

anthropogenic load in water cycle rebuilding of the hydrodynamic system, there were determined estimates for the time water passes through the upper Cretaceous malm-chalk thickness; the latter is the upper confining layer for the groundwater complex under consideration. The research proves the presence of tritium in groundwater to equally result from both natural and man-caused factors, these two both affecting the process of vertical underground water cycle formation.

For the first time ever, using isotope radio-geologic and radiochemical data, water balance, and hydrodynamic values it was determined that the portion of infiltration supply in the Cenomanian-Callovian groundwater complex, which provides sources for Kyiv area, is equal to 21-23%, and the arrival time of surface water to the groundwater complex under consideration is equal to 10-12 years.

The data obtained allow for determining water cycle rates in the Cenomanian-Callovian groundwater complex as well as immunity of potable ground water. The methodology that combines water balance, hydrodynamic methods, and isotope radio-geologic and radiochemical analysis can be successfully applied when estimating water cycle rates for other areas.

Keywords: groundwater, water cycle, isotope radio-geologic and radiochemical data, water budget, immunity.

Т. Кошлякова, науч. сотруд.

ГУ "Институт геохимии окружающей среды НАН Украины",
просп. Академика Палладина, 34а, г. Киев, 03680, Украина,
E-mail: geol@bigmir.net;

А. Кошляков, д-р геол. наук, доц.

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко,
УНИ "Институт геологии", ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина,
E-mail: kosh@univ.kiev.ua;

В. Долин, д-р геол. наук, проф.

E-mail: vdolin@ukr.net;

В. Скрипкин, науч. сотр.

E-mail: psrtl@rambler.ru,

ГУ "Институт геохимии окружающей среды НАН Украины",
просп. Академика Палладина, 34а, г. Киев, 03680, Украина

ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ ВОДООБМЕНА В СЕНОМАН-КЕЛОВЕЙСКОМ ВОДОНОСНОМ КОМПЛЕКСЕ НА ТЕРРИТОРИИ Г. КИЕВ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ

Цель исследования – определение показателей интенсивности водообмена в пределах гидрогеологической системы сеноман-келовейского водоносного комплекса на территории г. Киев, в частности, оценка скорости поступления поверхностных вод в исследуемый водоносный комплекс, а также их доли в водном балансе подземных вод. При выполнении исследования были использованы балансовый, гидродинамический методы, аналитическое определение активности трития в образцах воды из сеноман-келовейского водоносного комплекса и обработка собственных изотопно-радиогеохимических данных. Для построения картографических схем была использована программа ArcGIS.

В результате обобщены опубликованные данные об интенсивности водообмена в системе подземных вод на территории г. Киев в условиях техногенного влияния. Определена доля атмосферных осадков в формировании ресурсов сеноман-келовейского водоносного комплекса. Учитывая антропогенную перестройку водообмена в пределах гидродинамической системы, оценено время прохождения воды через мергельно-меловую толщу верхнего мела, которая служит верхним водоупором для исследуемого комплекса. Выявлено, что содержание трития в подземных водах объективно отображает результат воздействия природных и техногенных факторов формирования подземного вертикального водообмена.

Впервые по изотопно-радиогеохимическим данным и на основании балансовых и гидродинамических расчетов определено, что на территории Киева доля инфильтрационного питания в формировании ресурсов сеноман-келовейского водоносного комплекса составляет 21-23%, а время поступления поверхностных вод в исследуемый комплекс охватывает промежуток времени в 10-12 лет. Полученные результаты позволяют охарактеризовать интенсивность водообмена в сеноман-келовейском водоносном комплексе, а также защищенность питьевого подземных вод на территории г. Киев. Методика совместного использования балансового, гидродинамического методов и анализа изотопно-радиогеохимических данных может быть успешно применена для оценки интенсивности водообмена в пределах других территорий.

Ключевые слова: подземные воды, водообмен, изотопно-радиогеохимические данные, водный баланс, защищенность.

УДК 556.33(477.81)

А. Бровко, асп.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна,
E-mail: nastia.brovko@gmail.com;

Г. Бровко, ст. викладач
Національний університет водного господарства та природокористування,
вул. Приходька, 79, м. Рівне, 33002, Україна,
E-mail: brovko_egp@gmail.ru

ГІДРОДИНАМІЧНИЙ РЕЖИМ ПІДЗЕМНИХ ВОД В РАЙОНІ РІВНЕНСЬКОЇ АЕС

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол.-мінералог. наук, проф. М.М. Коржневим)

Мета дослідження – вивчення гідродинамічного режиму підземних вод у районі Рівненської АЕС (РАЕС). Методика: якісний аналіз моніторингових даних та статистична обробка результатів спостережень за рівнями підземних вод з використанням методу кореляційно-регресійного аналізу.

У результаті вивчено режим підземних вод водоносних комплексів, представлених на території досліджень, у природних умовах та в умовах антропогенного впливу (експлуатація водозаборів). Встановлено обернені кореляційні зв'язки між кількостями атмосферних опадів та величинами рівнів підземних вод. Виявлено наявність гідралічного зв'язку між водоносними комплексами, присутніми на території дослідження. Встановлено, що гідродинамічний режим водоносних комплексів у верхньочетвертинних та верхньокрейдових відкладах не залежить від роботи водозаборів у зоні РАЕС, натомість режим водоносного комплексу у верхньопротерозойських відкладах залежить від роботи водозаборів "Острів" та "Бабка".

Ключові слова: гідродинамічний режим підземних вод, рівень підземних вод, кореляційно-регресійний аналіз.

Вступ. На сьогодні актуальною є оцінка стану підземної гідросфери та прогнозування геодинамічних процесів у районі впливу Рівненської АЕС (РАЕС), що обумовлено гідрогеологічними, інженерно-геологічними та геохімічними особливостями району. З огляду на це, спеціалістами Волинської геологічної експедиції ДП "Українська геологічна компанія" щорічно прово-

диться комплекс робіт з моніторингу динаміки гідросфери в районі РАЕС з урахуванням експлуатації водозаборів та їхнього впливу на режим підземних вод.

Режимна мережа складається із 21 свердловини в окремих пунктах моніторингу: на ділянці Кузнецовського карстологічного полігону, який знаходиться у природних умовах і відтворює природний режим підземних вод;

проммайданчика РАЕС, який знаходиться в техногенних умовах; водозаборах "Бабка" й "Острів", пунктах моніторингу "Москалівна", "Суховоля" та "Заболоття" (рис. 1).

Спостереження по свердловинах в пунктах моніторингу дають змогу встановити певні закономірності у змінах підземної гідросфери в різних гідрогеологічних умовах.

Виклад основного матеріалу. Територія досліджень знаходиться в північній частині Волино-Подільського

артезіанського басейну, в області транзиту та розвантаження підземних вод. За умовами обводненості та фільтраційними властивостями виділяються водоносні горизонти (комплекси), проникні неводоносні (здреновані) відклади та водотривкі товщі. В районі впливу РАЕС виділяються 3 водоносні комплекси – у четвертинних, верхньокрейдових та верхньопротерозойських відкладах.

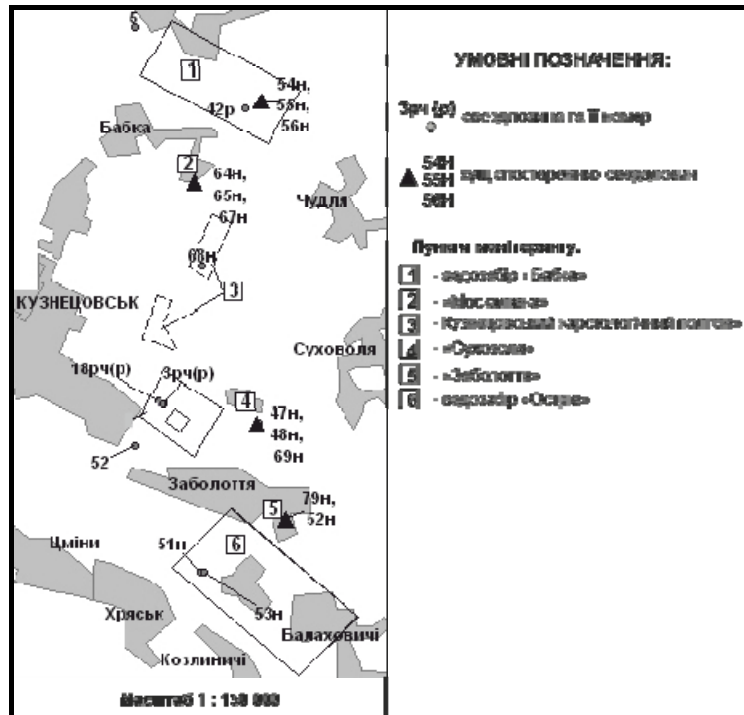


Рис. 1 Карта розташування пунктів моніторингу

Водоносний комплекс у четвертинних відкладах. На Кузнецовському карстологічному полігоні стан ґрунтових вод контролюється свердловинами Зрч і 18рч, гирла яких займають абсолютні позначки 169,58 м і 170,36 м відповідно. Свердловини Зрч і 18рч помітно реагують на кліматичні фактори, що підтверджує сезонний тип режиму ґрунтових вод у природних умовах.

Перший максимум рівня простежується у зимово-весняну повінь. У свердловинах Зрч і 18рч він зафіксований наприкінці лютого на позначках 168,52 м і 168,47 м відповідно, з амплітудами підйому від початку року 0,28 м і 0,31 м. Весняно-літня межень характеризується амплітудами спаду 0,7 м для свердловини Зрч і 0,38 м для свердловини 18рч, зі зниженням рівнів до відміток 167,82 м і 168,09 м відповідно. Літній максимум рівня зі значеннями 168,24 м (Зрч) і 168,6 м (18рч) зафіксований у червні. Амплітуда літнього підвищення для свердловини Зрч складає 0,42 м, для свердловини 18рч – 0,51 м. Далі відбувається спад рівня до осінньо-зимової межні, коли мінімальні значення рівня для свердловини Зрч становлять 167,93 м, а для свердловини 18рч – 168,08 м.

У районі водозабору "Острів" рівні ґрунтових вод вивчаються по свердловинах 53н і 69н.

Свердловина 53н розташована в межах водозабірної майданчика "Острів" у 0,2 км від русла р. Стир. Така близькість до річки обумовлює вплив її гідрологічного режиму, поряд з кліматичними й метеорологічними факторами, на ґрунтові води і визначає їхній режим як прирусловий вид гідрологічного підтипу сезонного живлення.

Впродовж року рівень ґрунтових вод у свердловині 53н знаходиться на глибинах 1,32-2,52 м у межах абсо-

лютих позначок 160,51-161,71 м з амплітудою коливання 1,20 м.

Свердловина 69н розташована в пункті "Суховоля" на широті проммайданчика Рівненської АЕС в 3,5 км північніше р. Стир з абсолютною відміткою гирла 181,05 м. У геоморфологічному відношенні пункт моніторингу "Суховоля" знаходиться в середній пологій частині схилу. Поповнення ресурсів ґрунтових вод тут відбувається переважно за рахунок підтоку ґрунтових вод з вододілу, оскільки на пряму інфільтрацію атмосферних опадів припадає незначна частина притоку внаслідок швидкого їх стоку по схилу. Рівень у свердловині знаходиться на глибини 5,73-6,46 м у межах абсолютних позначок 174,59-175,32 м з річною амплітудою коливання 0,73 м. Максимальний рівень у зимово-весняну повінь в свердловині 69н встановлюється в кінці січня на позначці 175,1 м, у свердловині 53н – у кінці березня на позначці 161,71 м. Далі має місце післяповеневий спад рівня. У прирусловій зоні мінімальний рівень ґрунтових вод встановлюється на початку червня на позначці 161 м (53н) і амплітуда спаду у весняно-літню межень складає 0,71 м. У свердловині 69н мінімальний рівень після повені встановлюється в кінці лютого на позначці 174,59 м і пояснюється це малою кількістю опадів і тим, що талі води швидко стекли зі схилу. Амплітуда цього спаду складає 0,51 м. Літній максимальний підйом рівня за рахунок атмосферних опадів у прирусловій зоні відбувається в кінці червня, синхронно з підйомами в р. Стир і на карстологічному полігоні, і займає положення на позначці 161,33 м (св. 53н). У свердловині 69н він встановлюється на позначці 174,88 м на місяць пізніше, що підтверджує підтік ґрунтових вод з во-

доділу. Амплітуди літнього максимального підвищення рівня складають 0,33 м (53н) і 0,2 м (69н). Спад рівня ґрунтових вод до осінньої межні в свердловині 53н відбувається синхронно з карстологічним полігоном. Мінімальні значення рівня в період осінньо-зимової межні в свердловині 53н фіксуються в кінці листопада на позначці 160,51 м, а в свердловині 69н – на початку грудня на позначці 174,67 м.

У районі **водозабору "Бабка"** спостереження ведуться в свердловині 54н. Рівень ґрунтових вод тут тримається на глибині 2,11-2,98 м у межах абсолютних позначок 156,12-156,99 м з амплітудою коливання 0,87 м.

Сезонні спади та підйоми рівня в свердловині 54н відбуваються майже синхронно зі свердловинами на карстологічному полігоні. Рівень з початку року до зимово-весняної повені піднімається на 0,53 м і досягає свого максимального положення на позначці 156,99 м у кінці лютого. Літній мінімум характеризується зниженням рівня на початку червня до позначки 156,56 м. Максимальний рівень влітку, пов'язаний з атмосферними опадами у червні, зафіксований у кінці червня на позначці 156,89 м. Амплітуда підйому становить 0,43 м. Велика кількість опадів у серпні впливає на підйом рівня ґрунтових вод до позначки 156,27 м на кінець серпня. Амплітуда підйому складає лише 0,05 м, тому що додаткові витрати йдуть на випаровування. Далі рівень повільно, поступово й рівномірно знижується на 0,17 м до свого мінімального значення у грудні 156,12 м.

Свердловина 67н у пункті **"Москалівна"**, який знаходиться посередині між водозабором "Бабка" та Кузнецовським карстологічним полігоном на абсолютній позначці 159,6 м, має вільний зв'язок з напірними водами у відкладах верхньої крейди й рівень ґрунтових вод тримається вище земної поверхні зі значенням + 0,45 м і більше. На початку року зафіксований мінімальний рівень з позначкою 159,94 м, який знаходиться вище поверхні землі на 0,34 м.

Водоносний комплекс у верхньокрейдових відкладах. Для аналізу динаміки вод цього комплексу на **Кузнецовському карстологічному полігоні** вибрано свердловини 3р і 18р. Рівні підземних вод комплексу в свердловині 3р коливаються на глибинах 1,31-1,73 м у межах абсолютних позначок 167,87-168,29 м, а в свердловині 18р – на глибині 1,65-2,39 м з позначками 167,97-168,71 м. Річні амплітуди коливання рівнів складають 0,42 м і 0,74 м відповідно.

Режим водоносного комплексу у верхньокрейдових відкладах у межах карстологічного полігону сезонного типу. Рівні підземних вод, як і ґрунтових, реагують на кліматичні й метеорологічні фактори; усі точки екстремумів синхронні з водоносним комплексом у четвертинних відкладах.

Перший етап поповнення ресурсів підземних вод проходить у зимово-весняну повінь з максимальним положенням рівня, зафіксованим у кінці лютого для обох свердловин. З початку року рівень піднімається у свердловині 3р на 0,14 м до позначки 168,29 м, а в свердловині 18р – на 0,27 м до позначки 168,55 м. Мінімальне положення рівня після повені в свердловинах відмічене на початку червня зі значеннями 167,87 м (3р) і 168,32 м (18р) із амплітудами весняно-літнього спаду 0,42 м і 0,23 м відповідно. Другий етап живлення підземних вод, як і для ґрунтових, пов'язаний з атмосферними опадами влітку. Максимальні рівні на позначках 168,22 м (3р) і 168,71 м (18р) зафіксовані в кінці червня. Амплітуда літнього підвищення для свердловини 3р складає 0,12 м, для свердловини 18р – 0,39 м. Спад рівня підземних вод після літнього максимуму відбувається швидко, як і ґрунтових вод, у перші числа серпня.

Мінімальні рівні відмічені на позначках 167,99 м (3р) і 168,02 м (18р), амплітуди цього спаду дорівнюють 0,23 м і 0,69 м відповідно. Далі рівень вже знижується до осінньо-зимової межні. Мінімальне положення в свердловині 18р він займає в кінці листопада на позначці 167,92 м, а в свердловині 3р – на початку грудня на позначці 167,91 м, амплітуди спаду дорівнюють 0,36 м і 0,23 м відповідно. Загальні амплітуди спаду від літнього максимуму до осінньо-зимової межні складають 0,74 м (18р) та 0,31 м (3р).

Водозабір "Бабка". Спостереження за водоносним комплексом у верхньокрейдових відкладах проводиться у свердловинах 55н і 65н.

Свердловина 55н, розташована на майданчику водозабору "Бабка", реагує на всі кліматичні фактори, а робота водозабору не відображається на її режимі. Рівні в свердловині коливаються на глибинах 2,00-2,62 м і займають абсолютні позначки від 156,48 до 157,1 м, річна амплітуда коливання складає 0,62 м.

Під час зимово-весняної повені максимальне положення рівня на позначці 157,1 м фіксується в кінці лютого і в розрізі річного циклу воно є найвищим. Амплітуда підйому рівня від початку року складає 0,34 м. Подальший спад рівня до весняно-літньої межні відбувається поступово й мінімальне положення встановлюється у червні, як і для ґрунтових вод, на позначці 156,56 м, а амплітуда спаду складає 0,54 м. Другий максимальний підйом рівня відбувається влітку й рівень піднімається на 0,53 м до позначки 157,03 м. Далі спостерігається зниження рівня до осінньо-зимової межні аналогічно з рівнем підземних вод на карстологічному полігоні. У грудні рівень встановлюється на позначці 156,48 м.

Свердловина 65н, яка розташована в пункті **"Москалівна"**, не реагує на роботу водозабору. Режим підземних вод у ній залежить тільки від кліматичних умов і тому має сезонний тип живлення. Враховуючи напірний характер водоносного комплексу у верхньокрейдових відкладах на цій ділянці, рівень води встановлюється над поверхнею землі на відмітках 0,23 м і вище 0,98 м, займаючи абсолютні позначки від 159,83 м і вище 160,58 м.

Від початку року до зимово-весняної повені з піком у кінці березня рівень у свердловині піднімається на 0,45 м і займає позначку 160,45 м. Протягом квітня він повільно знижується, а в травні уже пришвидшує свій спад до весняно-літньої межні. Мінімальний рівень підземних вод встановлюється в кінці травня на відмітці 160,1 м з амплітудою спаду 0,35 м. Літній підйом рівня підземних вод у червні характеризується амплітудою 0,48 м і найвищим положенням у розрізі річного циклу. Рівень протягом місяця тримається вище позначки 160,58 м. Найнижче положення за рік він займає в кінці листопада на відмітці 159,83 м.

Водозабір "Острів". За станом змін рівневої поверхні у водоносному комплексі у верхньокрейдових відкладах проводяться спостереження у свердловинах 52н і 48н.

Свердловина 48н знаходиться у спостережному пункті **"Суховоля"** на широті проммайданчика Рівненської АЕС. Рівень підземних вод у ній коливається на глибині 5,96-6,51 м з річною амплітудою 0,55 м у межах абсолютних позначок 174,54-175,09 м.

Рівні підземних вод комплексу майже синхронні з рівнями ґрунтових вод, що пояснюється розташуванням пункту **"Суховоля"** на схилі. Поповнення ресурсів тут відбувається сезонно за рахунок інфільтрації атмосферних опадів та перетікання ґрунтових вод.

У зимово-весняну повінь у свердловині 48н максимальний рівень на позначці 175,09 м відмічається в кінці січня й відповідає найвищому положенню в річно-

му циклі. Спад рівня до весняно-літньої межні відбувається поступово й тільки протягом квітня він стабілізується за рахунок атмосферних опадів і утримується на позначках 174,69-174,7 м. Як і у всіх свердловинах, мінімальне положення рівень займає на початку червня, коли він знижується на 0,26 м до відмітки 174,59 м. Під час літніх дощів рівень піднімається на 0,23 м і встановлюється на відмітці 174,82 м у кінці липня, синхронно з ґрунтовими водами. Далі рівень знижується до осінньо-зимової межні, яка приходить на початок грудня, та встановлюється на мінімальній позначці 174,59 м. Амплітуда спаду від літнього максимуму до осінньо-зимового мінімуму складає 0,23 м.

Свердловина 52н розташована в 1,7 км на північ від водозабору "Острів". Рівень води в ній коливається на глибині 1,85-2,19 м з амплітудою 0,61 м у межах абсолютних позначок 165,96-166,3 м.

На режим цієї свердловини водовідбір на водозабір "Острів" не впливає. Поповнення ресурсів підземних вод відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, що й визначає сезонний тип живлення водоносного комплексу "Заболоття". Зважаючи на те, що пункт "Заболоття" розташований у нижній частині схилу тераси р. Стир, атмосферні опади, крім тих, що безпосередньо випадають на ділянку, ще додатково надходять у вигляді стікаючих зі схилу потоків.

У зимово-весняну повінь у свердловині 52н спостерігається максимальне підняття рівня до відмітки 166,26 м. Спад рівня до весняно-літньої межні відбувається плавно. Мінімальне положення він займає на початку червня на відмітці 166,07 м з амплітудою спаду 0,15 м. Пік літнього максимального положення рівня, пов'язаний з інтенсивними атмосферними опадами, зафіксований у кінці червня й співпадає з найвищим своїм положенням у розрізі річного циклу. Амплітуда літнього підйому складає 0,23 м, а рівень встановлюється на відмітці 166,3 м. Далі рівень підземних вод опускається до осінньо-зимової межні й найнижче положення займає на початку грудня зі значенням 165,96 м і амплітудою зниження 0,23 м. Загальна амплітуда зниження після літньої повені до осінньо-зимової межні відповідає річній амплітуді 0,34 м.

Водоносний комплекс у верхньопротерозойських відкладах. У зоні імовірного впливу роботи водозаборів на зміни рівнів у водоносному комплексі у верхньопротерозойських відкладах (горбашівські та бабинські відклади) спостереження ведуться по 9-ти свердловинах.

Кузнецовський карстологічний полігон. У свердловині 68н, яка знаходиться на карстологічному полігоні в природних умовах, ведеться спостереження за горбашівським водоносним горизонтом. Рівень підземних вод у ній коливався на глибині 8,59-10,82 м з річною амплітудою 2,23 м у межах абсолютних позначок 160,11-162,36 м.

Оскільки свердловина знаходиться в 4 км на південь від водозабору, водовідбір на неї не впливає. Усі точки екстремумів горбашівського горизонту відмічаються синхронно з точками екстремумів для водоносних комплексів у четвертинних і верхньокрейдових відкладах. Пояснити це можна гарними колекторними властивостями порід комплексу, водопритоками по системах тріщин та перетинанням з вищезалігаючого водоносного комплексу.

Зимово-весняний максимум рівня встановлюється в кінці лютого на відмітці 162,36 м і відповідає найвищому положенню в річному циклі, а амплітуда підйому від початку року складає 1,84 м. Весняно-літній мінімум відмічається на початку червня з опусканням рівня на 2,03 м до позначки 160,33 м.

Горбашівський водоносний горизонт реагує на інтенсивні атмосферні опади влітку підйомом рівня на

0,27 м до позначки 160,6 м, яку він займає в кінці червня й так утримується до кінця вересня з невеликими відхиленнями до верху чи до низу. За цей період рівень піднімається на 0,04 м у середині липня та на 0,08 м у кінці вересня й встановлюється на відмітках 160,57 м і 160,56 м відповідно. Мінімальні положення він займає на початку липня на відмітці 160,53 м і на початку серпня на відмітці 160,48 м з відповідними амплітудами спаду 0,07 м та 0,09 м.

Осінньо-зимовий мінімум встановлюється на початку грудня, коли рівень знижується на 0,43 м до свого найнижчого положення на відмітці 160,13 м. До кінця року відбувається нове підвищення рівня горбашівського водоносного горизонту.

Також не реагують на водовідбір свердловини 64н, 66н у пункті "Москалівна", які розташовані в 2,5 і 3,0 км від експлуатаційних свердловин водозабору.

Рівні бабинського водоносного горизонту у свердловині 66н протягом річного циклу тримаються вище позначки 159,75 м, що складає 0,15 м над поверхнею землі. В свердловині 64н рівні горбашівського водоносного горизонту коливаються на глибині 1,27-1,77 м у межах абсолютних позначок 157,83-158,33 м з річною амплітудою 0,5 м. Динаміка підземних вод зазнає впливу кліматичних факторів і визначає сезонний характер режиму горбашівського водоносного горизонту.

Зимово-весняний максимум у свердловині 64н встановлюється в кінці лютого на відмітці 158,27 м з амплітудою підйому 0,25 м. Весняно-літній мінімум фіксується на початку червня, коли рівень знижується на 0,57 м до відмітки 157,9 м. Літній максимум (кінець червня) характеризується підйомом рівня на 0,43 м до свого найвищого положення на позначці 158,33 м. Літній мінімум спостерігається на початку серпня, коли рівень знижується на 0,46 м до позначки 157,87 м. Осінньо-зимовий мінімум кінця листопада відповідає найнижчому положенню рівня на позначці 157,83 м і характеризується амплітудою спаду 0,13 м.

Такий природний режим підземних вод водоносного комплексу у верхньопротерозойських відкладах у пункті "Москалівна" обумовлюється природним бар'єром – тектонічним розломом між місцем розташування свердловин і майданчиком водозабору.

Водозабір "Бабка". Бабинський водоносний горизонт у свердловині 56н, яка знаходиться на самому майданчику водозабору, не реагує на водовідбір. Зміни його рівня коливаються з невеликою амплітудою 0,48 м на глибині 1,31-1,79 м, займаючи абсолютні позначки від 157,31 до 157,79 м. Усі точки екстремумів, крім зимово-весняного максимуму, протягом року синхронні сезонним точкам горбашівського горизонту на карстологічному полігоні у природних умовах і в пункті "Москалівна".

Зимово-весняний максимум відмічений на початку березня на позначці 157,79 м з амплітудою підйому 0,27 м. Весняно-літній мінімум зафіксований на початку червня на позначці 157,31 м з амплітудою спаду 0,48 м. Літній максимум відмічається на початку червня на позначці 157,77 м, а амплітуда підйому складає 0,46 м. Наступний мінімум початку серпня характеризується спадом рівня на 0,25 м до позначки 157,52 м. До кінця вересня рівень піднімається ще на 0,04 м до позначки 157,56 м. Осінньо-зимовий мінімум спостерігається на початку грудня, коли рівень встановлюється на позначці 157,4 м з амплітудою спаду 0,14 м.

Свердловина 5 також не реагує на роботу водозабору. На коливання рівня горбашівського водоносного горизонту впливають більше природні фактори й гідрологічний режим р. Стир, враховуючи її близькість. Рівні горбашівського водоносного горизонту в свердловині 5

коливаються на глибині 3,81-4,8 м з річною амплітудою 0,99 м у межах абсолютних позначок 152,1-153,09 м.

Максимальне положення рівня у зимово-весняну повинь фіксується в середині лютого на позначці 153,09 м і відповідає річному максимуму. Мінімальне положення рівня після літнього максимуму в червні відбувається на початку серпня на позначці 152,27 м синхронно зі свердловиною 56н. Невелике наступне підвищення рівня на 0,05 м до позначки 152,32 м відмічається в кінці вересня. Найнижче положення рівня підземних вод у річному циклі співпадає з мінімальним у осінньо-зимову межень. Фіксується воно в середині грудня, коли рівень знижується на 0,17 м і займає позначку 152,1 м.

Свердловина 42р, яка споруджена на горбашівський водоносний горизонт, розташована на майданчику водозабору і реагує на його роботу. Крива коливання рівня в ній іде врозрід із сезонними природними коливаннями водоносного комплексу у верхньопротерозойських відкладах. Дуже велика амплітуда 5,54 м річного коливання рівня вказує на порушений режим динаміки підземних вод.

Водозабір "Острів". При експлуатації водозабору "Острів" проводяться режимні спостереження по 3-х свердловинах.

Свердловини 47н (х. Суховоля), 79н (с. Заболоття) і 51н (майданчик водозабору), пробурені на бабинський водоносний горизонт і зазнають незначного впливу, окрім останньої, від роботи водозабору, але також реагують на кліматичні фактори. Режим підземних вод у них сезонного типу. На графіках криві змін рівнів бабинського водоносного горизонту в свердловинах майже синхронні й усі сезонні точки екстремумів присутні. Річний мінімум в усіх свердловинах відзначається на початку року (початок січня), а річний максимум відбувається у період весняної повені. В свердловині 51н пік весняного максимуму припадає на середину березня, в свердловині 47н – кінець березня та в свердловині 79н – на початок квітня, а амплітуди підйому співпали з амплітудами річного циклу.

У свердловині 47н рівень коливається на глибині 16,67-18,7 м з амплітудою 1,53 м у межах абсолютних позначок 162,85-164,38 м, а в свердловині 79н він знаходиться нижче земної поверхні на 6,08-8,26 м, займаючи абсолютні позначки від 159,89 м до 162,07 м з амплітудою коливання 2,18 м. Амплітуди річного перепаду рівнів у свердловинах достатньо великі, що вказує на порушений режим водоносного горизонту. Значення їх збільшуються з наближенням до водозабору й потраплянням до радіусу експлуатаційної воронки. Найвіддаленіша від майданчика свердловина 47н ("Суховоля"), відстань від

неї до водозабору складає 3,5 км. Свердловина 79н розташована ближче, в 1,7 км від майданчика. Свердловина 51н знаходиться на самому експлуатаційному майданчику й рівень у ній протягом року коливався з найбільшою амплітудою 5,68 м на глибині 5,49-11,17 м у межах абсолютних позначок 151,86-157,64 м.

Перший весняно-літній спад рівнів бабинського водоносного горизонту фіксується на початку червня з мінімальним положенням на позначках 163,55 м (св. 47н), 160,89 м (св. 79н) та 155,74 м (св. 51н). Максимуми в період літнього підйому в свердловинах 47н і 79н відзначаються в кінці червня на позначках 163,94 м і 161,54 м, а в свердловині 51н – у кінці липня на позначці 156,67 м.

Подальший спад рівнів до осінньо-зимової межень відбувається поступово. Мінімальні положення у межень рівні займають на початку грудня на позначках 162,85 м (св. 47н), 159,89 м (св. 79н) та 151,86 м (св. 51н).

Методика математичної обробки. Результати якісного аналізу режиму підземних вод на території вивчення дають змогу визначити їх режим як такий, що має сезонний тип живлення. Статистичні методи дозволяють на кількісному рівні оцінити коливання рівня підземних вод у природних і порушених гідрогеологічних умовах від кількості атмосферних опадів, що випадають протягом року.

Залежність між вибірками дозволяє встановити метод парного кореляційно-регресійного аналізу, який і застосовується для виявлення кореляційного зв'язку між рівнями підземних вод та кількостями атмосферних опадів, які випадали в районі впливу РАЕС, та визначення сили цього зв'язку та надійності регресійної моделі.

Аналіз даних відбувається в такій послідовності: 1) оцінка статистичної значущості між величинами двох вибірок; 2) знаходження парного коефіцієнта кореляції (парний коефіцієнт кореляції Пірсона); 3) побудова діаграм розсіювання та знаходження рівняння регресії; 4) оцінка параметрів регресії β_0 , β_1 та їх стандартних відхилень $m\beta_0$, $m\beta_1$ із застосуванням методу найменших квадратів; 5) оцінка регресійної моделі на основі коефіцієнта детермінації та встановлення статистичної значущості моделі.

Результати. При рівнях значущості $\alpha=0,75-0,9$ встановлено наявність обернених кореляційних зв'язків між рівнями підземних вод і кількістю атмосферних опадів для свердловин 69н, 3р, 64н та 56н, пробурених на різні водоносні горизонти. Згідно зі шкалою Чеддока, зв'язок між величинами сильний.

Отримано рівняння регресії з довірчими інтервалами для їх параметрів β_0 та β_1 , які є надійними при різних рівнях значущості – від 0,75 до 0,9 (табл. 1).

Таблиця 1

Результати кореляційно-регресійного аналізу

Пункт моніторингу	"Суховоля"	Карстологічний полігон	"Москалівна"	"Бабка"	
ВГ	Q	K ₂	PR ₃		
№ свердловини	69н	3р	64н	56н	
K Пірсона, r	-0,8	-0,9	-0,8	-0,9	
Рівняння регресії	$y=177,9-0,024*x+e$	$y=171,1-0,024*x+e$	$y=161,4-0,026*x+e$	$y=161,3-0,029*x+e$	
r, k	0,8; 2	0,85; 2	0,75; 2	0,9; 2	
Довірчий інтервал	β_0	175,100 - 181,769	169,365 - 174,651	160,263 - 164,675	159,901 - 164,713
	β_1	-0,046 - -0,023	-0,037 - -0,010	-0,034 - -0,017	-0,040 - -0,018
Коеф. детерм., R ²	0,7	0,6	0,4	0,7	
r, k ₁ , k ₂	0,8; 1, 2	0,75; 1, 2	0,6; 1, 2	0,8; 1, 2	

Свердловини 69н, 3р та 64н знаходяться на ділянках з природним режимом підземних вод. Наявність обернених кореляційних зв'язків тут є закономірною, адже інфільтраційні води надходять до водоносних горизонтів не одразу, а із певним запізненням. Тому

найнижчі рівні підземних вод можуть встановлюватись на початок чи перебіг дощового чи паводкового періоду та поступово підвищуватись внаслідок надходження інфільтраційних вод. Свердловина 56н знаходиться в умовах з порушеним режимом підземних вод, але за

даними режимних спостережень вона не реагує на його роботу. Для неї також характерною є наявність обернених кореляційних зв'язків між величиною рівня підземних вод та кількістю атмосферних опадів.

У результаті проведеного дослідження можна зробити такі **ВИСНОВКИ**:

1) робота водозабору "Острів" впливає на режим підземних вод водоносного комплексу у верхньопротерозойських відкладах і визначає його як порушений, що підтверджується значними коливаннями його рівня. Так, амплітуда коливання рівня у свердловині 51н, яка знаходиться на території водозабору, складає більше 5 м, свердловині 49н (1,7 км від водозабору) – 2,18 м, а у свердловині 47н (1,7 км від водозабору) – вже 1,53 м;

2) вплив від роботи водозабору "Бабка" підтверджується великою амплітудою коливання рівня (5,54 м) у свердловині 42р, яка розташована на його території. Але він має обмежене поширення і вже за 2,5 км він непомітний (свердловини 64н, 65н у пункті "Москалівна" не реагують на водовідбір). Причиною цього може бути наявність природної межі (тектонічний розлом) з витратою, що дорівнює 0;

3) формування її живлення ґрунтових вод має сезонний характер та відбувається за рахунок атмосферних опадів ($r = -0,8$);

4) при надходженні атмосферних опадів до ґрунтових вод збільшується й кількість води, що перетікає у

нижчезалегаючі водоносні комплекси у верхньокрейдових і верхньочетвертинних відкладах, що приводить до підняття рівня підземних вод ($r = -0,8 - -0,9$);

5) отримані коефіцієнти детермінації свідчать про те, що на 40-70% зміни рівнів підземних вод залежать від кількості атмосферних опадів.

Також варто відзначити те, що тектоніка району дослідження відіграє певну роль у формуванні режиму підземних вод та в окремих випадках є додатковим фактором, що визначає величину техногенного впливу на підземні води та площу його поширення.

Список використаних джерел

1. Бровко Г.І., (2012). Моніторинг динаміки гідросфери в районі ВП РАЕС з врахуванням експлуатації водозаборів та їх впливу на режим підземних вод промшайданчика. Р.: Волинська гідрогеологічна партія, 83 с.

Brovko G.I., (2012). Monitoring of groundwater dynamics on the area of Rivne NPP taking into account water intake and its impact on the groundwater regime on the shaft [Monitoring dynamiky gidrosfery v rajoni VP RAES z vrahuvannyam ekspluatatsiyi vodozaboriv ta yix vplyvu na rezhym pidzemnykh vod promshajdanichyka]. Volyn Geological Survey, Rivne, 83 p. (In Ukrainian).

2. Девис Дж.С., (2002). Статистический анализ данных в геологии. М.: Недра, 620 с.

Davis J.C., (2002). Statistics and Data Analyses in Geology [Statysticheskyj analiz dannykh v geologii]. Moscow, Nedra, 620 p. (In Russian).

3. Griffis V.W., Stedinger J.R., (2007). The use of GLS regression in regional hydrologic analyses. *Journal of Hydrology*, 344, 82-95.

Надійшла до редколегії 14.02.15

A. Brovko, Postgraduate Student
Institute of Geology, Taras Shevchenko National University of Kyiv
90 Vasylykivska Str., Kyiv, 03022 Ukraine
E-mail: nastia.brovko@gmail.com;
G. Brovko, Lecturer
National National University of Water Management and Nature Resources Use
79 Prykhodka Str., Rivne, 33002 Ukraine
E-mail: brovko_egr@mail.ru

HYDROLOGIC GROUNDWATER REGIMES ON RIVNE NPP IMPACT

The purpose of the research is to study and to analyze the groundwater regime in the aquifers of the Rivne NPP impacted area. The research is carried out on water intake data obtained from 21 monitored wells on the territory of Rivne NPP impact. There is studied groundwater regime in natural and man-made conditions. Fluctuations of groundwater level are determined mathematically using correlation and regression analysis.

There is given environmental assessment of the research area and the area of Rivne NPP. The paper analyzes annual groundwater cycle in different aquifers. The findings reveal: (1) aquifer regime in the Quaternary deposits to have a seasonal type of recharge; (2) aquifer regime in the Upper Cretaceous deposits to have a seasonal type of recharge and be invariant of water intakes in the area of Rivne NPP impact; (3) aquifer regime in the Upper Proterozoic deposits to have a seasonal type of recharge and be variant of water intakes in this area.

Keywords: groundwater regime, water level, hydraulic head, correlation and regression analysis.

A. Бровко, асп.
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко,
УНИ "Институт геологии", ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина,
E-mail: nastia.brovko@gmail.com;

Г. Бровко, ст. препод.
Национальный университет водного хозяйства и природопользования,
ул. Приходько, 79, г. Ровно, 33002, Украина,
E-mail: brovko_egr@mail.ru

МОНІТОРИНГ РЕЖИМА ПОДЗЕМНИХ ВОД В РАЙОНЕ РОВЕНСКОЙ АЭС

Целью работы является изучение и анализ режима водоносных комплексов подземных вод в районе влияния Ровенской АЭС. Исследование проводилось с использованием данных, полученных при проведении мониторинговых работ для 21 наблюдательной скважины в зоне влияния Ровенской атомной электростанции (РАЭС) и действующих водозаборов. Изучался режим подземных вод в естественных и антропогенных условиях. Изменение уровней подземных вод описывается с использованием метода корреляционно-регрессионного анализа.

В результате исследования был изучен и проанализирован режим подземных вод водоносных комплексов, представленных на территории исследования. Проведена объективная оценка современного состояния территории исследований, куда входит промплощадка РАЭС. Исследование дало возможность подтвердить наличие гидравлической связи между водоносными комплексами, присутствующими на территории исследования. Установлено, что: 1) режим грунтовых вод относится к сезонному типу; 2) режим водоносного комплекса в верхнемеловых отложениях имеет сезонный тип питания и не зависит от работы водозаборов в зоне воздействия РАЭС; 3) режим водоносного комплекса в верхнепротерозойских отложениях имеет сезонный тип питания и зависит от работы водозаборов "Остров" и "Бабка".

Ключевые слова: гидродинамический режим, уровень подземных вод, корреляционно-регрессионный анализ