

УДК 556.3+5

М.М. ТИМКІВ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
вул. Карпатська, 15, Івано-Франківськ, 76019, Україна
e-mail: maritymkiv@gmail.com

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ МЕРЕЖІ ГІДРОГЕОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ В МЕЖАХ ОКРЕМОГО РІЧКОВОГО БАСЕЙНУ

Підземні води є одним з найважливіших підземних ресурсів. Ефективна робота мереж моніторингу підземних вод забезпечує раціональне функціонування сільського господарства та охорону навколишнього середовища. Тому створення ефективної мережі гідрогеологічного моніторингу давно на часі. Стаття має на меті дослідити нові методи проєктування мережі гідрогеологічного моніторингу та її особливості відповідно до основних вимог Водної рамкової директиви. Наведено загальну характеристику басейну р. Прип'ять з огляду на геологічні й гідрогеологічні особливості досліджуваної території. Запропоновано універсальний алгоритм побудови спостережної мережі за рівнями підземних вод, що охоплює як загальні етапи побудови мережі, так і застосування конкретних методів.

Ключові слова: мережа моніторингу, рівні підземних вод, методи моніторингу.

Вступ. Потреба розвитку спостережної гідрогеологічної мережі на території України в останні роки стала надактуальною, оскільки за допомогою наявної мережі спостережень за рівнями підземних вод неможливо характеризувати їх загальну динаміку через істотне скорочення гідрогеологічних свердловин (з 892 у 2013 р. до 476 у 2018 р.) [8].

Збільшення кількості населення та виснаження підземних вод призводять до катастрофічних наслідків у деяких регіонах нашої держави. Однією з головних проблем сьогодення є також забруднення питної води різними хімічними речовинами, що згубно впливають на стан підземних вод загалом.

Мережа моніторингу, що охоплює певну сукупність свердловин, дає змогу раціонально оцінити стан підземних вод, провести аудит даних, скласти загальне уявлення про гідрогеологічний стан і розробити план керування підземними водами.

Дослідження має на меті окреслити основні принципи побудови локальної мережі моніторингу рівнів підземних вод окремого річкового басейну з огляду на природні й техногенні особливості досліджуваної території.

Постановка проблеми. Формування спостережної мережі — це складний етап геолого- та

гідрогеологічного аналізу вибраної території, що, передусім, має ґрунтуватися на наявних потребах, зумовлених функціонуванням народногосподарських комплексів.

Питання організації якісного й кількісного моніторингу підземних вод на сьогодні є одним з основних у гідрогеологічній сфері, насамперед через відсутність повноцінної мережі спостережних пунктів. Створення такої мережі дало б змогу проводити операційний та дослідницький моніторинги за басейновим принципом. Відповідно до [6], операційний моніторинг проводять з метою визначення хімічного та екологічного стану масивів підземних вод. Метою дослідницького моніторингу є встановлення основних причин відхилення від екологічних цілей та визначення масштабів й наслідків забруднення підземних вод. Результатом проведення моніторингу є узагальнена інформація про стан масивів підземних вод, їх кількісний та якісний стан. На підставі даних складають плани управління річковими басейнами. Без такої інформації неможливо оцінити стан, запаси й споживчу придатність водних ресурсів як певного регіону, так і країни загалом. Більшість прогнозних ресурсів розміщується у північних і західних областях України. Одним із найперспективніших районів для розроблення нової спостережної мережі за

рівнем підземних вод є басейн р. Прип'ять, правої притоки Дніпра, яка тече територіями України й Білорусі. Досліджувана територія належить до транскордонної зони, тому слід проводити повний аналіз підземних вод. Відомо, що найефективнішим є управління поверхневими й підземними водами у межах річкового басейну (басейну стоку) — об'єкта інтегрованого керування водними ресурсами (ІКВР) [4].

Отже, створення системи керування транскордонними водними басейнами є нагальним і необхідним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемі моніторингу геологічного середовища, у тому числі підземних вод, вивчали Г. К. Бондарик, В. К. Епішин, В. Т. Трофімов, В. А. Корольов та багато інших учених. В основі їхніх досліджень — безперервні спостереження і контроль за геологічним середовищем. Такий спосіб дав змогу проводити спостереження за об'єктом дослідження та оцінювати його реальний стан. Питання проектування мережі моніторингу підземних вод також висвітлені в працях багатьох вітчизняних авторів, зокрема М.А. Шинкаревського, Ф.А. Руденка, І.К. Зайцева, С.А. Рубана, В.І. Лучицького, П.П. Климентова, Н.І. Плотнікова, В. М. Шестопалова, О. Є. Кошлякова та ін.

У публікаціях [2, 3] детально проаналізовано гідрографічне та гідрогеологічне районування територій європейських країн та висвітлено нові підходи до проведення районування на території України. У праці [13] мова йде про метод розташування свердловин мережі моніторингу в умовах невизначеності. Останній передбачає використання імітаційної моделі транспортування забруднювальних речовин і моделі розміщення об'єкта. У праці [11] запропоновано нову методологію, що поєднує картографування уразливості й геостатистику, що дає змогу визначити найефективнішу мережу моніторингу якості підземних вод у регіональному масштабі. Картографування уразливості визначає райони з високим потенціалом забруднення, а також пріоритети для моніторингу.

У справу проектування моніторингової мережі підземних вод великий внесок зробив Д. К. Тхакур. Він показав [12], як на основі наявної тривимірної геологічної моделі 3D під час моделювання швидкості потоку з використанням початкових і граничних умов був отриманий потік підземних вод. У праці [10] запропоновано методологію, засновану на геоінформаційному підході, для організації та моніторингу підземних вод. Розраховано структуру просторових та атрибутивних даних, що дає змогу систематизувати існуючі схеми гідрогеологічного районування, а

також результати тривалих спостережень за мінливістю рівня ґрунтових вод та чинниками, що формують гідрогеологічний режим.

У публікаціях [15, 16] уперше запропоновано новий підхід до аналізу часових динамічних рівнів підземних вод, які мають пропуски. В результаті аналізу для окремих свердловин апробовано їх репрезентативність на підставі статистичних методів аналізу.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. 22 грудня 2000 р. набула чинності Водна рамкова директива (ВРД) Європейського парламенту і Ради, яка встановлює межі впливу у сфері водної політики [1]. Основною з вимог ВРД є досягнення всіма водами статусу «добрий стан». Така вимога стосується поверхневих, підземних, рекреаційних, мінеральних вод тощо. Основний принцип роботи ґрунтується на дослідженні окремих річкових басейнів. Відповідно до Директиви, для кожного річкового басейну має бути розроблений план керування, який міститиме інформацію про всі поверхневі й підземні води, що є на території окремого басейну, а також визначатиме головні водно-екологічні проблеми. Оскільки означена територія є транскордонною, то потрібно вважати, що це — першочергове завдання у сфері гідрогеології відповідно до ВРД.

На підставі даних та інформації, отриманої внаслідок державного моніторингу масивів поверхневих і підземних вод, визначають екологічний і хімічний стани масивів поверхневих вод, екологічний потенціал штучних або істотно змінених масивів поверхневих вод, їхній кількісний і хімічний стани. З огляду на це розробляють плани керування річковими басейнами й оцінюють досягнення екологічних цілей [9]. На жаль, для басейну р. Прип'ять такого плану ще досі немає.

Системи моніторингу підземних вод, які зазвичай створюють, функціонують на основі наявної режимної мережі. Станом на 2018 р. за даними ДНВП «Геоінформ», база державної системи моніторингу підземних вод локального рівня містить інформацію про 41 спостережну свердловину в межах досліджуваної території, але спостереження ведуться тільки на 34 свердловинах. Співвідношення між свердловинами з природним і порушеним режимом становить відповідно 13 і 21. Середня тривалість спостережень за всіма гідрогеологічними характеристиками — понад 50 років.

Відповідно до вимог ВРД, кількість пунктів спостереження має бути не менш як один на 20 км². Рис. 1 демонструє наявну мережу спостережних свердловин за рівнем підземних вод суббасейну р. Прип'ять станом на 2018 р.



Рис. 1 Схема розташування спостережних свердловин за станом підземних вод Державної режимної мережі суббасейну р. Прип'ять

Fig. 1. Scheme of location of observation wells in groundwater status of the State Regime Network of the Prip'yat Sub-basin

Таблиця 1. Характеристика суббасейну р. Прип'ять

Table 1. Characteristics of the Prip'yat River sub-basin

Номер суббасейну	Назва басейну	Площа, км ²	Кількість сп. п. (з них порушені/непорушені)
Д-1-2	Вижівки—Турії—Стоходу	10498,08	9 (4/5)
Д-1-3	Стирі	12567,75	4 (3/1)
Д-1-4	Горині—Случі	27122,44	14 (13/1)
Д-1-5	Льви—Ствиги	2991,85	2 (0/2)
Д-1-6	Уборті—Перги	3802,21	2 (1/1)
Д-1-7	Словечни та дрібних річок	2026,27	1 (0/1)
Д-1-8	Ужа	8049,22	2 (0/2)

Як бачимо, представлена мережа непридатна для створення науково обґрунтованої системи моніторингу підземних вод на території басейну р. Прип'ять, оскільки спостережні пункти не покривають усю територію басейну. Слід також зауважити, що стан гідрогеологічних режимних мереж промислово-міських агломерацій країни є критичним, а організація їх роботи та ефективність оброблення отриманої інформації — вкрай незадовільними. У табл. 1 наведено загальну характеристику досліджуваного суббасейну, тобто кількісну характеристику наявних спостережних пунктів (сп. п.) відповідно до класифікації річкового басейну.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для проведення досліджень був обраний суббасейн р. Прип'ять, яка тече на територіях України та Білорусі. Басейн р. Прип'ять має добре розвинену гідрографічну сітку. Водоносні горизонти тут зосереджені в невеликій товщі осадових відкладів крейди, палеогену, неогену й антропогену та в тріщинах кристалічних і метаморфічних порід докембрію і продуктів їх вивітрювання. Глибина залягання цих вод сягає переважно 60—70 м, дебіт свердловини коливається від 0,1 до 15—20 дм³/с.

У геоструктурному плані територія суббасейну р. Прип'ять розміщується у межах Українського щита (УЩ) та Волино-Подільської плити. У межах УЩ підземні води поширені в тріщинуватій зоні кристалічних порід і продуктів їхнього руйнування, а також в осадових породах крейди, палеогену, неогену та антропогену, водозбагаченість яких дуже різноманітна. Волино-Подільський артезіанський басейн розміщується в західній частині України. Саме тут осадовий комплекс відкладів протерозою, нижнього палеозою та мезозою залягає на складчастому кристалічному фундаменті. У місцях неглибокого залягання фундаменту, переважно у південно-східній частині басейну, до глибини 300—350 м поширена зона прісних вод у протерозойських, палеозойських (за винятком кам'яновугільних), верхньокрейдяних, неогенових та антропогенових відкладах. У центральній і західній частинах Волино-Подільського артезіанського басейну, де кристалічний фундамент залягає на глибині до 5 км, зона прісних вод набагато менша й спостерігається тільки у верхній тріщинуватій товщі сенону—турону до глибини 100 м, а також у неогенових й антропогенових відкладах [5].

На сьогодні в межах досліджуваної території, відповідно до вимог ВРД, умовно виділено чотири масиви підземних вод, а саме алювіальні й алювіально-делювіальні голоценові водоносні об'єкти в долинах і на терасах річок; флювіогляціальні, лімногляціальні й гляціальні водоносні об'єкти; неоген-палеогеновий масив; крейдяний масив.

Важливим є порівняння мережі спостережень з картою екорегіонів, оскільки зарахування певного водного об'єкта до одного з екорегіонів відповідно до ВРД є обов'язковим. Згідно з критеріями, за якими визначають масив поверхневих вод, досліджувана територія належить до екорегіону 16 — Східні рівнини (рис. 2).

Межа екорегіонів є лінією поділу водного об'єкта на окремі масиви поверхневих вод. У місцях неглибокого залягання фундаменту між підземними водами різних водоносних горизонтів є гідравлічний зв'язок, унаслідок чого створюються спільні водоносні комплекси.



Рис. 2. Екорегіони України [2]

Fig. 2. Ecoregions of Ukraine [2]

Таблиця 2. Перелік водогосподарських ділянок у межах району річкового суббасейну Прип'ять

Table 2. List of water management sites within the Pripjat River sub-basin district

№ з/п	Код ділянки	Річка	Площа водозабору у межах України/ загальна, км ²
1	2.5.1.01	Прип'ять, від витoku до держкордону	68,366/114,3 (254/775)
2	2.5.1.02	Прип'ять, від г/п Мозир до гирла (в межах України)	
3	2.5.1.03	Стир, від витoku до кордону Рівненської та Волинської областей	11,700 (483)
4	2.5.1.04	Стир, в межах Волинської обл. (до кордону Рівненської обл.)	
5	2.5.1.05	Стир, від кордону Волинської та Рівненської областей до держкордону	
6	2.5.1.06	Горинь, від витoku до кордону Хмельницької та Рівненської областей	27,700 (577/659)
7	2.5.1.07	Горинь, від кордону Хмельницької та Рівненської областей до держкордону (викл. р. Случ)	
8	2.5.1.08	Случ, від витoku до гирла р. Хомора	13,800(451)
9	2.5.1.09	Случ, від гирла р. Хомора до гирла р. Корчик	
10	2.5.1.10	Случ, від гирла р. Корчик до впадіння в р. Горинь	
11	2.5.1.11	Ствига	5,440 (178)
12	2.5.1.12	Уборть, від витoku до держкордону	3,800 (292)
13	2.5.1.13	Уж, від витoku до кордону Житомирської та Київської областей	8,080 (256)
14	2.5.1.14	Уж, від кордону Житомирської та Київської областей до гирла	

Виділення р. Прип'ять як суббасейну зумовлено розмірами її водозабору й транскордонним положенням.

Офіційна методика [7] встановлює основні принципи й критерії поділу гідрографічних одиниць на водогосподарські ділянки; порядок визначення та описування меж водогосподарських ділянок; правила кодування водогосподарських ділянок; список документів, потрібних для затвердження кількості водогосподарських

ділянок та їхніх меж. У табл. 2 наведено перелік водогосподарських ділянок, а також величину середнього багаторічного стоку річок суббасейну Прип'яті.

Основні принципи побудови спостережної мережі за рівнями підземних вод. Під час розгляду будь-якої території як полігона для розроблення спостережної мережі основною передумовою правильності вибору методу побудови моніторингової сітки є врахування природних і техно-

генних чинників, які зумовлюють гідрогеологічний режим території.

Наявні вимоги, які, зокрема, пропонує Європейська хартія, а саме одна свердловина на 20 км², ураховують загальний комплекс підходів до формування спостережної мережі. Тому постає завдання схарактеризувати основні елементи спостережної мережі, зважаючи на геоморфологічні, геологічні та гідрогеологічні особливості території дослідження.

Очевидно, що гідрогеологічна характеристика є визначальною під час вибору нових точок спостережної мережі. Її структура може мати ознаки різних інтерпретаційних моделей регулярної мережі спостережень, і, зокрема, враховувати:

- площу території дослідження з класифікацією її призначення;
- характер басейну, його площу;
- динамічну зміну рівнів підземних вод;
- гідрогеологічні особливості території;
- специфіку наявної спостережної мережі (якщо така є).

Формулювання узагальнюючого алгоритму побудови мережі оптимізації гідрогеологічного моніторингу є проміжним етапом між попереднім дослідженням часових динамічних рівнів підземних вод з пропусками та універсалізацією підходів до вивчення мережі для окремого гідрорегіону загалом. У публікаціях [15, 16] проаналізовано рівні підземних вод і запропоновано абсолютно новий підхід на рівні з існуючими методами — спосіб заповнення даних із пропусками. При цьому показано, що можливості заповнення рядів з пропусками для різних свердловин у відповідності до їх горизонту (напірний, безнапірний), режиму (природного або техногенного) та загального техногенного навантаження потребує чіткої кластеризації, тобто алгоритмізації аналізу динаміки рівнів підземних вод з урахуванням гідрогеологічної характеристики регіону. Базовим, структурним, з точки зору вибору території досліджень моніторингової мережі спостережень, є річковий басейн, тому потреба в алгоритмі набула ще більшого значення. Басейн річки можна розділити на суббасейни, що значно поліпшує якість досліджень та виконання загальної методики ЄС. Це дає змогу, зокрема, використовувати даний підхід до запропонованої чи удосконаленої мережі для подальшого довгострокового прогнозування їх рівнів для окремого суббасейну та оцінювання еколого-геологічних ризиків.

Структура мережі в її просторовому вияві, безперечно, не може бути чітко окресленою, оскільки є змінною залежно від завдань і способу розроблення нової мережі гідрогеологічних спостережень.

Дані спостережної мережі моніторингу за рівнями підземних вод потребують систематизації та уніфікації в підходах до вивчення динамічних коливань їх рівнів. На підставі вибору методів аналізу часових рядів з пропусками [15, 16] та вивчення досвіду застосування методики дослідження рівнів підземних вод набула значення потреба в узагальненні способу дослідження рівнів підземних вод, а особливо в зонах, де існуюча мережа не відображає багаторічних часових змін. У таких умовах нова методика має ґрунтуватися на поступовому виборі етапів досліджень. Обрану територію проаналізовано у поступовому дослідженні часових динамік та роботи із рядами, що мають пропусками, обґрунтуванням можливості функціонування існуючої мережі з урахуванням базових директив ЄС та вибору нових точок з метою належного функціонування моніторингової мережі спостережень.

Таким чином, виникає необхідність створення єдиної схеми побудови мережі гідрогеологічного моніторингу, що дасть змогу систематизовано підійти до проектування мережі (рис. 3).

На першому етапі складають загальну характеристику території дослідження. Важливо правильно визначити режим підземних вод (напірний, безнапірний, природний, порушений); геологічну та гідрогеологічну будову території дослідження.

Наступним етапом є аналіз наявної мережі спостережень за станом підземних вод і вивчення всіх особливостей її побудови. Оскільки час від часу методи побудови мереж оптимізації вдосконалюються, варто також вивчити основні найактуальніші вимоги до побудови мережі свердловин, а також вибрати оптимальний метод її побудови.

До основних методів належать: довгострокові методи стратегії моніторингу підземних вод, головне завдання яких полягає у налаштуванні моніторингу, що безпосередньо підтримуватиме рішення щодо очищення і можливого закриття свердловин; статистичні й геостатистичні методи моніторингу підземних вод; гідрогеологічне моделювання та оптимізація нейронними мережами. Ці методи оптимізації були застосовані до проектування мереж моніторингу для характеристики місць моніторингу, виявлення і спостережень за просторовим покриттям ділянки, яку вони контролюють, і впроваджені впродовж певного періоду часу, достатнього для створення порівняно всебічної історії моніторингу [14].

Важливим етапом побудови нової мережі є дотримання головним чином базових вимог ВРД, при цьому можуть бути враховані дані існуючих свердловин державної системи моніторингу. Однак слід розуміти, що належне функціонування



Рис. 3. Алгоритм побудови мережі оптимізації гідрогеологічного моніторингу

Fig. 3. Algorithm for building a network of hydrogeological monitoring optimization

мережі не можливе без її репрезентативності у межах суббасейну, а отже, ймовірно, що деякі свердловини мережі державного моніторингу не будуть прямо корелювати в динаміці рівнів підземних вод точки, запроєктованої відповідно до вимог Конвенції. Тому наступним етапом досліджень є означення необхідності використання кожної спостережної свердловини з урахуванням факторів природного чи техногенного режиму підземних вод. Побудова карт передусім основного ранжування кількості точок для суббасейну з порівнянням існуючої мережі дасть змогу на початковому етапі вибрати напрям досліджень з моделювання та проектування нових точок спостережень.

Підібравши оптимальний метод побудови мережі, можна проектувати нові точки спостережної мережі. Водночас підбір станцій моніторингу для підземних вод має ґрунтуватися на наявних регіональних мережах моніторингу. Там, де це можливо, мають бути охоплені всі національно важливі водоносні горизонти. Обрані моніторингові станції у межах зазначених водоносних горизонтів мають бути розподілені більш-

менш регулярним геометричним малюнком зі щільністю щонайменше одна свердловина на 20–25 км² водоносного горизонту. Слід зауважити, що в особливих випадках ухвалюють меншу щільність спостережних свердловин. Кінцевим етапом є побудова карти мережі гідрогеологічного моніторингу.

Висновки. Наявна спостережна мережа за рівнями підземних вод нині не виконує основних вимог РВД.

У статті проаналізовано мережу спостережень гідрогеологічних свердловин басейну р. Прип'ять. Приклад мережі спостережень і гідрогеологічних особливостей території її розташування дає змогу запропонувати рішення щодо вдосконалення наявної мережі. За допомогою алгоритму послідовності й конкретних дій щодо організації можна обґрунтовано й виважено підійти до розв'язання порушеної проблеми. Наступним кроком треба вважати наведення детальних карт із зображенням гідрогеологічних та інших особливостей території і розміщення оптимальної мережі спостережень відповідно до запропонованого алгоритму.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення. Київ, 2006. 240 с.
2. Гребінь В. В., Мокін В. Б., Крижановський Є. М., Афанасьєва С. О. Оптимізація водогосподарського районування України відповідно до світових підходів та вимог Водної Рамкової Директиви ЄС *Гідробіологічний журнал*. 2016. № 3. Т. 52.
3. Гребінь В. В., Яцюк М. В., Чунарьов О. В. Гідрографічне районування території України як передумова розробки планів інтегрованого управління річковими басейнами. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2012. Т. 2 (27). С. 8—16.
4. Кошляков О., Диняк О., Кошлякова І. Проблеми виділення підземних водних масивів у межах транскордонних територій України з урахуванням вимог водного законодавства ЄС. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. 2017. № 4 (79). С. 67—70.
5. *Національний атлас України*. Київ: ДНВП «Картографія», 2007. 435 с.
6. Про затвердження Методики визначення масивів поверхневих та підземних вод: Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 14.01.2019 № 4.
7. Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод: Постанова Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 р. № 758. *Офіційний вісник*. 2018.
8. Стан підземних вод України: щорічник. Київ: Держгеонадра України, ДНВП Геоінформ України, 2018.
9. Шестопалов В. М., Люта Н. Г. Стан і шляхи реформування державної системи моніторингу підземних вод з урахуванням міжнародного досвіду та вимог Водної рамкової директиви Європейського Союзу. *Мінеральні ресурси України*. 2016. № 2. С. 3—8.
10. Davybida L., Kasiyanchuk D., Shtohryn L., Kuzmenko E., Tymkiv M. Hydrogeological conditions and natural factors forming the regime of groundwater levels in the Ivano-Frankivsk Region (Ukraine). *Journal of Ecological Engineering*. 2018. Vol. 19, iss. 6. P. 34—44.
11. Husam Baalousha. Assessment of a groundwater quality monitoring network using vulnerability mapping and geostatistics: A case study from Heretaunga Plains, New Zealand. *Agricultural Water Management, Elsevier*. 2010. Vol. 97(2). P. 240—246.
12. Jay Krishna Thakur. Hydrogeological modeling for improving groundwater monitoring network and strategies. *Applied Water Science*, October 2017. Vol. 7, iss. 6. P. 3223—3240.
13. Philip D., Meyer E., Downey Brill Jr. A method for locating wells in a groundwater monitoring network under conditions of uncertainty. *Water Resources Research*. 1988. Vol. 24, iss. 8. P. 1277—1282. doi.org/10.1029/WR024i008p01277
14. Sreekanth J., Henry Lau, Pagendam D. E. Design of optimal groundwater monitoring well network using stochastic modeling and reduced-rank spatial prediction. *Water Resources Research*. 2017. Vol. 53, iss. 8. P. 6821—6840. https://doi.org/10.1002/2017WR020385https://doi.org/10.1002/2017WR020385
15. Tymkiv M., Kasiyanchuk D. Research of Data Sequences of Groundwater Levels with Gaps. *Journal of Ecological Engineering*. 2019. Vol. 20 (3). P. 141—151. DOI: //doi.org/10.12911/22998993/99742.
16. Tymkiv M., Kasiyanchuk D., Danyliak V., Levitska M. Study of the series of data of groundwater levels with passes. 17th International Conference on Geoinformatics — Theoretical and Applied Aspects. Kyiv, 2018. P. 1—5.

Надійшла до редакції 24.02.2020

REFERENCES

1. Vodna Ramkova Direktiva YeS 2000/60/YeS. Osnovni termini ta yih viznachennya. Kiyiv, 2006. 240 s.
2. Grebin V. V., Mokin V. B., Krizhanovskij Ye. M., Afanasyeva S. O. Optimizaciya vodogospodarskogo rajonuvannya Ukrayini vidpovidno do svitovih pidhodiv ta vimog Vodnoyi Ramkovoyi Direktivi YeS. *Gidrobiologichniy zhurnal*. 2016. № 3. T. 52.
3. Grebin V. V., Yacyuk M. V., Chunarov O. V. Hidrografichne rajonuvannya teritoriyi Ukrayini yak peredumova rozrobki planiv integrovanogo upravlinnya richkovimi bassejnami. *Gidrologiya, gidrohimiya i gidroekologiya*. 2012. T. 2 (27). S. 8-16.
4. Koshlyakov O., Dinyak O., Koshlyakova I. Problemi vidilennya pidzemnih vodnih masiviv u mezhah transkordonnih teritorij Ukrayini z urahuvannjam vimog vodnogo zakonodavstva ES. *Visnik Kiyivskogo nacionalnogo universitetu imeni Tarasa Shevchenka*. 2017. № 4 (79). S. 67-70.
5. *Nacionalnij atlas Ukrayini*. Kiyiv: DNVP «Kartografiya». 2007. 435 s.
6. Pro zatverdzhennya Metodiki viznachennya masiviv poverhnevih ta pidzemnih vod: Nakaz Ministerstva ekologiyi ta prirodnihs resursiv Ukrayini vid 14.01.2019 № 4.
7. Pro zatverdzhennya Poryadku zdiysnennya derzhavnogo monitoringu vod: Postanova Kabinetu Ministriv Ukrayini vid 19 veresnya 2018 r. № 758. 2018.
8. Stan pidzemnih vod Ukrayini, shorichnik. Kiyv: Derzhgeonadra Ukrayini, DNVP Geoinform Ukrayini, 2018.
9. Shestopalov V. M., Lyuta N. G. Stan i shlyahi reformuvannya derzhavnoyi sistemi monitoringu pidzemnih vod z urahuvannjam mizhnarodnogo dosvidu ta vimog Vodnoyi ramkovoyi direktivi Yevropejskogo Soyuzu. *Mineralni resursi Ukrayiny*. 2016. № 2. S. 3-8.
10. Davybida L., Kasiyanchuk D., Shtohryn L., Kuzmenko E., Tymkiv M. Hydrogeological conditions and natural factors forming the regime of groundwater levels in the Ivano-Frankivsk Region (Ukraine). *Journal of Ecological Engineering*. 2018. Vol. 19, iss. 6. P. 34-44.
11. Husam Baalousha. Assessment of a groundwater quality monitoring network using vulnerability mapping and geostatistics: A case study from Heretaunga Plains, New Zealand. *Agricultural Water Management. Elsevier*. 2010. Vol. 97(2). P. 240-246

12. Jay Krishna Thakur. Hydrogeological modeling for improving groundwater monitoring network and strategies. *Applied Water Science*. October 2017. Vol. 7. iss. 6. P. 3223–3240.
13. Philip D., Meyer E., Downey Brill Jr. A method for locating wells in a groundwater monitoring network under conditions of uncertainty. *Water Resources Research*. 1988. Vol. 24. iss. 8. P. 1277–1282. doi.org/10.1029/WR024i008p01277
14. Sreekanth J., Henry Lau, Pagendam D. E. Design of optimal groundwater monitoring well network using stochastic modeling and reduced-rank spatial prediction. *Water Resources Research*. 2017. Vol. 53, iss. 8. P. 6821–6840. https://doi.org/10.1002/2017WR020385
15. Tymkiv M., Kasiyanchuk D. Research of Data Sequences of Groundwater Levels with Gaps. *Journal of Ecological Engineering*. 2019. Vol. 20 (3). P. 141–151. DOI: //doi.org/10.12911/22998993/99742
16. Tymkiv M., Kasiyanchuk D., Danyliak V., Levitska M. Study of the series of data of groundwater levels with passes. 17th International Conference on Geoinformatics — Theoretical and Applied Aspects. Kyiv. 2018. P. 1–5

Receive 24.02.2020

M.M. Tymkiv

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,
15 Karpatska Street, Ivano-Frankivsk, 76019, Ukraine
e-mail: maritymkiv@gmail.com

FEATURES OF HYDROGEOLOGICAL MONITORING NETWORK DESIGN WITHIN SEPARATE RIVER BASIN

Today groundwater is one of the most important underground resources of our country. Effective operation of groundwater monitoring networks ensures the normal functioning of agriculture, the environment and industry. According to official data, only 41 groundwater wells remained in the study area. According to the methodology of network construction, this amount is extremely small, given that the study area is transboundary. Therefore, today, one of the important steps is the creation of an optimal and effective hydrogeological monitoring network. The purpose of this work is to investigate new methods for designing a hydrogeological monitoring network and its features in accordance with the basic requirements of the Water Framework Directive. In this paper the general characteristics of the Pripjat River basin are presented, in particular, geological and hydrogeological. The important points that should include the observation network, namely: the area of the territory, the nature of the basin, changes in groundwater levels, hydrogeological features of the territory. The paper also presents a map showing the points of the existing observation wells. Unfortunately, this map does not allow groundwater levels to be fully monitored. Thus, a universal algorithm for constructing a groundwater monitoring network is proposed. This algorithm presents the main stages in the study of groundwater monitoring, namely: general characteristics of the study area, analysis of the existing observation network, choice of methods for construction of the monitoring network. The key steps will be the design of new points of the observation network and the construction of hydrogeological maps.

Keywords: *monitoring network optimization, groundwater levels, monitoring methods.*

M.M. Тымкив

Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа,
ул. Карпатская, 15, Ивано-Франковск, 76019, Украина
e-mail: maritymkiv@gmail.com

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕТИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ПРЕДЕЛАХ ОТДЕЛЬНОГО РЕЧНОГО БАСЕЙНА

Подземные воды являются одними из важнейших подземных ресурсов. Эффективная работа сетей мониторинга подземных вод обеспечивает рациональное функционирование сельского хозяйства и охраны окружающей среды. Поэтому создание эффективной сети гидрогеологического мониторинга очень актуально. Цель данной работы — изучение новых методов проектирования сети гидрогеологического мониторинга и ее особенностей в соответствии с основными требованиями Водной рамковой директивы. Представлена общая характеристика бассейна р. Припять с учетом геологических и гидрогеологических особенностей исследуемой территории. Предложен универсальный алгоритм построения наблюдательной сети по уровням подземных вод, включающий в себя как общие этапы построения сети, так и применение конкретных методов.

Ключевые слова: *оптимизация сети мониторинга, уровень подземных вод, методы мониторинга.*