

## **ПРИРОДНИЧО-ГЕОГРАФІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ**

УДК 910.2 + 004.9 (477)

doi: 10.15407/ugz2016.04.017

**М. Д. Гродзинський<sup>1</sup>, Д. В. Свідзінська<sup>1</sup>, Д. В. Глотка<sup>2</sup>, А. М. Тішаєва<sup>3</sup>**<sup>1</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка<sup>2</sup>Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут, Київ<sup>3</sup>Приватне акціонерне товариство «Візіком», Київ

### **МІЖНАРОДНИЙ ПРОЕКТ FREEWAT З ПЛАНУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ: ЦІЛІ ТА ПРОЦЕС РЕАЛІЗАЦІЇ**

Викладено основні цілі та засади діяльності проекту FREEWAT («Вільні та відкриті програмні інструменти для управління водними ресурсами») рамкової програми наукових досліджень та інновацій Європейського Союзу Горизонт 2020. Особливу увагу приділено реалізації завдань проекту українською стороною на прикладі тестової ділянки водозбору р. Бакумівка Трубізької осушувально-зволожувальної системи.

**Ключові слова:** водні ресурси; управління; геоінформаційні системи.

**M.D. Grodzynskyi<sup>1</sup>, D.V. Svidzinska<sup>1</sup>, D.V. Hlotka<sup>2</sup>, A.M. Tishaieva<sup>3</sup>**<sup>1</sup>Taras Shevchenko National University of Kyiv<sup>2</sup>Ukrainian Research Hydrometeorological Institute, Kyiv<sup>3</sup>Private Joint Stock Company "Visicom", Kyiv

### **INTERNATIONAL PROJECT FREEWAT ON PLANNING AND MANAGEMENT OF WATER RESOURCES: OBJECTIVES AND IMPLEMENTATION PROCESS**

Basic aims and principles of the FREEWAT project («FREE and open source software tools for WATER resource management») of the European Union Framework Programme for Research and Innovation Horizont 2020 are described. Particular attention is paid to the implementation of project tasks of the Ukrainian partner for Bakumivka river catchment of the Trubizh drainage-irrigation system.

**Keywords:** water resources; management; geoinformation systems.

#### **Вступ**

Особливості господарського використання водних ресурсів у сучасних умовах полягають у тому, що кількість водокористувачів зростає, їх інтереси часто не збігаються, а запити не можуть бути задоволені у повному обсязі через обмеженість цього ресурсу чи його незадовільну якість. Крім забезпечення потреб у воді численних суб'єктів господарювання, водні ресурси є ресурсами насамперед природними й виконують у природних ландшафтах низку регулюючих функцій. Порушення цих функцій через антропогенні зміни водного балансу призводить до розвитку таких процесів, як підтоплення, вторинне засолення, олуговіння та оглеєння ґрунтів, деградація водно-болотних угідь, торфові пожежі тощо.

За таких умов ефективне та збалансоване управління водними ресурсами має ґрунтуватись на врахуванні численних природних та соціо-економічних чинників, відзначатися оперативністю (отримання рекомендацій у стислі строки), а також можливістю планування та управління цими ресурсами для невеликих за площею території, опе-

раційною територіальною одиницею яких є окреме угіддя з урахуванням його ландшафтної гетерогенності. Це, зокрема, означає використання значного обсягу територіально диференційованої інформації при її оперативному і поліваріантному опрацюванні. Як результати, так і інструменти такого планування та управління повинні бути доступними для зацікавлених сторін й громадськості загалом.

Названих та інших вимог до управління водними ресурсами можна дотримуватися шляхом застосування засобів вільних і відкритих програмних інструментів, тобто середовища моделювання, що поєднане з ГІС і має відкритий вихідний код. Розроблення таких інструментів є головним завданням проекту FREEWAT («FREE and open source software tools for WATER resource management») – «Вільні та відкриті програмні інструменти для управління водними ресурсами») рамкової програми наукових досліджень та інновацій Європейського Союзу Горизонт 2020.

Географічний факультет Київського національного університету імені Тараса Шевченка є одним із учасників цього міжнародного проекту.

Мета дослідження – викласти основні цілі та засади діяльності проекту FREEWAT з особливим наголосом на його реалізацію українською стороною на прикладі тестової ділянки водозбору

<sup>1</sup> Цю публікацію підготовлено в рамках проекту FREEWAT, який отримав фінансування за програмою наукових досліджень та інновацій Європейського Союзу ГОРИЗОНТ 2020 (грантова угода № 642224).

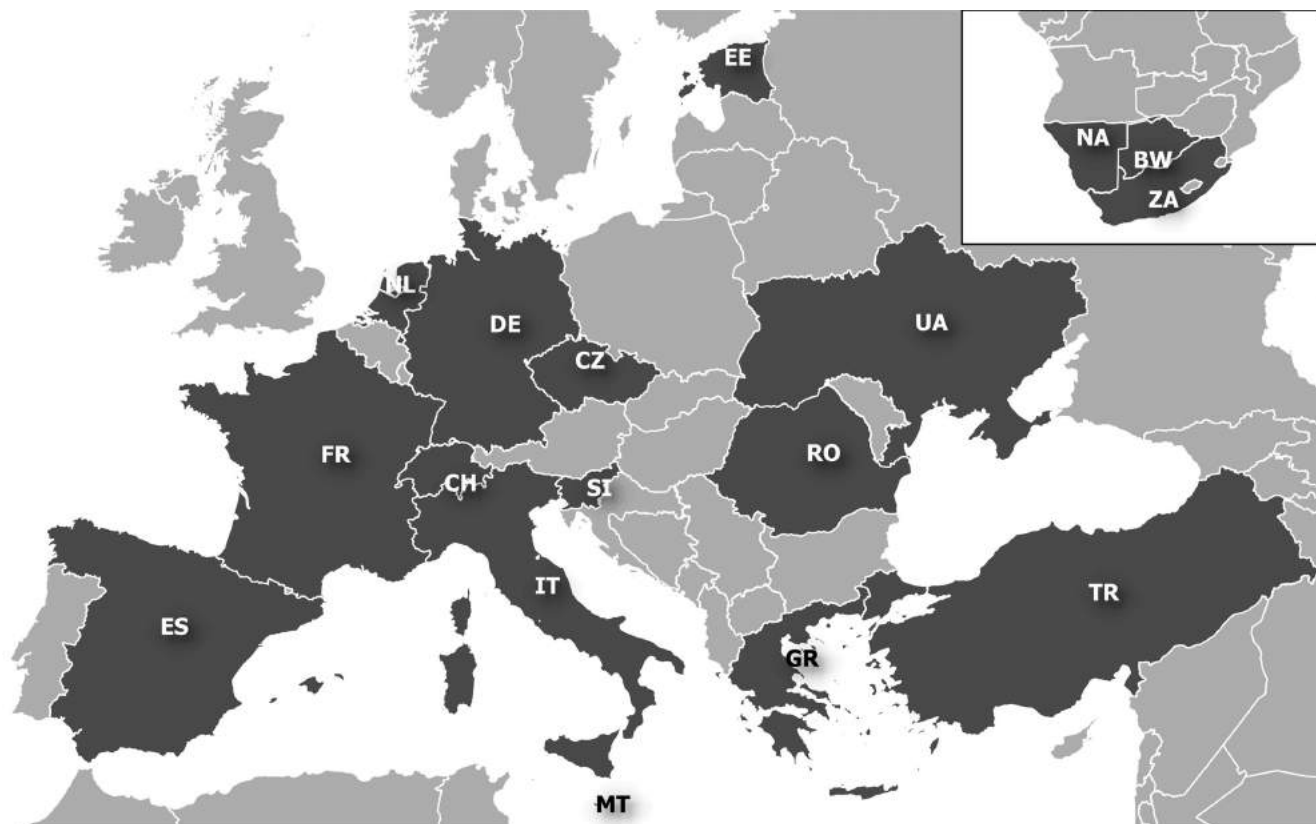


Рисунок 1. Дослідницький консорціум проекту FREEWAT

р.Бакумівка Трубізької осушувально-зволожувальної системи.

#### Виклад основного матеріалу

Міжнародний науково-дослідницький проект FREEWAT розпочався 1 квітня 2015 р., його головна мета формується як надання підтримки у плануванні й управлінні водними ресурсами через спрощення застосування директив Європейського Союзу, пов'язаних з природними водами, а саме: Водної рамкової директиви (2000/60/EC), Директиви про підземні води (2006/118/EC), Директиви про нітрати (91/676/EEC), а також інших нормативних документів загальноєвропейського значення<sup>2</sup>. Спрощення практичного застосування названих документів якомога ширшим колом зацікавлених сторін реалізується шляхом впровадження інструментів платформи FREEWAT до вирішення типових задач з планування та управління водними та земельними ресурсами [3].

Дослідницький консорціум проекту FREEWAT об'єднує 19 установ з країн Європи, серед них й Україну, та Африки (рис. 1). Координує проект університет Scuola Superiore Sant'Anna, м. Піза, Італія.

Основним результатом проекту FREEWAT має бути поєднане з ГІС середовище моделювання з відкритим вихідним кодом, яке поширюється як

суспільне надбання, об'єднане з модулями інтегрованого планування та управління водними ресурсами. Важливою технічною характеристикою проекту є відкритість вихідного коду платформи FREEWAT, яка надає користувачу чотири рівні свободи: використовувати програмне забезпечення (далі ПЗ) для будь-яких власних потреб, вивчати принципи його роботи та модифікувати, вільно поширювати копії, удосконалювати та публікувати похідні продукти як загальнодоступні. Наслідками цих свобод у вузькому практичному сенсі є безкоштовність ПЗ, прозорість його роботи, міжнародна спільнота розробників. З дослідницької точки зору особливу роль відіграє саме прозорість, оскільки важливою передумовою адаптування будь-якої методики є незалежна перевірка її коректності та відтворюваності. Забезпечити такі можливості повною мірою може лише відкритий доступ до ПЗ, тобто до його вихідного коду та алгоритмів.

Розроблення та впровадження платформи FREEWAT, як і інші форми діяльності та результати проекту, ґрунтуються на чотирьох засадах:

1 – узгодження попередніх досліджень при створенні платформи FREEWAT (особливе значення мають проекти MARSOL зі штучного поповнення ґрунтових вод<sup>3</sup>, QUIMET з розроблення ГІС-інструментів для збереження, аналізу та візуа-

<sup>2</sup> Information resource of FREEWAT project: <http://www.freewat.eu/>

<sup>3</sup> Information resource of MARSOL project: <http://www.marsol.eu>

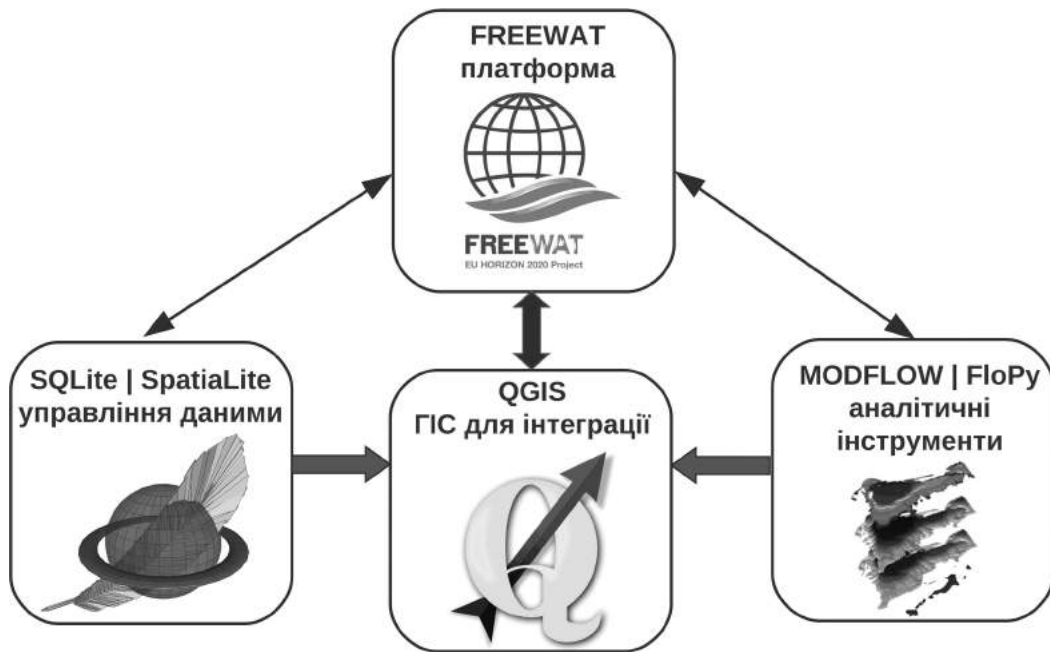


Рисунок 2. Узагальнена структура платформи FREEWAT, інтегрованої з ГІС-середовищем QGIS

лізації гідрогеохімічних даних<sup>4</sup>, LIFE Nitrates з імітаційного моделювання забруднення ґрунтових вод нітратами<sup>5</sup>, HOPE - застосування відкритих інструментів для управління водними ресурсами в країнах Африки<sup>6</sup>, а також модель MODFLOW Геологічної служби США для моделювання підземних вод та водоносних горизонтів<sup>7</sup>;

2 – підтримка та нарощування потенціалу навколо платформи FREEWAT шляхом навчання та реалізації тематичних досліджень як в країнах-партнерах, так і на міжнародному рівні;

3 – залучення зацікавлених сторін (передусім технічного персоналу та управлінців) до розроблення й моделювання сценаріїв управління водними та пов'язаними з ними ресурсами (зокрема земельними);

4 – поширення, застосування та інформування про діяльність та результати FREEWAT на міжнародному рівні з метою впровадження інструментів платформи в країнах ЄС та поза його межами.

Платформа FREEWAT об'єднує 3 компоненти: QGIS – відкриту та вільну ГІС, систему керування базами даних SQLite, модель MODFLOW. Її структура схематично представлена на рис. 2.

Відкрита та вільна ГІС посідає особливе (інтег-

руюче) значення в структурі платформи FREEWAT. Серед існуючих ГІС такого типу була обрана QGIS. Вона розвивається з 2002 р. й вирізняється низкою характеристик, які зумовлюють її особливу зручність та ефективність для інтеграції. Зокрема, QGIS властиві кросплатформовість та інтероперабельність, які забезпечують підтримку роботи з різними джерелами та форматами геоданих незалежно від операційної системи. Ця ГІС динамічно розвивається: нова версія виходить кожні 4 місяці, а раз на рік виходить версія з довготривалою підтримкою (протягом року), яка може бути зручною для тих, хто застосовує QGIS на виробництві. QGIS повністю забезпечує реалізацію всіх базових функцій ГІС, пов'язаних з візуалізацією, збереженням, управлінням, обробкою та аналізом геоданих, що робить її повноцінною альтернативою пропріетарному програмному забезпеченню. Ця ГІС добре забезпечена документацією, а також має широке коло користувачів в Європі, що значно полегшує поширення та впровадження інтегрованих до неї інструментів [2].

Як компонент, що забезпечує збереження та управління даними, платформа FREEWAT використовує базу даних SQLite. Такий вибір пояснюється декількома чинниками. По-перше, технологія SQLite дозволяє створювати компактні файлові бази даних, які забезпечують ефективність організації даних та простоту їх поширення. По-друге, завдяки просторовому розширенню SpatiaLite SQLite підтримує роботу з геопросторовими даними. По-третє, підтримка роботи з базами даних SQLite/ SpatiaLite реалізована в QGIS на рівні основного функціоналу.

<sup>4</sup> Information resource of the Water RtoM project: <http://www.waterrtom.eu/projet/558>

<sup>5</sup> Information resource of Life Nitrates project: <http://www.life-nitrates.eu>

<sup>6</sup> Information resource of HOPE Initiative: <http://www.hope-initiative.net>

<sup>7</sup> Information resource of MODFLOW and Related Programs (US Geological Service): <http://water.usgs.gov/ogw/modflow>



Основним аналітичним інструментом, що інтегрується до платформи FREEWAT, є модель MODFLOW. Вона була розроблена Геологічною службою США для тривимірного моделювання підземних вод та водоносних горизонтів (див. зноску 7). Код моделі було опубліковано 1984 р., після чого завдяки своїй модульній структурі вона почала стрімко розвиватись. До неї додали інструменти для моделювання об'єднаної системи поверхневих і підземних вод, перенесення розчинених речовин, взаємодії різнорідних потоків, компонентів забезпеченість-попит водогосподарського балансу тощо.

На сьогодні MODFLOW є одним із міжнародних стандартів у галузі гідрологічного та гідрогеологічного моделювання компонентів водного та водогосподарського балансів. Крім цього, до платформи FREEWAT увійдуть також аналітичні підходи та інструменти, розроблені в рамках національних та загальноєвропейських проектів з аналізу гідрогеохімічних даних, перенесення розчинених речовин (зокрема, нітратів) в зоні аерації, з підземними водами тощо.

Платформа FREEWAT об'єднає модулі та інструменти для вирішення таких завдань: спеціалізований модуль для планування управління водними ресурсами, окремий модуль для калібрування, аналізу невизначеності та чутливості параметрів, модуль для моделювання поширення розчинених речовин в зоні аерації, модуль для стимулювання розвитку посівів та сільськогосподарських потреб у воді, інструменти для вирішення проблем якості підземних вод, а також аналізу, інтерпретації та візуалізації гідрогеологічних даних та аналізу, інтерпретації й візуалізації часових рядів спостережень.

Роль кафедри фізичної географії та геоєкології Київського національного університету імені Тараса Шевченка, як партнера проекту, полягає у технічному та адміністративному координуванні проекту FREEWAT в Україні; апробації інструментів FREEWAT у дослідженні, спрямованому на покращення та розроблення сценаріїв управління водними ресурсами; навчання технічного персоналу для нарощування потенціалу; залученні зацікавлених сторін, зокрема управлінців; підготовці рекомендацій щодо «найкращих практик» застосування ГІС-інструментів для моделювання з метою планування й управління водними ресурсами; поширенні інформації та комунікації<sup>8</sup> [1].

Особливе значення для реалізації перелічених завдань має апробація платформи FREEWAT на прикладі тестового полігону досліджень. Шляхом консультацій з її потенційними користувачами таким полігоном визначено басейн р. Бакумівка, що знаходиться в межах Трубізької осушувально-

зволожувальної системи (далі ОЗС). Серед підстав цього вибору: високе різноманіття території полігону за ґрунтовим покривом і умовами зволоження, що дає можливість поширити отримані результати на мішано-лісові, лучно-степові, лучні та інші типи геохор; репрезентативність тестового полігону для лісостепової зони України (особливо для її північної смуги в межах Лівобережжя) за структурою угідь, складом сільськогосподарських культур, прийомами агротехніки; розвиток та посилення в останні роки негативних природних процесів, спричинених антропогенними змінами водного режиму ландшафтів (зокрема, пожежами з вигоранням торфових горизонтів ґрунтів); чутливість до фактора зволоження традиційних і нещодавно введених (наприклад, рапс) сільськогосподарських культур; чергування на землях Трубізької ОЗС як зрошення, так і дренажу; належна кваліфікація інженерно-технічного персоналу Трубізької ОЗС та їх інтерес до проекту FREEWAT. Контури та структуру земельного покриву тестового полігону ілюструє рис. 3.

Площа тестової ділянки 64 км<sup>2</sup>. Загальна довжина гідрографічної мережі в її межах становить 50 км, серед них 16 км припадає на р. Бакумівку, яка відіграє роль магістрального каналу для Бакумівської осушувально-зволожувальної системи як частини Трубізької ОЗС. Ґрунтовий покрив ділянки утворюють різноманітні ґрунти – від гідроморфних алювіальних і лучних видів (за номенклатурою WRB – fluvisols umbric) до автоморфних сірих і темно-сірих опідзолених ґрунтів (phaeozems) за значною участю супіщаних дерново-підзолистих ґрунтів (albeluvisols) різного ступеня опідзоленості та оглеєності. Отже, за особливостями ґрунтового покриву є підстави вважати тестову ділянку частиною екотону між зонами мішаних лісів та лісостеповою.

Як видно з рис. 3-Б, домінуючим господарським використанням земель басейну Бакумівки є орне землеробство. В останні роки воно зазнало істотних змін, внаслідок яких зернокарбові та овочеві сівозміни, які практикувались у цьому регіоні за радянських часів, поступились місцем комерційним культурам (соняшник та рапс). Ротації цих культур орендатори земель не дотримуються, що становить загрозу виснаження ґрунтів і втрати їх родючості. Значне водоспоживання рапсу, площі посівів під яким невпинно зростають, зумовлює й зміни водного балансу елювіальних і елювіально-гідроморфних геохор басейну р. Бакумівки у бік їх ксерофітизації. Це, вірогідно, є головною причиною почастищення тут торфових пожеж.

Практично здійсненими заходами, які б дали змогу уникнути небажаних змін ландшафтів тестового полігону, можуть бути регуляція режимів зволоження й осушення, диференційована за окремими угіддями, а також зміна структури посівів,

<sup>8</sup> Information resource of FREEWAT project: <http://www.freewat.eu/>

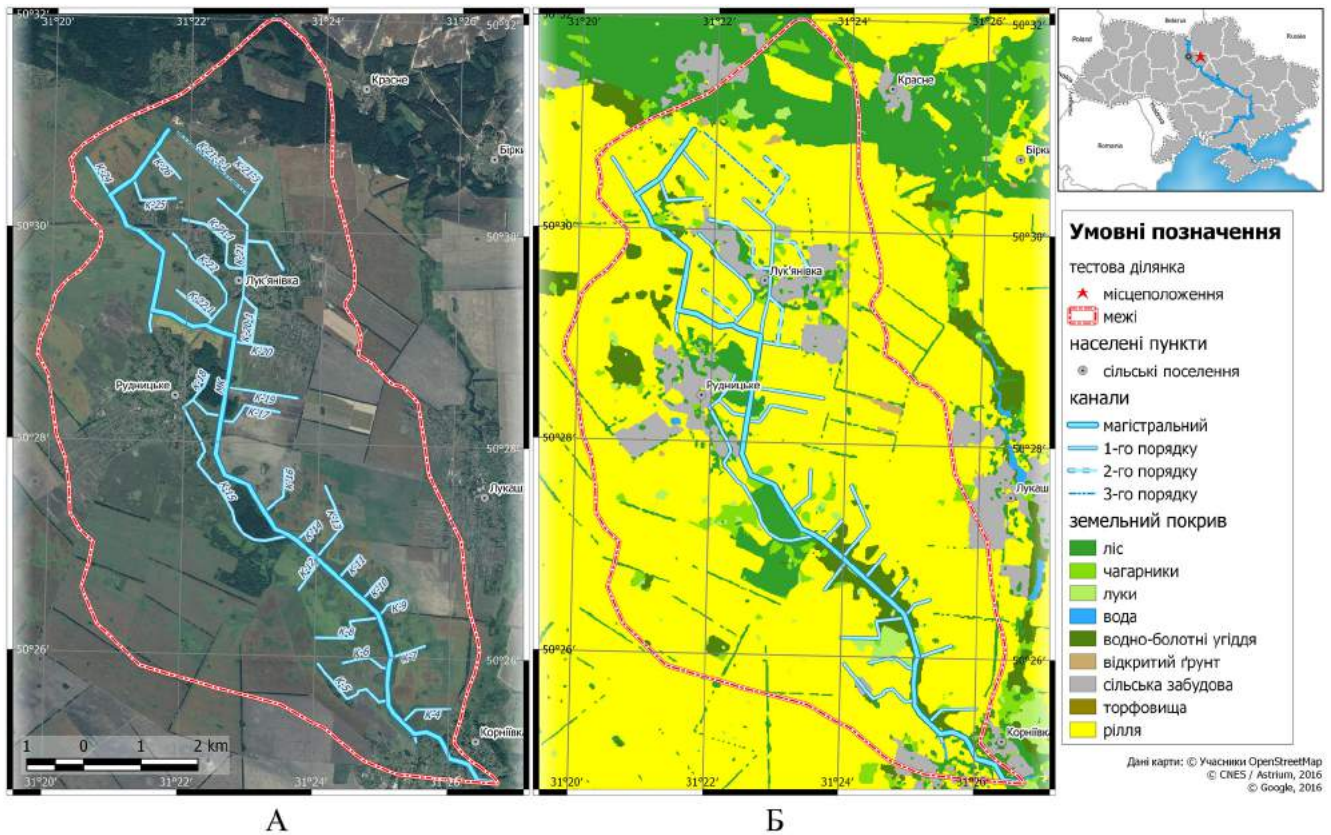


Рисунок 3. Тестовий полігон апробації платформи FREEWAT: А – загальні контури і гідрографічна мережа; Б – структура земельного покриття

що призводить до зміни територіальної структури використання земель. Для планування та управління цими змінами вводиться територіальна одиниця, яка за термінологією MODFLOW має назву «farm» (див. зноску 7). До ферми як окремого господарства ця одиниця не має безпосереднього відношення. У нашій інтерпретації, адаптованій до проекту, «farm» – це територіальна одиниця, яка здебільшого охоплює декілька угідь (або одне угіддя, наприклад, один лісовий масив), що відносяться до однієї мікрогеохори або до декількох суміжних типологічно близьких мікрогеохор та має характерну комбінацію вирощуваних сільськогосподарських культур і типів земельних покривів (у розумінні

цього поняття за проектом CORINE Land Cover<sup>9</sup>). Прикладами таких «farms» для території басейну р. Бакумівки є «мішаний ліс», «екотон рілля-ліс», «рілля з домінуванням технічних культур», «рілля з домінуванням зернових культур», «багаторічні трави», «сільська забудова з присадибними ділянками», «торфовища» тощо.

Українські виконавці проекту нині виконують тестування можливостей платформи FREEWAT як її реалізації для декількох варіантів (сценаріїв) структури «farms», а саме – сучасної, комерційно-орієнтованої, природоохоронно-орієнтованої. Результати цих досліджень будуть викладені в наступних публікаціях.

#### References [Література]

- Grodzynski M.D., Svidzinska D.V. (2016) FREEWAT: free and open instruments for water resources management. *Ukrainian Geography: modern challenges*. Vol. 3. Kyiv: Print-Service, 46-49. [In Ukrainian].  
[Гродзинський М.Д., Свідзінська Д.В. FREEWAT: вільні та відкриті інструменти для управління водними ресурсами // Українська географія: сучасні виклики. – Т III. – Київ: Принт-Сервіс, 2016. – С. 46 – 49.]
- Bruy A., Svidzinska D. (2015). *QGIS By Example*. Birmingham-Mumbai: Packt Publishing.
- Rossetto R., Borsi I., Foglia L. (2015). FREEWAT: FREE and open source software tools for WATER resource management. *Rendiconti Online Società Geologica Italiana*, Vol. 35, 1, 252-255.

<sup>9</sup> Information resource of CORINE land Cover project: <http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>