

### УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИЧНИХ ПІДХОДІВ ДО ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИРОДНО-МЕЛІОРАТИВНИХ РЕЖИМІВ ОСУШУВАНИХ ЗЕМЕЛЬ

**А. М. Рокочинський, Л. А. Волкова, П. П. Волк, Н. А. Фроленкова**

Національний університет водного господарства та природокористування

вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028, Україна. E-mail: a.m.rokochinskiy@nuwm.edu.ua

Розглянуто проблему оптимізації меліоративних режимів осушуваних земель, оскільки саме вони, в кінцевому підсумку, визначають загальний еколого-економічний ефект від реалізації заходів підвищення їх адаптаційного потенціалу в умовах зміни клімату. З метою зниження ризику ведення сільськогосподарської діяльності й отримання вигоди в умовах зміни клімату проведено обґрунтування показників (критеріїв) екологічної ефективності природно-меліоративних режимів осушуваних земель. Розглянуто підходи до оцінювання загального рівня техногенного навантаження при водорегулюванні на осушуваних землях за схематизованих природно-меліоративних умов. Диференційоване оцінювання впливу кліматичних і меліоративних факторів на водний режим осушуваних земель за визначеними критеріями і наведеною методикою є актуальним і дозволить на новому, більш високому і якісному рівні об'єктивно підійти до вирішення питання обґрунтування раціональних способів, режимів і схем регулювання водного і загального природно-меліоративного режимів осушуваних земель й, відповідно, типів, конструкцій, параметрів, схем і режимів роботи гідромеліоративних систем із дотриманням екологічних вимог.

**Ключові слова:** методичний підхід, екологічна ефективність, природно-меліоративний режим, осушувані землі.

### УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИРОДНО-МЕЛИОРАТИВНЫХ РЕЖИМОВ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

**А. Н. Рокочинський, Л. А. Волкова, П. П. Волк, Н. Н. Фроленкова**

Национальный университет водного хозяйства и природопользования

ул. Соборная, 11, г. Ровно, 33028, Украина. E-mail: a.m.rokochinskiy@nuwm.edu.ua

Рассмотрена проблема оптимизации меліоративных режимов осушаемых земель, поскольку именно они, в конечном итоге, определяют общий эколого-экономический эффект от реализации мероприятий по повышению их адаптационного потенциала в условиях изменения климата. С целью снижения риска ведения сельскохозяйственной деятельности и получения выгоды в условиях изменения климата проведено обоснование показателей (критериев) экологической эффективности природно-меліоративных режимов осушаемых земель. Проведена оценка общего уровня техногенной нагрузки при водорегулировании осушаемых земель по схематизированным природно-меліоративным условиям. Дифференцированная оценка влияния климатических и меліоративных факторов на водный режим осушаемых земель по определенным критериям и приведенной методике является актуальной и позволит на новом, более высоком и качественном уровне объективно подойти к решению вопроса обоснования рациональных способов, режимов и схем регулирования водного и общего природно-меліоративного режимов осушаемых земель и, соответственно, типов, конструкций, параметров, схем и режимов работы гидромеліоративных систем с соблюдением экологических требований. Проведено интегральную оценку экологической устойчивости осушаемых земель в переменных естественно-агротеліоративных условиях.

**Ключевые слова:** методический подход, экологическая эффективность, природно-меліоративный режим, осушаемые земли.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Сучасний стан і перспективи розвитку осушувальних меліорацій взагалі, і в Україні зокрема, переконливо свідчать, що загальна, надзвичайно складна і багатогранна проблема екологізації сільськогосподарського виробництва в гумідній зоні насамперед тісно пов'язана з проблемою оптимізації меліоративних режимів осушуваних земель, оскільки саме вони, в кінцевому підсумку, визначають загальний еколого-економічний ефект від реалізації заходів із підвищення їх адаптаційного потенціалу в умовах змін клімату. Надзвичайно важливим, у зв'язку з цим, постає питання вибору критеріїв оцінки екологічної ефективності режимів на осушуваних землях і прилеглих територіях. Це пояснюється актуальністю поставлених задач з метою наукового планування підвищення адаптаційного потенціалу осушуваних земель, зниження ризику ведення сільськогосподарської діяльності і отримання вигоди в умовах зміни клімату.

Тому головною метою роботи є розробка концепції оцінки зниження екологічного ризику як головного механізму розробки та прийняття управлінських рішень забезпечення підвищення адаптаційного потенціалу осушуваних земель в умовах зміни клімату та охорони навколишнього природного середовища [1–4].

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** Перехід від усталеної практики розгляду меліоративних об'єктів не суто як технічних, а як складних природно-техногенних систем (ПТС), потребує безпосереднього врахування мінливих у часі та невідомих за своїм характером природно-кліматичних умов, оскільки саме вони, разом із меліоративними чинниками, формують визначальний вплив на загальний природно-меліоративний режим осушуваних земель і відповідний еколого-економічний ефект [1].

Реалізація проекту меліорації впливає на направ-

леність і інтенсивність процесів як у ґрунтах та приземному шарі повітря, так і розподілі водних ресурсів, унаслідок чого агроєкосистема набуває нових властивостей [3]. Разом із позитивним впливом, перетворення природних умов під впливом гідротехнічних меліорацій може супроводжуватись проявом низки негативних процесів: підтопленням сільськогосподарських угідь, деградацією ґрунтів, розповсюдженням забруднюючих речовин у ґрунтах, підземних і поверхневих водах, пониженням рівня ґрунтових вод, зміною видового складу флори і фауни, утворенням агроценозів з новим водноповітряним, поживним та тепловим режимами, зміною умов формування гідрологічного режиму території, річного стоку, мінералізацією вод тощо. Внаслідок цього може спостерігатись погіршення екологічного стану як в межах меліоративної системи, так і у зоні її впливу на прилеглих територіях, що позначається на продуктивності угідь.

Забезпечення необхідного рівня екологічної безпеки дозволить: 1) проводити управління складними ПТС у необхідному напрямку); 2) створити систему прогнозу виникнення небезпечних ситуацій; 3) визначити придатність ПТС і прилеглих територій для ведення господарської діяльності.

Виходячи з цього, проведення комплексу меліоративних заходів доцільно оцінювати не тільки з економічної точки зору, а ще й з позиції забезпечення екологічної рівноваги довкілля. Необхідність поєднання потреб інтенсифікації землеробства з охороною навколишнього середовища призвели до переосмислення сучасного спрямування сільськогосподарських гідротехнічних меліорацій і зміни підходів до обґрунтування їх складу та змісту.

Водні меліорації у зоні достатнього та нестійкого зволоження визначаються складним характером водного режиму, умов його формування, що, в свою чергу, зумовлює технічну та технологічну складність нормування й управління природно-меліоративними режимами осушуваних угідь.

Оптимізація ґрунтових умов як середовища життєдіяльності рослин можлива лише при комплексному підході до планування і нормування гідро- й агро-меліоративних заходів, розробці на якісно більш високому рівні опису процесів, що відбуваються у системі «ґрунт–рослина–атмосфера». На сучасному етапі основою розробки оптимальної стратегії управління є нормування і математичне моделювання природно-меліоративних режимів меліорованих земель [5, 6].

Для досягнення такої мети необхідно оцінювати роботу осушувальних систем у змінних природно-кліматичних умовах за комплексом показників, які характеризують сукупність вимог до регульованих факторів ґрунтоутворення і розвитку рослин. Ця сукупність показників описує природно-меліоративний режим.

Природно-меліоративний режим ґрунтів з регульованим водним режимом є сукупність водного, повітряного, теплового, поживного, окисно-відновного та інших ґрунтових режимів, що регулюється за допомогою гідромеліоративних, агротехнічних й організаційно-господарських заходів на фоні природних чинників в умовах осушувально-зволожувальних систем.

Забезпечення оптимального природно-меліоративного режиму осушуваних ґрунтів відіграє провідну роль у використанні меліорованих земель, оскільки дає можливість управляти ризиками, що виникають.

Попередній аналіз існуючих рекомендацій для формування інтегральної оцінки рівня екологічної безпеки ПТС свідчить, що найвищі рейтинги матиме методика з різними блоками вхідної інформації. Побудова певного рейтингу, що включав би доцільну кількість показників, можлива лише за умови приведення останніх до інтегральної оцінки, котра дає можливість вирішити також такі завдання:

1) інваріантність (зіставність) показників щодо будь-якої ПТС незалежно від природно-кліматичного розташування;

2) змістовна адресованість показників відносно аспектів і джерел екологічної безпеки;

3) динамічна порівнянність показників і станів природно-меліоративних режимів у часі.

Тому, інтегральні оцінки надають можливість не тільки дослідження явищ безпеки/небезпеки, а й проведення статистично коректних порівнянь, як у просторі, так і в часі, на основі відносно малої кількості вихідної інформації (при значному обсязі вхідної), що значно полегшує процес аналізу та робить його об'єктивним.

Першочерговою умовою реалізації комплексних моделей оптимізації і регулювання природно-меліоративного режиму осушуваних земель за різнорідними показниками шляхом непрямой оцінки екологічної прийнятності гідромеліоративних заходів є вибір та обґрунтування показників (критеріїв) їх екологічної ефективності [6–9].

У свою чергу, визначення цих показників спирається на сукупність імітаційних субмоделей з прогнозної оцінки природно-меліоративних факторів впливу на умови їхнього формування. При цьому виконання прогнозно-оптимізаційних розрахунків на довготерміновій основі відповідно до загальної структури їх виконання потребує схематизації природно-меліоративних умов досліджуваного об'єкта відповідно за типовими погодними умовами розрахункових щодо вологозабезпеченості періодів вегетації та можливими способами водорегулювання осушуваних земель.

Отже, наведений комплекс питань, у першу чергу, ґрунтується на необхідності дослідження й визначення умов формування водного режиму осушуваних земель за різними природно-меліоративними режимами, що дозволило б виконати порівняльну оцінку їх загальної ефективності за відповідними показниками (критеріями).

Як складний об'єкт дослідження й управління, водний режим осушуваних земель має бути відповідно розглянутий як складна динамічна і дифузона підсистема, що реалізується в системі більш високого рівня – «ґрунт–рослина–приземне повітря» – в межах меліорованого поля. Умови її функціонування, у свою чергу, визначаються природно-меліоративними умовами функціонування складної ПТС ще більш високого рівня, якою виступає меліоративна система у вигляді системи сільськогоспо-

дарського виробництва як сукупності меліорованих полів і гідромеліоративної системи як сукупності гідротехнічних споруд і пристроїв для водорегулювання на осушуваних землях [1].

При цьому водний режим характеризується сукупністю діючих у часі процесів використання, накопичення, розподілу і перетворення ґрунтової вологи, її взаємодії з іншими природними тілами під дією зовнішніх природних (переважно кліматичних) і меліоративних (способи водорегулювання) факторів. Водночас, значущість окремих процесів, що відбуваються, часто визначити важко через надзвичайно складний характер їхньої взаємодії.

Цим і пояснюються, в першу чергу, існуючі розбіжності в думках щодо показників або критеріїв, за допомогою яких доцільно виконувати оцінку стану водного і загального природно-меліоративного режимів осушуваних земель при реалізації гідромеліоративних заходів. Тому не просто вибрати набір показників, що характеризують водний і загальний природно-меліоративний режим осушуваних земель в усій різноманітності їх виявлення.

Про те, на скільки не просте це питання переконливо свідчить той факт, що, наприклад, при створенні меліоративного моніторингу на осушуваних землях різні автори вважають за доцільне розглядати від декількох десятків до більш ніж ста показників, що характеризують ґрунтовий, гідрологічний, гідрогеологічний, гідрохімічний та інші режими меліорованих земель [2].

Немає жодних сумнівів у тому, що всі ці показники надзвичайно важливі і потрібні. Але, з іншого боку, також очевидно, що оперувати такою кількістю показників при реалізації прогнозно-оптимізаційних розрахунків як при проектуванні, так і експлуатації меліоративних об'єктів практично неможливо через їх фактичну непрогнозованість та різного роду труднощі, пов'язані з визначенням цих показників у виробничих умовах.

У зв'язку з цим, відповідно до загальних вимог та на підставі аналізу й узагальнення численних даних джерел літератури та наукових досліджень нами рекомендується для використання сукупність показників, які висвітлюють різні сторони складного характеру умов формування водного режиму осушуваних земель під дією кліматичних і меліоративних факторів.

Основними загально прийнятими показниками, за допомогою яких традиційно виконується оцінювання і характеризується водний режим осушуваних земель, є глибина РГВ (середня за період вегетації, м) ( $H_g$ ) і вологість  $W$  найбільш активного шару ґрунту (0,4...0,6 м), представлені для більшої показовості і зручності порівняння у відносному вигляді як  $IW$ .

Але середні значення цих показників у цілому за період вегетації не відображають динамічного характеру їхньої зміни в часі під дією зовнішніх факторів. Тому для усунення цієї розбіжності введено так званий *показник надійності* (тривалості) підтримання сприятливого водного режиму активного шару ґрунту  $h$  у цілому за період вегетації  $n(IW)$ . Він визначається як відсоток (%) або частка тривалості підтримання сприятливого водного режиму в межах відповідного розрахункового періоду.

Разом із показником сумарного волого обміну  $\pm V$ , що визначається як результуюча між інфільтрацією (-)  $VI$  та живленням (+)  $VP$  активного шару ґрунту  $h$  – і є загальною характеристикою напрямку, величини й інтенсивності геологічного кругообігу води на меліорованих землях. Для оцінки різних способів зволоження осушуваних земель (підґрунтове зволоження і зрошення дощуванням) розглядається показник витрат води на зволоження  $M$  (зволожувальна норма) відповідним способом.

Аналогічно до попереднього розглядаються показники тривалості (частки) інфільтрації  $n(VI)$  та живлення розрахункового шару ґрунту з РГВ  $n(VP)$  за вегетацію [10].

Врожай вирощуваних культур, поданий у відносному вигляді як індекс врожаю, або коефіцієнт зниження врожаю  $IY$ , виступає як інтегральний показник біологічного кругообігу на меліорованих землях і також використовується для оцінки ефективності їх водорегулювання.

Як інтегральний показник родючості ґрунту може виступати показник, який характеризує ефективне (фактичне) значення коефіцієнту корисної дії використання фотосинтетичноактивної радіації  $KKД$   $\Phi AP$  вирощуваними культурами.

Показники врожайності та родючості доцільно доповнити показником погодно-кліматичного ризику щодо врожайності ( $fr$ ), який може бути представлений як відносне відхилення фактичного врожаю за варіантом його отримання від потенційно можливого його значення на даному об'єкті в результаті невідповідності реальних метеорологічних умов щодо оптимальних [8]:

$$f_i = \frac{\sqrt{\sum_{p=1}^{n_p} (Y_{ip} - \bar{Y}_p)^2 \cdot \alpha_p}}{\bar{Y}_p} \cdot 100, \quad (1)$$

де  $Y_{ip}$ ,  $\bar{Y}_p$  – відповідно фактичний та потенційний (кліматично та агротехнічно забезпечений) врожай вирощуваної культури у заданих умовах.

Зрештою, так званий *комплексний природно-меліоративний показник вологозабезпеченості* ґрунту  $IC$ , введений як водобалансовий аналог «радіаційного індексу сухості» [2]. Він може бути використаний як один з найбільш придатних критеріїв загальної оцінки ґрунтово-меліоративних умов і потреб ґрунтоутворюючого процесу у водних меліораціях.

Даний показник може бути обчислений за формулою

$$IC = \frac{EV}{(\bar{W} + P \pm V + M)}, \quad (2)$$

де  $EW$  – потенційно можлива величина сумарного випаровування за період вегетації, мм;  $\bar{W}$  – середня за вегетацію фактична величина запасу продуктивної вологи в активному шарі ґрунту  $h$ , мм;  $P$  – сумарна величина опадів за період вегетації, мм.

Обґрунтовані показники мають досить високий рівень взаємозв'язку між собою, враховують динаміку й комплексність процесів, які досліджуються, і досить адекватно відображають різні сторони формування водного та загального природно-меліоративного режимів за різних природно-кліматичних умов як складного при-

родно-техногенного явища. Їх особливістю є можливість визначення наявними методами експериментальним шляхом або за допомогою рекомендованих методів і моделей для прогнозних режимних розрахунків на довготерміновій основі [6–8]. Це надає можливість використовувати такі показники у будь-якому сполученні, залежно від завдання, яке вирішується, як критерії екологічної ефективності в комплексних моделях оптимізації водорегулювання осушуваних земель.

Остаточні вигляд, кількість критеріїв, умови та моделі екологічної оптимізації визначаються щодо рівня вирішуваних завдань, загальної структури побудови комплексних моделей оптимізації, раціональної кількості прийнятих до розгляду альтернативних варіантів тощо.

У зв'язку з необхідністю підвищення рівня об'єктивності оцінки природно-меліоративних і ґрунтових режимів як надзвичайно складного природно-техногенного явища, заслуговує на увагу й є дуже актуальним із точки зору оцінки екологічної ефективності реалізації гідромеліорацій взагалі, питання визначення як сумісної дії, так і диференційованих часток впливу природних (кліматичних) і техногенних (меліоративних) факторів на умови формування водного режиму осушуваних земель. Це дозволить, у свою чергу, оцінити загальний рівень техногенного навантаження на довкілля і порівняти його з допустимими нормативними значеннями.

Практична реалізація сформульованого завдання ґрунтується на використанні визначеної сукупності показників (критеріїв) водного режиму осушуваних земель за схематизованих природно-меліоративних умов, обґрунтуванні й формуванні бази даних показників, їх порівняння, розробці відповідної моделі оцінки.

Що стосується порівняння бази даних показників, то її вибір супроводжується наступним міркуванням.

Оскільки дренаж як технічний засіб виконує свою головну функцію з відведення надлишкової води до початку періоду вегетації вирощуваних культур, що прийнятий за розрахунковий, і дозволяє провести комплекс агротехнічних робіт (оранка, сівба тощо) у необхідні терміни, а також унаслідок того, що водний режим найбільш активного шару ґрунту ( $h=0,4\dots0,6$  м) при роботі системи тільки в режимі осушення формується переважно за рахунок впливу кліматичних факторів, тому з деякими припущеннями роботу дренажу в режимі осушення можна розглядати як базу порівняння стосовно інших способів водорегулювання без істотного зниження точності отриманих результатів.

Тоді для схематизованих природно-агро-меліоративних умов результат спільної дії кліматичних і меліоративних факторів на формування водного та загального природно-меліоративного режимів може бути представлений як

$$\alpha_{ips}^{\omega} + \alpha_{ips}^m = 1, \quad i = \overline{1, n_i}; \quad p = \overline{1, n_p}; \quad s = \overline{1, n_s}, \quad (3)$$

де  $\alpha_{ips}^{\omega}, \alpha_{ips}^m$  – відповідні значення часток впливу кліматичних (індекс  $\omega$ ) і меліоративних (індекс  $m$ )

факторів на формування водного режиму осушуваних земель за розглянутими показниками сукупності  $\{i\}$ ,  $i = \overline{1, n_i}$  та умовами їх реалізації за сукупностями  $\{p\}$ ,  $p = \overline{1, n_p}$  і  $\{s\}$ ,  $s = \overline{1, n_s}$ .

Виходячи з прийнятої бази порівняння, у виразі (3) частка впливу кліматичного фактора може бути визначена через співвідношення

$$\alpha_{ips}^{\omega} = \frac{Z_{ip1}}{Z_{ips}}, \quad i = \overline{1, n_i}; \quad p = \overline{1, n_p}; \quad s = \overline{1, n_s}, \quad (4)$$

де  $Z_{ip1}$ ,  $Z_{ips}$  – відповідні значення  $i$ -го показника водного режиму при роботі системи в режимі осушення ( $s = 1$ ), як бази порівняння, та за іншими ( $s = \overline{2, n_s}$ ) способами водорегулювання в  $p$ -ті щодо розрахункової вологозабезпеченості періоду вегетації.

Тоді частка впливу меліоративного фактора з виразу (3)

$$\alpha_{ips}^m = 1 - \alpha_{ips}^{\omega}, \quad i = \overline{1, n_i}; \quad p = \overline{1, n_p}; \quad s = \overline{1, n_s}. \quad (5)$$

Очевидно, що для роботи системи в режимі осушення ( $s=1$ ) як бази порівняння в усіх випадках

$$\alpha_{ips}^{\omega} = 1, 0; \quad \alpha_{ips}^m = 0, \dots, \quad i = \overline{1, n_i}; \quad p = \overline{1, n_p}. \quad (6)$$

Таким чином, розглянутий підхід дозволяє отримати оцінку диференційованої дії природно-кліматичних і меліоративних факторів на умови формування водного режиму осушуваних земель й, тим самим, хоча б у першому наближенні визначити рівень техногенного навантаження на них за різних природно-меліоративних умов і за багаторіччя в цілому.

У екології існує закон Ліндемана «правило десяти процентів» [10], за яким для врівноважених природних систем перевищення в середньому 10 % порогу («норми») споживання потоку енергії або зміни її стану приводить до виходу цих систем зі стаціонарного стану з можливими, в подальшому, незворотними негативними наслідками. Закон дозволяє робити розрахунки необхідної земельної площі для забезпечення диких і домашніх тварин, а також людини продовольством і інші еколого-економічні розрахунки.

Оскільки формування водного режиму осушуваних земель розглядається як головна умова оптимізації їх природно-меліоративного та ґрунтового режимів, то техногенне навантаження через застосування різних способів водорегулювання (меліоративний фактор) у різні щодо зволоженості періоди вегетації і в цілому за багаторіччя (природно-кліматичний фактор) не повинне перевищувати критичний екологічний поріг – 10 %.

Таким чином, диференційоване оцінювання впливу кліматичних і меліоративних факторів на водний режим осушуваних земель за визначеними критеріями і наведеною методикою є необхідною і дозволить на новому, більш високому і якісному рівні об'єктивно підійти до вирішення питання обґрунтування раціональних способів, режимів і схем регулювання водного і загального природно-меліоративного режимів осушуваних земель й, відповідно, типів, конструкцій, параметрів, схем і ре-

жимів роботи гідромеліоративних систем із дотриманням екологічних вимог.

У свою чергу, це дасть можливість обґрунтувати не тільки технічно й технологічно досконалі, але й екологічно безпечні інженерні рішення в практиці проектування та експлуатації водогосподарських об'єктів на осушуваних землях.

Обґрунтування оптимальних природно-меліоративних і ґрунтових режимів осушуваних земель за інтегральною оцінкою сукупності показників їхньої екологічної ефективності може бути достатньо ефективно виконана на основі методу Б.П. Карука [11]. Ним запропоновано екологічну надійність меліоративного проекту визначати сумою показників двох рівнів. При цьому показник першого рівня визначає врахування природоохоронних вимог у розрізі всього регіону, а показник другого рівня – відображає врахування природоохоронних вимог у розрізі конкретного меліоративного об'єкту.

У загальному випадку під екологічно і технічно досконалими розуміють такі меліоративні системи, де в оптимальному співвідношенні знаходяться компоненти природного середовища і комплексно використовуються природні ресурси регіону при технічно досконалому підтриманні оптимального водного режиму ґрунтів у межах меліоративних систем [12, 13].

Відповідно характеристику екологічної надійності варіанту меліоративного проекту можна представити у вигляді вектора – строки  $H$  з компонентами  $H_z$

$$H = H_z / z = 1, 2, \dots, N / , \quad (7)$$

де  $N$  – кількість елементів (факторів), які характеризують екологічну надійність меліоративного проекту.

Тут компоненти  $H_z$  приймають відповідні значення за умови, що

$$H_z = \begin{cases} 1, & \text{якщо } H_z \leq H_{nz}; \\ 0, & \text{якщо } H_z > H_{nz}, \end{cases} \quad (8)$$

де  $H_{nz}$  – нормативне, критичне або допустиме значення  $z$ -го елементу.

Такий підхід до оцінки екологічної надійності проекту відрізняється від класичної теорії надійності, де фігурують імовірнісні величини, проте він є досить простим та універсальним за своєю суттю, оскільки дозволяє залежно від постановки завдання використовувати різні методи оцінки та будь-який комплекс різнорідних показників.

При допущенні, що в системі факторів всі вони є однаково важливими, можна відсутність певного елементу вважати як відповідне зменшення міри екологічної надійності.

Тоді коефіцієнт екологічної надійності варіанту меліоративного проекту можна визначити за формулою

$$k_n = \frac{\sum_{z=1}^N H_z}{N} . \quad (9)$$

Такий коефіцієнт є наближеною оцінкою екологічної стійкості проекту, ступінь врахування факторів екологічної надійності його функціонування, в

першу чергу з точки зору підтримання сприятливих природно-меліоративних та ґрунтових режимів у межах проектного терміну.

Значення коефіцієнтів екологічної надійності меліоративного об'єкту за рекомендованою шкалою наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Шкала коефіцієнтів екологічної надійності

Коефіцієнт екологічної надійності	Градація рівня екологічної надійності
0,0 ... 0,25	ненадійна
0,26 ... 0,50	недостатньо надійна
0,51 ... 0,75	достатньо надійна
0,76...1,0	надійна

Таким чином, екологічно оптимальні природно-меліоративні та ґрунтові режими осушуваних земель за розглянутою методикою забезпечуються за умови дотримання обмеження, що коефіцієнт екологічної надійності за варіантом меліоративного проекту знаходиться в інтервалі значень

$$0,5 < k_n \leq 1,0 . \quad (10)$$

**ВИСНОВКИ.** Запропонована схема оцінювання екологічної надійності меліоративного проекту є універсальною, оскільки складовими елементів надійності може виступати будь-який комплекс факторів, як кількісних, так і якісних, які характеризують еколого-меліоративний стан осушуваних територій і прилеглих земель у зоні впливу.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Рокочинський А.М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах: монографія / За ред. акад УААН М.І. Ромашенко. – Рівне: НУВГП, 2010. – 351 с.
2. Rokochinskiy A.M., Volk P.P., Koptiuk R.M., Pallu L.M. The traditional and optimization approaches to substantiation of the parameters of agricultural drainage and the results of their comparative effectiveness // The scientific heritage. – 2016. – No. 4. (4). – Budapest, 2016. – PP. 97–102.
3. Ерік Е. Массей. Досвід європейського союзу в адаптації до зміни клімату та застосування його в Україні. – ОБСЄ: Бюро Координатора з економічної та довкілля діяльності, 2012. – 40 с.
4. The spatial effects and management of natural and technological hazards in Europe. ESPON 1.3.1 / Ed. by Philipp Schmidt-Thomé; Geological Survey of Finland, 2006. – 197 p. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.preventionweb.net/files/3621\\_Finalreport.pdf](http://www.preventionweb.net/files/3621_Finalreport.pdf)
5. ДБН В.2.4–1–99 «Меліоративні системи та споруди» (Розділ 3. Осушувальні системи). Обґрунтування ефективної проектною врожайності на осушуваних землях при будівництві й реконструкції меліоративних систем. – Рівне, 2006. – 50 с.
6. Оптимізація водорегулювання осушуваних земель у проектах будівництва й реконструкції водогосподарсько-меліоративних об'єктів / А.М. Рокочинський, В.А. Сташук, В.Д. Дупляк, Н.А. Фроленкова та ін. – Рівне, 2010. – 52 с.
7. Рекомендації з прогнозування 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.

8. ДБН В.2.4–1–99 «Меліоративні системи та споруди» (Розділ 3. Осушувальні системи). Метеорологічне забезпечення інженерно-меліоративних розрахунків у проектах будівництва й реконструкції осушувальних систем / А.М. Рокочинський, О.І. Галік, В.А. Сташук, Н.А. Фроленкова, В.А. Волощук та ін. – Рівне, 2008. – 64 с.

9. Adger W.N. Vulnerability // *Global environmental change*. – 2006. – Vol. 16. – PP. 268–281.

10. Фроленкова Н.А., Кожушко Л.Ф., Рокочин-

ський А.М. Еколого-економічна оцінка в управлінні меліоративними проектами. – Рівне: НУВГП, 2007. – 260 с.

11. Карук Б.П. Системный подход и системный анализ в проектировании мелиоративно-хозяйственных объектов: учебное пособие. – К.: Издательство ВИПК Минводхоза СССР, 1989. – 183 с.

12. Реймерс Н.Ф. Экология (теория, законы, правила, принципы и гипотезы). – М.: Журнал «Россия молодая», 1994. – 367 с.

13. Integrated Risk Information System (IRIS): U.S. Environmental Protection Agency (EPA) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.epa.gov/iris>.

## THE METHODOLOGICAL APPROACHES IMPROVEMENT OF ENVIRONMENTAL EFFICIENCY OF DRAINED LANDS NATURAL RECLAMATIVE REGIME EVALUATION CRITERIA

A. Rokochinsky, L. Volkova, P. Volk, N. Frolenkova

National University of Water Management and Natural Resources

vul. Soborna, 11, Rivne, 33028, Ukraine. E-mail: a.m.rokochinskiy@nuwm.edu.ua

**Purpose.** The problem of optimization of the reclamation regime of the drainage lands, which determine the overall environmental and economic effects of implementation of measures to enhance their adaptive capacity in the face of climate change has been pointed out. **Methodology.** Indicators (criteria) of the drainage lands natural and reclamation regimes environmental effectiveness have been justified with the aim of reducing the risk of conducting agricultural activity and the receipt of the benefits in terms of the climate change. **Results.** The article considers approaches to the evaluation of the technological burden overall level for conceptual natural and reclamation conditions at water regulation on the drainage lands. **Originality. Practical value.** Differentiated evaluation of the climate impact and reclamation factors on the drained lands water regime defines the rational methods of justification, the modes and the water regulation schemes and overall natural reclamation regimes of the drained lands, the types, the structures, the parameters and modes of the hydro-reclamation systems in compliance with the environmental requirements. References 13.

**Key words:** methodical approach, environmental efficiency, natural reclamation mode, drained land.

### REFERENCES

1. Rokochynskyy, A.N. (2010), *Naukovi ta praktichni aspekti optimizatsiyi vodoregulyuvannya osushuvanih zemel na ekologo-ekonomichnih zasadah: monografiya* [The scientific and practical aspects of drained lands water regulation optimization of on environmental and economic grounds: monograph, ed. Academician M.I. Romashchenko], NUWEE, Rivne, Ukraine.

2. Rokochinskiy, A.N., Volk, P.P., Koptiuk, R.N., Pallu, L.N. (2016), "The traditional and optimization approaches to substantiation of the parameters of agricultural drainage and the results of their comparative effectiveness", *Scientific heritage*, no. 4 (4), pp. 97–102, Hungary.

3. Massey, E.E. (2012), "Experience of the European union in adaptation to the change of climate and application of him in Ukraine", OSCE: Bureau of Co-ordinator from economic and to activity of environment, Finland–Ukraine

4. Schmidt-Thomé, P. (2006), "The spatial effects and management of natural and technological hazards in Europe", ESPON 1.3.1, Geological Survey of Finland, access mode: [http://www.preventionweb.net/files/3621\\_Finalreport.pdf](http://www.preventionweb.net/files/3621_Finalreport.pdf)

5. ДБН В.2.4–1–99 (2006), "Reclamation systems and structures, Justification efficient design yields on drained lands in the drainage systems construction and reconstruction, Ukraine.

6. Rokochynsky, A., Stashuk, V., Duplak, V., Frolenkova, N. (2010), *Optimizatsiya vodoregulyuvannya osushuvanih zemel u proektah budivnitstva y rekonstruktsiyi vodogospodarsko-meliorativnih ob'ektiv* [Optimizing regulation of drained land in the construction and reconstruction of Water Management and reclamation facilities], Rivne, Ukraine.

7. Rokochynsky, A., Stashuk, V., Duplak, V.,

Frolenkova, N. et al. (2011), *Rekomendatsiyi z prognosnoy otsinki vodnogo rezhimu ta tehnologiy vodoregulyuvannya osushuvanih zemel u proektah budivnitstva y rekonstruktsiyi meliorativnih sistem* [Temporary recommendations for the prognostic assessment of water treatment technologies and drained land water regulation in the drainage systems construction and reconstruction], Rivne, Ukraine.

8. ДБН В.2.4–1–99 (2008), "Reclamation systems and structures". (Chapter 3 drainage systems). Meteorological providing engineering calculations reclamation projects in the drainage systems construction and reconstruction, NUWEE, Ukraine.

9. Adger, W.N. (2006), "Vulnerability", *Global environmental change*, vol. 16, pp. 268–281.

10. Frolenkova, N.A., Kozhushko, L.F., Rokochynsky, A.N. (2006), *Ekologo-ekonomichna otsinka v upravlinni meliorativnimi proektami* [Ecological and economic evaluation in the reclamation projects management], NUWEE Rivne, Ukraine.

11. Karuk, B.P. (1989), *Sistemnyy podhod i sistemnyy analiz v proektirovanii meliorativno-hozyaystvennykh ob'ektov: uchebnoe posobie* [Systemic approach and systems analysis in designing objects: Tutorial], Izdatelstvo VIPK Minvodhoza SSSR, Kiev, USSR.

12. Reymers, N.F. (1994), *Ekologiya (teoriya, zakony, pravila, printsipy i gipotezy)* [Ecology (theory, laws, rules, principles and hypotheses)], Publishing house "Russia young", Moscow, Russia.

13. Integrated Risk Information System (IRIS) /U. S. Environmental Protection Agency (EPA), access mode: <http://www.epa.gov/iris>, USA.

Стаття надійшла 27.01.2017.