

УДК 631.67

Системний підхід до сталого менеджменту зрошуваних ґрунтів в умовах змін клімату

Л.І. Воротинцева

Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»,
Харків, Україна

| ІНФОРМАЦІЯ | АНОТАЦІЯ |
|---|--|
| Отримано 04.02.2020 Отримано після доопрацювання 14.03.2020 Затверджено до друку 16.03.2020 Доступно онлайн 01.06.2020 | Сталий, збалансований менеджмент зрошуваних ґрунтів розглядається як одна з цілей сталого розвитку країни та інструмент для його досягнення. Аналіз літературних джерел свідчить, що на сьогодні цей аспект є вельми актуальним як на міжнародному, так і на національному рівнях і потребує розробки системних науково-методичних підходів до його виокремлення серед інших нагальних справ аграрної сфери для вирішення проблем продовольчої безпеки, збереження та раціонального використання природних ресурсів й адаптації до змін клімату. Метою досліджень є визначення переліку базових властивостей системи «зрошувані ґрунти» та науково-методологічних підходів до сталого менеджменту зрошуваних ґрунтів сільськогосподарського використання у сучасних умовах змін клімату. Методологічною основою досліджень є структурно-функціональний аналіз, яким передбачено системне вивчення рівня внутрішньої організації зрошуваних ґрунтів аграрної сфери, характеру їхнього функціонування та особливостей еволюції залежно від ландшафтних умов. В результаті роботи сформульовано науково-методологічні підходи до сталого менеджменту на сучасному етапі розвитку гідромеліорації, що ґрунтуються на таких концептуальних положеннях: (а) необхідність застосування системного підходу, сутністю якого є цілісне дослідження та керування станом взаємопов'язаних елементів ланцюгу – «зрошувальні води – підґрунтові води – ґрунт – рослини»; (б) обов'язковість дослідження комплексу блоків-складових – інформаційного, нормативного, технологічного, економічного та організаційного; (в) прийняття управлінських рішень щодо збалансованого використання зрошуваних ґрунтів на підставі просторово диференційованого комплексного моніторингу й оцінювання еколого-агромеліоративного стану земель; (г) постійне коригування алгоритму менеджменту згідно з тактичними й оперативними цілями системи. Показано, що системний підхід базується на дослідженні об'єкта – зрошуваних ґрунтів, як цілісної сукупності взаємопов'язаних компонентів, з урахуванням принципів комплексності, узгодженості цілей, безперервності процесу коригування цілей системи та надійності інформації. |
| <i>Ключові слова:</i> властивості системи; зрошувані ґрунти; менеджмент; системний підхід. | |

* E-mail: vorotyntseva_ludmila@ukr.net

Форма цитування: Воротинцева Л.І. Системний підхід до сталого менеджменту зрошуваних ґрунтів в умовах змін клімату. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Міжвід. тем. наук. збірник. Вип. 89. Харків: ННЦ «ІГА ім. О.Н. Соколовського». 2020. С. 41-50. DOI: <https://doi.org/10.31073/acss89-05>.

1. Вступ

Серед глобальних і довгострокових викликів 21-го століття й пріоритетів міжнародного порядку денного слід назвати продовольчу безпеку і досягнення її через пошук шляхів адаптації до негативних наслідків глобальних змін клімату – опустелювання, деградації та погіршення якості ґрунтів [1]. У роботі С.А. Балюка зі співавторами [2] визначено актуальність і перспективність вирішення проблем системного керування трансформацією ґрунтів та потенціалом їхньої родючості у контексті євроінтеграційних процесів. Прогнозовані зміни клімату становлять значний ризик для сільського господарства [3]. До 2050 року знадобиться на 70–100 % більше продовольчих товарів, тому вже зараз постає завдання одночасно і гарантувати продовольчу безпеку, і зберегти природні ресурси та родючість ґрунтів [4]. Стале землекористування і захист ґрунтів відіграють чи не найголовнішу роль у продовольчій безпеці та безпеці людства взагалі [5].

Ґрунт є одним із ключових базових ресурсів, незамінним національним багатством, що має вирішальне значення для створення величезної кількості товарів і надання екосистемних послуг з метою забезпечення благополуччя людини та збереження природи. Тому в умовах підвищення антропогенного навантаження на ґрунтовий покрив, зростання площ деградованих земель і посилення посушливості клімату пріоритетним напрямом дій, як на міжнародному, так і на національному рівнях, є забезпечення сталого менеджменту ґрунтових ресурсів, спрямоване на їх збалансований розвиток, зниження рівня деградації та адаптацію до посушливих умов з метою гарантування продовольчої безпеки країни [6]. Підтвердженням цього є прийняття цілої низки як міжнародних, так і національних документів: Конвенції ООН «Про боротьбу з опустелюванням», «Про охорону біологічного різноманіття», «Про зміну клімату»; Програма дій «Порядок денний XXI століття» (Ріо-де-Жанейро, 1992 р.); Стратегічна програма захисту ґрунтів; Оновлена Всесвітня хартія ґрунтів [7]; Добровільні принципи сталого менеджменту ґрунтових

ресурсів [8]. В основу сталого розвитку мають бути покладені соціальні, економічні та екологічні цілі, які доповнюють одна одну та є взаємозалежними [9]. Велику роль відіграє також наявність якісної інформації про ґрунти, для того щоб розробити систему коригувальних або профілактичних заходів, реалізувати необхідні режими управління для підвищення стійкості ґрунту [10].

Саме цей напрям є одним із ключових у діяльності Глобального ґрунтового партнерства, членом якого є Україна (напрямок 1 «Запровадження сталого управління ґрунтовими ресурсами з метою їх захисту, охорони та забезпечення сталої продуктивності»). Стале, збалансоване управління ґрунтовими і водними ресурсами розглядається як одна зі складових та інструмент для досягнення цілей сталого розвитку країни у рамках інтеграції положень Конвенції Ріо-де-Жанейро в національну політику.

Експертами ФАО та Глобального ґрунтового партнерства розроблено Добровільні керівні принципи сталого управління ґрунтами [0], де зрештованим ґрунтам відводиться значна роль з огляду на глобальні зміни клімату. Міжнародною спільнотою визнано, що стале управління ґрунтовими ресурсами є важливим інструментом для забезпечення Цілей сталого розвитку до 2030 року, перелік яких (17 цілей) був затверджений на саміті ООН з питань сталого розвитку [11].

У глобалізованому світі XXI століття стійкість ґрунту залежить не лише від вибору способу управління фермерами, лісниками та землевпорядниками, а й від політичних рішень щодо правил, маркетингу та субсидій, тоді як сприйняття громадськістю є чи не найважливішим питанням [12].

Питання сталого розвитку є актуальним також і для України, що закріплено указом Президента України «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» (від 30.09.2019 р. № 722/2019).

З метою сталого управління ґрунтовими ресурсами постає питання щодо забезпечення актуальною інформацією про стан ґрунтів. Дані про ґрунт є основою ґрунтово-інформаційних систем у всьому світі [13]. Функціонує глобальна мережа WOCAT (Всесвітня мережа природоохоронних технологій та підходів), мета якої полягає в поліпшенні стану земель шляхом обміну, удосконалення та використання знань щодо сталого менеджменту земель. Створено глобальну базу даних – Global Database on Sustainable Land Management, яка містить понад 1500 практик з усього світу.

Значна увага приділяється питанням регулювання здоров'я та якості ґрунтів. Здоров'я ґрунту визначається як здатність ґрунтової біосистеми в заданих просторових і часових межах підтримувати продуктивність рослин і тварин [14, 15]. Дослідженнями [16] встановлено, що екологічна стійкість здорового ґрунту та агроценозу визначається станом та функціями мікробного ценозу, його оптимальним, збалансованим різноманіттям

Відповідно до Всесвітньої хартії ґрунтів, здоров'я ґрунту є однією з головних умов, необхідних для задоволення різноманітних потреб у продовольстві, біомасі (енергії), кормах та інших видах продукції, а також для забезпечення основних екосистемних послуг у всіх регіонах Світу [7]. При цьому запроваджуються різні концептуальні підходи та індикатори для оцінювання якості ґрунту з метою раціонального його використання, наприклад, через визначення екосистемних послуг [17], інтегрованого індексу ґрунту [18], індексу стійкості ґрунту [19]. У роботі [20] вказується на взаємозв'язок соціально-економічних напрямів розвитку з функціями ґрунту та їх впливом на соціальну складову. У процесі визначення критеріїв для оцінювання якості ґрунту корисною є думка зацікавлених сторін, що визначається шляхом опитування [21].

Останнім часом у світі значна увага приділяється екосистемним послугам, що визначаються як здатність природних компонентів надавати товари та послуги, що прямо або опосередковано забезпечують потреби людини [22]. Актуальним це питання є і для зрештованих ґрунтів [23]. Метою є визначення впливу екосистемних змін на благополуччя людини та наукове обґрунтування заходів, необхідних для поліпшення якості навколишнього середовища, забезпечення сталого використання екосистем та їх компонентів, зокрема ґрунтових ресурсів. Е. Dominati зі співавторами [24] розробили структуру, що відображає зв'язок між екосистемними послугами, властивостями ґрунту та процесами, що погіршують стан ґрунту

Отже, питання сталого управління ґрунтовими ресурсами є вельми актуальним як на міжнародному, так і на національному рівнях і потребує розробки науково-методичних основ його запровадження для вирішення проблем продовольчої безпеки, збереження та раціонального використання природних ресурсів, адаптації до змін клімату. Особлива увага приділяється зрештованим ґрунтам, роль яких у забезпеченні стабільного розвитку аграрного виробництва та продовольчої безпеки країни зростає в умовах кліматичних змін.

Метою досліджень є визначення переліку базових властивостей системи «зрошувані ґрунти» та науково-методологічних підходів до сталого менеджменту зрошуваних ґрунтів сільськогосподарського використання у сучасних умовах змін клімату.

2. Об'єкти та методи досліджень

Об'єктом досліджень є зрошувані ґрунти, процеси і режими в зрошуваних і прилеглих до них ґрунтах різних природно-кліматичних зон України, підходи до сталого менеджменту ґрунтів.

Загальною методологічною основою досліджень є структурно-функціональний аналіз, яким передбачено системне вивчення рівня внутрішньої організації ґрунтів (у межах певної структури ґрунтового покриву), характеру їхнього функціонування та особливостей еволюції залежно від ландшафтних умов.

3. Аналіз існуючих підходів до менеджменту ґрунтів в умовах зрошення

З наростанням посушливості клімату істотно зростає роль зрошення в оптимізації водного режиму ґрунту, забезпеченні вологою сільськогосподарських культур та підвищенні їх урожайності, що вимагає першочергового вирішення завдання відновлення та ефективного використання наявних зрошувальних систем [25, 26]. Тому актуальності й практичної значущості набувають питання розробки науково-методологічних основ сталого управління зрошуваними ґрунтами на сучасному етапі розвитку меліорації.

Одним із підходів є системне регулювання родючості ґрунтів [27], що базується на постійному утриманні режиму функціонування ґрунтових систем в оптимальних або близьких до них параметрах. Ключовим принципом є прямі та зворотні зв'язки в системі «зовнішні навантаження – ґрунт – рослина». Стале використання передбачає регулювання навантаження на ґрунти та встановлення динамічної рівноваги між антропогенним навантаженням на природне середовище та його здатністю до самовідновлення шляхом визначення граничних значень потенціалу стійкості [6].

У роботі [28] запропоновано чотири пріоритетних напрями сталого менеджменту ґрунту, що включають: поширення практики сталого менеджменту ґрунту за допомогою відповідної політики; посилення вимог до менеджменту в межах стандарту Європейського Союзу; застосування передових практик для визначення ризиків на регіональному та місцевому рівнях; розробка регіональних і національних програм щодо захисту від впливу клімату.

Сталий менеджмент ґрунту базується на тому, що його функції сприяють виконанню екосистемних послуг і збереженню біорізноманіття, природні та економічні ресурси використовуються ефективно, сільське господарство залишається прибутковим, а умови виробництва відповідають етичним нормам та стандартам охорони здоров'я [29].

Дослідженнями [30] доведено, що у посушливих агроекосистемах в системі сталого управління якістю ґрунту значну роль відіграє сівозмінна, тип ґрунту (його гранулометричний склад). В умовах глобальних змін клімату підвищується роль зрошення у забезпеченні стабільності агровиробництва [28, 31]. Вода вважається одним із найбільш важливих ресурсів для розвитку сільського господарства у всьому світі у зв'язку зі зменшенням обсягів прісної води. У роботі [32] зазначається, що стале управління водними ресурсами може бути досягнуто шляхом удосконалень у галузі іригації практики використання ґрунту і рослин, утворення цін на воду, повторного використання очищених стічних вод, участі фермерів у цих питаннях. У зв'язку з кліматичними змінами актуальним є розширення площ зрошення з використанням ресурсозберезувальних видів поливу

Сталий розвиток сільськогосподарського виробництва ґрунтується на системному керуванні землекористуванням та трьох взаємопов'язаних принципах: економічний, соціальний розвиток і збереження навколишнього середовища. На сьогодні у світовій практиці поширеним є «кліматично розумне» сільське господарство (Climate-smart agriculture) – альтернативний підхід до менеджменту земельних ресурсів та підвищення продуктивності сільськогосподарської продукції за нових реалій зміни клімату. Воно базується на трьох головних напрямках: стійке підвищення продуктивності сільського господарства та доходів; адаптація та підвищення стійкості до кліматичних змін; скорочення та/або припинення викидів парникових газів [330, 34].

Розробляються аграрні стратегії для забезпечення високої врожайності сільськогосподарських культур за умов зменшення впливу на навколишнє середовище. Вони базуються на суворому дотриманні балансу між надходженням та виносом поживних речовин через два ключових принципи – відповідність кількості внесених поживних

речовин потребам рослин для формування врожаю і синхронізація термінів їх внесення з фазами росту рослин [35].

Сталий менеджмент має збалансовувати виробництво сільськогосподарської продукції та захист і поліпшення стану навколишнього середовища [36]. Хоча принципи, що визначають якість і здоров'я ґрунту, є загальновідомими, але вони потребують адаптації до конкретних умов земельної ділянки. Сталі адаптовані методи землекористування в умовах зрошення мають враховувати взаємозв'язки між ґрунтом, водою і сільськогосподарськими культурами та бути спрямованими на вологозбереження, запобігання або припинення деградації ґрунту, підвищення продуктивності сільськогосподарського виробництва та пом'якшення наслідків зміни клімату [37, 38]. У посушливих регіонах для вологозбереження застосовують гребнювання і борознування з мульчуванням плівкою та соломкою [39, 40].

4. Результати досліджень

4.1. Основні властивості системи «зрошувані ґрунти»

На підставі узагальнення результатів досліджень розроблено науково-методологічні підходи до сталого менеджменту зрошуваних ґрунтів, як важливої складової сталого розвитку країни.

Сталий менеджмент зрошуваних ґрунтів ми визначаємо як комплекс взаємопов'язаних блоків-складових (інформаційного, організаційного, технологічного, економічного та нормативного) та управлінських рішень, що забезпечують збалансоване землекористування, оптимізацію режимів функціонування ґрунтів, зниження рівня деградації, надання ґрунтом екосистемних послуг та вирішення питань продовольчої безпеки країни. Менеджмент базується на поєднанні процесів моніторингу, діагностики, оцінювання еколого-агромеліоративного стану зрошуваних земель, вибору просторово-диференційованих управлінських рішень щодо напрямів використання ґрунтів, оптимізації їх стану із застосуванням синергічних комплексних заходів.

Основою сталого менеджменту є системний підхід, що ґрунтується на принципах комплексності, надійності інформації, узгодженості цілей та їх коригування. Передбачається перехід до нової стратегії менеджменту зрошуваних ґрунтів та стратегії землекористування в аграрній сфері з метою збалансування стану природних екосистем та потреб суспільства, забезпечення екологічної та соціальної стабільності агропромислового виробництва, підвищення якості та здоров'я ґрунту. Концептуальною основою сталого менеджменту є системний підхід, сутність якого полягає в дослідженні об'єкта як цілісної сукупності взаємопов'язаних компонентів (елементів).

Сталий менеджмент передбачає комплексне вивчення земельних ресурсів, як системи – стану, структури взаємозв'язків, місця в системі вищого рангу, функцій, організації, внутрішньої ієрархії та стійкості до розвитку деградаційних процесів, що надає можливість прийняття обґрунтованого управлінського рішення, яке забезпечить підвищення ефективності функціонування, розвитку зрошуваних ґрунтових систем та виконання ними екосистемних послуг. Управлінське рішення розглядається як основний результат процесу управління та важливий інструмент системного підходу [0,42].

Система «зрошувані ґрунти» включає такі складові: зрошувальні та підґрунтові води, ґрунти та сільськогосподарські культури.

Основними властивостями системи «зрошувані ґрунти» є такі:

- цілісність – система є, передусім, цілісною сукупністю елементів, з яких вона складається;

- емерджентність – неможливість зведення властивостей системи до суми властивостей її компонентів. Тобто, стан зрошуваних ґрунтів не можна визначати лише на підставі оцінки стану окремих елементів, оскільки він є результатом виникнення між ними синергічних зв'язків, які забезпечують більш високий загальний ефект функціонування системи;

- взаємозалежність між системою та зовнішнім середовищем. Система формує та проявляє свої властивості у взаємодії із зовнішнім середовищем та під дією зовнішнього навантаження. Зовнішні чинники (наприклад, кліматичні показники, дія зрошувальної води, заходи з хімічної меліорації) впливають на речовинний баланс ґрунту через зміну спрямованості процесів і режимів. Система розвивається під впливом зовнішнього середовища, але при цьому намагається зберегти свої властивості, що забезпечують відносну стійкість та адаптивність її функціонування;

- синергетика – досліджуються зв'язки між елементами структури, які утворюються у відкритих системах завдяки інтенсивному обміну речовинами та енергією з навколишнім середовищем. При системному підході до розробки управлінських рішень кожен окремих

прийом повинен підсилювати позитивну дію інших прийомів, підвищуючи сукупний ефект [27]. Тому при плануванні заходів з хімічної меліорації зрошуваних ґрунтів (агромеліоративні, агротехнічні та інші) перевагу слід надавати тим, які у комплексі забезпечують зростання їх ефективності та сприяють досягненню тактичних цілей;

- надійність системи – характеризується безперервністю її функціонування, стійкістю до дії зовнішніх чинників;

- рівень самостійності й відкритості системи визначається такими показниками, як кількість зв'язків системи із зовнішнім середовищем у середньому на один її елемент, інтенсивність обміну інформацією або ресурсами між системою та зовнішнім середовищем, ступінь впливу інших систем;

- детермінованість системи – процеси в системі взаємопов'язані так, що можна відстежити ланцюг причин і наслідків. Ця властивість допомагає оцінити, наприклад, вплив зрошення непридатною водою на властивості ґрунту та ступінь його трансформації або вплив рівня забруднення ґрунту на транслокацію ВМ у сільськогосподарські рослини та якість продукції;

- динамічність – це розвиток системи і рух її під впливом внутрішніх і зовнішніх чинників. Стан ґрунтової системи змінюється під впливом дії зовнішніх чинників, тому необхідна постійна корекція управлінських рішень, з огляду на еколого-агромеліоративний стан ґрунту;

- наявність прямих і зворотних зв'язків – всі складові елементи системи є взаємопов'язаними і зазнають впливу. Тому розробка диференційованих управлінських рішень має базуватися на постійно оновлюваній інформації про еколого-агромеліоративний стан зрошуваних земель на підставі моніторингу.

4.2. Базові принципи сталого менеджменту зрошуваних ґрунтів

Системний підхід, як основа сталого менеджменту зрошуваних ґрунтів, базується на таких принципах [43]:

- комплексність – орієнтація на цілісне дослідження взаємопов'язаних елементів системи «зрошувальні води – підґрунтові води – ґрунт – сільськогосподарська культура», що дає можливість виявити зв'язок між ними та їх вплив на еколого-агромеліоративний стан зрошуваних земель, а також запропонувати диференційовані заходи щодо їх використання та підвищення родючості ґрунту;

- узгодженість цілей – розуміння що цілі окремих елементів системи мають бути узгодженими між собою (взаємопов'язані, взаємозалежні) та зі стратегічними, тактичними й оперативними цілями всієї системи (збереження ґрунту як компоненту біосфери, зниження рівня його деградації, гарантування продовольчої безпеки, охорона та підвищення родючості ґрунтів, збалансоване землекористування, усунення шкідливої дії води на ґрунт, поліпшення якості зрошувальної води й еколого-агромеліоративного стану зрошуваних земель, застосування агромеліоративних заходів);

- безперервність процесу коригування цілей системи на базі даних моніторингу стану зрошуваних земель в агровиробничих умовах;

- надійність (об'єктивність, точність) і постійне оновлення інформації про стан зрошуваних земель шляхом моніторингу.

4.3. Складові системи сталого менеджменту зрошуваних ґрунтів

Розроблена нами система сталого менеджменту зрошуваних ґрунтів складається з п'ятих основних блоків (Рис. 1).

1. *Інформаційний блок* включає моніторинг, діагностику стану та якості зрошувальних і підґрунтових вод, ґрунтів і сільськогосподарських культур, збір та аналіз оперативної інформації, оцінювання еколого-агромеліоративного стану зрошуваних земель, створення баз даних і картографічних матеріалів [44]. Цей блок є базовою складовою системи сталого менеджменту, оскільки основою для прийняття обґрунтованих управлінських рішень є наявність оперативної, точної та комплексної інформації. Цей блок призначено для регіонального рівня – від організації до агронома, які отримують оперативну інформацію, опрацьовують її та використовують для прийняття управлінських рішень на регіональному та місцевому рівнях.

В Україні на базі Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» створено Ґрунтовий інформаційний центр з метою накопичення, обробки та розповсюдження даних про стан та якість ґрунтів України. До баз даних Центру надходить інформація про якість ґрунтів на всій території країни, і в тому

числі, на зрошуваних землях, що дасть змогу систематизувати й оцінити ефективність різних регіональних підходів до сталого менеджменту зрошуваних ґрунтів.

2. *Організаційний блок* включає організацію та координацію центральними органами виконавчої влади діяльності у галузі меліорації земель, контроль використання зрошуваних земель, організацію екологобезпечного функціонування зрошуваних агроландшафтів, розробку заходів з інтегрованого управління водними і земельними ресурсами (на прикладі сільських громад) за участю представників громад, водо- і землекористувачів. Цей блок призначений для всіх рівнів організації – від національного до регіонального – від органів виконавчої влади до землекористувачів.

3. *Технологічний блок* включає застосування комплексу синергічних заходів з раціонального використання, охорони та підвищення родючості зрошуваних ґрунтів:

- інженерно-технічні заходи з реконструкції і ремонту систем зрошення, інженерного закритого і відкритого дренажу для підтримки у належному стані і відновлення гідротехнічних споруд і зрошувальних мереж з метою розширення площ зрошення; забезпечення сучасною поливною технікою;

- агротехнічні заходи з розробки структури посівних площ і сівозмін, системи удобрення, обробітку ґрунту та режимів зрошення. Залежно від спеціалізації господарств оптимальна структура сівозмін на зрошуваних землях має включати 35-40 % зернових, не менше 30 % кормових, у тому числі багаторічних бобових трав, насамперед, люцерни – 15-20 %, технічних культур – 10-15 %, овоче-баштанних – 10-15 % [45]. Для сучасних умов характерним є застосування короткоротаційних сівозмін. За зрошення мінералізованими забрудненими водами слід надавати перевагу культурам, які є стійкими до засолення й осолонцювання ґрунту та накопичення важких металів.



Рис. 1. Структурна схема системи сталого менеджменту зрошуваних ґрунтів

Система удобрення ґрунту має бути орієнтована на внесення добрив у дозах, що забезпечують бездефіцитний баланс гумусу, з урахуванням вмісту у ґрунті доступних сполук азоту, фосфору, калію та мікроелементів. За зрошення, особливо мінералізованими водами, перевагу має органо-мінеральна система удобрення [45]. Мінеральні добрива краще вносити локально в прикореневу зону рослин, а також разом із поливною водою.

Всі агротехнічні заходи мають бути спрямовані на накопичення, збереження вологи та зменшення випаровування, транспірації її з ґрунту. Найбільш ефективною на зрошуваних землях є диференційована система обробітку, якою передбачено поєднання основного глибокого обробітку з поверхневим. При цьому рекомендується

використовувати мульчування ґрунту для зменшення випаровування вологи, ущільнювальні та повторні посіви культур.

Пропоновано водоощадні режими зрошення, за яких у некритичні фази розвитку рослин зрошувальні норми знижуються на 5-10 %. Рекомендації щодо ефективності різних видів поливів і технології їх проведення викладено в роботі [46]. На сьогодні перспективним способом поливу є краплинне зрошення, яке набуло широкого застосування у технологіях вирощування овочевих, плодових культур і винограду;

- агрометеліоративні заходи включають проведення плантажної оранки, поліпшення якості зрошувальної води, внесення у ґрунт меліорантів у сухому вигляді та у формі суспензії тощо [47];

- фітомеліоративні заходи – насичення сівозмін культурами-меліорантами, що здатні накопичувати та виносити з урожаєм значну кількість важких металів та інших токсикантів.

Цей блок призначено, переважно, для відомчого та регіонального рівнів організації – відомчих служб, агрономів, землекористувачів, фермерів.

4. Блок економічного забезпечення включає фінансове забезпечення реалізації заходів з охорони ґрунтів; створення механізму економічного стимулювання ґрунтоохоронної діяльності підприємств та екологічних інновацій в галузі меліорації, запровадження ґрунтозахисних технологій, агрометеліоративних заходів з підвищення родючості зрошуваних ґрунтів; створення комплексного механізму кредитного стимулювання інноваційної діяльності у сфері меліорації земель для впровадження розробок у виробництво, зокрема, шляхом пільгового кредитування підприємств; удосконалення організаційно-економічного механізму залучення іноземних інвестицій; підвищення ефективності інвестиційно-інноваційного забезпечення меліорації земель [47].

Цей блок призначено, переважно, для національного та відомчого рівнів організації – органів виконавчої влади, відомчих служб з питань меліорації та землекористування.

5. Блок нормативного забезпечення: розроблення нормативної бази у галузі меліорації земель. Необхідним є прийняття Закону про сталий менеджмент зрошуваних ґрунтів, який визначатиме правові, економічні, екологічні та соціальні норми використання ґрунтів та охорони їх родючості, основні принципи державної політики у цій сфері, вимоги щодо збереження стану та якості ґрунтів, захисту їх від негативних природних та антропогенних впливів. Цей блок призначено для національного та відомчого рівнів організації.

Результатом системного підходу до вивчення взаємопов'язаної системи «зрошувальні води – підґрунтові води – ґрунт – сільськогосподарська культура» є вибір науково обґрунтованих управлінських рішень на підставі моніторингу, діагностики та комплексного оцінювання еколого-агрометеліоративного стану зрошуваних земель (Рис. 2).

Якщо за комплексом показників стан земель оцінюють як добрий, то зрошення проводять без обмежень, якщо задовільний стан – зрошують із застосуванням комплексу агрометеліоративних, агротехнічних заходів з підвищення родючості ґрунтів. За незадовільного стану земель, їх вилучають зі зрошення або застосовують комплекс ґрунтоохоронних заходів, спрямованих на поліпшення якості ґрунтів до параметрів задовільного стану.

Запропонована система сталого менеджменту призначена для трьох рівнів організації:

1. національний – для центральних органів виконавчої влади, що беруть участь у формуванні та забезпечують державну політику з питань водного господарства, меліорації земель та управління ґрунтовими ресурсами;

2. відомчий – для служб, комісій та установ, що відповідають за моніторинг та оцінку стану зрошуваних земель;

3. регіональний – для представників місцевих громад, організацій, землевласників, які проводять обстеження ґрунтового покриву, застосування комплексу меліоративних заходів з підвищення родючості зрошуваних ґрунтів тощо.

Таким чином, у контексті сталого розвитку надзвичайно важливим є застосування системи сталого менеджменту зрошуваних ґрунтів для забезпечення збалансованого, раціонального використання всіх природних ресурсів, як одного з невід'ємних елементів стабільного розвитку агровиробництва та чинника регулювання клімату, збереження екосистемних послуг ґрунту й біорізноманіття.

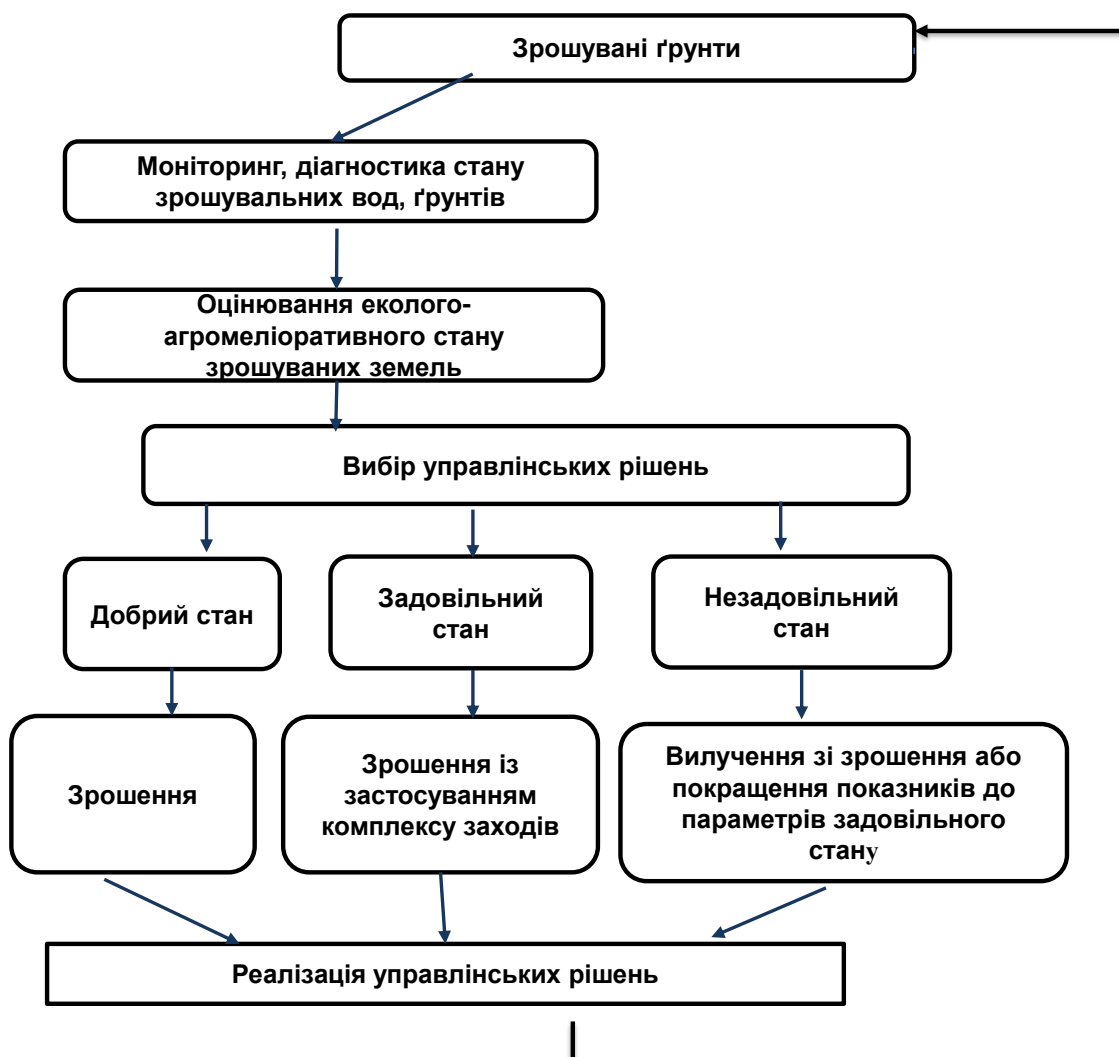


Рис. 2. Алгоритм вибору управлінських рішень

5. Висновки

Викладено науково-методологічні основи сталого менеджменту зрошуваних ґрунтів, як важливої складової сталого розвитку країни, спрямованого на утримання ґрунтових систем в оптимальних або близьких до них параметрах, оптимізацію та стабілізацію режимів функціонування ґрунтів, надання екосистемних послуг, зниження рівня деградації ґрунтів, збалансоване та раціональне землекористування.

Розроблено концептуальні положення та структурну схему системи сталого менеджменту зрошуваних ґрунтів, складовими частинами якої є п'ять взаємопов'язаних блоків-складових – інформаційний, організаційний, технологічний, економічний та нормативний.

Основою сталого менеджменту зрошуваних ґрунтів є системний підхід, що базується на дослідженні системи «зрошувальні води – підґрунтові води – ґрунт – сільськогосподарська культура» як цілісної сукупності взаємопов'язаних компонентів (елементів). Наведено принципи, на яких базується даний підхід.

Вибір управлінських рішень щодо напрямів раціонального використання зрошуваних ґрунтів визначається їх еколого-агромеліоративним станом. Запропонована система сталого менеджменту призначена для трьох рівнів організації – національного, відомчого та регіонального.

Список використаних джерел

1. FAO. 2011. The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) – Managing systems at risk. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Earthscan, London. 308 p. URL: <http://www.fao.org/3/a-i1688e.pdf>

2. Наукове забезпечення управління ґрунтовими ресурсами в контексті євроінтеграційних процесів : наукова доповідь / А.С. Заришняк, С.А. Балюк, В.В. Медведєв [та ін.]. Харків: Смуґаста типографія, 2016. 44 с.
3. Ukraine: Soil fertility to strengthen climate resilience. Preliminary assessment of the potential benefits of conservation agriculture / T. Fileccia, M. Guadagni, V. Hovhera, M. Bernoux. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2014. 96 p. URL: <http://documents.worldbank.org/curated/en/755621468319486733/pdf/918500WPOUKRAI0E0Box385344B00OUO090.pdf>
4. Gomiero T., Pimentel D., Paoletti M.G. Is there a need for a more sustainable agriculture? *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2011. Vol. 30. Issue 1-2. P. 6-23. DOI: 10.1080/07352689.2011.553515.
5. Nkonya E., Mirzabaev A., Braun J. Economics of Land Degradation and Improvement: An Introduction and Overview. In: Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development/ Nkonya E., Mirzabaev A., Braun J., Eds. Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2016. P. 1-14. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-19168-3_1.
6. Стратегія збалансованого використання, відтворення і управління ґрунтовими ресурсами України; за ред. С.А. Балюка, В.В. Медведєва. Київ: Аграрна наука, 2012. 239 с
7. Revised World Soil Charter. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 2015. 10 p. URL: <http://www.fao.org/3/a-i4965e.pdf>
8. Добровільні принципи сталого менеджменту ґрунтових ресурсів. FAO and NSC ISSAR. Rome, 2019. 26 p. URL: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/16874UK/>
9. Jahangir M.R., Jahan I., Mumu N.J. Management of Soil Resources for Sustainable Development under a Changing Climate. *J. Environmental Sciences and Natural Recourses*. 2018. Vol. 11(1-2). P. 159-170. DOI: <https://doi.org/10.3329/jesnr.v11i1-2.43383>.
10. Bruyn L., Ingram J. Soil information sharing and knowledge building for sustainable soil use and management: insights and implications for the 21(st) Century. *Soil use and management*. 2019. Vol. 35, № 1. P. 1-5. DOI: <https://doi.org/10.1111/sum.12493>.
11. Цілі сталого розвитку: Україна/ Національна доповідь. 2017. 174 с. URL: http://un.org.ua/images/SDGs_NationalReportUA_Web_1.pdf.
12. The significance of soils and soil science towards realization of the United Nations sustainable development goals / S.D. Keesstra, J. Bouma, J. Wallinga [et al.]. *Soil*. 2016. Vol. 2. P.111-128. DOI: 10.5194/soil-2-111-2016.
13. Testing the public-private soil data and information sharing model for sustainable soil management outcomes / N.J. Robinson, H.G. Dahlhaus, M. Wong. [et al.]. *Soil use and management*. 2019. Vol. 35, № 1. P. 94-104. DOI: <https://doi.org/10.1111/sum.12472>.
14. Doran J.W., Zeiss M.R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*. 2000. Vol. 15. P. 3-11. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(00\)00067-6](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(00)00067-6).
15. Здоров'є ґрунту агроценозів як атрибут її якості та стійкості до біотических та абиотических стресорів / М.С. Соколов, А.І. Марченко, С.С. Санін [и др.]. *Известия ТСХА*. 2009. Вып. 1. С. 13-22.
16. Doran J.W., Sarrantonio M.I., Liebig M.A. Soil health and sustainability. *Advances in Agronomy*. 1996. Vol. 56. P. 1-54. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60178-9](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60178-9).
17. Baveye P.C., Baveye J., Gowdy J. Soil «Ecosystem» Services and Natural Capital: Critical Appraisal of Research on Uncertain Ground. *Frontiers in Environmental Science*. 2016. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2016.00041>.
18. Fuqiang D., Zhiqiang L., Gangcai L. Assessing soil quality for sustainable cropland management based on factor analysis and fuzzy sets: a case study in the Lhasa River Valley, Tibetan Plateau. *Sustainability*. 2018. Vol. 10 (10). DOI: <https://doi.org/10.3390/su10103477>.
19. Sustainable Land management Using Spatial Analyst in North Nile Delta soil, Egypt/. S. Moghanm, A. Darwish, E. Elwakeel [et al.]. *Egyptian journal of Soil Science*. 2018. Vol. 58, Issue 4. P. 435-442. DOI: 10.21608/ejss.2018.5378.1210
20. Managing soil functions for a sustainable bioeconomy – Assessment framework and state of the art / K. Helming, K. Daedlow, C. Paul [et al.]. *Land Degradation & Development*. 2018. Vol. 29. P. 3112–3126. DOI : <https://doi.org/10.1002/ldr.3066>.
21. Soil indicators for sustainable development: A transdisciplinary approach for indicator development using expert stakeholders / J.Ö.G. Jónsson, B. Davíðsdóttira, E.M. Jónsdóttirb [et al.]. *Agriculture, Ecosystem & Environment*. 2016/ Vol. 232. P. 179-189. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.08.009>.
22. A methodological framework to assess the multiple contributions of soils to ecosystem services delivery at regional scale / C. Calzolari, F. Ungaro. N. Filippi [et al.]. *Geoderma*. 2016. Vol. 261. P. 190-203. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.07.013>.
23. Оцінювання екосистемних послуг засоленних ґрунтів під впливом меліорації : методичні рекомендації / за ред. С.А. Балюка, О.М. Дрозд. Харків, 2017. 128 с.
24. A soil change-based methodology for the quantification and valuation of ecosystem services from agro-ecosystems: a case study of pastoral agriculture in New Zealand / E. Dominati, A. Mackay, S. Green [et al.]. *Ecological Economics*. 2014. Vol. 100. P. 119-129. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.02.008>.
25. Наукові основи охорони та раціонального використання зрошуваних земель України / за ред. В.А. Сташук, С.А. Балюка, М.І. Ромашенка. Київ: Аграрна наука, 2009. 624 с.
26. Балюк С.А., Ромашенко М.І., Трускавецький П.С. Проблеми екологічних ризиків та перспективи розвитку меліорації земель в Україні. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Міжвід. тем. наук. збірник. Вип. 87 Харків: ННЦ "ІГА ім. О.Н. Соколовського". 2018. С. 5-10. DOI: <https://doi.org/10.31073/acss87-01>.
27. Трускавецький П.С., Цапко Ю.Л. Основи управління родючістю ґрунтів. Харків : ФОРМ Бровін О.В., 2016. 388 с.
28. Sustainable management of natural resources with a focus on water and agriculture /J. Polakova, A. Farmer, S. Berman [et al.]. Brussels, 2013. 113 p. DOI: <https://doi.org/10.2861/27324>
29. Assessment and Governance of sustainable soil management / K. Helming, K. Daedlow, B. Hansjurgens, T. Koellner . *Sustainability*. 2018. Vol. 10. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10124432>.
30. Impacts of selected management practices on soil quality in an irrigated arid agroecosystem / M. Omer, O.J. Idowu, A. Ulery [et al.]. *Journal of soil and water conservation*. 2020. Vol. 75, Issue 2. P. 143-152. DOI: <https://doi.org/10.2489/jswc.75.2.143>
31. Sustainable soil and land management and climate change. URL: <http://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook/production-resources/module-b7-soil/chapter-b7-1/en>.
32. Chartzoulakis K., Bertaki M. Sustainable water management in agriculture under climate change. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 2015. Vol. 4. P. 88-98. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.03.011>.

33. Climate-Smart Agriculture (CSA) and Importance of Water Management. URL: <https://www.kisanhub.com/blog/climate-smart-agriculture-csa-and-importance-of-water-management>
34. Climate-smart agriculture. Sourcebook. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2013. 570 p. URL: <http://www.fao.org/3/a-i3325e.pdf>
35. Shah F., Wu W. Soil and crop management strategies to ensure higher crop productivity within sustainable environments. *Sustainability*. 2019. Vol. 11, Issue 5. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11051485>.
36. Conceptual framework underpinning management of soil health-supporting site-specific delivery of sustainable agro-ecosystems / E.A. Stockdale, B.S. Griffiths, P.R. Hargreaves [et al.]. *Food and energy security*. 2019. Vol. 8. DOI: <https://doi.org/10.1002/fes3.158>.
37. Smith P., Powlson D. Sustainability of soil management practices – a global perspective. In: *Soil Biology Fertility*. Springer, 2007. P. 241-254.
38. Sustainable Land Management in Practice / H. Liniger, R. Studer, C. Hauert [et al.]. Rome, 2011. 243 p.
39. Ridge-Furrow Mulching Systems – An innovative Technique for boosting crop productivity in Semiarid rainfed environments/ Y. Gan, K. Siddique, N. Turner [et al.]. *Advances in Agronomy*. 2013. Vol.118. P. 429-476. DOI:10.1016/B978-0-12-405942-9.00007-4.
40. Ridge-furrow with plastic film mulching practice improves maize productivity and resource use efficiency under the wheat-maize double-cropping system in dry semi-humid areas / L. Changjiang, W. Changjiang, W. Xiaoxia [et al.]. *Field Crops Research*. 2017. Vol. 203. P. 201-211. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.12.029>.
41. Королев Ю.Б., Коротнев В.Д., Кочетова Г.Н. Менеджмент в АПК. Москва: Колос, 2007. 424 с.
42. Системний аналіз інформаційних процесів / В.М. Варенко, І.В. Братусь, В.С. Дорошенко [та ін.]. Київ, 2013. 203 с.
43. Воротинцева Л.І. Наукові основи сталого управління ґрунтовими ресурсами Степу України в умовах зрошення : дис... д-ра с.-г. наук / 06.01.03, Харків, 2019. 51 с.
44. Воротинцева Л.І. Науково-методичні підходи до сталого управління ґрунтовими ресурсами Степу України в умовах зрошення. Вісник аграрної науки. 2018. № 12. С. 31-37. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201812-11>
45. Комплекс протидеградаційних заходів на зрошуваних землях України / за ред. С.А. Балюка, М.І. Ромащенко, В.А. Сташук. Київ : Аграрна наука, 2013. 160 с.
46. Системи землеробства на зрошуваних землях України / за ред. Р.А. Вожегової. Київ: Аграрна наука, 2014. 260 с.
47. Меліорація ґрунтів (систематика, перспективи, інновації) / за ред. С.А. Балюка, М.І. Ромащенко, Р.С. Трускавецького. Херсон : Гринь Д.С., 2015. 668 с.

UDC 631.67

Systematic approach to sustainable management of irrigated soils under climate changes

L.I. Vorotyntseva

National Scientific Center «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky»,
Kharkiv, Ukraine
E-mail: vorotyntseva_ludmila@ukr.net

Sustainable management of irrigated soils is one of the components and a tool for achieving the sustainable development goals of the country. An analysis of literature sources indicates that today this issue is very important both at the international and national levels. Developments of scientific and methodological approaches to its implementation to address challenges of food security, conservation and rational use of natural resources, adaptation to climate change are necessary. The purpose of the research is to determine the list of basic properties of the "irrigated soils" system and methodological approaches of the sustainable management of irrigated soils of agricultural use under climate changes. The methodological basis of research is structural and functional analyse, which involves a systematic study of the level of internal soils organization, the nature of their functioning and features of evolution depending on the landscape conditions. The result of the work is the scientific and methodological approaches to the sustainable management of irrigated soils at the present development stage of land amelioration. It's based on the following conceptual positions: (a) application of a systematic approach, the essence of which is a holistic study and management of the interconnected elements of circuit «irrigation water – ground water – soil – crop»; (b) the study of a complex of blocks - informational, normative, technological, economic and organizational; adoption of differentiated measures on the balanced use of irrigated soils on the basis of an objective; (c) management decisions on the balanced use of irrigated soils based on spatially differentiated integrated monitoring and assessment of the ecology-ameliorative condition of lands; (d) constant adjustment of the management algorithm according to the tactical and operational goals of the system. It is shown that a systematic approach is based on the study of the object – irrigated soils as an integral set of interconnected components in accordance with the principles of comprehensiveness, consistency of goals, continuity of the process of adjusting system goals and reliability of information (elements). An integrated approach is based on such principles as complexity, consistency of goals, the continuity of the process of adjusting the goals of the system and reliability of information.

Keywords: irrigated soils; management; systems approach; system properties.

Citing: Vorotyntseva L.I. 2020. Systematic approach to sustainable management of irrigated soils under climate changes. *Agrochemistry and Soil Science*. Collected papers. No. 89. Kharkiv: NSC ISSAR, P. 41-50. (Ukr.). DOI: <https://doi.org/10.31073/acss89-05>.