

3. Мазур Г.А. Відновлення та регулювання родючості легких ґрунтів. Київ: Аграрна наука, 2008. 308 с.
4. Годований А.О. Агроекологічна оцінка використання добрив під хміль. *Хмелярство*. 1996. № 18. С. 50–59.
5. Дем'янюк О.С., Шамрій Н.М. Еколого-біологічна оцінка дерново-підзолистого ґрунту при тривалому застосуванні різних видів добрив. *Науковий вісник НАУ*. 2000. № 32. С. 409-412.
6. Boyko P., Litvinov D., Demidenko O., Blashchuk M., Rasevich V. Prediction humus level of black soils of forest-steppe Ukraine depending on the application of crop rotation, fertilization and tillage. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*. 2019. Vol. 9 (1). P. 155-162.
7. Дегодюк Е.Г., Нікіфоренко Л.І., Дегодюк С.Е. Трансформація органічної речовини ґрунтів Полісся і Лісостепу при застосуванні добрив. *Землеробство*. 2003. Вип. 75. С. 3–9.
8. Польовий В.М. Оптимізація систем удобрення у сучасному землеробстві: монографія. Рівне: Волинські обереги, 2007. 320 с.
9. Sedlář, O. Balík J., Černý J., Peklová I., Kulháněk M. Nitrogen uptake by winter wheat (*triticum aestivum* L.) Depending on fertilizer application. *Cereal Research Communications*. 2015. Vol. 43 (3). P. 515-524.
10. Рудик Р.І., Проценко А.В., Свірчевська О.В. Високопродуктивні сорти – основа інноваційного розвитку галузі хмелярства. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 4. С. 63-66.
11. Проценко А.В., Приймачук Т.Ю., Герасимчук М.В. Порівняльна оцінка технологій вирощування хмелю. *Агропромислове виробництво Полісся*. 2018. Вип. 9. С. 107-111.

УДК 626.81/84:831.67

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.122.45>

---

## ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОЗРОБКИ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ЕФЕКТИВНОСТІ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖУ ЗРОШУВАНИХ ЗЕМЕЛЬ

---

**Морозов О.В.** – д.с.-г.н., професор,

професор кафедри гідротехнічного будівництва, водної та електричної інженерії,  
Херсонський державний аграрно-економічний університет

**Морозов В.В.** – к.с.-г.н., професор,

професор кафедри гідротехнічного будівництва, водної та електричної інженерії,  
Херсонський державний аграрно-економічний університет

**Козленко Є.В.** – к.с.-г.н., докторант,

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

*Актуальною проблемою вдосконалення інформаційного забезпечення функціонування закритого горизонтального дренажу (ЗГД) на безстічних і слабодренованих зрошуваних землях сухостепової зони України є розробка і впровадження системи моніторингу ефективності дренажу. Основною задачею моніторингу ефективності горизонтального дренажу (МЕГД) є оперативний контроль за показниками – індикаторами, які характе-*

---

ризують функціонування дренажу, вплив його на еколого-меліоративний та еколого-агро-меліоративний стан зрошуваних земель. Під ефективністю ГД в цьому разі розуміється ступінь відповідності показників, що відображають процес функціонування дренажу, їх проектним науково-обґрунтованим значенням. Як науково-методологічний інструментарій моніторингу ефективності горизонтального дренажу (МЕГД) пропонується розглянути відповідну експертну систему (ЕС).

Під експертною системою (від англ. *expert-system*) розуміється комп'ютерна система (комплекс комп'ютерних програм), яка спроможна частково замінити фахівця-експерта у вирішенні відповідних задач або проблемних ситуацій, в тому числі й тих, де потрібно одержати об'єктивні дані для прийняття оптимальних рішень в умовах недостатньої інформації. Нині експертні системи отримали широке розповсюдження в багатьох галузях: економіці, екології, медицині, будівництві та інших. Для розробки і впровадження ЕС у функціонування моніторингу ефективності горизонтального дренажу необхідне відповідне науково-методологічне і техніко-економічне обґрунтування. Насамперед при цьому необхідне формування бази даних (БД) і бази знань (БЗ) як моделі поведінки експертів в сфері знань функціонування горизонтального дренажу і впливу його на еколого-меліоративний стан зрошуваних земель із застосуванням процедур логічних висновків і прийняття оптимальних рішень для забезпечення ефективної роботи ГД впродовж багаторічного періоду (50 років і більше).

У цій роботі наведено теоретико-методологічні та технічні аспекти нового для водогосподарської галузі України питання розробки експертних систем моніторингу ефективності горизонтального дренажу (ЕСМЕГД) зрошуваних земель. Сформульовані основні позиції для техніко-економічного обґрунтування необхідності ЕСМЕГД. Визначений перелік питань, які є обов'язковими під час створення та впровадження ЕСМЕГД. Визначені характерні особливості експертної системи моніторингу ефективності горизонтального дренажу, які повинні бути врахованими під час створення та реалізації ЕСМЕГД. Сформульовані основні задачі, для вирішення яких повинна застосовуватись ЕСМЕГД, а також вимоги для формування бази даних та бази знань експертної системи моніторингу ефективності горизонтального дренажу.

**Ключові слова:** зрошення, горизонтальний дренаж, ефективність, моніторинг, експертна система, бази даних, бази знань.

**Morozov O.V., Morozov V.V., Kozlenko Y.V. Theoretical-methodological and technological aspects of developing expert systems for monitoring the efficiency of horizontal drainage of irrigated lands**

An urgent problem of improving information support for the functioning of closed horizontal drainage (CHD) on drainless and poorly drained irrigated lands of the dry steppe zone of Ukraine is the development and implementation of the system for monitoring the effectiveness of drainage. The main task of monitoring the efficiency of horizontal drainage (MEHD) is the operational control of indexes that characterize the functioning of drainage, its impact on the ecological-reclamation and ecological-agro-ameliorative condition of irrigated lands. The effectiveness of HD, in this case, means the degree of compliance of indexes that reflect the process of drainage, their design, scientifically substantiated value. It is proposed to consider the relevant expert system (EC) as a scientific and methodological tool for monitoring the efficiency of horizontal drainage (MEHD).

The expert system means a computer system (a set of programs), which is able to partially replace the specialist-expert in solving certain problems or problem situations, including those where you want to obtain objective data to make optimal decisions in conditions of insufficient or inefficiently checked information. Today, expert systems are widely used in many areas: economics, ecology, medicine, construction and others. Appropriate scientific-methodological and technical-economic substantiation is necessary for the development and introduction of ES in the functioning of monitoring of the efficiency of horizontal drainage. First of all, it is necessary to form a database (DB) and knowledge base (KB) as a model of behavior of experts in the field of knowledge of horizontal drainage and its impact on the ecological-reclamation state of irrigated lands using procedures of logical conclusions and making optimal decisions to ensure effective HD work for a long period (50 years or more).

This paper presents the theoretical-methodological and technical aspects of a new issue for the water industry of Ukraine in the development of expert systems for monitoring the effectiveness of horizontal drainage (ESMEHD) of irrigated lands. The main positions for the technical-economic substantiation of the need for ESMEHD are formulated. The list of issues that are mandatory for the creation and implementation of ESMEHD as a new system and task for the water industry of Ukraine is determined as well as the features of the expert system for monitoring the efficiency of horizontal drainage, which must be taken into account in the creation and implementation of

*ESMEHD. The main problems for the solution of which ESMEHD should be used are formulated, as well as the requirements for the formation of the database and knowledge base of the expert system for monitoring the effectiveness of horizontal drainage.*

**Key words:** irrigation, horizontal drainage, efficiency, monitoring, expert system, databases, knowledge bases.

**Постановка проблеми.** Стратегією зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року [1] поставлена задача відновлення, подальшого розвитку та підвищення ефективності зрошувальних і дренажних систем. Актуальною проблемою вдосконалення інформаційного забезпечення функціонування закритого горизонтального дренажу (ГД) на безстічних і слабодренованих зрошуваних землях сухостепової зони України є розробка і впровадження системи моніторингу ефективності дренажу. Основною задачею моніторингу ефективності горизонтального дренажу (МЕГД) є оперативний контроль за показниками-індикаторами, які характеризують ефективність функціонування дренажу, вплив його на еколого-меліоративний та еколого-агромеліоративний стан зрошуваних ґрунтів і ландшафтів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблеми і питання ефективного функціонування горизонтального дренажу на зрошуваних землях України висвітлені в сучасних наукових працях вчених ІВПіМ НААН (А.П. Савчук, О.І. Харламов, І.В. Котикович та інші) [7; 8; 9], Національного університету водного господарства та природокористування (А.М. Рокочинський, В.А. Шашук, П.П. Волк та інші) [10], Херсонського державного аграрно-економічного університету (О.В. Морозов, В.В. Морозов, М.М. Волошин та інші), Інституту зрошуваного землеробства НААН (Є.В. Козленко) [6; 11; 13; 14; 15; 16]. У цих та інших роботах звертається увага на необхідність покращення умов експлуатації горизонтального дренажу, підвищення його ролі у забезпеченні відповідного еколого-меліоративного стану зрошуваних земель, а також вдосконалення інформаційного забезпечення функціонування колекторно-дренажних систем. Одна з перших методичних розробок із створення інформаційної системи для водогосподарського сектора на національному рівні належить Д.А. Сорокіну (Науково-інформаційний центр, Міждержавна координаційна водогосподарська комісія НІЦ МКВК, м. Ташкент, 2008) [12]. У цій роботі розглянутий аналіз наявних національних інформаційних систем, сформульовані основні принципи і вимоги до інтерфейсу користувача, складники баз даних (БД) та ГІС, їх прив'язка до інтерфейсу БД та ряд інших питань, які необхідно враховувати під час формування експертних систем у водогосподарському секторі.

**Постановка завдання.** Одним із шляхів вирішення проблеми підвищення ефективності горизонтального дренажу є розробка і впровадження системи моніторингу ефективності горизонтального дренажу як нового елементу діючого еколого-меліоративного моніторингу із застосуванням відповідної експертної системи.

Основною задачею моніторингу ефективності горизонтального дренажу (МЕГД) є оперативний контроль за показниками-індикаторами, які характеризують функціонування дренажу, вплив його на еколого-меліоративний та еколого-агромеліоративний стан зрошуваних земель. Під ефективністю ГД в цьому разі розуміється ступінь відповідності показників, що відображають процес функціонування дренажу, їх проєктним науково-обґрунтованим значенням. Як науково-методологічний інструментарій моніторингу ефективності горизонтального дренажу (МЕГД) пропонується розглянути відповідну експертну систему (ЕС).

Під експертною системою (від англ. *expert-system*) розуміється комп'ютерна система (комплекс комп'ютерних програм), яка спроможна частково замінити

фахівця-експерта у вирішенні відповідних задач або проблемних ситуацій, в тому числі і тих, де потрібно одержати об'єктивні дані для прийняття оптимальних рішень в умовах недостатньої інформації.

Метою дослідження є розробка теоретико-методологічних засад формування експертних систем моніторингу ефективності закритого горизонтального дренажу на зрошуваних землях сухостепової зони України.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** На першому етапі розробки експертних систем ефективності горизонтального дренажу (ЕСМЕГД), враховуючи світовий і вітчизняний досвід створення і функціонування ЕС, розробникам та користувачам ЕСМЕГД необхідно чітко сформулювати чотири основні позиції:

- 1 – які функції і операції будуть виконувати ЕС;
- 2 – для чого необхідно виконання цих робіт;
- 3 – кому потрібні результати роботи ЕС;
- 4 – яким чином результати функціонування ЕС моніторингу ефективності горизонтального дренажу будуть сприяти виконанню поставлених задач у відповідній галузі.

Основні функції і операції: визначення об'єктивних даних з динаміки дренажного стоку, мінералізації та хімічному складу дренажних вод, виносу солей з дренажною водою як по окремих дренах, так і загалом на дренажній ділянці; впливу дренажу на розсолення ґрунтів і ґрунтоутворних порід зони аерації; відповідність цих даних нормативним показникам; зміни цих показників у часі і просторі тощо.

Виконання цих робіт необхідно для аналізу та оцінки водного і сольового балансу зрошуваної та дренажної ділянки, оцінки ефективності функціонування дренажу; розробки та впровадження необхідних еколого-меліоративних заходів тощо.

Результати роботи ЕС потрібні проєктувальникам систем зрошення і дренажу, службі експлуатації дренажу, гідрогеолого-меліоративним експедиціям і партіям, науково-дослідним інститутам та університетам, екологічним та іншим організаціям, які працюють для забезпечення ефективної роботи зрошення і дренажу.

Функціонування ЕС моніторингу ефективності ГД необхідно для забезпечення оперативної і об'єктивної оцінки роботи горизонтального дренажу, підготовки відповідних меліоративних заходів, перевірки реалізації попередніх рекомендацій і загалом спрямовано на підвищення ефективності зрошуваного землеробства.

Також перед розробкою ЕСМЕГД, враховуючи аналіз умов її формування [2; 3; 4; 5], потрібно визначитися з питаннями, які є обов'язковими під час створення та впровадження цієї нової для водогосподарської галузі України задачі:

- яку структуру будуть мати ЕС;
- до якої класифікації вони будуть віднесені;
- хто буде розробниками ЕС;
- як буде здійснюватися одержання та набуття нових знань ЕС;
- визначитися з методологічними підходами до розробки ЕС;
- визначити які інструментальні засоби будуть задіяні під час розробки ЕС;
- чітко уявляти собі основні переваги і недоліки ЕС;
- визначити властивості ЕС;
- визначити режими роботи ЕС;
- визначити стадії функціонування ЕС;
- визначити відмінності ЕС від інших інформаційних систем (ІС);
- обґрунтувати методи пошуку рішень в ЕС;

– проаналізувати сучасний стан і сформулювати мету і завдання інноваційних розробок у сфері ЕС в гідротехніці, зрошенні, дренажу і моніторингу еколого-меліоративного стану земель;

- визначити проблеми, які можуть з'явитися під час розробки ЕС;
- визначити перспективи розробки ЕС.

Характерними властивостями ЕСМЕГД, на які звертають увагу [3; 4], є:

– точна обмеженість предметної галузі або її елементу; в цьому разі йдеться про оперативне визначення ефективності горизонтального дренажу (ЕГД), це сфера функціонування системи горизонтального дренажу; умови і фактори формування дренажного стоку і якості дренажних вод тощо;

– здатність приймати рішення в умовах невизначеності, в тому числі при недостатній кількості даних або у разі виникнення нових проблемних явищ і процесів у роботі системи горизонтального дренажу;

– здатність роз'яснювати хід та підсумок рішення щодо ефективності роботи дренажу зрозумілими і потрібними для користувачів методами;

– точне розділення декларативних і процедурних знань в ЕСЕГД (під *декларативними* розуміються знання описового характеру, які дають можливість фахівцям-не експертам узагальнено обговорювати будь-яку тему роботи дренажу, використовуючи відомі висловлювання та інформацію по ній, а також приклади з власного або іншого досвіду; *процедурні або алгоритмічні* – це знання, за допомогою яких вирішуються конкретні, практичні, насамперед технічні та технологічні задачі, це знання робіт, що принципово перевіряються; лише навчившись відрізнити ці 2 види знань, можливо з фахівця перетворитися на експерта-професіонала);

– здатність і технологія постійного поповнення основної бази даних і бази знань ЕСМЕГД у процесі її функціонування новою інформацією;

– підсумкові висновки і рекомендації видаються у вигляді конкретних заключень та порад для дій у конкретній ситуації, які не уступають заключенням, висновкам і порадам найбільш кваліфікованих експертів-професіоналів;

– орієнтація на вирішення як формалізованих, так і не формалізованих задач; метод рішення не описується завчасно, а формулюється самою ЕС в процесі комплексу робіт з оцінки ефективності роботи дренажу;

– знаходження раціонального рішення в конкретній ситуації, в тому числі із можливістю навчатися на попередніх помилках.

У системі моніторингу ефективності горизонтального дренажу ЕС повинна не уступати за якістю та ефективністю рішень висновкам та рішенням експертів-професіоналів. Рішення ЕС повинні бути прозорими, тобто мати можливість бути перевіреними іншими способами. Ця властивість ЕС гарантується їх спроможністю аналізувати свої знання, висновки та рекомендації. ЕС повинні мати властивість поповнювати свої пізнання в процесі її функціонування та взаємодії з експертами.

Розробка ЕС МЕГД повинна застосовуватись для вирішення різних задач та різної інтерпретації одержаних даних і знань; прогнозування вивчасмих ґрунтово-гідрогеологічних процесів і явищ (наприклад, процесів підйому ґрунтових вод, вторинного засолення і осолонцювання ґрунтів і ґрунтотворних порід зони аерації, зміни мінералізації і хімічного складу дренажних і ґрунтових вод, урожайності сільськогосподарських культур тощо); діагностики (порівняння показників-індикаторів ефективності дренажу з нормативними показниками та інтегрування цієї інформації в комплексні висновки); планування робіт з покращення роботи дренажу; проєктування (в тому числі нових зрошувальних і дренажних систем

в аналогічних і подібних умовах); контроль процесів, що вивчаються; відпрацювання відповідних режимів (наприклад, режимів зрошення і роботи дренажу; оптимізації еколого-меліоративного режиму зрошуваних ґрунтів і агроландшафтів; режиму використання дренажних вод тощо); управління системою дренажу та еколого-меліоративним режимом, який включає у себе водно-сольовий та поживний режими).

Таким чином, ЕС моніторингу ефективності горизонтального дренажу повинні стати науково-методологічним і практичним інструментарієм, комплексом комп'ютерних програм і технологій, спрямованих на створення відповідних інформаційно-обчислювальних систем, які вміють формулювати рішення, що є порівнянними з рішеннями експертів-професіоналів у цій предметній галузі.

Важливо відмітити, що ЕС мають відмінність від інших систем штучного інтелекту, тому що вони не передбачені для вирішення будь-яких універсальних задач, як, наприклад, нейронні мережі. ЕС передбачені для високоякісного вирішення задач тільки у визначеній розробниками галузі або питанні, в цьому разі – в системі моніторингу ефективності горизонтального дренажу, а в перспективі – в моніторингу ефективності єдиної системи «зрошення – дренаж».

Експертне знання (база знань – БЗ) – це сполучення теоретичного осмислення проблеми або крупної задачі і практичних навиків її вирішення, ефективність яких підтверджена процесом багаторічної практичної діяльності експертів-професіоналів з відповідної галузі [4], в цьому разі – вивченні питань і проблем ефективності функціонування закритого горизонтального дренажу в зоні зрошення.

Фундаментом цієї експертної системи МЕГД є БЗ, яка формується на базі раніше одержаних систематизованих знань, що вже стали теорією, та інноваційних знань, методів і технологій експертів-професіоналів. Вірно обраний експерт та успішна формалізація його унікальних пізнань дозволяє одержати в ЕС неповторну і цінну базу знань [2; 4]. Професіонал-експерт об'єктивно діагностує ефективність функціонування дренажу не тільки тому, що має якісну інженерну освіту і відповідний досвід професійної діяльності, спирається на досвід колег та світовий досвід, а ще й тому, що володіє унікальними, в тому числі авторськими методами, ноу-хау. Тому якість і повнота бази знань є визначальною в ефективності функціонування ЕСМЕГД.

Експертна система (ЕС) є не просто звичайною комп'ютерною програмою, яка створюється програмістами. ЕС є результатом сумісної роботи професіоналів-інженерів в предметній сфері, яку можливо визначити ключовими словами – «зрошення, горизонтальний дренаж, еколого-меліоративний моніторинг, ефективність – урожай», інженерів по знанням і програмістів.

Під час розробки та впровадження ЕС у галузі зрошення і дренажу можливо виникне ряд труднощів і проблем, пов'язаних з такими обставинами:

- у процесі передачі в базу знань ЕС відповідних детальних, унікальних або евристичних знань (особливо з питань умов і факторів формування дренажного стоку і якості ґрунтових, дренажних і зрошувальних вод, їх метаморфізму в багаторічному процесі) є труднощі з формалізацією даної інформації [4];

- ЕС неспроможні надати усвідомлені роз'яснення «власних роздумів», як це робить експерт, ЕС тільки обрисовують послідовність кроків (алгоритм), як це робить фахівець у процесі пошуку вірного рішення;

- відпрацювання і тестування будь-якої комп'ютерної програми (а ЕС включає в себе комплекс підпрограм) є трудомісткою роботою, і тестування ЕС не є виключенням;

– до слабких питань ЕС належить і те, що вони не спроможні до самонавчання, щоб підтримуватися в актуальному стані, їм необхідне постійне втручання в базу знань розробників та інженерів по знанням, ЕС без постійного кваліфікованого науково-технічного супроводження швидко втрачає свою затребуваність. Однак слід відмітити, що у всіх галузях їх застосування ЕС довели свою важливість, значущість та техніко-економічну ефективність в одержанні як виробничого ефекту, так і у розвитку теоретико-методологічних питань науки і техніки.

Компонент набуття знань (КНЗ) автоматизує процес заповнення ЕС знаннями, виконується користувачем-експертом – фахівцем дренажного відділу басейнового управління водних ресурсів або гідрогеолого-меліоративної експедиції (партії) чи наукової організації. Пояснювальний компонент (ПК) роз'яснює, які ЕС одержала рішення поставленої задачі (у експертному висновку або заключенні) – ефективне або неефективне функціонування дренажу, чому, що робити, що при цьому слід очікувати нині і в перспективі тощо; які знання ЕС при цьому використовувала; все це спрощує експерту тестування режиму функціонування дренажу, підвищує довіру користувачів до одержаних результатів.

Діалоговий компонент (ДК) націлений на тісну співпрацю ЕС з користувачем, як у процесі вирішення задачі, так і в процесі набуття нових даних та знань і роз'ясненні підсумків роботи-рішень, експертних заключень [4]. Підсистема зв'язку ЕС із зовнішнім оточенням виконує зв'язки системи дренажу із зовнішнім навколишнім середовищем через систему датчиків і контролерів.

Загальна характеристика ЕСМЕГД, яку слід враховувати під час її проектування: ця експертна система є динамічною, вона складається із таких основних компонентів: вирішувача (інтерпретатора); робочої пам'яті (РП), яка ще називається базою даних (БД); бази знань (БЗ); компонентів набуття знань (КНЗ); пояснювального компоненту (ПК); діалогового компоненту (ДК); підсистеми моделювання зовнішнього середовища (МЗС) та підсистеми взаємодії із зовнішнім середовищем (ВЗС) [4].

База даних (БД) спеціалізується на зберіганні вихідних та проміжних даних задач, що вирішуються в нинішній момент. У БД ЕСМЕГД це дані з динаміки модуля дренажного стоку, мінералізації та хімічного складу дренажних вод, рівнів ґрунтових вод на середині міждрення, атмосферних опадів та водоподачі на дренажну ділянку тощо.

База знань (БЗ) ЕСМЕГД спеціалізується для зберігання довготривалих даних, які обрисовують гідродинамічну картину формування дренажного стоку, хімічного складу дренажних вод, взаємозв'язку дренажного стоку з напором ґрунтових вод в середині міждренної відстані при різних відстанях між дренами, гідрографи та інтегральні криві дренажного стоку в різні за забезпеченістю атмосферними опадами роки та іншими показниками, що детально описано в попередніх публікаціях авторів цієї статті [6; 11].

Вирішувач (В) під час використання вихідних даних із робочої пам'яті (БД) та знань з БЗ формує послідовність правил і дій, тобто технології, яка під час її застосування до вихідних даних призводить до вирішення поставленої задачі – оперативного визначення ефективності горизонтального дренажу і розробки рекомендацій щодо його подальшого ефективного функціонування.

Для експертної системи МЕГД необхідне постійне функціонування в двох основних режимах: 1 – в режимі набуття знань; 2 – в режимі вирішення поставлених задач (режим застосування ЕС). Тобто спочатку необхідно загрузити ЕС інформацією з предметної міждисциплінарної галузі, в якій вона буде працювати.

Це є режим навчання ЕС, коли вона одержує знання [4]. Після цього ЕС становить придатною для функціонування, коли її можливо використовувати для консультацій, вирішення відповідних задач моніторингу ефективності горизонтального дренажу та поповнення наукових знань.

### **Висновки і пропозиції.**

1. Важливим питанням у підвищенні ефективності функціонування закритого горизонтального дренажу на безстічних і слабодренованих зрошуваних землях сухостепової зони України є необхідність розробки і впровадження в систему діючого еколого-меліоративного моніторингу блоку-моніторингу ефективності горизонтального дренажу. Як науково-методологічний інструментарій даного моніторингу пропонується створення і впровадження відповідної експертної системи. Постановка цього питання є принципово новим кроком у розвитку системи еколого-меліоративного моніторингу і спрямована на підвищення ефективності зрошення і горизонтального дренажу.

2. У цій роботі визначений перелік основних питань, які повинні бути вирішені під час створення експертної системи моніторингу ефективності горизонтального дренажу в зоні зрошення. Першочерговими і перспективними є питання подальших досліджень і науково-методичних розробок, спрямованих на підвищення ефективності функціонування горизонтального дренажу: визначення структури відповідних експертних систем, механізму одержання нових даних і постійного формування бази даних, які будуть трансформуватися в базу знань експертної системи; розробка технологій функціонування експертної системи моніторингу ефективності горизонтального, а в перспективі і вертикального дренажу.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Стратегія зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року: схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14.08.2019 р. № 688-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-p#Text> (дата звернення: 15.11.2021).
2. Субботін С.О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень : навч. посіб. Запоріжжя : ЗНТУ, 2008. 341 с.
3. Скрипка К.І. Бази знань і експертні системи. *Легка промисловість*. 2002. № 1. С. 58–59.
4. Литвин В.В., Пасічник В.В., Яцишин Ю.В. Інтелектуальні системи: підручник. Львів, 2019, 406 с.
5. Романюк О.Н., Савчук Т.О. Організація баз даних і знань: навч. посіб. Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. 217 с.
6. Морозов О.В., Іванів М.О., Морозов В.В., Козленко Є.В. Теоретико-методологічні засади формування експертних систем ефективності зрошення і горизонтального дренажу. *Таврійський науковий вісник. Серія: технічні науки / Херсонський державний аграрно-економічний університет*. Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2021. Вип. 3. С. 106–115.
7. Харламов О.І. Ефективність систематичного горизонтального дренажу на слабостічних та безстічних територіях зрошуваних масивів. *Вісник аграрної науки*. Київ: «Аграрна наука». 2019. № 1. С. 72–82.
8. Савчук Д.П., Харламов О.І., Котикович І.В. Ефективність закритого горизонтального дренажу на фоні зрошення ДМ «Фрегат». *Меліорація і водне господарство*. 2018. Вип. 1 (107). С. 30–36.
9. Савчук Д.П., Харламов О.І., Котикович І.В. Горизонтальний дренаж на фоні зрошення дощувальною машиною «Фрегат». *Водне господарство України*. 2019. № 1–2. С. 12–18.



10. Науково-методичні рекомендації щодо створення та функціонування дренажних систем у змінних сучасних умовах / за заг. ред. Сташука В.А., Рокочинського А.М., Волка П.П. Рівне : НУВГП, 2021. 113 с.
11. Морозов О.В., Морозов В.В., Козленко Є.В. Системний підхід у дослідженнях технічної ефективності закритого горизонтального дренажу. *Таврійський науковий вісник. Серія: технічні науки* / Херсонський державний аграрно-економічний університет. Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2021. Вип. 2. С. 60–69.
12. Методическое руководство по созданию информационной системы водохозяйственного сектора на национальном уровне / составитель: Д.А. Сорокин, НИЦ МКВК, г. Ташкент, 2008. 72 с.
13. Волошин М.М. Вплив опадів на підтоплення Інгулецького масиву Херсонської області. *Таврійський науковий вісник. Серія: сільськогосподарські науки* / ДВНЗ «Херсонський державний аграрно-економічний університет». Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2007. Вип. 48. С. 60–69.
14. Козленко Є.В., Морозов О.В., Морозов В.В. Динаміка якості дренажних вод в експертній системі еколого-агромеліоративного моніторингу зрошуваних земель (на прикладі Інгулецького масиву). *Таврійський науковий вісник. Серія: технічні науки* / Херсонський державний аграрно-економічний університет. Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2021. Вип. 116., т.1. С. 173–182.
15. Волошин М.М., Задорожний А.І. Дослідження впливу атмосферних опадів на розвиток підтоплення в Херсонській області. *Таврійський науковий вісник. Серія: сільськогосподарські науки* / ДВНЗ «Херсонський державний аграрно-економічний університет». Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2007. Вип. 53. С. 72–84.
16. Волошин М.М., Савчук Д.П. Стан дренажних систем на Інгулецькому масиві Херсонської області. *Таврійський науковий вісник. Серія: сільськогосподарські науки* / ДВНЗ «Херсонський державний аграрно-економічний університет». Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2007. Вип. 50. С. 37–46.