури; які методи краще застосувати при їх вирощуванні.

Клімату належала і належить визначальна роль як одного з провідних чинників ґрунтоутворення, перебігу вегетації і формування врожайності вирощуваних сільськогосподарських культур.

Сонячна енергія, поглинена ґрунтом, витрачається на такі процеси, як нагрівання, випаровування, транспірація, фотосинтез, синтез гумусу тощо. Сума активних температур традиційно використовується для агрономічної і ґрунтової оцінки територіального термічного режиму.

Підвищення середньорічної температури повітря, величини радіаційного балансу і суми активних температур за рік призводить до збільшення інтенсивності вивітрювання, синтезу органічної маси, активізації життєдіяльності тварин і мікроорганізмів, підвищення інтенсивності ґрунтоутворюючих процесів, а також до скорочення міжфазних періодів і вегетаційного циклу і, відповідно, настання більш ранніх термінів дозрівання і збирання вирощуваних районуваних сільськогосподарських культур.

Одним з елементарних процесів ґрунтоутворення є випаровування ґрунтової вологи, яке, перш за все, залежить від температури повітря. Також негативно вплине на родючість ґрунту збільшення кількості опадів в результаті посиленого вимивання поживних (мінеральних і органічних) речовин із ґрунту. Найбільше можуть постраждати від цього регіони з достатнім і надлишковим зволоженням, що має місце в північно-західних регіонах України і може призвести до зниження родючості ґрунтів на цій території на 20% і більше.

На сьогодні в Україні близько 1 млн га торфовищ, осушених в результаті меліорації, основна частина яких знаходиться в правобережному Поліссі в межах Київської, Волинської, Рівненської та Житомирської областей. Торф'яні болота, як одні з найбільш вразливих водно-болотних угідь, сьогодні знаходяться під загрозою деградації в глобальних масштабах.

В особливо посушливі роки у весняно-літні місяці затяжні пожежі на торфовищах Полісся тривають протягом декількох тижнів, а то і більше місяця. За останні роки тривалі пожежі реєструвалися щорічно і призвели до локальних екологічних лих.

Таким чином, очікується, що зміни клімату в Україні у найближчій перспективі матимуть як позитивний, так і негативний вплив на сільське господарство. При цьому баланс цих впливів буде різним у різних агрокліматичних зонах. Зменшення тривалості вегетаційного періоду буде сприятливим для сільського господарства північної половини країни, а для південної половини країни зумовить посилення засух.

Агрокліматичні ресурси можуть збільшитися і суттєво підвищити ефективність сільського господарства. Реалізація цього можлива у разі підйому і кардинальної адаптації сільського господарства до кліматичних умов, синхронізованих з темпами змін клімату, тобто необхідна оптимізація природно-меліоративних умов за допомогою спеціально розроблених меліоративних заходів. В іншому випадку, зміна клімату

може призвести до падіння врожайності та нестабільності ведення сільськогосподарського виробництва в цілому [13].

Спрямованість меліоративних заходів визначається, перш за все, необхідним рівнем продуктивності використовуваних сільськогосподарських угідь з регульованим водним режимом ґрунтів, відповідно до вимог сільськогосподарських культур щодо умов їх вирощування. Тому становить інтерес оцінити зміни погодно-кліматичних умов та їх вплив на загальний природно-меліоративний режим і продуктивність меліорованих земель на регіональному рівні. Тобто необхідно виявити загальні тенденції і характер зв'язку в системі *погодно-кліматичні умови*  $\Rightarrow$  *природно-меліоративний режим*  $\Rightarrow$  *продуктивність осушуваних земель* на прикладі зони Західного Полісся України.

Узагальнені результати прогнозного оцінювання впливу змін погодно-кліматичних умов на продуктивність основних вирощуваних районуваних сільськогосподарських культур на осушуваних землях у розглянутих сучасних і прогнозованих умовах по відношенню до ретроспективних для найбільш показових сухого ( $p=70\%$ ) і дуже сухого ( $p=90\%$ ) періодів вегетації, отримані у результаті імітаційного моделювання на ЕОМ, представлені в табл. 7.1.

Наведені дані (див. табл. 7.1) переконливо свідчать, що вже наявні сучасні та очікувані прогнозовані зміни клімату, пов'язані насамперед з підвищенням температурного режиму і зниженням вологозабезпеченості території (рис. 1), в цілому погіршують умови і можуть призвести до зниження врожайності вирощуваних традиційних районуваних сортів і видів сільськогосподарських культур на осушуваних землях в середньому від 15 до 60%. При цьому слід зазначити, що такий рівень зниження врожайності, і навіть нижче, що має місце в останні роки і спостерігається при прояві аномальних погодних явищ, порівняно з ретроспективним періодом, при вирощуванні сільськогосподарських культур на осушуваних землях без додаткового зволоження в реальних виробничих умовах.

Прогнозоване підвищення температури повітря і посилення посушливості при зміні клімату, що спостерігаються вже сьогодні, неминуче призведуть до зменшення природної вологозабезпеченості території і збільшення потенційної випаровуваності і, відповідно, загальної водопотреби при вирощуванні сільськогосподарських культур на осушуваних землях. Тому дефіцит природної вологи вимагає додаткового зволоження вирощуваних культур шляхом реалізації відповідних технологій водорегулювання на осушуваних землях.

Таблиця 7.1

Загальні тенденції до зниження продуктивності основних вирощуваних районуваних сільськогосподарських культур на осушуваних землях в мінливих кліматичних умовах

№ з/п	Сільськогосподарські культури	Відхилення основних показників від нормованих середньобіагаторічних сприятливих умов, %							
		сучасні умови				прогнозні умови			
		$\Delta\tau_T$	$\Delta Y_T$	$\Delta Y_W$	$\Delta Y$	$\Delta\tau_T$	$\Delta Y_T$	$\Delta Y_W$	$\Delta Y$
Сухий період вегетації, $p = 70\%$									
1.	Озимі зернові	8,55	13,3	17,0	15,2	16,7	34,6	40,4	42,6
2.	Картопля	7,70	22,2	22,0	29,3	15,4	45,2	43,9	46,8
3.	Багаторічні трави	5,30	10,8	34,1	36,8	15,8	46,8	48,6	48,2
Дуже сухий період вегетації, $p = 90\%$									
4.	Озимі зернові	25,0	37,4	38,8	38,5	33,3	48,2	43,3	43,6
5.	Картопля	15,4	43,6	48,0	48,0	23,1	54,4	52,4	56,7
6.	Багаторічні трави	26,3	38,8	43,8	43,8	31,6	60,8	59,2	62,4

*Примітка:*  $\Delta\tau_T$  – зниження тривалості періоду вегетації вирощуваних культур при підвищенні температурного режиму щодо його нормованого середньобіагаторічного;  $\Delta Y_T$ ,  $\Delta Y_W$  – зниження врожаю вирощуваних сільськогосподарських культур при відхиленні відповідно температурного і водного режимів від нормованих середньобіагаторічних сприятливих умов;  $\Delta Y$  – загальне зниження врожаю основних вирощуваних районуваних культур на осушуваних землях у змінних кліматичних умовах.

Тому, за аналогією з вищевикладеним, було виконано прогнозне оцінювання змін водопотреби при вирощуванні сільськогосподарських культур на осушуваних землях Західного Полісся України у змінних кліматичних умовах для обґрунтування відповідних адаптивних рішень.

Основні результати порівняльного оцінювання водопотреби за основними показниками режиму і техніки підґрунтового зволоження (поливні і зволожувальні норми, кількість поливів і т.п.), як найбільш поширеної технології зволоження осушуваних земель, для розглянутих наявних і прогнозованих умов представлено у вигляді діаграм (рис. 7.2), які у порівняльному вигляді відображають значення максимальних норм водоподачі для найбільш показового дуже сухого ( $p=90\%$ ) року у подекадному розрізі при вирощуванні основних сільськогосподарських культур на торфових ґрунтах.



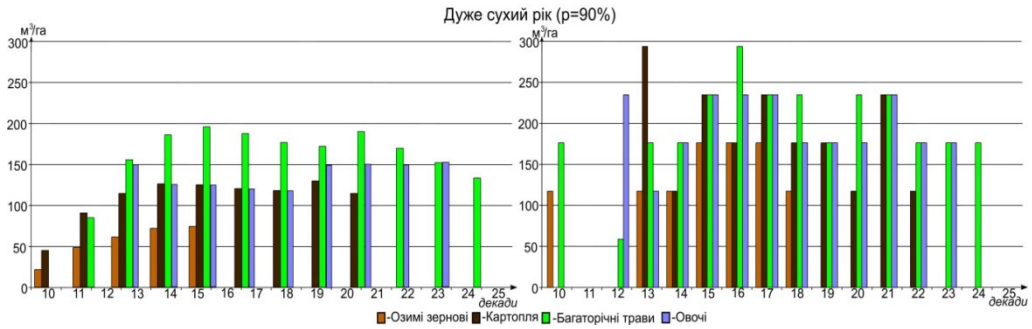


Рис. 7.2. Динаміка максимальних середньодекадних значень водопотреби вирощуваних сільськогосподарських культур щодо норм водоподачі у посушливі періоди вегетації ( $p = 90\%$ ) при підґрунтовому зволоженні осушуваних земель

Отримані результати щодо визначення сумарного випаровування, водопотреби і технологічної ефективності зволоження осушуваних земель у змінних природно-кліматичних і меліоративних умовах Західного Полісся України свідчать про можливе збільшення водопотреби вирощуваних культур у 1,5–2,0 рази. Це визначає необхідність переоцінки функціональних можливостей і технічного стану існуючих дренажних систем щодо необхідності переходу до проведення зволоження осушуваних землях на постійній основі.

Таким чином, при існуючих темпах і рівнях змін погодно-кліматичних умов слід очікувати погіршення природно-меліоративних умов загалом як в зоні Полісся, так і України в цілому. Це неминуче відіб'ється на функціонуванні водогосподарсько-меліоративних об'єктів у результаті відповідних змін еколого-економічного ресурсу, що визначає необхідність розробки адаптивних режимно-технологічних і технічних заходів з управління цими об'єктами на підставі відповідних досліджень, комплексних наукових галузевих, державних і міждержавних програм.

Сучасну концепцію адаптації до змін клімату представлено в П'ятій оціночній доповіді МГЕЗК та Робочої групи II і отримано подальший розвиток в циклі Шостої оціночної доповіді (2015–2022 рр.) [5; 6; 7].

При цьому констатується, що однією з найважливіших складових виконання провідної ролі у процесі адаптації є чітке розуміння того, для чого її проводять і які заходи з адаптації можна впроваджувати. Як базові, розглянуті різні заходи для вирішення різних аспектів адаптації (рис. 7.3).

Впровадження заходів щодо адаптації сільського господарства до змін клімату обов'язково повинна передбачати насамперед згідно із загальноприйнятою європейською практикою, комплекс робіт для підвищення обізнаності громадськості та користувачів земельних ресурсів.

Заходи, спрямовані на формування адаптаційного потенціалу	Заходи, спрямовані на зниження ризику і ступеня чутливості	Заходи, спрямовані на підвищення потенціалу для подолання наслідків надзвичайних подій	Заходи, спрямовані на отримання вигоди від зміни кліматичних умов
<p>Сприяють на державному і громадському рівнях усвідомленню процесу зміни клімату, його наслідків і можливостей реагувати на них</p> <p><b>приклади:</b> дослідження впливу кліматичних змін, плани дій у разі стихійного лиха та ін.</p>	<p>Підготовчі заходи, спрямовані на підвищення ступеня стійкості і захисту від коротко-термінових, середньо-термінових і довготермінових змін клімату</p> <p><b>приклади:</b> системи раннього оповіщення, нові сорти сільсько-господарських культур та ін.</p>	<p>Заходи під час та після надзвичайних подій (повеней, пожеж, ураганів) для зменшення їх наслідків та приборкання стихійних лих</p> <p><b>приклади:</b> місця для охолодження під час сильної спеки, спеціальний фонд на випадок надзвичайних ситуацій, спеціальні бригади для розчищення доріг та ін.</p>	<p>Заходи, спрямовані на отримання вигоди від зміни клімату; для когось зміна клімату є вигідна</p> <p><b>приклади:</b> вигода від більш тривалих сезонів вирощування нових видів сільсько-господарських культур</p>

Рис. 7.3. Загальна характеристика заходів щодо адаптації [9]

Загальна методологія проведення таких дій може бути представлена у вигляді наступного алгоритму (рис. 7.4.)



Рис. 7.4. Алгоритм прийняття рішень по адаптації в умовах агроєкосистеми

Що ж стосується адаптивних заходів для меліорованих сільськогосподарських угідь, то, згідно з [1 та ін.], для їх розробки необхідно виконати значно більші, порівняно з мінімально необхідними, комплексні дослідження. У числі інших найбільш важливіших досліджень з адаптації аграрного виробництва до змін клімату в цілому, дослідження для зони осушувальних меліорацій, перш за все повинні бути спрямовані на розробку нових енерго-, водо- і ресурсозберігаючих способів комплексної меліорації земель, новітніх технічних засобів поливу, водорегулювання, внесення добрив і хіммеліорантів, режимів зрошення і удобрення сільськогосподарських культур відповідно до прогнозованих змін.

Враховуючи вищесказане, на підставі аналізу та узагальнення змісту програмних міжнародних і національних документів щодо необхідності та загальних рекомендацій з розробки адаптивних заходів, пов'язаних зі змінами клімату, результатів досліджень і загальної оцінки вітчизняних і зарубіжних вчених і фахівців, а також результатів наших відповідних досліджень щодо оцінювання сучасного стану змін погодно-кліматичних умов, в тому числі і в зоні Полісся, та їх впливу на ефективність ведення сільського господарства, вологозабезпеченість і родючість ґрунтів, розроблений комплекс заходів, спрямованих на адаптацію аграрного виробництва на осушуваних землях, який дозволить ефективно протистояти сучасним викликам, пов'язаним з наявними та прогнозованими змінами клімату (табл. 7.2).

Таблиця 7.2

## Загальні рекомендації за видами заходів у змінних кліматичних умовах

Організаційно-господарські заходи	Агротехнічні заходи	Агро-меліоративних заходи	Гідротехнічні заходи	
			експлуатаційні	проектні
Створення організаційно-консультаційних центрів для підвищення обізнаності громадськості та користувачів земельних ресурсів	Зміни в сортах і введення сільсько-господарських культур, стійких до біотичних і абіотичних загроз, пов'язаних зі зміною клімату (насамперед температурного і водного режимів); вирощування гібридних культур; використання сільсько-господарських культур більш пізнього дозрівання	Удосконалення технологій та засобів обробки осушуваних ґрунтів, спрямованих на поліпшення їх водно-фізичних властивостей і акумулюючої здатності на підставі удосконалення, технологій і засобів глибокого суцільного розпушення ґрунтів, що дозволить ефективно акумулювати вологу в ґрунтовому профілі і на осушуваних масиві в цілому [15]	Удосконалення технологій та режимів водо-регулювання на осушуваних землях, переведення їх на регулярне зволоження, зарегулювання і акумуляцію води в межах системи; удосконалення типів і конструкцій гідро-меліоративних систем на осушуваних землях; удосконалення методів проектування і розрахунку дренажних систем на основі застосування оптимізаційних методів з дотриманням сучасних економічних і екологічних вимог, широкого використання інформаційних та комп'ютерних технологій [14]	Нове будівництво, реконструкція і модернізація існуючих дренажних систем для ефективного протистояння сучасним викликам, які пов'язані з сучасними та прогнозованими змінами клімату

Таким чином, для ефективного протистояння сучасним викликам, що пов'язані з наявними і прогнозованими змінами клімату, розроблений та пропонується комплекс адаптивних агрометеорологічних, агротехнічних і гідротехнічних заходів, спрямованих на поступовий перехід до вирощування нових сортів і видів сільськогосподарських культур, ефективне регулювання водного режиму, зарегулювання і акумуляцію вологи у ґрунтовому профілі та в межах системи, перехід від традиційного періодичного на реалізацію і забезпечення регулярного зволоження осушуваних земель, удосконалення технологій водорегулювання, типів та конструкцій дренажних систем, методів їх проектування і розрахунку, що відповідає сучасним економічним та екологічним вимогам.

### *Література до розділу*

1. Вплив зміни клімату на водні ресурси та сільськогосподарське виробництво / Ромащенко М., Гусев Ю., Шатковський А., Сайдак Р., Яцюк М., Шевченко А. та Матіаш Т. *Меліорація та управління водними ресурсами*. 2020. № 1. С. 5–22. URL: <https://doi.org/10.31073/mivg202001-235>. (дата звернення: 09.05.2024).
2. Evaluation of climate change in Ukrainian part of Polissia region and ways of adaptation to it / Kovalenko P., Rokochynskiy A., Jeznach J., Koptiuk R., Volk P., Prykhodko N., Tykhenko R. *Journal of Water and Land Development*. 2019. Vol. 41. Issue 1. P. 72–82. DOI: 10.2478/jwld-2019-0030
3. Природообустройство Полесья : монографія : в 4 кн. / под общ. науч. ред. Ю. А. Мажайского, А. Н. Рокочинского, А. А. Волчека и др. Рязань : Мещер. ф-л ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», 2019. Кн. 1. *Белорусское Полесье*. Т. 2. *Преобразование и использование природных ресурсов*. 503 с.
4. Рокочинський А. М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах: монографія / за ред. академіка УААН Ромащенко М. І. Рівне : НУВГП, 2010. 351 с.
5. Climate Change and Land. An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems (IPCC). URL: <https://www.ipcc.ch/reports/> (дата звернення: 29.04.2024).
6. United Nations framework convention on climate change / United Nations 1992. FCCC / INFORMAL / 84 GE.05-62220 (E) 200705. URL: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf> (дата звернення: 09.05.2024).

7. United Nations framework convention on climate change. Kyoto Protocol, Kyoto, 1998. URL: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf> (дата звернення: 30.04.2024).
8. Paris Agreement / United Nations. New York. 2016. P. 1–30. URL: [https://treaties.un.org/doc/Treaties/2016/02/20160215%2006-03%20PM/Ch\\_XXVII-7-d.pdf](https://treaties.un.org/doc/Treaties/2016/02/20160215%2006-03%20PM/Ch_XXVII-7-d.pdf) (дата звернення: 09.05.2024).
9. Ерік Е. Массей. Досвід європейського союзу в адаптації до зміни клімату та застосування його в Україні. Бюро Координатора з економічної та довкільної діяльності ОБСЄ. 2012. С. 40.
10. Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року : Розпорядження Кабінету Міністрів від 7 грудня 2016 р. № 932-р. URL: <https://www.kmu.gov.ua/ua/npras/249573705> (дата звернення: 29.04.2024).
11. Оцінка впливу кліматичних змін на Галузі економіки України / за ред. Степаненко С. М., Польового А. М. Одеса : Екологія, 2011. 605 с.
12. Consensus on consensus: a synthesis of consensus estimates on human-caused global warming / Cook J. et al. *Environmental Research Letters*. 2016. Vol. 11(4). P. 1–7. URL: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/4/048002>. (дата звернення: 09.05.2024).
13. Construction and agricultural drainage parameter optimization considering economic and environmental requirements / P. Kovalenko, A. Rokochynskiy, Y. Mazhayskiy, P. Volk, L. Volk, O. Chernikova. *Engineering for Rural Development*. Jelgava, 2020. P. 1009–1017. DOI:10.22616/ERDev.2020.19.TF237.
14. Стратегія зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року : схвалено Розпорядження Кабінету міністрів України від 14.08.2019 р. № 688-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-%D1%80> (дата звернення: 23.04.2024).
15. Deep loosening as effective adaptive agromeliorative practice on drained mineral soil of European Polesie in variable climatic conditions / Y. Mazhayskiy, A. Rokochynskiy, O. Lukianchuk, V. Turcheniuk, P. Volk, O. Chernikova. *Engineering for Rural Development*. Jelgava, 20–22.05.2020. P. 28–35. DOI: 10.22616/ERDev2020.19.TF009.

## 8. ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ДРЕНАЖУ З УРАХУВАННЯМ ЕКОНОМІЧНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ВИМОГ

На сьогодні широкомасштабний розвиток меліорацій пов'язаний зі значними капіталовкладеннями, дуже відчутними для економіки будь-якої країни, але отриманий ефект при цьому складає в кращому випадку 60–70% від проектного. Однією з головних причин цього є недосконалість існуючих методів проєктування і розрахунку меліоративних систем [1].

Крім того, разом з необхідністю підвищення економічної ефективності осушувальних меліорацій, сьогодні надзвичайно гостро стоїть проблема обґрунтованості меліоративних заходів за екологічними вимогами [2; 3].

Тобто проєкти будівництва й реконструкції меліоративних об'єктів повинні передбачати безпосередній вплив меліоративної діяльності на всі аспекти від її реалізації. А тому це потребує розробки нових підходів та прогресивних методів обґрунтування, насамперед конструкції і параметрів сільськогосподарського дренажу, як визначального регулюючого елемента осушувальної системи [3].

Теоретичні засади науки про дренавання ґрунтів були закладені працями А. Дарсі, Ж. Дюпюї, Ж. Буссінеска та ін. В подальшому розроблені ними теоретичні основи отримали подальшого розвитку в залежностях для розрахунку основних параметрів сільськогосподарського дренажу, що розроблялись як в нашій країні, так і за її межами О.М. Костяковим, С.Ф. Авер'яновим, В.В. Ведерниковим, В.В. Шестаковим, О.Я. Олійником, М.Г. Пивоваром, В.Л. Поляковим, О.І. Івицьким, О.І. Мурашко, В.Т. Климковим, В.А. Іонатом, А.М. Янголем, Ш.А. Брусилівським, О.І. Головановим, В.Я. Шапраном та інших авторів, а також зарубіжних учених Hooghoudt, Ernst, Kirkham, Schilfgoarde, R. Ylover, K. Engelsmann, Ramanauskas, G. Kunze та ін.

На різних етапах розвитку меліоративної науки відомими науковими школами були визначені два основні методи розрахунку параметрів сільськогосподарського дренажу: *гідромеханічний*, що ґрунтується на теоретичних засадах руху води в природних і технічних системах, та *емпіричний*, що ґрунтується на переважно статистичному опрацюванні даних численних натурних досліджень. Кожен з них має свої переваги та недоліки.

Слід зазначити, що гідромеханічний метод визначення відстаней між дренами є найбільш теоретично обґрунтованим, але він ніяким чином не враховує економічні, екологічні, а також деякі режимно-технологічні аспекти роботи дренажу.

Крім того, більшість отриманих на основі цього методу формул не враховують наявності початкового градієнта тиску, що обумовлює рух води [4]. Без урахування цієї умови погрішність визначення відстані між дренами може скласти від 3% до 40%, залежно від тривалості періоду осушення.

Істотним недоліком гідромеханічних формул також є неврахування умов формування дренажного стоку у фазі підняття рівня ґрунтових вод, яка є більш напруженою порівняно з фазою їх спаду [4].

Проте, як найбільш теоретично обґрунтований, цей метод дає змогу здійснювати якісний аналіз чинників гідрологічної дії дренажу, гідродинамічних процесів, що відбуваються в ґрунтах, за усією множиною розрахункових схем реальних природних умов, конструктивних особливостей дренажу в цілому та використовуваних при його влаштуванні фільтруючих матеріалів тощо. Гідромеханічні формули мають також величезне значення при узагальненні даних польових досліджень дренажу, в цьому плані їх роль важко переоцінити.

Водночас головним недоліком гідромеханічних розрахунків є те, що отримані за ними параметри дренажу не обґрунтовані з економічної та екологічної точок зору. Тобто вони не враховують затрат на будівництво і експлуатацію дренажу та його вплив на довкілля.

У практиці проєктування дренажних систем широко розповсюджений також емпіричний метод, за яким відстань між дренами встановлюється залежно від одного або декількох чинників, що впливають на інтенсивність осушення (гранулометричний склад, фізико-хімічні властивості ґрунту, інтенсивність атмосферних опадів, водопроникність порід й ін.). У його основу покладено припущення, що чим важчі ґрунти та нижчі їх фільтраційні властивості – тим меншими повинні бути відстані між дренами (Міттерліх, Шкінкіс Ц.Н., Писарьков В.П., Думбляускас А., Кубишкін В.П., та ін.).

Крім затрат на його розробку та реалізацію, він має досить обмежені рамки застосування, визначені зональними умовами розташування досліджуваного об'єкта.

Тому сьогодні найбільш перспективним вважається економіко-математичний метод, що поєднує в собі переваги гідромеханічного та емпіричного методів і ґрунтується на реалізації комплексу прогнозно-оптимізаційних розрахунків (К.Т. Хоммік, І.С. Рабочев, І.В. Мінаєв, Ю.М. Нікольский, Л.А. Downey, J. Doorenbos, А.Н. Kassam, М.О. Лазарчук, Ліхацевич А.П., Ковальчук П.І. та ін.).

Однак в умовах переходу на ринкові відносини даний метод, як спрощений оптимізаційний, у тому вигляді як він реалізований, вже не дає змоги диференційовано визначати оптимальні параметри дренажу щодо різних рівнів продуктивності вирощуваних культур з дотриманням



сучасних економічних та екологічних вимог у змінних природно-агромеліоративних (грунтових, гідрогеологічних, кліматичних, агротехнічних, економічних та екологічних) умовах реального об'єкта, а тому потребує подальшого вдосконалення.

Методи дослідження ґрунтуються на застосуванні теорії систем з основами системного підходу, системного аналізу та моделювання орієнтованого на широке використання ЕОМ та відповідного програмного й інформаційного забезпечення при розробці сучасних підходів до обґрунтування технічних і технологічних рішень з водорегулювання осушуваних земель. Даний напрям успішно використовується і розвивається практично в усіх галузях науки, техніки і промисловості, як системи автоматизованого проектування або сучасні BIM-технології проектування (Building Information Modelling) [Rahman, Md. A. et al. 2013; Michał Juszczak et al., 2015].

На їх основі нами удосконалено технологію проектування водогосподарсько-меліоративних об'єктів, яка ґрунтується на багатоваріантній оцінці технологічної, технічної, економічної, екологічної ефективності проектних рішень за відповідним комплексом оптимізаційних та прогнозно-імітаційних моделей, методичного та інформаційного забезпечення їх реалізації.

На підставі узагальнення вітчизняної та зарубіжної практики створення і функціонування ДС, а також результатів власних теоретичних та експериментальних досліджень нами було розроблено підходи до оптимізації параметрів сільськогосподарського дренажу з урахування сучасних економічних та екологічних умов.

Суть удосконаленого оптимізаційного підходу полягає в розробці комплексної моделі оптимізації параметрів дренажу, яка, на відміну від існуючого економіко-математичного методу [8], враховує як економічні, так й екологічні аспекти його роботи і дає змогу визначати економічно доцільні й екологічно прийнятні проектні рішення (ПР) щодо його влаштування [10]

$$\begin{cases} ZP_0 = \min_{\{i\}} \sum_{n=1}^{n_p} ZP_{ip} \cdot \alpha_p, i = \overline{1, n_i}; \\ q_0 = \min_{\{i\}} \sum_{n=1}^{n_p} |q_s - \hat{q}_{екол}| \cdot \alpha_p, i = \overline{1, n_i}, \end{cases} \quad (8.1)$$

де  $ZP_0$  – оптимальне значення критерію за  $i$ -м варіантом ПР сукупності  $\{i\}$ ,  $i = \overline{1, n_i}$ , грн/га;  $\alpha_p$  – відомі (визначені або задані) значення повторюваності чи часток можливого стану типових метеорологічних

режимів у розрахункові періоди вегетації сукупності  $\{p\}$ ,  $p = \overline{1, n_p}$  у межах проектного терміну функціонування об'єкта,  $\sum_{p=1}^{n_p} \alpha_p = 1$ ;  $q_0$  – оптимальне розрахункове значення модуля дренажного стоку за  $i$ -тим варіантом ПР, л/с·га;  $q_s$  – середньозважене значення модуля дренажного стоку в межах системи та проектного терміну функціонування об'єкта за  $i$ -тим варіантом ПР, л/с·га;  $\hat{q}_{екол}$  – граничне значення модуля дренажного стоку, що відповідає екологічному рівню ефективності роботи дренажу в досліджуваних умовах, л/с·га;  $i$  – варіанти ПР сукупності  $\{i\}$ ,  $i = \overline{1, n_i}$  щодо типу, конструкції та параметрів дренажу.

За загальний економічний критерій оптимізації приймається показник *приведених витрат*  $Z$  з урахуванням погодно-кліматичного ризику  $R_i$ , зведених до порівняльного вигляду  $ZP$  за обсягом (вартістю)  $V$  отримуваної продукції за відповідними варіантами ПР [9]:

$$ZP_i = \frac{(C_i^{ce} + C_i^m + A_i + E_n \cdot K_i + R_i)}{V_i}, \quad i = \overline{1, n_i}, \quad (8.2)$$

де  $C_i^{ce}$  – сільськогосподарські затрати при вирощуванні сільськогосподарських культур за  $i$ -м варіантом ПР, грн/га;  $C_i^m$  – меліоративні затрати або затрати на експлуатацію за  $i$ -м варіантом ПР, грн/га;  $A_i$  – амортизаційні витрати за  $i$ -м варіантом ПР, грн /га;  $E_n$  – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень на влаштування дренажу  $K_i$  за  $i$ -м варіантом ПР, грн/га.

При цьому погодно-кліматичний ризик визначається як [9; 15]

$$R_i = \sqrt{(V_i - \hat{V}_i)^2}, \quad (8.3)$$

де  $V_i$  – вартість валової продукції за фактичною врожайністю, отриманою за  $i$ -тим варіантом ПР, грн/га;  $\hat{V}_i$  – вартість валової продукції за потенційно можливою врожайністю на об'єкті, грн/га.

Оскільки робота дренажу в режимі осушення призводить до посилення промивного водного режиму, і, як наслідок, зниження родючості ґрунтів через вимивання поживних речовин та порушення структури ґрунту, тому критерієм екологічної оптимальності ПР щодо параметрів дренажу може виступати відхилення середньозваженого значення модуля дренажного стоку в межах системи та проектного терміну функціонування об'єкта  $q_s$  від граничного значення модуля

дренажного стоку  $\hat{q}_{\text{екол}}$ , що відповідає екологічному рівню ефективності роботи дренажу в умовах досліджуваного об'єкта.

Всі складові комплексної моделі оптимізації, такі як техніко-економічні показники, що входять до складу економіко-математичної моделі (капітальні вкладення, вартість отриманої продукції рослинництва, поточні сільськогосподарські, амортизаційні і меліоративні витрати й ін.), а також екологічний показник (критерії) водного і загального природно-меліоративного режимів осушуваних земель, визначаються прийнятими параметрами сільськогосподарського дренажу, є змінними і залежать від багатьох чинників, головними з яких є конструктивно-технологічні, природно-кліматичні, ґрунтово-меліоративні, агротехнічні й інші умови об'єкта.

Вони схематично можуть бути представлені у вигляді вихідних даних для постановки й розв'язування оптимізаційних задач через сукупності відповідних множинних змінних показників:

– *конструктивно-технологічні множинні змінні*: види дренажу за матеріалом виготовлення сукупності  $\{b\}$ ,  $b = \overline{1, n_b}$ ; конструкції дренажу за різними діаметрами труб сукупності  $\{d\}$ ,  $d = \overline{1, n_d}$ ; конструкції фільтрів дренажу сукупності  $\{\varphi\}$ ,  $\varphi = \overline{1, n_\varphi}$ ; розрахунковими схемами роботи дренажу щодо наявних ґрунтово-меліоративних різниць сукупності  $\{m_g\}$ ,  $m_g = \overline{1, n_{m_g}}$ ;

– *прогнозно-імітаційні множинні змінні*: метеорологічні станції чи пости в межах систем сукупності  $\{\omega\}$ ,  $\omega = \overline{1, n_\omega}$ ; розрахункові за умовами тепло- й вологозабезпеченості періоди вегетації сукупності  $\{p\}$ ,  $p = \overline{1, n_p}$ ; види осушуваних ґрунтів сукупності  $\{g\}$ ,  $g = \overline{1, n_g}$ ; вирощувані культури проєктної сівозміни сукупності  $\{k\}$ ,  $k = \overline{1, n_k}$ ; способи водорегулювання сукупності  $\{s\}$ ,  $s = \overline{1, n_s}$  (у нашому випадку  $s = 1$  – осушення).

Економічна складова комплексної моделі оптимізації параметрів дренажу може бути реалізована через зв'язок виду **модуль дренажного стоку** ( $q$ )  $\Leftrightarrow$  **відстань між дренами** ( $B \Leftrightarrow$  **врожай сільськогосподарських культур** ( $Y$ )), де модуль дренажного стоку виступає ключовою ланкою.

Тоді, ввівши необхідні позначення, функціональний зв'язок між складовими означеної підсистеми у загальному випадку може бути представлений в неявному вигляді як

$$Y_i = f_1(f_2(B_i)), i = \overline{1, n_i}. \quad (8.4)$$

Функція (8.4) в нашому випадку виступає як основа «виробничої функції» для реалізації економічної складової моделі оптимізації (1), але вона не має прямого розв'язку, водночас її елементи та функціональний зв'язок між ними вже мають приклади реалізації на науковому та виробничому рівні.

Так, функція між *параметрами дренажу* ( $B_i$ ) та *технологій водорегулювання* ( $q_i$ ) може бути представлена як обернена функція виду

$$B_i = f_1'(q_i). \quad (8.5)$$

Для реалізації функції (5) ми вважаємо за доцільне використовувати загальноприйняту формулу відповідно до ДБН В.2.4-1-99 з урахуванням розробок О.Я. Олійника та А.І. Мурашко [5] для однорідних і шаруватих ґрунтів в умовах атмосферно-ґрунтового живлення.

Дана формула досить повно враховує конструктивні особливості матеріального горизонтального дренажу і реалізується, наприклад, для випадку неглибокого водоупору, коли  $m_D \leq E/4$ , як

$$B_i = 4 \left( \sqrt{L_f^2 + \frac{HT}{2q_i}} - L_f \right), i = \overline{1, n_i}; \quad (8.6)$$

де  $m_D$  – відстань від осі дрени до водоупору, м;  $B$  – відстань між дренами, м;  $L_f$  – загальні фільтраційні опори за ступенем та характером розкриття пласта;  $H$  – розрахунковий напір, м;  $T$  – водопровідність пласта, м<sup>2</sup>/добу;  $q$  – інтенсивність інфільтраційного живлення, м/добу.

Ефективність її застосування підтверджена іншими дослідниками та практикою як у зоні осушувальних, так і зрошувальних меліорацій.

В існуючих методах розрахунку дренажу, як традиційних, так і економіко-математичних, переважає підхід до визначення його параметрів за одиничним розрахунковим значенням величини модуля дренажного стоку з дотриманням тільки технологічних вимог до його роботи щодо зниження рівня ґрунтових вод та відведення надлишкової води з активної кореневмісної зони осушуваного ґрунту у весняний (основний розрахунковий) період.

Виходячи з сучасних технологічних, економічних та екологічних вимог до роботи дренажу, при реалізації комплексної моделі оптимізації (8.1) нами пропонується визначати множину розрахункових значень модуля дренажного стоку щодо рівнів ефективності роботи дренажу з урахуванням різних рівнів продуктивності, цінності та рентабельності

вирощуваних культур в умовах реального об'єкта за відповідною множиною варіантів ПР [10].

Що стосується можливої реалізації функції між *параметрами ефекту* ( $Y_i$ ) та *технологій водорегулювання* ( $q_i$ ), то

$$Y_i = f_2(q_i). \quad (8.7)$$

Оскільки основним (розрахунковим) періодом роботи дренажу є весняний період, тому вплив його роботи на формування врожаю вирощуваних культур, згідно з В.Г. Мурановим [8] та ін.; може бути оцінений через зв'язок між *параметрами ефекту* ( $Y_i$ ) і сумою позитивних середньодобових температур повітря ( $^{\circ}C$ ), накопиченою після дати оптимального терміну посіву або відновлення вегетації культури ( $\sum T_k^e$ ), як *параметрами відповідного природно-меліоративного режиму*

$$Y_i = f_2(\sum T_k^e). \quad (8.8)$$

Взаємозв'язок між різними рівнями ефективності роботи дренажу сукупності  $\{q_r\}$ ,  $r = \overline{1, n_r}$  ( $r = 1$  – екологічний,  $r = 2$  – технологічний,  $r = 3$  – економічний) у весняний розрахунковий період і рівнями продуктивності (рентабельності та цінності) вирощуваних культур  $U_k^r = f(Y_k^r)$ , ( $U_k^{(1)}$  – низький,  $U_k^{(2)}$  – середній,  $U_k^{(3)}$  – високий) з відповідними значеннями визначеного нами максимального відхилення суми середньодобових температур повітря, накопичених від дати оптимального терміну посіву або відновлення вегетації  $\sum \hat{T}_{kr}^e$  в зоні їх біологічного оптимуму, може бути представлений як

$$q_k^r = f_2'(U_k^r, \sum \hat{T}_{kr}^e). \quad (8.9)$$

Значення  $\sum \hat{T}_{kr}^e$  визначаються як відповідні максимальні значення відхилення терміну сівби або відновлення вегетації (градусоднів) вирощуваних культур та зниження їх врожаю за коефіцієнтом  $k_3$ , що описується емпіричною залежністю виду [10]

$$k_3 = \frac{1 - (\lambda_k \cdot \sum \hat{T}_k^e)^2}{1 + (\lambda_k \cdot \sum \hat{T}_k^e)^2}, \quad (8.10)$$

де  $\lambda_k$  – емпіричний коефіцієнт.

Виходячи із загальної постановки оптимізаційної задачі щодо параметрів дренажу, головною вимогою до функції зв'язку між параметрами ефекту (врожаю) та модулем дренажного стоку є необхідність визначення змінного значення оптимуму щодо відповідного рівня ефективності його роботи.

Тому, в загальному випадку, нами пропонується відповідна функція  $k_d = f_2(q_i)$ , яка реалізується як сімейство відповідних нормованих кривих у вигляді складених тригонометричних функцій зі змінним характером визначення точки «оптимальної» (заданої) продуктивності вирощуваної культури проектної сівозміни коли  $k_d=1$ , щодо відповідних значень параметрів модуля дренажного стоку за різними рівнями ефективності роботи дренажу  $q_r$ ,  $r = \overline{1, n_r}$  [10]:

$$k_d = \begin{cases} 0,49 - 0,385 \arctg(3,28 - B_q), 0 \leq q \leq q_r; \\ 0,49 + 0,385 \arctg(3,28 - D_q), q_r \leq q \leq 0, \end{cases} \quad (8.11)$$

де

$$B_q = 7,3/q_r; D_q = 7,3/q_r. \quad (8.12)$$

Таким чином, за результатами реалізації конструктивно-технологічних та прогнозно-імітаційних моделей визначаються множинні значення модулів дренажного стоку за варіантами ПР сукупності  $\{q_{rpi}\}$ ,  $q_{rpi} = \overline{1, n_{q_{rpi}}}$ ,  $r = \overline{1, n_r}$ ,  $p = \overline{1, n_p}$ ,  $i = \overline{1, n_i}$  та відповідних відстаней між дренажами сукупності  $\{B_{rpi}\}$ ,  $B_{rpi} = \overline{1, n_{B_{rpi}}}$ ,  $r = \overline{1, n_r}$ ,  $p = \overline{1, n_p}$ ,  $i = \overline{1, n_i}$ , які відповідають диференційованим значенням врожайності сукупності  $\{Y_{rpi}\}$ ,  $Y_{rpi} = \overline{1, n_{Y_{rpi}}}$ ,  $r = \overline{1, n_r}$ ,  $p = \overline{1, n_p}$ ,  $i = \overline{1, n_i}$ .

Оскільки запропонована нами комплексна модель оптимізації конструкції й параметрів дренажу включає в себе різнорідні показники економічної та екологічної ефективності, тому її практична реалізація зводиться до визначення економічно оптимального та екологічно прийняттого (доцільного) ПР.

Економічна складова комплексної моделі оптимізації (8.1) визначається у загальному випадку за прийнятою чотирирівневою ( $v = \overline{1, n_v}$ ), ( $n_v = 4$ ) ієрархічною структурою виконання оптимізаційних розрахунків:

$$ZP_{0_v} = \min_{\{i\}} \sum_{m_g=1}^{n_{m_g}} \sum_{g_m=1}^{n_{g_m}} \sum_{k=1}^{n_k} \left( \sum_{p=1}^{n_p} ZP_{ipkg_m m_g} \cdot \alpha_p \right) \cdot f_k \cdot f_{g_m} \cdot f_{m_g}, i = \overline{1, n_i}, \quad (8.13)$$

де  $ZP_{0_v}$  – оптимальне значення критерію для кожного рівня ієрархії  $v = \overline{1, n_v}$  реалізації моделі відповідно: на рівні культур проектної сівозміни ( $v=1$ ), ґрунтів ( $v=2$ ), ґрунтово-меліоративних різниць ( $v=3$ ) та

системи в цілому  $v = 4$ , грн/га;  $ZP_{ikpgm_g}$  – значення критерію оптимізації за відповідними варіантами ПР щодо множинних змінних природно-агромеліоративних умов досліджуваного об'єкта, грн/га;  $f_k, f_g, f_{m_g}$  – дольові частки розповсюдження відповідно культур проектної сівозміни, ґрунтових умов, ґрунтово-меліоративних різниць у межах об'єкта.

За результатами реалізації моделі (13) отримуємо оптимальні значення критерію оптимізації для кожного рівня ієрархії  $ZP_{0_v}, v = \overline{1, n_v}$  у досліджуваних умовах.

Отже, на рівні системи в цілому оптимальне ПР щодо параметрів дренажу матиме такий вигляд

$$i_0 = \{ZP_0, b_0, d_0, \varphi_0, q_0, B_0\}. \quad (8.14)$$

Екологічна прийнятність для визначеного економічно оптимального ПР щодо конструкції і параметрів дренажу на рівні системи досягається за умови, коли

$$q_s \rightarrow \hat{q}_{екол}, \quad (8.15)$$

де  $q_s$  – середньозважене значення модуля дренажного стоку в межах системи та проектного терміну функціонування об'єкта

$$q_s = \sum_{g=1}^{n_g} \sum_{k=1}^{n_k} \left[ \sum_{p=1}^{n_p} \left( \sum_{\tau=1}^{n_\tau} q_{kgp\tau} / n_{p\tau} \right) \cdot \alpha_p \right] \cdot f_k \cdot f_g, \quad (8.16)$$

де  $q_{kgp\tau}$  – середньодекадні значення модуля дренажного стоку за розрахункові інтервали часу (декада) сукупності  $\{\tau\}$ ,  $\tau = \overline{1, n_\tau}$ , по таких змінних умовах досліджуваного об'єкта щодо  $p = \overline{1, n_p}, k = \overline{1, n_k}, g = \overline{1, n_g}$ ;  $\hat{q}_{екол}$  – середньозважене граничне значення модуля дренажного стоку, що відповідає екологічному рівню ефективності роботи дренажу у межах системи

$$\hat{q}_{екол} = \sum_{g=1}^{n_g} \sum_{k=1}^{n_k} \left( \sum_{p=1}^{n_p} \hat{q}_{еколkgp} \cdot \alpha_p \right) \cdot f_k \cdot f_g, \quad (8.17)$$

де  $\hat{q}_{еколkgp}$  – значення модуля дренажного стоку, коли  $r$  відповідає екологічному рівню ефективності роботи дренажу для таких змінних умов досліджуваного об'єкта щодо  $p = \overline{1, n_p}, k = \overline{1, n_k}, g = \overline{1, n_g}$ .

Визначення режимно-технологічних, економічних та екологічних складових комплексної моделі оптимізації ґрунтується на реалізації прогнозно-імітаційних моделей з визначення врожайності осушуваних

земель, прогнозної оцінки на довготерміновій основі кліматичних умов місцевості та водного режиму і технологій водорегулювання осушуваних земель [12; 13; 14].

Таким чином, принципи побудови та реалізації комплексної моделі оптимізації конструкції і параметрів дренажу з урахуванням множинних змінних природно-агромеліоративних умов реального об'єкта, їх впливу на врожай вирощуваних культур та створюваний економічний і екологічний ефект ґрунтуються на пов'язаних між собою конструктивно-технологічному, прогнозно-імітаційному й оптимізаційному блоках моделей.

Отже, реалізація комплексної моделі оптимізації (8.1), на відміну від традиційного гідромеханічного, емпіричного, а також спрощеного оптимізаційного методів і моделей дає змогу визначити диференційовано оптимальні параметри дренажу щодо різних рівнів продуктивності вирощуваних культур з дотриманням сучасних економічних та екологічних вимог у змінних природно-агромеліоративних умовах реального об'єкта.

Приклад розрахунку щодо застосування оптимізаційного підходу до обґрунтування параметрів та конструкції сільськогосподарського дренажу було розглянуто для осушуваних земель фермерського господарства «Світанок» Рокитнівського району Рівненської області.

Дослідна ділянка загальною площею становить 410 га. Ґрунти на ділянці представлені дерново-середньо підзолистими глесвими піщаними на пісках ( $g = 1$ ) з коефіцієнтом фільтрації ( $k_{\phi} = 1,2 \text{ м / добу}$ ) та дольовою часткою розповсюдження на системі ( $f_{g_m} = 0,1$ ), дерново-глесвими супіщаними ( $g = 2$ ), ( $k_{\phi} = 1,0 \text{ м / добу}$ ,  $f_{g_m} = 0,3$ ) та торф'яниками середньо потужними середньо розкладеними ( $g = 2$ ), ( $k_{\phi} = 0,4 \text{ м / добу}$ ,  $f_{g_m} = 0,6$ ). На ділянці реконструкції вкладається пластмасовий дренаж з круглою перфорацією і піщано-гравійною засипкою діаметром 63 мм. Сівозміну на масиві представлено наступними культурами: овес з проектною врожайністю ( $Y=36$  ц/га) та дольовою часткою ( $f_k = 0,12$ ), багаторічні трави на сіно ( $Y=42$  ц/га); ( $f_k = 0,25$ ), озима пшениця ( $Y=30$  ц/га); ( $f_k = 0,12$ ), кукурудза на силос ( $Y=320$  ц/га); ( $f_k = 0,13$ ), картопля ( $Y=210$  ц/га); ( $f_k = 0,13$ ).

Узагальнені результати оптимізаційних розрахунків щодо ієрархічних їх рівнів *культура – ґрунт – ґрунтово-меліоративної різниці – система* для досліджуваного об'єкта за комплексним оптимізаційним методом подані в табл. 8.1.



Таблиця 8.1

Зміна водно-фізичних властивостей болотно-торфового ґрунту  
в процесі освоєння і сільськогосподарського використання

Вид ґрунту, $g_m$	Культура $k$	На рівні культури, $v = 1$		На рівні ґрунту, $v = 2$		На рівні ґрунтово-меліоративної різниці, $v = 3$		На рівні системи, $v = 4$	
		$(q_0)$	$(B_0)$	$(q_0)$	$(B_0)$	$(q_0)$	$(B_0)$	$(q_0)$	$(B_0)$
Дерново-середньо-підзолисті глеєві піщані $g = 1$	Овес	0,4	38,00						
	Озима пшениця	0,5	32,00						
	Багаторічні трави	0,6	30,00						
	Кукурудза на силос	0,5	32,00						
	Картопля	0,85	26,00	0,85	26,00	0,85	26,00		
Дерново глеєві супіщані $g = 2$	Овес	0,45	35,00						
	Озима пшениця	0,55	30,00						
	Багаторічні трави	0,5	28,00						
	Кукурудза на силос	0,5	28,00						
	Картопля	0,8	24,00	0,8	24,00	0,8	24,00		
Торф'яники середньо-потужні середньо-розкладені $g = 3$	Овес	0,4	30,00						
	Озима пшениця	0,45	26,00						
	Багаторічні трави	0,55	22,00						
	Кукурудза на силос	0,5	24,00						
	Картопля	0,6	20,00	0,6	20,00	0,6	20,00	0,6	20,00

*Примітка:* У даному випадку за умовами досліджуваного об'єкта результати оптимізаційних розрахунків на ієрархічних рівнях ґрунт – ґрунтово-меліоративна різниця співпадають.

Отримані результати розрахунку за визначеними рівнями врожайності вирощуваних культур показують, що в заданих умовах оптимальні відстані між дренами на найнижчому рівні ієрархії *культура – ґрунт* змінюються на  $g = 1$  від 26 м для картоплі з відповідним економічним критерієм оптимізації  $ZP_0 = 0,91$  до 38 м для зернових з  $ZP_0 = 1,04$  при відповідній зміні розрахункового модуля дренажного стоку від

$q_{ekol} = 0,4$  до  $q_{ekon} = 0,85$ ;  $g = 2$  від 24м з  $ZP_0 = 0,88$  до 35м  $ZP_0 = 0,99$  при  $q_{ekol} = 0,45$  до  $q_{ekon} = 0,80$ ;  $g = 3$  від 20м з  $ZP_0 = 0,82$  до 30м  $ZP_0 = 0,92$  при  $q_{ekol} = 0,4$  до  $q_{ekon} = 0,85$ .

На рівні ієрархії їх виконання *культура – ґрунт – ґрунтово-меліоративна різниця* відстані змінюються від 20 м для картоплі на торфах до 38 м для зернових на пісках при зміні  $q_{ekol} = 0.4$  з  $ZP_0 = 0,83$  до  $q_{ekon} = 0.85$ ;  $ZP_0 = 1,08$ .

Оптимальне проєктне рішення в заданих умовах для системи в цілому, залежно від дольової частки різних за родючістю ґрунтів та продуктивністю вирощуваних культур, складає:  $B_0 = 20$  м при  $q_0 = 0.6$ ,  $ZP_0 = 0,583$ .

Дотримання умови екологічної прийнятності оптимального ПР визначається порівнянням відповідно  $q_s = 0.42$  та  $\hat{q}_{ekol} = 0,45$ .

Оскільки в даному випадку  $q_s < \hat{q}_{ekol}$ , то визначене економічне оптимальне ПР щодо конструкції та параметрів дренажу є також екологічно прийнятним у заданих умовах.

Порівняльну характеристику щодо застосування гідромеханічного, емпіричного, економіко-математичного (спрощеного оптимізаційного) та удосконаленого нами оптимізаційного підходу до обґрунтування параметрів сільськогосподарського дренажу на об'єкті подано в [12].

Таким чином, обґрунтування параметрів та конструкцій сільськогосподарського дренажу за викладеною методикою та отримані результати переконливо свідчать про те, що застосування комплексного методу оптимізації, на відміну від традиційних широко застосованих гідромеханічного і емпіричного методів, дає змогу оцінювати технологічну, економічну та екологічну ефективність дренажу за множинними змінними умовами реального об'єкту. Це у подальшому підвищує обґрунтованість проєктних рішень при будівництві та реконструкції осушувальних систем.

## Література до розділу

1. Шумаков Б. Б. Мелиорация в XXI веке. *Мелиорация и водное хозяйство*. 1996. № 3. С. 4–6.
2. Evaluation of climate change in Ukrainian part of Polissia region and ways of adaptation to it / Kovalenko P., Rokochynskiy A., Jeznach J., Koptyuk R., Volk P., Prykhodko N., Tykhenko R. *Journal of Water and Land Development*. 2019. Vol. 41. Issue 1. P. 72–82. DOI: 10.2478/jwld-2019-0030
3. Рокочинський А. М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах : монографія / за ред. академіка УААН Ромашенка М. І. Рівне : НУВГП, 2010. 351 с.
4. Шкинчис Ц. Н. Проблемы гидрологии дренажа. Ленинград : Гидрометеоздат, 1981. С. 347.
5. ДБН В.2.4-1-99. Меліоративні системи та споруди. Київ : Державний комітет України будівництва, архітектури та житлової політики України, 2000. 174 с.
6. Гейтман Б. Г., Писарьков Х. А. Осушение сельскохозяйственных земель. М.–Л. : Сельхозгиз, 1955. 251 с.
7. Кубышкин В. П. Исследование параметров закрытого дренажа при осушении суглинистых почв различных генетических типов с учетом их водопроницаемости, характера водного питания и условий рельефа. *Осушение тяжелых почв*. М. : Колос, 1981. С. 85–98.
8. Лазарчук Н. А., Муранов В. Г., Черенков А. В., Рокочинский А. Н. Технические указания по оптимизации параметров горизонтального дренажа на основании экономикоматематического расчёта при проектировании осушительных систем в Украинской ССР НТД 33-63-090-8. Киев : Укргидропроводхоз, 1989. 26 с.
9. Фроленкова Н. А., Кожушко Л. Ф., Рокочинський А. М. Еколого-економічна оцінка в управлінні меліоративними проектами (Ecological and economic assessment in the management of reclamation projects). Рівне : НУВГП, 2007. 260 с.
10. Науково-методичні рекомендації до обґрунтування оптимальних параметрів сільськогосподарського дренажу на осушуваних землях за економічними та екологічними вимогами / Рокочинський А. М., Муранов В. Г., Тимейчук О. Ю., Волк П. П. та ін. Рівне, 2013. 34 с.
11. Природообустройство Полесья : монографія : в 4 кн. / подобщ. науч. ред. Ю. А. Мажайского, А. Н. Рокочинского, А. А. Волчека, О. П. Мешика, Е. Езнаха. Рязань : Мещер. ф-л ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 2017. Кн. 2. *Украинское Полесье*. Т. 1. 902 с. Т. 2. 852 с. ISBN 978-5-00077-654-4. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/17225/> (дата звернення: 09.05.2024).

12. Comparative evaluation of various approaches to the foundation of parameters of agricultural drainage / Rokochinskiy A., Volk P., Pinchuk O., etc. *Journal of Water and Land Development*. 2017. No. 34. P. 215–220.

13. Reclamation projects development improvement technology considering optimization of drained lands water regulation based on BIM / Rokochinskiy A., Jeznach J., Volk P. etc. *Scientific Review Engineering and Environmental Sciences*. 2019. Vol. 28. Issue 3(85). P. 432–443. doi: 10.22630/PNIKS.2019.28.3.40

## **9. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЄКТУВАННЯ МЕЛІОРАТИВНИХ ПРОЄКТІВ ПРИ ОПТИМІЗАЦІЇ ВОДОРЕГУЛЮВАННЯ ОСУШУВАНИХ ЗЕМЕЛЬ НА ОСНОВІ ВИМ-ТЕХНОЛОГІЙ**

Гідромеліоративна галузь як самостійна сформувалась в Україні за останні 35–40 років і знаходиться на перетині сфер природокористування, сільського господарства та гідромеліоративного будівництва [1–6 та ін.]. Найбільш інтенсивного розвитку меліорації в Україні набули в 1966–1990 рр., проте з 1991 року різко зменшилися державні капітальні вкладення у водне господарство взагалі, а в меліоративне будівництво особливо. Поступово відбувалось різке скорочення по роках будівництва та реконструкції меліоративних систем і повне припинення їх державного фінансування з 2002 р. [6].

Таке становище зумовлює недостатнє забезпечення матеріально-технічними ресурсами, добривами, відсутність необхідних агро меліоративних заходів, перебої в енергопостачанні, зменшення обсягів робіт з утримання та ремонту меліоративної техніки, постійну втрату кваліфікованих кадрів, неповне використання наукових розробок, недостатнє інформаційне забезпечення господарств тощо. Існуючі меліоративні системи (МС), особливо осушувальні, не повністю відповідають сучасним вимогам прогресивного сільськогосподарського виробництва, вони є морально застарілими і також потребують реконструкції та модернізації. Це узгоджується із «Загальнодержавною цільовою програмою розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну р. Дніпра на період до 2020 року» та іншими нормативно-правовими актами щодо забезпечення функціонування водогосподарсько-меліоративних об'єктів.

Крім того, на сьогодні вже дуже гостро постає проблема змін клімату. Тому необхідний пошук альтернативних варіантів розвитку гідротехнічних видів меліорацій, оптимальних типів і конструкцій осушувальних систем, більш ефективних, надійних та екологічно безпечних шляхів зниження матеріало-, енерго-, фондо-, трудо- та водоемкості сільськогосподарської продукції, а також збільшення виробництва продовольства та сільськогосподарської сировини.

Розвитку меліорацій в Україні взагалі, і в зоні осушення зокрема, притаманні всі загальні об'єктивно зумовлені як позитивні, так і негативні тенденції. Насамперед це стосується того, що широкомасштабний розвиток меліорацій потребує значного капіталовкладення, але отриманий економічний ефекти при цьому складає в кращому випадку 60–70% від проєктного [1]. Недосягнення проєктної ефективності меліорацій відбувається через нестачу наших знань про результати взаємодії

меліоративної діяльності людини з природними процесами та їх урахуванні при проектуванні меліоративних об'єктів. Тому шляхи підвищення ефективності осушувальних меліорацій полягають у розвитку та удосконаленні оптимізаційних методів проектування і розрахунку осушувальних систем та їх елементів на еколого-економічних засадах. Зокрема, перехід на багатоваріантність при обґрунтуванні проектних рішень – пошук оптимального проектного рішення з вибраної сукупності можливих альтернативних варіантів. Головна мета порівняльної оцінки полягає у виборі більш економічно та екологічно прийнятних варіантів інвестування, тобто в забезпеченні максимального ефекту меліоративних заходів при найменших витратах на їх реалізацію [1].

Як в минулі роки, так і зараз на практиці процедура розробки альтернативних варіантів проектних рішень (ПР) та вибору найкращого з них відсутня, хоча в ДБН В. 2.4-1-99 «Меліоративні системи та споруди» передбачено, що технічні рішення щодо схем та конструкцій основних меліоративних споруд слід приймати на основі порівняння основних техніко-економічних показників різних варіантів між собою. Проте на практиці на початковому етапі після проведення необхідних досліджень та вишукувань проектною організацією розробляється якийсь один технічний варіант проекту і в подальшому він просто уточнюється, доповнюється та обґрунтовується його доцільність й ефективність. Хоча остаточний вибір способів водорегулювання й пов'язаних з ними типу, конструкції і схеми роботи МС можуть бути виконані тільки на підставі техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) оптимальних рішень шляхом порівняння можливих їх альтернативних варіантів (способів і схем водорегулювання) на об'єкті, що розглядається [7].

Необхідність даного підходу можна пояснити відсутністю обґрунтованих й ефективних методів розробки та вибору оптимального варіанту меліоративного проекту. Тому обґрунтування проектного рішення на еколого-економічних засадах потребує удосконалення самого процесу проектування, особливо при розгляді або уточненні етапів розробки проекту [8; 9; 10].

Сучасною методологічною основою та, одночасно, універсальним технічним інструментом, який дозволяє удосконалювати практику проектування складних об'єктів і систем, що сьогодні успішно використовується і розвивається практично в усіх галузях науки, техніки і промисловості, є системи автоматизованого проектування або сучасні – BIM-технології проектування (Building Information Modelling ) [Rahman, Md. A. et al. 2013; Michał Juszczak et al. 2015].

У структурному відношенні САПР представляє собою організаційно-технічний комплекс, що складається з великої кількості взаємозв'язаних і взаємодіючих компонентів. Головною функцією САПР є

здійснення автоматизованого проектування об'єктів та їх складових елементів на основі застосування математичних й інших моделей, автоматизованих проектних процедур і засобів обчислювальної техніки [6].

Одна з головних цілей проектування полягає в пошуку оптимального проектного рішення з вибраної сукупності можливих варіантів. Сутність оптимізації при цьому зводиться до пошуку найкращого (з можливих) проектного рішення з урахуванням кліматичних, ландшафтних, ґрунтових, геологічних, агрономічних умов, яке дає мінімум (максимум) деякої цільової функції, що характеризує загальну (комплексну) ефективність об'єкта, що проектується. Отже, для реалізації оптимізації головною умовою є наявність альтернатив, тобто сукупності можливих варіантів проектних рішень щодо природно-агромеліоративних умов та умов формування рельєфу реального об'єкта.

На стадії проекту нового будівництва чи реконструкції МС як системи сільськогосподарського виробництва (ССВ) та гідромеліоративної системи (ГМС) за [7] проектні технічні, технологічні рішення (ПР) приймаються тільки один раз і наступні корегування закладених в них стратегій управління об'єктом відповідно до зміни погодних умов вже неможливі або недоцільні. Через практичну неспроможність спрогнозувати реальний характер їх зміни в межах проектного терміну функціонування МС (30–50 років), така стратегія може бути реалізована наступним чином.

З урахуванням [4; 7] за комплексною моделлю оптимізації оптимальне ПР в загальному вигляді може бути визначене як

$$\begin{cases} U_0 = \underset{\{i\}}{\text{extr}} U_i = \overline{1, n_i}; \\ Z_{0j} = \underset{\{i\}}{\min} |Z_{ji} - \widehat{Z}_j|, j = \overline{1, n_j}; i = \overline{1, n_i}. \end{cases} \quad (9.1)$$

Тут  $U_0$  – екстремальне значення за прийнятою умовою обраного критерію економічної оптимальності  $U$ , що відповідає оптимальному ПР за сукупністю можливих варіантів  $I = \{i\}$ ,  $i = \overline{1, n_i}$ ;  $Z_{ji}$  – сукупність  $\{j\}$ ,  $j = \overline{1, n_j}$  критеріїв (фізичних показників) екологічної ефективності відповідних варіантів ПР;  $\widehat{Z}_j$  – відповідні до прийнятих лімітуючі показники екологічної ефективності.

Варіанти проектних ПР сукупності  $I = \{i\}$ ,  $i = \overline{1, n_i}$  складаються за різними технологіями водорегулювання осушуваних земель й

відповідними конструктивними рішеннями щодо ГМС та їх технічних елементів.

Тоді, щодо (9.1), значення критеріїв економічної та екологічної оптимізації для кожного проєктного рішення з урахуванням кліматологічної стратегії управління об'єктом у багаторічному перерізі визначаються за формулами:

$$U_i = \sum_{p=1}^{n_p} u(I, P) \cdot \alpha_p, \quad i = \overline{1, n_i}, \quad (9.2)$$

$$Z_{ji} = \sum_{p=1}^{n_p} z_j(I, P) \cdot \alpha_p, \quad j = \overline{1, n_j}; \quad i = \overline{1, n_i}. \quad (9.3)$$

*Оптимальний рівень розрахункової забезпеченості*, що визначає параметри конструктивних рішень у проєкті конкретного об'єкта, може бути визначений, на відміну від прийнятої практики її нормування, також на еколого-економічних засадах, з урахуванням наявних природно-агромеліоративних умов, за відповідною комплексною оптимізаційною моделлю

$$\begin{cases} p_0 = \underset{\{P\}}{\text{extr}} U_0(P), \quad i = i_0; \quad p = \overline{1, n_p}; \\ Z_{0j} \geq \hat{Z}_j, \quad j = \overline{1, n_j}, \end{cases} \quad (9.4)$$

де  $p_0$  – оптимальна типова схема природно-кліматичних умов об'єкта за відповідною розрахунковою забезпеченістю періоду вегетації із сукупності  $\{p\}$ ,  $p = \overline{1, n_p}$ , що визначена за екстремумом функції  $U_0(P)$ , побудованої для економічно оптимального ПР  $i = i_0$ ;  $Z_{0j}$  – сукупність  $\{j\}$ ,  $j = \overline{1, n_j}$  критеріїв екологічної ефективності при  $i = i_0$ .

Реалізація комплексних оптимізаційних моделей потребує визначення показників і критеріїв економічної та екологічної ефективності ПР, що формуються, насамперед, в межах меліорованого поля. Інтегральна їх оцінка за сукупністю полів проєктної чи планової сівозміни в структурі ССВ та по технічних елементах ГМС дасть змогу характеризувати еколого-економічний ефект для МС в цілому.

Усі складові загальної моделі оптимізації, такі як техніко-економічні показники (ТЕП), що входять до складу економіко-математичних моделей (капітальні вкладення, вартість отриманої продукції рослинництва, поточні сільськогосподарські і меліоративні витрати й ін.), а також екологічні показники (критерії) водного і загального природно-меліоративного режимів осушуваних земель, визначаються прийнятими



способами і схемами водорегулювання, є змінними і залежать від багатьох чинників, головними з яких є природно-кліматичні, ґрунтово-меліоративні, агротехнічні й інші умови об'єкта. Вони схематично можуть бути представлені у вигляді вихідних даних для постановки й розв'язування означених оптимізаційних задач через сукупності відповідних множинних показників:

– метеорологічних станцій або постів  $\Omega = \{\omega\}$ ,  $\omega = \overline{1, n_\omega}$ , їх часток  $f_\omega$  чи площ  $F_\omega$  обслуговування в межах системи;

– видів осушуваних ґрунтів  $G = \{g\}$ ,  $g = \overline{1, n_g}$ , їх часток  $f_g$  чи площ  $F_g$  розповсюдження;

– видів вирощуваних сільськогосподарських культур  $Q = \{k\}$ ,  $k = \overline{1, n_k}$ , їх часток  $f_k$  чи площ  $F_k$  в структурі проєктних сівозмін та величин їх розрахункових середніх (проєктних або планових) урожаїв  $\bar{Y}_k$ ,  $k = \overline{1, n_k}$  на осушуваних землях;

– можливих способів водорегулювання осушуваних земель  $S = \{s\}$ ,  $s = \overline{1, n_s}$  та можливих площ  $f_s$  їх застосування у межах системи;

– розрахункових (типових) за умовами тепло- й вологозабезпеченості періодів вегетації  $P = \{p\}$ ,  $p = \overline{1, n_p}$  та їх часток  $\alpha_p$ ,  $p = \overline{1, n_p}$  в межах проєктного терміну функціонування системи або використання осушуваних земель;

– структурних елементів системи, характерних за рельєфом місцевості, ґрунтово-меліоративними різницями тощо  $L = \{l\}$ ,  $l = \overline{1, n_l}$ , їх часток  $f_l$  чи площ  $F_l$  розповсюдження;

– питомих вартісних показників для визначення ПР, що входять до складу економіко-математичних моделей тощо.

Визначення необхідних значень складових загальних моделей оптимізації можливе тільки на базі вирішення складного й розгалуженого, багатопараметричного й багатофункціонального завдання шляхом застосування методів математичного моделювання з використанням ЕОМ і ґрунтується на створенні комплексу ієрархічно зв'язаних імітаційних субмоделей з прогнозування на довготерміновій основі водного і загального природно-меліоративного режимів осушуваних земель, їх впливу на врожай вирощуваних культур та створюваний екологічний ефект.

Узагальнену структуру реалізації прогнозно-імітаційних та оптимізаційних розрахунків з оцінки ефективності водорегулювання

осушуваних земель на довготерміновій основі за різних природно-меліоративних умов подано на рис. 9.1.

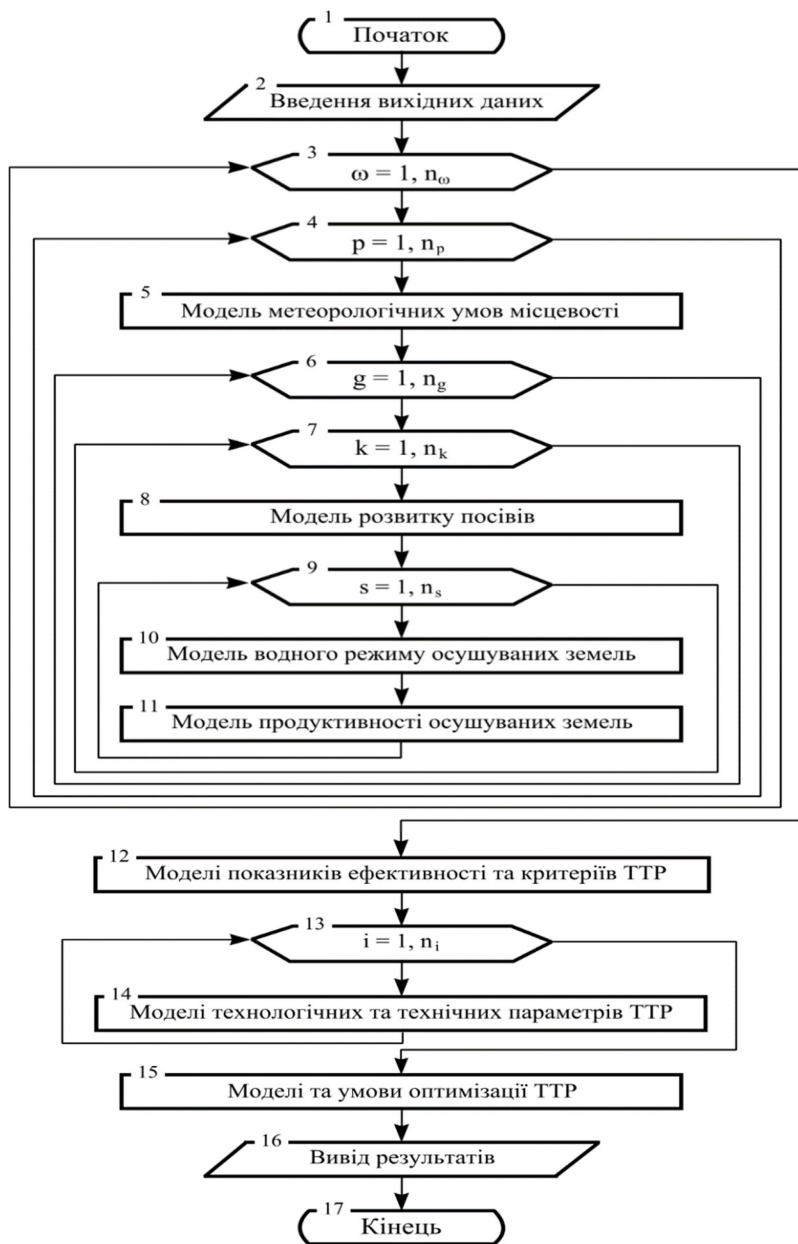


Рис. 9.1. Узагальнена блок-схема прогнозно-оптимізаційних розрахунків з обґрунтування проектних рішень на еколого-економічних засадах

Характерними особливостями розробленої структури є блочна побудова їх реалізації. При цьому можна виділити такі відносно самостійні узагальнюючі блоки:

- блок формування вихідних даних за сукупностями основних впливаючих природно-кліматичних, ґрунтово-меліоративних й інших факторів (блок 2, рис. 9.1);

- блок прогнозних розрахунків на довготерміновій основі за сукупністю відповідних моделей: метеорологічних режимів, водного режиму та технології водорегулювання, продуктивності осушуваних земель для схематизованих природно-агромеліоративних умов реального об'єкта (блоки 5, 8, 10, 12, рис. 9.1);

- блок оптимізаційних розрахунків, який передбачає визначення, згідно із прийнятою структурою їх виконання (одно- або n-рівневою), прийнятих критеріїв економічної та екологічної ефективності ПР, що розглядаються, відповідно до сформульованого завдання за прийнятими умовами оптимізації як на рівні кожного меліорованого поля (вироснутої культури), так і за сукупністю полів у межах системи (блок 14, рис. 9.1). За ними реалізується загальна умова оптимізації та остаточний вибір такого раціонального рішення, що здійснюється неформальним шляхом через експертну оцінку відповідним спеціалістом на стадії проєкту або планової експлуатації меліоративної системи, що враховує, з одного боку, економічну ефективність, а з іншого – екологічну прийнятність його реалізації (блок 15, рис. 9.1);

- блок формування й виводу будь-яких проміжних (за необхідності) та остаточних результатів прогнозно-оптимізаційних розрахунків на будь-якому етапі їх виконання (блок 16, рис. 9.1).

Безумовно, що наведена на рис. 9.1 загальна універсальна структура прогнозно-оптимізаційних розрахунків буде дещо змінюватися у кожному конкретному випадку її застосування залежно від рівня оптимізаційної задачі, що розв'язується, та прийнятої до розгляду, відповідно до сформульованого завдання, – рівневої структури їх виконання та конкретних природно-меліоративних й інших умов об'єкта управління.

Практична реалізація значного об'єму прогнозно-імітаційних та оптимізаційних розрахунків можлива тільки на основі застосування відповідного інструментарію, яким є сучасна САПР.

За всіма характерними ознаками САПР відноситься до складних систем, а методологічною основою його створення й функціонування, як і при створенні прогнозно-оптимізаційних методів і моделей, є системний підхід і системний аналіз.

Тому, згідно з [6; 7], загальна технологія проєктування складних об'єктів, процесів і систем на багатоваріантній основі за основними

етапами їх розробки може бути представлена у вигляді структурної схеми (рис. 9.2).

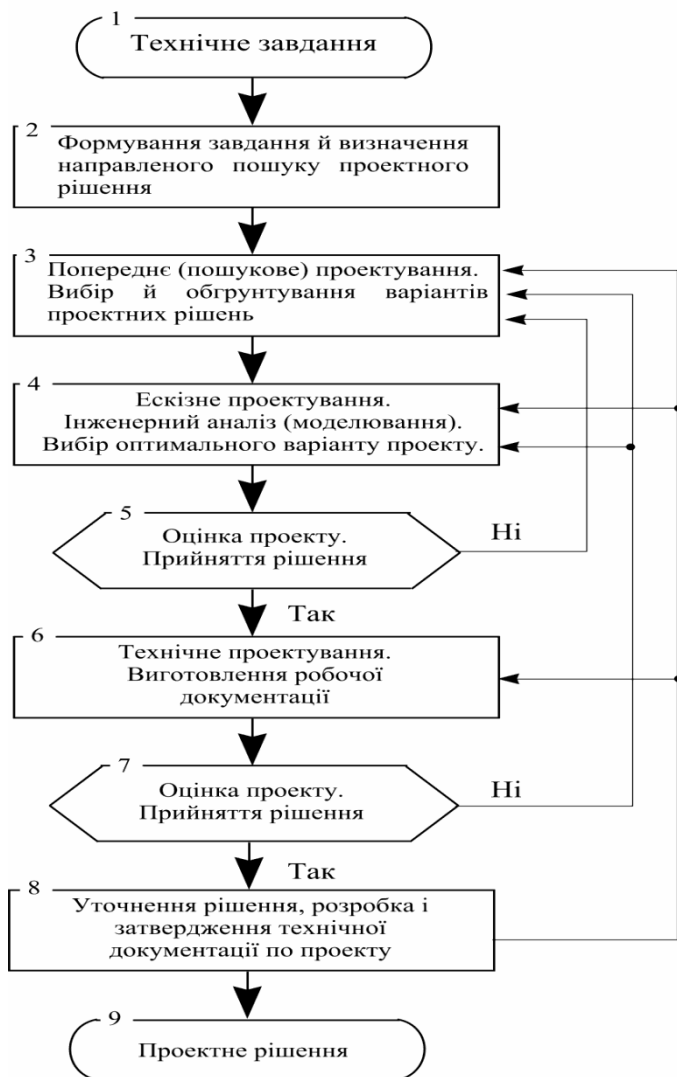


Рис. 9.2. Типова логічна схема процесу проектування на багатоваріантній основі за базовими проектними процедурами

Така модель ілюструє загальні принципи та підходи до процесу еколого-економічного оцінювання альтернативних варіантів проектів меліоративного будівництва і реконструкції, вибору серед них оптимального та його інвестиційного обґрунтування у подальшому.

Дана схема наочно відображає принципи переходу від традиційного, переважно моноваріантного підходу до обґрунтування ПР при створенні

водогосподарсько-меліоративних об'єктів, до можливого переходу на оптимізаційні методи з вибором оптимального ПР на багатоваріантній основі.

При цьому, відповідно до сучасних вимог, виникає необхідність еколого-економічного оцінювання меліоративного проекту, загальну модель якого наведено на рис. 9.3.

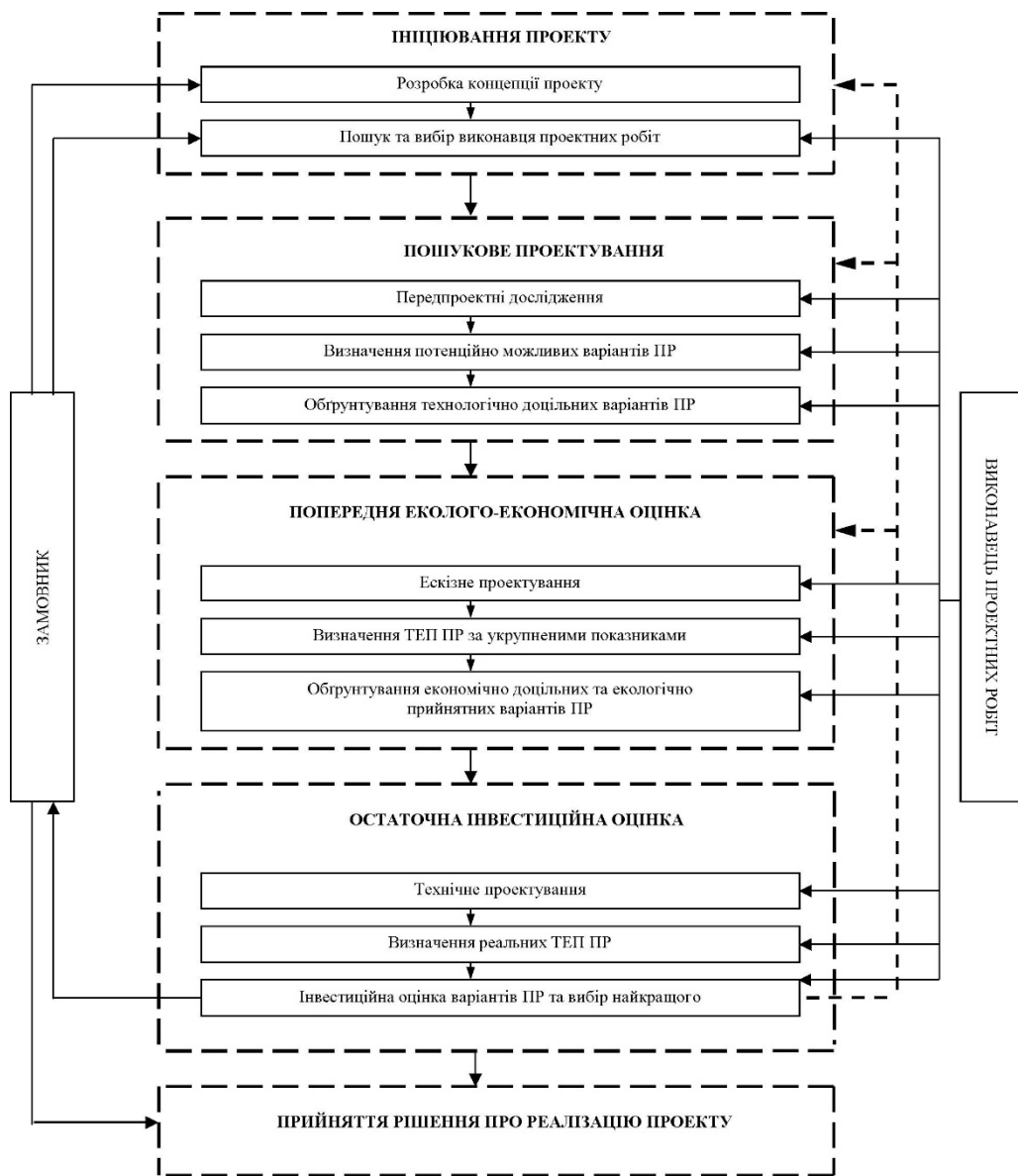


Рис. 9.3. Загальна модель еколого-економічного оцінювання меліоративного проекту

Її реалізація включає такі основні етапи:

– *Ініціювання проєкту* передбачає насамперед, формування ідеї та мети проєкту, постановку завдань, формування основних його характеристик та попередню оцінку доцільності інвестицій на його реалізацію.

– *Пошукове проєктування*. На стадії передпроектних досліджень проводиться збір та аналіз необхідних даних, здійснюються проєктно-вишукувальні роботи та проводяться необхідні дослідження для подальшого визначення можливих варіантів технічних рішень і вибору з них найбільш економічно та екологічно обґрунтованих.

– *Визначення потенційно можливих варіантів ПР*. Необхідним принципом ефективності меліоративного проєктування та оптимізації є багатоваріантність розроблених ПР з метою подальшого вибору з них найкращого.

Для реалізації оптимізації головною умовою є наявність альтернатив, тобто сукупності всіх можливих варіантів проєктних рішень щодо можливих змінних природно-агромеліоративних умов реального об'єкта. При проєктуванні меліоративних заходів, як правило, виникає значна кількість різних за технічними та технологічними рішеннями варіантів, які відповідно впливають на економічну та екологічну ефективність від їх реалізації.

При цьому необхідно обґрунтувати й визначити оптимальне проєктне рішення з типу, конструкції та параметрів меліоративної системи, що зумовлені прийнятим способом (схемою) водорегулювання на системі за наявних природно-господарських умов. Саме тому на даному етапі розглядаються всі потенційно можливі варіанти проєкту для того, щоб рішення про найбільш оптимальний з них прийняти на завершальній стадії розробки. Це передбачає, насамперед, визначення технологій водорегулювання, найбільш придатних до реалізації з погляду цілей і задач проєкту, а також з погляду аналізу місцевих умов (кліматичних, ландшафтних, ґрунтових, геологічних, агрономічних тощо), доступності і вартості сировини, енергії, робочої сили. За результатами проведених досліджень визначаються всі технологічно можливі на даному об'єкті методи та способи меліорацій і відповідні їм конструкції меліоративних систем.

Варіанти технічних та технологічних рішень складаються за різними технологіями водорегулювання меліорованих земель й відповідними конструктивними рішеннями щодо меліоративної системи та їх технічних елементів. Адже саме технологія (або способи) водорегулювання визначає необхідні конструктивні рішення щодо характеру регулюючої та провідної мережі, гідротехнічних споруд тощо й, тим самим, тип і конструкцію меліоративної системи на меліорованих землях.

Для обґрунтування оптимального ПР на багатоваріантній основі має місце необхідність вибору для подальшого ескізного проектування із сукупності потенційно можливих техніко-технологічних рішень, визначених на попередньому етапі, найбільш придатних до виробничої реалізації в природно-аграрно-меліоративних умовах реального об'єкта. З практичної точки зору їх раціональна кількість може налічувати 2–6 варіанти ПР. На даному етапі варіанти ПР для подальшого розгляду та оцінки можуть відбиратися на основі комплексного критерію з урахуванням технічних, технологічних й екологічних умов та обмежень з використанням експертних оцінок. Реальний інтерес з численних можливих варіантів схем водорегулювання насамперед викликають ті, які передбачають регулювання водного режиму за схемами, коли для всіх культур сівозміни застосовується один з наявних способів водорегулювання, а також за схемою, що становить комбіновану схему водорегулювання, складену з оптимальних способів для кожного поля культури проектною сівозміни [9; 10].

Попередня еколого-економічна оцінка здійснюється на стадії техніко-економічного обґрунтування, яка включає в себе ескізне проектування та визначення техніко-економічних показників за варіантами проекту.

В загальному випадку *ескізні проекти* – це попередні плани рішення поставленого завдання в конкретних умовах і, як правило, вони охоплюють розробку основних питань з невеликою кількістю показників. Етап ескізного проектування розробляється для концептуального визначення вимог до територіальних, функціональних, екологічних вирішень об'єкта, принципового підтвердження можливості і доцільності його створення. На етапі ескізного проектування здійснюється попередня розробка та визначаються основні види та об'єми робіт по кожному з альтернативних варіантів аналізованих ПР.

У подальшому на основі розроблених ескізних проектів здійснюється розрахунок всіх необхідних технічних, технологічних, експлуатаційних, екологічних та економічних параметрів, вибраних до розгляду варіантів проекту за укрупненими та нормативними показниками, зокрема: потужність об'єкта, загальна кількість працюючих, продуктивність праці, собівартість основних видів продукції, кошторисна вартість будівництва, вартість основних фондів, дольова участь інвесторів, річна потреба у сировині, енергоресурсах, воді, витрати основних будівельних матеріалів, площа території, напрями використання меліорованих земель тощо. Ці показники є вихідними даними для подальшої економічної оцінки та порівняння альтернативних варіантів меліоративного проекту.

Після цього здійснюється порівняльна еколого-економічна ефективність розроблюваних варіантів проєкту та екологічних умов порівнюваних варіантів ПР. Загальноприйнятим підходом у сфері вибору оптимальних ПР в галузі меліорації земель є орієнтація на їх *економічну доцільність та екологічну прийнятність*.

Із сукупності попередньо відібраних за техніко-технологічними параметрами варіантів проєкту за визначеними еколого-економічними критеріями обирають один або декілька близьких за техніко-економічними показниками екологічно прийнятні варіанти ПР для подальшої, вже більш детальної їх розробки та оцінки.

За вибраним на попередньому етапі перспективним з екологічної та економічної точки зору варіантом проєкту розробляється відповідно до діючих вимог необхідна робоча документація, уточнюються прийняті конструктивні рішення та їхні технічні параметри, визначаються реальні обсяги основних будівельно-монтажних робіт, потреби в обладнанні, конструкціях, матеріальних, енергетичних, трудових ресурсах, тривалість будівництва та терміни виконання будівельно-монтажних робіт тощо.

Таким чином, перехід на оптимізаційні методи визначає необхідність зміни технології проєктування водогосподарсько-меліоративних об'єктів на основі використання багатоваріантного підходу та дасть змогу підвищити загальну еколого-економічну ефективність осушувальних меліорацій, насамперед при розробці проєктів нового будівництва, реконструкції та модернізації гідромеліоративних систем.

### *Література до розділу*

1. Шумаков Б. Б. Мелиорация в XXI веке. *Мелиорация и водное хозяйство*. 1996. № 3. С. 4–6.
2. Айдаров И. П., Голованов А. И., Никольский Ю. Н. Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель (рекомендации). М. : Агрометеоиздат, 1990. 60 с.
3. Коваленко П. И. Основные положения концепции водных мелиораций в зоне избыточного увлажнения в Украине. К., 1992. 23 с.
4. Рокочинський А. М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах : монографія / за ред. академіка УААН Ромашенка М. І. Рівне : НУВГП, 2010. 351 с.
5. Карук Б. П. Системный подход к оценке воздействия на окружающую среду объектов осушительной мелиорации в Украине. *Теория и практика эколого-мелиоративного мониторинга в Украинском Полесье* : сб. докл. К., 1992. С. 22–32.



6. Рекс Л. М. Системные исследования мелиоративных процессов и систем. М. : Аслан, 1995. 192 с.
7. Меліорація та облаштування Українського Полісся : колективна монографія / за ред. д.с.-г.н., професора, акад. НААН Я. М. Гадзала, д.т.н., професора, член-кор. НААН В. А. Сташука, д.т.н., професора А. М. Рокочинського. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. Т. 1. 932 с.
8. Рокочинський А. М. Системна оптимізація водорегулювання як необхідна умова створення та функціонування водогосподарсько-меліоративних об'єктів на еколого-економічних засадах. *Меліорація і водне господарство*. 2016. Вип. 104. С. 67–71.
9. Rokochinskiy A., Volk P., Pinchuk O., Mendus S., Koptyuk R. 2017. Comparative evaluation of various approaches to the foundation of parameters of agricultural drainage. *Journal of Water and Land Development*. № 34. P. 215–220.
10. Drainage system in the Kampinos National Park / Mioduszewski W., Kowalewski Z., Zurawski R., Stankiewicz J. *Journal of Water and Land Development*. 2010. № 14. P. 83–95.

## 10. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ СИСТЕМНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ СТВОРЕННЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ ДРЕНАЖНИХ СИСТЕМ ВІДПОВІДНО ДО СУЧАСНИХ ВИМОГ

Меліорація земель відіграла та відіграє провідну роль у стабілізації ресурсного і продовольчого забезпечення нашої держави та світу в цілому, роль потужного страхового фонду передусім в екстремальні за погодними умовами роки. Зважаючи на високу соціальну значущість меліорацій, особливо з огляду на глобальні кліматичні зміни та формування цивілізованих земельно-ринкових відносин, європейський та світовий досвід, водні, гідротехнічні, агротехнічні та інші види меліорацій вимагають сучасних інноваційних рішень, спрямованих на досягнення сталої продовольчої, енергетичної, екологічної та економічної безпеки держави [1].

За узагальненими дослідженнями фахівців та вчених Укргідромету, Інституту водних проблем і меліорації НААН, Одеського державного екологічного університету [1; 2 та ін.], що підтверджено також і нашими дослідженнями [3; 6 та ін.], при наявних темпах та рівнях змін клімату вже відбуваються зміни природно-меліоративних умов у зоні Полісся та України в цілому. Підвищення температури повітря, збільшення кліматичного дефіциту та посилення посушливості в Поліському регіоні призводить до збільшення сумарного випаровування, загальної водопотреби та регулярного зволоження при вирощуванні сільськогосподарських культур, в тому числі й на осушуваних землях.

Тому надзвичайно актуальним постає питання щодо зміни підходів до створення й функціонування водогосподарсько-меліоративних об'єктів, удосконалення технологій водорегулювання відповідно їх типів, конструкції і параметрів, що адаптовані до цих змін [4].

У зв'язку з цим метою дослідження є подальший розвиток загальної теорії оптимізації, розробка методів й моделей для обґрунтування оптимальних режимних, технологічних та технічних параметрів дренажних систем (ДС) на еколого-економічних засадах у їх взаємозв'язку для підвищення загальної ефективності при їх створенні та функціонуванні.

Раніше проведеними дослідженнями [5; 6; 7 та ін.] нами було розроблено загальні підходи, методи та моделі оптимізації технічних і технологічних рішень з водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах шляхом:

- переходу від усталеної практики розгляду меліоративних об'єктів не суто як технічних, а як складних природно-технічних систем;

- визначення наявності в такій системі структурного зв'язку між різнорідними елементами виду *ефект*  $\Leftrightarrow$  *режим*  $\Leftrightarrow$  *технологія*  $\Leftrightarrow$  *конструкція*;
- розробки принципів побудови й реалізації комплексних моделей оптимізації режимно-технологічних та конструктивних рішень з водорегулювання осушуваних земель, які включають в себе модель економічної оптимізації, що побудована за традиційним економіко-математичним підходом, а її екологічна складова, як обмеження, визначає прийнятність оптимального економічного рішення:

$$\begin{cases} U_0 = \text{extr}_{\{i\}} U_i \cdot \alpha_p, i = \overline{1, n_i}; \\ Z_0 = \text{extr}_{\{j\}} Z_{ji} \cdot \alpha_p, j = \overline{1, n_j}; i = \overline{1, n_i}, \end{cases} \quad (10.1)$$

де  $U_0, Z_0$  – відповідні екстремальні значення за прийнятою умовою обраних критеріїв економічної  $U$  та екологічної  $Z$  оптимальності, що відповідає оптимальному технічному або технологічному рішенню (ТТР) за сукупністю можливих варіантів  $I = \{i\}, i = \overline{1, n_i}; Z_{ji}$  – сукупність  $\{j\}, j = \overline{1, n_j}$  критеріїв (фізичних показників) екологічної ефективності відповідних варіантів ТТР;  $\alpha_p$  – відомі (визначені або задані) значення повторюваності чи часток можливого стану типових метеорологічних режимів у розрахункові періоди вегетації сукупності  $\{p\}, p = \overline{1, n_p}$  у

межах проектного терміну функціонування об'єкта,  $\sum_{p=1}^{n_p} \alpha_p = 1$ ;

- обґрунтовано критерії економічної та екологічної оптимізації щодо різних рівнів прийняття управлінських рішень в часі (1 – проект, 2 – планова експлуатація, 3 – оперативне управління);
- розроблено комплекс прогнозно-імітаційних моделей з прогнозної оцінки на довготерміновій основі змінних природно-агроекологічних умов реального об'єкту.

За такими принципами та науково-методичними підходами нами було розроблено, на відміну від економіко-математичного методу, що був застосований В.Г. Мурановим та М.О. Лазарчуком [8], методи та моделі для обґрунтування оптимальних параметрів сільськогосподарського дренажу при осушуванні земель з дотриманням сучасних економічних та екологічних вимог [6; 9].

Виходячи з визначення поняття гідромеліоративної системи (ГМС), які у свій час було представлено різними дослідниками як: *метеоролого-економічна система* (Жуковський Є.Є., 1981); *складна природно-технічна*

*система* (Рекс Л.М., 1995; Рокочинський А.М., 2002, 2010 та ін.); *організована еколого-економічна система* (Фроленкова Н.А., 2006 та ін.); *соціо-природно-технічна система* (Ковальчук В.П., 2016); *складна природно-технічна еколого-економічна система* (Рокочинський А.М., 2016; Турченко В.О., 2018) – встановлених нами зв'язків між різнорідними елементами та притаманних таким системам характерних технологічних, економічних та екологічних ознак, пропонуємо ДС, як невід'ємну складову сучасного водогосподарсько-меліоративного комплексу або водної галузі країни, розглядати як *водогосподарсько-меліоративну систему* (ВМС), та, відповідно, як *складну природно-технічну еколого-економічну систему* (СПТЕЕС).

Необхідною умовою є знаходження загального (глобального) оптимуму в таких системах тільки на основі застосування **системної оптимізації**, суть якої полягає в знаходженні проміжних локальних оптимумів для всіх її основних складових різнорідних елементів у їх взаємозв'язку [5; 6; 7]. При цьому, для сучасного рівня розвитку водогосподарсько-меліоративної та аграрної науки, системна оптимізація з обґрунтування оптимальних проєктних рішень (ПР) щодо типу, конструкції й параметрів ДС та складових її технічних елементів здійснюється на наявний, визначений або заданий рівень економічної (врожайність сільськогосподарських культур) та екологічної ефективності функціонування досліджуваного об'єкта.

За такими принципами та науково-методичними підходами системної оптимізації нами (В.О. Турченко, А.М. Рокочинський, 2018) було виконано обґрунтування оптимальних параметрів режимних, технологічних та конструктивних рішень щодо водокористування на рисових зрошувальних системах у їх взаємозв'язку [10; 11]. Розглядаючи окремі елементи щодо режиму та технології зрошення рису й конструкції карт-чеків при заданому рівні ефективності, нами не було отримано оптимального рішення щодо типу та конструкції рисової системи в цілому.

Ґрунтуються на застосуванні теорії систем з основами системного аналізу та моделювання при розробці сучасних підходів до оптимізації режимних, технологічних та технічних рішень щодо створення та функціонування ДС на еколого-економічних засадах. Системний підхід включає в себе: розгляд ДС як СПТЕЕС; дослідження їх елементів, закономірностей функціонування і розвитку; декомпозицію складних цілей і задач переважно ієрархічної природи, притаманних таким системам; застосування методології низхідної ієрархії аналізу та висхідної ієрархії синтезу при розробці прогнозно-оптимізаційних моделей і методів їхньої реалізації.

Виклики сучасності щодо енергетичної, продовольчої, водної та екологічної безпеки, а також зміни клімату, визначають за необхідне розробку й реалізацію відповідних адаптивних заходів у зоні осушувальних меліорацій щодо удосконалення технологій водорегулювання відповідно їх типу, конструкції та параметрів ДС з урахуванням змінних кліматичних умов [5; 6].

Тому виникає необхідність у пошуку нових підходів, методів та моделей на основі розвитку загальної теорії оптимізації щодо застосування системної оптимізації для обґрунтування оптимальних ПР щодо типу, конструкції та параметрів ДС в цілому та окремих їх технічних елементів з дотриманням сучасних екологічних й економічних вимог.

Вирішення такого завдання потребує насамперед розробки моделі системи, де відбуваються складні природно-техногенні процеси з формування водного режиму осушуваних земель під дією зовнішніх як некерованих (природних), так і керованих (меліоративних) факторів, формуються загальний еколого-економічний ефект від їх сполученості та значення показників, що його характеризують.

За аналогією, та на відміну від моделі меліорованого поля на осушуваних землях, що розглянуто нами раніше [5; 6 та ін.], меліоративна система (МС) у складі системи сільськогосподарського виробництва (ССВ) (сільськогосподарських меліорованих полів з вирощуваними на них культурами) та конструктивно-технічних елементів ГМС або ДС, які виконують функцію регулювання водного й загального природно-меліоративного режимів у межах системи у їх взаємозв'язку, може бути представлено у такому вигляді (рис. 10.1).

Кожна ланка такої системи (відповідні підсистеми) взаємопов'язані між собою як різнірідні складові елементи, що взаємодіють між собою та з оточуючим середовищем. В представленій системі в рамках кожного окремо взятого меліорованого поля ССВ реалізується водний режим осушуваних земель, який забезпечують регулюючі елементи ДС, вирощуються певні сільськогосподарські культури та формується загальний еколого-економічний ефект в межах полів та ДС в цілому у змінному часі та просторі.

Виходячи з представленої структурної моделі системи, сумарний (інтегральний) еколого-економічний ефект, який відповідає оптимальному рівню технічної, технологічної, економічної та екологічної ефективності роботи ДС, що створюється при її функціонуванні в часі ( $\tau$ ) та просторі ( $f$ ), у загальному випадку може бути визначений за моделлю виду

$$Y^o = \int_0^{T_{np}} \int_0^{F_s} y_i^o(T_i, F_i) d\tau df, \quad i = \overline{1, n_i}, \quad (10.2)$$

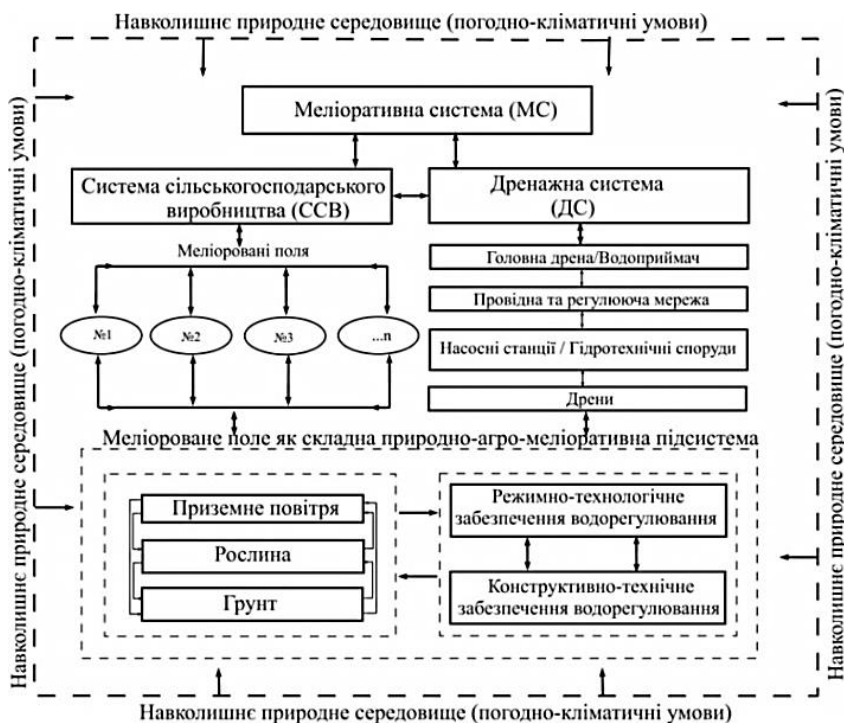


Рис. 10.1. Структурно-логічна схема взаємозв'язку основних різномірних складових та елементів ДС

де  $Y^o$  – оптимальний інтегральний еколого-економічний ефект, створений при функціонуванні системи відповідно до діючих вимог;  $y_i^o$  – параметри оптимального загального еколого-економічного ефекту, який створюється від дії та взаємодії взаємозв'язаних між собою різномірних складових елементів ДС сукупності  $\{i\}$ ,  $i = \overline{1, n_i}$  та оточуючим середовищем;  $T_i$ ,  $T_{np}$  – відповідні періоди функціонування за  $i$ -ми різномірними елементами та системи в цілому;  $F_i$ ,  $F_s$  – відповідні площі за  $i$ -ми різномірними елементами та системи в цілому.

За аналогією з [10; 11 та ін.]

$$y_i^o = f_1^*(f_2^*(f_3^*(z_i^o))), \quad i = \overline{1, n_i}, \quad (10.3)$$

де  $f_1^*$  – функція оптимізації параметрів природно-меліоративного режиму  $\theta R_i$ ,  $i = \overline{1, n_i}$  у межах системи;  $f_2^*$  – функція оптимізації параметрів технологій водорегулювання  $\theta S_i$ ,  $i = \overline{1, n_i}$  на системі;  $f_3^*$  – функція оптимізації параметрів конструктивних рішень щодо ДС  $\theta K_i$ ;  $z_i^o$  – оптимальні параметри відповідно різномірних елементів системи, що

розглядаються, сукупності  $\{i\}$ ,  $i = \overline{1, n_i}$ , які взаємопов'язані між собою та оточуючим середовищем.

Пошук оптимальних параметрів складових складеної функції (3) і, перш за все, параметрів режимів та пов'язаних з ними технологічних рішень щодо технологій водорегулювання і технічних рішень щодо типу, конструкції та параметрів системи, що їх забезпечують, а також складових їх технічних елементів, залежно від створюваного загального еколого-економічного ефекту, формально може бути здійснений послідовно через відповідні обернені функції:

- щодо оптимальних параметрів режимів водорегулювання  $z_2^0$ ,

$$z_2^0 = f_1^{*-1}(\hat{y}_i), \quad i = \overline{1, n_i}; \quad (10.4)$$

- щодо оптимальних параметрів технологій  $z_3^0$ ,

$$z_3^0 = f_2^{*-1}(f_1^{*-1}(\hat{y}_i)), \quad i = \overline{1, n_i}; \quad (10.5)$$

- щодо оптимальних параметрів конструкції  $z_4^0$ ,

$$z_4^0 = f_3^{*-1}(f_2^{*-1}(f_1^{*-1}(\hat{y}_i))), \quad i = \overline{1, n_i}, \quad (10.6)$$

де  $\hat{y}_i$  – задані або прийняті параметри загального еколого-економічного ефекту за відповідними різнорідними елементами системи.

Для реалізації функцій оптимізації (10.2)–(10.6) необхідно використовувати результати досліджень закономірностей взаємопов'язаних процесів руху води як в основних складових елементах підсистем, так і в системі в цілому, а також існуючі підходи до розв'язання оптимізаційних задач у СПТЕЕС.

У такій постановці моделі (10.2)–(10.6) у загальному неявному вигляді дають змогу теоретично обґрунтувати можливість постановки задачі, пошуку та визначення послідовно сукупності оптимальних режимних, технологічних й конструктивних рішень щодо різнорідних складових елементів та системи в цілому у їх взаємозв'язку, бодай на емпіричному чи емпірико-функціональному рівні визначення залежності між ними.

За результатами розглянутих передумов та виконаного теоретичного аналізу щодо системної оптимізації технологічних й конструктивних рішень в СПТЕЕС, до яких відносяться ДС, управлінська модель оптимізації, що покладена в основу реалізації оптимізаційного підходу за економіко-математичним методом, згідно з [5; 6; 7; 9 та ін.], в загальному вигляді представляється як

$$Z_i^0 = \underset{\{m_i\}}{extr}(Z_{m_i}), \quad m_i = \overline{1, n_{m_i}}, \quad i = \overline{1, n_i}, \quad (10.7)$$

де  $Z_i^0$  – екстремальні значення за прийнятими умовами обраних критеріїв оптимальності, що відповідають множинним оптимальним ТТР за сукупністю різномірних елементів  $\{i\}$ ,  $i = \overline{1, n_i}$  та системи в цілому;  $Z_{m_i}$  – значення критеріїв оптимальності за сукупністю можливих альтернативних варіантів реалізації  $i$ -того елемента в межах системи  $\{m_i\}$ ,  $m_i = \overline{1, n_{m_i}}$ ,  $i = \overline{1, n_i}$ .

Виходячи зі структурної моделі ДС (див. рис. 10.1) та встановленого характеру зв'язків між різномірними елементами системи взагалі за математичними моделями (10.2)–(10.6), складний внутрішній взаємозв'язок між її різномірними елементами може бути представлений за такою структурно-ієрархічною схемою (рис. 10.2).

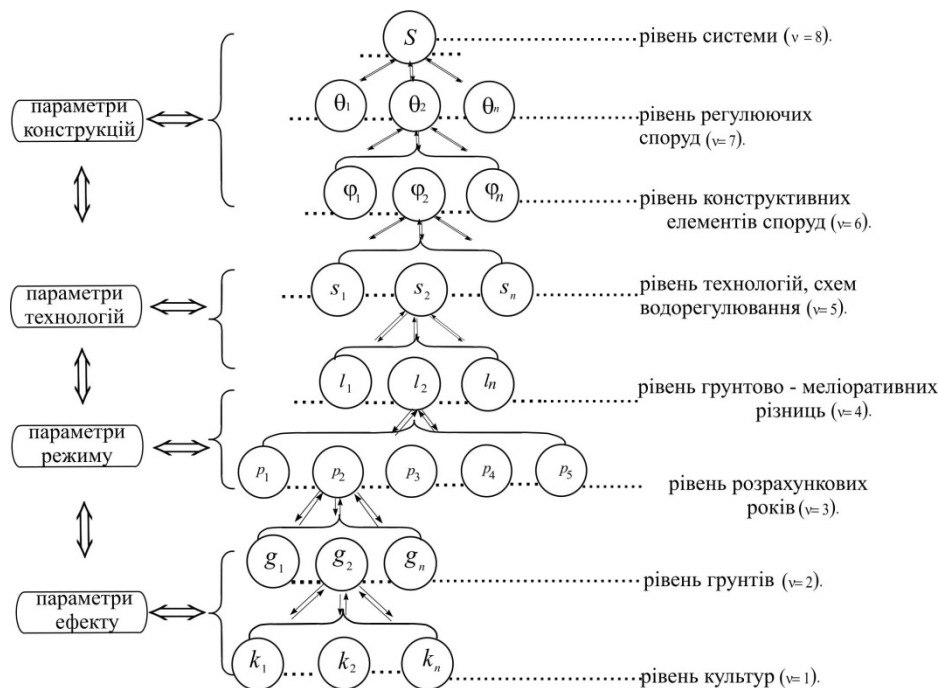


Рис. 10.2. Структурно-ієрархічна схема взаємозв'язку основних складових різномірних елементів при функціонуванні ДС

Тоді, на підставі подальшого узагальнення характеру і структури зв'язків за загальними моделями оптимізації у неявному вигляді (10.2)–(10.6), принципів побудови комплексної моделі оптимізації (1) та структурно-ієрархічної схеми взаємозв'язку між основними складовими різномірними елементами системи (рис. 10.2), комплексна модель системної оптимізації з послідовного обґрунтування режимних,



технологічних та конструктивних рішень у їх взаємозв'язку при створенні та функціонуванні ДС, з урахуванням сучасних економічних та екологічних вимог, у загальному вигляді може бути представлена як

$$\begin{cases} U_v^0 = \text{extr}_{\{i\}} \left\{ \sum_{ikgpls\varphi\theta=1}^{n_{ikgpls\varphi\theta}} \right\} \left( \sum_{p=1}^{n_p} \bar{U}_{ikgpls\varphi\theta}^0 \cdot \alpha_p \right) \cdot f_i \cdot f_k \cdot f_g \cdot f_p \cdot f_l \cdot f_s \cdot f_\varphi \cdot f_\theta, v = \bar{1}, n_v, i = \bar{1}, n_i; \\ Z_v^0 = \text{extr}_{\{i\}} \left\{ \sum_{ikgpls\varphi\theta=1}^{n_{ikgpls\varphi\theta}} \right\} \left( \sum_{p=1}^{n_p} Z_{ikgpls\varphi\theta} \cdot \alpha_p \right) \cdot f_i \cdot f_k \cdot f_g \cdot f_p \cdot f_l \cdot f_s \cdot f_\varphi \cdot f_\theta, v = \bar{1}, n_v, i = \bar{1}, n_i, \end{cases} \quad (10.8)$$

де  $U_v^0$ ,  $Z_v^0$  – відповідно екстремальні значення за прийнятою умовою обраних критеріїв економічної  $\bar{U}_{ikgpls\varphi\theta}^0$  та екологічної  $Z_{ikgpls\varphi\theta}$  оптимальності, що відповідають оптимальним режимним, технологічним та конструктивним параметрам ДС щодо різних рівнів ієрархії прийняття рішень за різномірними елементами системи,  $v = \bar{1}, n_v$ ,  $n_v = 8$ : у загальному випадку на рівні культур проектної сівозміни ( $v = 1$ ), сукупності  $\{k\}$ ,  $k = \bar{1}, n_k$ ; на рівні ґрунтів ( $v = 2$ ), сукупності  $\{g\}$ ,  $g = \bar{1}, n_g$ ; на рівні розрахункових років ( $v = 3$ ), сукупності  $\{p\}$ ,  $p = \bar{1}, n_p$ ; на рівні ґрунтово-меліоративних різниць ( $v = 4$ ), сукупності  $\{l\}$ ,  $l = \bar{1}, n_l$ ; на рівні технологій і схем водорегулювання на системі ( $v = 5$ ), сукупності  $\{s\}$ ,  $s = \bar{1}, n_s$ ; на рівні конструктивних елементів споруд ( $v = 6$ ), (наприклад, дренажу – вид, конструкція, матеріал, фільтр та ін.), сукупності  $\{\varphi\}$ ,  $\varphi = \bar{1}, n_\varphi$ ; на рівні регулюючих споруд системи ( $v = 7$ ) (магістральний канал, канали провідної мережі шлюзи-регулятори, дренаж тощо), сукупності  $\{\theta\}$ ,  $\theta = \bar{1}, n_\theta$  та на рівні системи в цілому ( $v = 8$ );  $f_i \cdot f_k \cdot f_g \cdot f_p \cdot f_l \cdot f_s \cdot f_\varphi \cdot f_\theta$  – частки поширення у межах системи, відповідно щодо: культур проектної сівозміни  $\{k\}$ ,  $k = \bar{1}, n_k$ ; ґрунтових умов  $\{g\}$ ,  $g = \bar{1}, n_g$ ; розрахункових років  $\{p\}$ ,  $p = \bar{1}, n_p$ ; ґрунтово-меліоративних різниць  $\{l\}$ ,  $l = \bar{1}, n_l$ ; конструктивних елементів  $\{\varphi\}$ ,  $\varphi = \bar{1}, n_\varphi$  регулюючих споруд  $\{\theta\}$ ,  $\theta = \bar{1}, n_\theta$  та системи в цілому  $S$  за відповідними технологіями та схемами водорегулювання.

Отже, загальні принципи побудови та реалізації комплексних моделей системної оптимізації також включають в себе модель економічної оптимізації, що побудована за традиційним економіко-математичним підходом та обґрунтовує економічно оптимальне ПР, а її екологічна складова, як обмеження, визначає екологічну прийнятність оптимального економічного рішення.

Відповідно послідовний пошук оптимального (раціонального) значення критерію оптимізації щодо різних рівнів ієрархії прийняття рішень за різнорідними елементами системи як на довготерміновій, так і короткотерміновій основі знаходиться аналогічно до моделей (10.4-10.6).

Узагальнену структуру реалізації комплексної моделі системної оптимізації режимних, технологічних та конструктивних параметрів ДС та її складових технічних елементів на еколого-економічних засадах подано на рис. 10.3.

Характерними особливостями розробленої структури є, по-перше, блочна побудова та послідовна циклічність їх реалізації.

При цьому можна виділити такі відносно самостійні узагальнюючі блоки:

- блок формування вихідних даних за сукупностями основних природно-кліматичних, ґрунтово-меліоративних, режимно-технологічних, конструктивно-технологічних й інших чинників, які визначально впливають на вибір оптимального типу, конструкції та параметрів ДС (блок 2, рис. 10.3);

- блок формування варіантів ПР сукупності  $\{i\}, i = \overline{1, n_i}$  за множинними прогнозно-імітаційними, режимно-технологічними та конструктивно-технологічними змінними параметрами ДС (блок 3, рис. 10.3);

- блок формування прогнозно-імітаційних множинних змінних досліджуваного об'єкта за сукупностями: метеорологічних режимів  $\{\omega\}, \omega = \overline{1, n_\omega}$ ; розрахункових років  $\{p\}, p = \overline{1, n_p}$ ; культур проєктної сівозміни  $\{k\}, k = \overline{1, n_k}$ ; ґрунтів  $\{g\}, g = \overline{1, n_g}$ ; ґрунтово-меліоративних різниць  $\{l\}, l = \overline{1, n_l}$  (блок 4, рис. 10.3);

- блок прогнозно-імітаційних розрахунків на довготерміновій основі за сукупністю відповідних моделей: метеорологічних умов місцевості [13], водного режиму і технологій водорегулювання [14] та продуктивності осушуваних земель [15] – за результатами яких визначаються необхідні *вартісні* техніко-економічні показники, як складові економіко-математичних моделей оптимізації та *фізичні* показники екологічної ефективності водного і загального природно-меліоративного режимів осушуваних земель на рівні кожного меліорованого поля ССВ (вироснутої культури), а також диференційовані значення врожайності вирощуваних культур за варіантами ПР [9] (блок 5, рис. 10.3);

- блок формування режимно-технологічних множинних змінних досліджуваного об'єкта щодо технологій та схем водорегулювання за сукупностями  $\{s\}, s = \overline{1, n_s}$  (блок 6, рис. 10.3);



Рис. 10.3. Узагальнена блок-схема реалізації комплексної моделі системної оптимізації з обґрунтування типу, конструкції та параметрів ДС на еколого-економічних засадах

– блок режимно-технологічних розрахунків передбачає визначення технологій та схем водорегулювання в межах ДС за принципом їх дії та впливу на режим вологи ґрунту й РГВ, а також основними технічними характеристиками і параметрами (нормами осушення, елементами техніки зволоження тощо), сукупності  $s = \overline{1, n_s}$  ( $n_s = 6$ ): осушення,  $s = 1$ ; попереджувальне шлюзування,  $s = 2$ ; неперервне зволожувальне шлюзування тривалим підпором рівнів води,  $s = 3$ ; періодичне зволожувальне шлюзування (циклічне підґрунтове зволоження),  $s = 4$ ; зрошення дощуванням на фоні осушення,  $s = 5$ ; зрошення дощуванням на фоні попереджувального шлюзування,  $s = 6$ , а також можливих їх комбінацій в умовах системи (блок 7, рис. 10.3);

– блок конструктивно-технологічних множинних змінних технічних елементів щодо регулюючих споруд (головна дрена, провідна та регулююча мережа, насосні станції, гідротехнічні споруди тощо) сукупності  $\{\theta\}$ ,  $\theta = \overline{1, n_\theta}$ , а також конструктивних елементів цих споруд (вид матеріалу, діаметр, конструкції, параметри фільтрів дренаж тощо) сукупності  $\{\varphi\}$ ,  $\varphi = \overline{1, n_\varphi}$  (блок 8, рис. 10.3);

– блок конструктивно-технологічних моделей передбачає визначення типу, конструкції та параметрів ДС й складових їх технічних елементів на багатоваріантній основі за відповідними загальноприйнятими формулами на основі розрахункових значень показників витрат, напорів, рівнів води, модулів дренажного стоку, модулів водоподачі тощо [16 та ін.] (блок 9, рис. 10.3);

– блок формування оптимізаційних множинних змінних сукупності  $\{i_v\}$ ,  $i_v = \overline{1, n_{i_v}}$ ,  $v = \overline{1, n_v}$ , щодо множинних режимно-технологічних та конструктивно-технологічних альтернативних варіантів ПР відповідно до рівня розв'язання поставленої оптимізаційної задачі по системі (блок 10, рис. 10.3);

– блок оптимізаційних розрахунків передбачає послідовний пошук оптимальних значень прийнятих критеріїв оптимізації економічної та екологічної ефективності щодо параметрів різнорідних елементів системи (ТТР) відповідно до багаторівневої ієрархії їх знаходження, починаючи з найнижчого – рівня культури  $k$ ,  $v = 1$ , через проміжні рівні щодо  $g$ ,  $v = 2$ ;  $p$ ,  $v = 3$ ;  $l$ ,  $v = 4$ ;  $s$ ,  $v = 5$ ;  $\varphi$ ,  $v = 6$ ;  $\theta$ ,  $v = 7$  і, зрештою, до найвищого її рівня системи  $S$ ,  $v = 8$ , відповідно до необхідного рівня прийняття рішення в часі як на довготерміновій, так і короткотерміновій основі їх виконання (1 – проєкт, 2 – планова експлуатація, 3 – оперативне управління). За ними реалізується загальна умова системної оптимізації та остаточний вибір оптимального рішення, що здійснюється неформальним

шляхом через експертну оцінку відповідним спеціалістом на стадії проекту або планової експлуатації ДС, яке враховує, з одного боку, економічну ефективність, а з іншого – екологічну прийнятність його реалізації (блок 11, рис. 10.3);

– блок формування й виведення будь-яких проміжних (за необхідності) та остаточних результатів прогнозно-оптимізаційних розрахунків на будь-якому етапі їх виконання (блок 12, рис. 10.3).

По-друге, це необхідність дотримання визначеного порядку ієрархічно підпорядкованої послідовності виконання прогнозно-оптимізаційних розрахунків за відповідними моделями й узагальнюючими блоками, коли результати, отримані за відповідними моделями на нижчих рівнях ієрархії (зворотний порядок розташування блоків моделей на рис. 3.), є вихідними даними для виконання подальших розрахунків.

Безумовно, що наведена на (рис. 10.3) загальна універсальна структура прогнозно-оптимізаційних розрахунків буде дещо змінюватися у кожному конкретному випадку її застосування залежно від рівня оптимізаційної задачі, що розв'язується та прийнятої до розгляду, згідно зі сформульованим завданням,  $n_v$ -рівневої структури їх виконання, конкретних природно-меліоративних й інших умов об'єкта управління.

Так само, реалізація комплексних моделей системної оптимізації потребує визначення показників й критеріїв економічної та екологічної ефективності ПР, що формуються безпосередньо як по окремих різномірних елементах, так і в межах системи в цілому.

Як показали практика та накопичений досвід постановки й реалізації оптимізаційних задач з водорегулювання осушуваних земель [5–7; 9; 14 та ін.], в якості економічного критерію та умови оптимізації на стадії *проекткування* доцільно розглядати мінімізацію приведених витрат  $ZP_i$  з урахуванням погодно-кліматичного ризику  $R_i$  та похідних від нього показників. Відповідно на стадії *експлуатації* доцільно розглядати максимізацію чистого доходу  $D_i$ , а також похідні від них показники та умови, що досягаються на меліорованих землях за рахунок реалізації різних варіантів ПР.

В якості критеріїв екологічної оптимальності доцільно використовувати сукупність фізичних показників екологічної ефективності, які висвітлюють різні сторони складного характеру умов формування водного режиму осушуваних земель під дією кліматичних і меліоративних факторів й можуть бути визначені на стадії проекту за довготерміновим прогнозом [5; 6; 7; 14 та ін.]:  $Hg$  – глибина РГВ (середня за період вегетації), м;  $\beta_g^{wh}$  – відносний (відношення фактичної до оптимальної) показник вологості найбільш активного (розрахункового)

шару ґрунту  $h$  (середній за період вегетації);  $N^t$  – показник надійності (тривалості) підтримання сприятливого водного режиму активного шару ґрунту протягом періоду вегетації, %;  $N^k$  – аналогічний показник надійності щодо критичного періоду розвитку (відповідно найбільшого водоспоживання) вирощуваних культур, %;  $WPh+M$  – сумарна за вегетацію величина живлення активного шару ґрунту  $h$  з нижче розташованих шарів й РГВ ( $VPh$ ) та витрат води на зволоження осушуваних земель ( $M$ ) відповідним способом, мм;  $\beta_k^y$  – відносний (відношення фактичного до потенційно можливого або максимально досягнутого врожаю) показник урожаю вирощуваних культур;  $Vh$  – вологообмін активного шару ґрунту  $h$  з нижче розташованими шарами й РГВ (сумарний за вегетацію), мм;  $KKД \Phi AP$  – фактичне значення коефіцієнта корисної дії (ККД) використання фотосинтетично активної радіації ( $\Phi AP$ ) вирощуваною культурою, %;  $fr$  – відносний рівень погодно-кліматичного ризику щодо врожайності – та похідні від них узагальнені показники, зокрема коефіцієнт екологічної надійності  $k_n$ .

Визначення показників та критеріїв економічної й екологічної оптимізації спирається на розроблений нами комплекс прогнозно-імітаційних моделей, які реалізуються за довготерміновим прогнозом, щодо кліматичних умов місцевості чи метеорологічних режимів, водного режиму та технологій водорегулювання осушуваних земель, а також розвитку й формування врожаю вирощуваних культур. Практичне їх застосування регламентоване відповідними галузевими нормативами Держводагентства України [13–15].

Отже, перехід на оптимізаційні методи визначає необхідність зміни технології проектування водогосподарсько-меліоративних об'єктів на основі використання багатоваріантного підходу, застосування сучасних інформаційних та комп'ютерних технологій. Практична реалізація комплексу прогнозно-імітаційних та оптимізаційних розрахунків у проектах нового будівництва, реконструкції та модернізації ДС, на основі розробленого нами науково-методичного, інформаційного та програмного забезпечення, може бути використане при реалізації відповідного інструментарію, яким є САПР або сучасні ВІМ-технології [4].

Таким чином, застосування системної оптимізації дасть змогу підвищити обґрунтованість і загальну технічну, технологічну та еколого-економічну ефективність створення й функціонування ДС при реалізації адаптивних заходів щодо зміни кліматичних умов у найближчій та віддаленій перспективі у зоні осушувальних меліорацій, насамперед в поліському регіоні, відповідно до прийнятої «Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року» [17].

## Література до розділу

1. Балюк С. А., Ромащенко М. І., Трускавецький Р. С. Охорона ґрунтів і розвиток меліорації в Україні. *Агрехімія і ґрунтознавство*. 2018. Вип. 87. С. 5–10.
2. Воропай Г., Яцик М. та Мозоль Н. Сучасний стан та перспективи розвитку осушувальних меліорацій в умовах змін клімату. *Меліорація та управління водними ресурсами*. 2019. № 2. С. 31–39. URL: <https://doi.org/10.31073/mivg201902-180> (дата звернення: 09.05.2024).
3. Evaluation of climate change in Ukrainian part of Polissia region and ways of adaptation to it / Kovalenko P., Rokochynskiy A., Jeznach J., Koptuyuk R., Volk P., Prykhodko N., Tykhenko R. *Journal of Water and Land Development*. 2019. Vol. 41. Issue 1. P. 72–82. DOI: 10.2478/jwld-2019-0030
4. Reclamation projects development improvement technology considering optimization of drained lands water regulation based on BIM / Rokochinskiy A., Jeznach J., Volk P. etc. *Scientific Review Engineering and Environmental Sciences*. 2019. Vol. 28. Issue 3(85). P. 432–443. doi: 10.22630/PNIKS.2019.28.3.40
5. Рокочинський А. М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах : монографія / за ред. академіка УААН Ромащенко М. І. Рівне : НУВГП, 2010. 351 с.
6. Меліорація та облаштування Українського Полісся: колективна монографія / за ред. д.с.-г.н., професора, акад. НААН Я. М. Гадзала, д.т.н., професора, член-кор. НААН В.А. Сташука, д.т.н., професора А. М. Рокочинського. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. Т. 1. 932 с.
7. Рокочинський А. М. Системна оптимізація водорегулювання як необхідна умова створення та функціонування водогосподарсько-меліоративних об'єктів на еколого-економічних засадах. *Меліорація і водне господарство*. 2016. Вип. 104. С. 67–71.
8. Оптимізація розрахунку осушувальних систем та управління ними : монографія / Лазарчук М. О., Черенков А. В., Рокочинський А. М. та ін. Рівне : НУВГП, 2009. С. 354.
9. Науково-методичні рекомендації до обґрунтування оптимальних параметрів сільськогосподарського дренажу на осушуваних землях за економічними та екологічними вимогами / Рокочинський А. М., Черенков А. В., Муранов В. Г., Волк П. П. та ін. Рівне : НУВГП, 2013. 34 с.
10. Турченко В. О., Рокочинський А. М. Системна оптимізація водо- та енергокористування на екологоекономічних засадах на рисових зрошувальних системах : монографія / за наук. ред. А. М. Рокочинського. Рівне : НУВГП, 2020. 333 с.

11. Підвищення ефективності функціонування рисових зрошувальних систем України: науково-методичні рекомендації / заг. ред. В. А. Сташука, Р. А. Вожегової, В. В. Дудченка, А. М. Рокочиського, В. В. Морозова. Київ–Херсон–Рівне : НУВГП, 2020. 203 с. URL: <http://er3.nuwm.edu.ua/16836/> (дата звернення: 09.05.2024).

12. Жуковский Е. Е. Метеорологическая информация и экономические решения. Л. : Гидрометеоздат, 1981. 304 с.

13. Метеорологічне забезпечення інженерно-меліоративних розрахунків у проектах будівництва й реконструкції осушувальних систем : посібник до ДБН В.2.4.-1-99 «Меліоративні системи та споруди». Розділ 3. *Осушувальні системи* / А. М. Рокочинський та ін. Київ : ВАТ «Укрводпроект», 2008. 63 с.

14. Тимчасові рекомендації з прогнозої оцінки водного режиму та технологій водорегулювання осушуваних земель у проектах будівництва й реконструкції меліоративних систем / А. М. Рокочинський, В. А. Сташук, В. Д. Дупляк, Н. А. Фроленкова та ін. Рівне, 2011. 54 с.

15. Тимчасові рекомендації з обґрунтування ефективної проектної врожайності на осушуваних землях при будівництві й реконструкції меліоративних систем / Шалай С. В., Рокочинський А. М., Сташук В. А., Бижук В. М. та ін. Рівне : НУВГП, 2004. 44 с.

16. ДБН В.2.4.-1-99. Меліоративні системи та споруди. Київ : Державний комітет України будівництва, архітектури та житлової політики України, 2000. 174 с.

17. Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-%D1%80> (дата звернення: 20.05.2024).