

УДК 556.322:551.3:537.8](477.4)

**М.В. Бублясь**

**ОСНОВНІ ЗОВНІШНІ ЧИННИКИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА РУХ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ У ПОКРИВНИХ  
ВІДКЛАДАХ РІВНИННИХ ТЕРИТОРІЙ**

**M.V. Bublias**

**MAIN EXTERNAL FACTORS INFLUENCING ON THE MOVEMENT OF WATER SOLUTIONS IN COVER  
DEPOSITS OF PLAIN AREAS**

Наведено аналіз існуючих оцінок руху водних розчинів у зоні аерації. Виявлено проблемні питання і запропоновано врахувати нові фактори, що впливають на переміщення вологи. Представлені експериментальні дані, які отримані в лабораторних і польових умовах. Результати цих робіт показують залежність руху рідкої фази покривних відкладів від зміни певних електричних потенціалів, що формуються в атмосфері і літосфері.

*Ключові слова:* покривні відклади, електромагнітні явища, коливання рівнів ґрунтових вод.

The existing concepts of the mechanisms assessment of water solutions flow in the aeration zone have been analyzed. The problem questions have been determined, and it is proposed to account for new factors influencing on the moisture transport. The experimental data are presented obtained in laboratory and field conditions. The results of works show the dependence of the liquid phase movement in the covering deposits on variations of definite electric potentials formed in the atmosphere and lithosphere.

*Ключові слова:* covering deposits, electromagnetic phenomena, fluctuation of the groundwater levels.

**ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ**

Вивчення геодинамічних процесів на мікро-рівні в останні роки набуває важливого значення у зв'язку із більш інтенсивним використанням певних територій. При розгляді геологічного середовища для господарських цілей необхідно враховувати те, що в природних умовах всі породи знаходяться в постійно діючому геодинамічному стані. При зміні певних умов змінюються певною мірою їх склад, властивості, умови залягання. Одним із найбільш вагомих чинників, що впливає на трансформацію порід, є вода. Тому особливостям руху води в геологічному середовищі буде приділено основну увагу.

Підземні води в насичених горизонтах і порові розчини в ненасичених горизонтах відіграють важливу і багатосторонню роль в формуванні ряду властивостей гірських порід. Вони є важливим чинником переміщення речовин на великі відстані в горизонтальному і вертикальному напрямках, в результаті чого відбуваються вилуговування одних порід і збагачення мінералами інших, цементация порід, конвективне переміщення тепла, метасоматоз і багато інших процесів, які впливають на стан і властивості порід.

**ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ**

Різноманітні ендо- та екзогенні фактори зумовлюють характер водообміну. Для виконання

функціональної оцінки геологічної складової у вологообміні велике значення має встановлення повного комплексу домінуючих чинників, які впливають на рух води, розчинених і завислих в ній елементів в ненасиченому і насиченому геологічному середовищі.

Рівень дослідження проблеми кількісної й якісної оцінок водообміну між поверхневими і підземними водами сьогодні є недостатнім для вирішення ряду наукових і практичних завдань. Не проведено повного теоретичного обґрунтування природи і закономірностей руху води в зоні аерації (ЗА). Ще менш досліджені питання водообміну між глибокими водоносними горизонтами. Особливої актуальності ці питання набувають на територіях з високим антропогенним навантаженням (фізичним, хімічним, радіоактивним тощо).

Представлені результати дослідження виконувались з позиції комплексного факторного аналізу складових об'єкта. Механізм руху води в геологічному середовищі розглянуто в органічному поєднанні механічних, фізичних і фізико-хімічних перетворень у самому середовищі з урахуванням впливу зовнішніх сил (гравітації, тиску, температури, електричних струмів та ін.). Крім фільтраційного руху підземних вод під впливом гідравлічного градієнта виявлені й інші види фізичного руху підземних вод. Для розкриття даного питання проведено короткий

аналіз основних факторів, що впливають на вологообмін у геологічному середовищі, на базі яких були виділені доміанти руху води в ЗА. Всі основні (на сьогодні відомі) фактори поділено на внутрішні — ті, що залежать від складу і властивостей порід, і зовнішні — ті, які впливають на зміну внутрішніх факторів. Але внутрішні фактори є відносно сталими і залежать тільки від складу (хімічного, мінерального, механічного) структури і текстури порід, які сьогодні відносно добре досліджені. Тому основну увагу буде приділено зовнішнім факторам.

### АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Беручи до уваги основні (загально прийняті) чинники, що впливають на вільний рух води (енергію поверхні елементарних часток породи, температуру, вологість, гравітацію, адсорбційні сили, атмосферний тиск, концентрацію розчинених речовин тощо), визначають ступінь впливу кожного чинника і виділяють групу для кожного конкретного випадку. На сьогодні жоден з існуючих підходів не дає задовільних результатів, оскільки не вдається підібрати групу незалежних чинників, що піддаються точному практичному визначенню і які б повною мірою давали можливість описати систему. Тому в природних умовах визначити вплив окремих сил на рух вологи в геологічному середовищі дуже важко. Чим складніша система, тим важче підібрати необхідну групу параметрів. В зв'язку з цим для сукупної характеристики основних сил різної природи було введено поняття інтегрального термодинамічного потенціалу порової вологи [5]. У різних авторів список цих сил відрізняється, але вважається загально прийнятою сума чотирьох окремих потенціалів: 1) осмотичного, 2) гравітаційного, 3) капілярного і 4) сорбційного [6]. Визначається цей потенціал шляхом вимірювання вологості порід різними методами — термостатно-ваговим, тензіометричним, вакуумним, пресовим, спиртовим тощо. Найбільше поширення сьогодні має тензіометричний (за допомогою керамічних датчиків), який базується на вимірюванні тиску порової вологи. Оцінка тиску вологи в породах як енергетичного показника дає можливість встановити кількість і напрямок руху вологи в ЗА в польових умовах.

Термодинамічні методи виконання кількісних оцінок переміщення вологи в породах ЗА розроблені сьогодні досить детально. При їх використанні виконуються роботи за такими

напрямами: 1) визначення режиму зміни вологості порід на різних глибинах ЗА; 2) визначення водно-фізичних властивостей порід — параметрів вологоперетоку (залежності коефіцієнта вологоперетоку і вологості порід від всмоктуючого тиску в породах); 3) обробка отриманих даних за допомогою математичного аналізу. В результаті такої обробки отримують інформацію про кількісну величину вологоперетоку для певних ділянок досліджуваної території, в окремих шарах поверхневих відкладів і певного часового відрізка [7].

З теоретичної точки зору дані методичні розробки є відносно простими, але при практичному їх використанні постійно стикаєшся з низкою проблем, які не дозволяють провести повну кількісну оцінку вологообміну в породах ЗА. Так, визначення гідрофізичних параметрів — залежності всмоктуючого тиску від вологості порід визначаються великою кількістю діючих сил: гетерогенного порового простору, механічного і мінерального складу, структури і текстури порід. Складність співвідношення цих факторів не дало можливості до теперішнього часу побудувати узагальнюючу модель залежності коефіцієнта вологоперетоку і вологості порід від всмоктуючого тиску в породах [3]. Крім того, керамічними датчиками можна фіксувати тиск тільки рідкої фази вологи в порах, а пароподібна волога лежить за межами чутливості приладу.

С.А. Веріго відмічає [2], що при низьких значеннях вологості в породах (гігроскопічна сильно зв'язана) вода практично нерухома, а швидкість переміщення рихлозв'язаної вологи дуже мала. Рух рихлозв'язаної вологи в рідкому стані відбувається в основному внаслідок гідратації, де рушійною силою є зміна концентрації порових розчинів. Ці сили можуть бути дуже великими (порядку сил молекулярного зчеплення), але радіус їх дії дуже малий, розмірний із молекулою води. Капілярна волога також утримується в породах із значною силою — від 10 до 0,5 атм. Навіть найменші її значення рідко фіксуються в природних умовах на глибині нижче 1 м. Ці три основні форми води в структурованих дрібних пісках ЗА полігону Лютіж займають понад 80% порового простору, а гравітаційна вода — не більше 15% пор. Але, як показують дані режимних досліджень вологості порід, повне їх насичення вологістю за два роки (2007–2009 рр.) не було зафіксовано. Більше того, в ряді випадків спостерігалось зниження вологості порід до

2,5% до глибини 1,5 м. З аналізу даних фактів постає питання: які механізми рухають вологу в ЗА?

Наведені (далеко не всі) приклади, які відображають суттєві проблеми в оцінці вологості в ЗА показують, з одного боку недосконалість існуючих методів дослідження, а з іншого — неврахування ряду факторів, що впливають на рух вологи в породах ЗА.

#### ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Вивчення особливостей руху вологи в ЗА супроводжувалось спеціальними роботами зі спостереження за характером зміни погодних умов і атмосферних явищ — температурою повітря і порід ЗА, атмосферного тиску, сили і напрямку вітру, хмарністю, вологістю й атмосферними опадами. Крім спостережень за погодними умовами, проводились спеціальні дослідження електричних і електромагнітних потенціалів у приповерхневому шарі атмосфери, між атмосферою і ґрунтовим покривом і породах ЗА. Графіки цих показників було використано при аналізі факторів, що впливають на рух вологи в породах ЗА [1].

Попередньою і необхідною умовою з'ясування основних механізмів інфільтрації вологи в ЗА було встановлення характеру зміни опадів, вологості порід і рівнів ґрунтових вод — РГВ (рис. 1–3). Велику увагу було приділено моніторингу вологості в ЗА, який проводився протягом двох років (07.2007–08.2009 рр). Вивчення водного режиму порід виконувалося за допомогою термостатно-вагового методу. Для дослідження було вибрано два експериментальних майданчики, які представляли 1 — фонову та 2 — аномальну (в центральній частині западинної форми) ділянки на полігоні Лютіж. Відбір зразків проводився на глибинах 0,1; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 м., приблизно з тижневим інтервалом. Зміна вологості ґрунтів представлена на графіках (рис. 3), які відображають стан зволоження верхнього горизонту атмосферними опадами і характер переміщення вологи в нижні горизонти.

Графіки вологості порід відображають на фоні загального тренду — збільшення вологості у весняний і літній періоди, зниження восени і взимку — більш часті коливання з інтервалом один-два тижні. Частина цих малих коливань пов'язана із характером зволоження ЗА опадами. Але виділяється низка малих коливань в посушливі періоди (особливо в западинній формі

— 04.2009 р.). Ще більшої уваги заслуговують часті синхронні зміни вологості порід у всій ЗА як при зволоженні, так і зневодненні. Крім того, в періоди інтенсивного зневоднення порід відмічається і зниження РГВ. Максимальне зневоднення порід було зафіксовано 8–17 липня 2008 р. на глибині 1,5 м більше ніж на 36%. Найбільша кількість малих коливань припадає на осінній період. Зафіксовано (декілька випадків) мінімальну вологість порід близько 2–2,5%, яка знаходиться на межі гігроскопічної і максимальної молекулярної вологості досліджуваних порід. Переміщати таку вологу можуть дуже великі тиски (сотні атмосфер), але, як показують наші дані, вона рухається. Наведено і ряд інших фактів з різкою зміною вологості порід (часто синхронно в усій ЗА) до рівня гігроскопічної, які не можна пояснити загально прийнятими сьогодні чинниками.

Багаторічні спостереження за величиною всмоктуючих тисків на полігоні показують, що на глибинах 2 м в западині і 3 м на фоновій ділянці вологість порід протягом року практично не змінюється (зміна в межах похибки вимірювання) і становить близько 1 м.в.с. Глибше цих границь затухання річних коливань тиски поступово зменшуються. Судячи з даних всмоктуючих тисків, отриманих на полігонах Феофанія [8] і полігоні Лютіж, вологість порід від поверхні до РГВ поступово збільшується (за незначними винятками). Тому більшу частину року порові розчини повинні мати висхідний напрямок руху, що явно не узгоджується з даними коливання РГВ. Приведені матеріали показують, що зробити кількісну оцінку живлення ґрунтових вод за даними всмоктуючих тисків практично неможливо.

При аналізі даних зміни температури і вологості порід на вказаних глибинах ЗА [1] не було виявлено прямої залежності впливу температури на рух вологи. Хоча, як уже відмічалось, у другій половині весняного і першій половині літнього періоду постійно спостерігається підйом РГВ. У цей період, крім електричних струмів, викликаних ротаційними пружними силами Землі [4], відмічаються і температурні градієнти. Більше того, було встановлено ряд ефектів синхронної зміни температури на всіх горизонтах протягом 5–8 год. А в липні 2009 р. тричі було відмічено ефекти зниження температури порід, джерелом якого були глибокі горизонти (знижувалась температура води) протягом 1–2 діб. Для цього періоду характерне також зниження

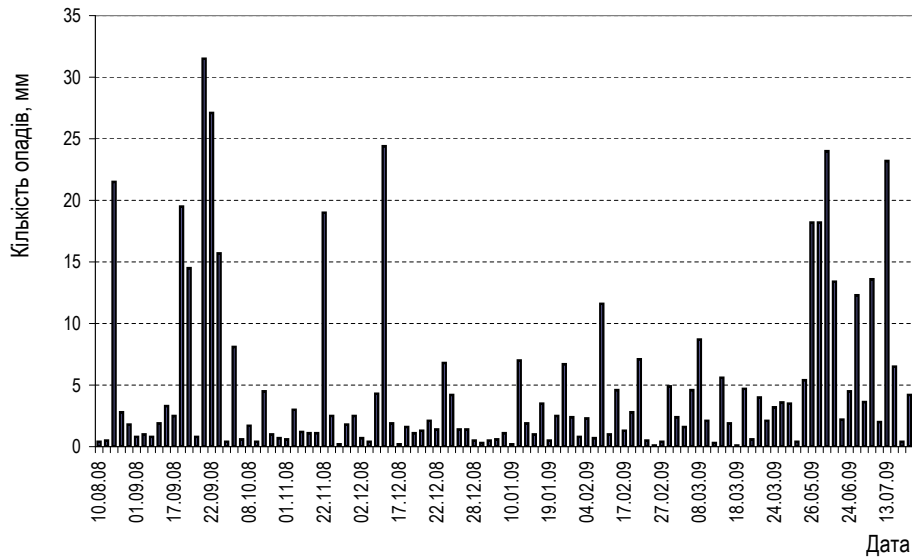


Рис. 1. Кількість опадів за серпень 2008 р. — липень 2009 р.

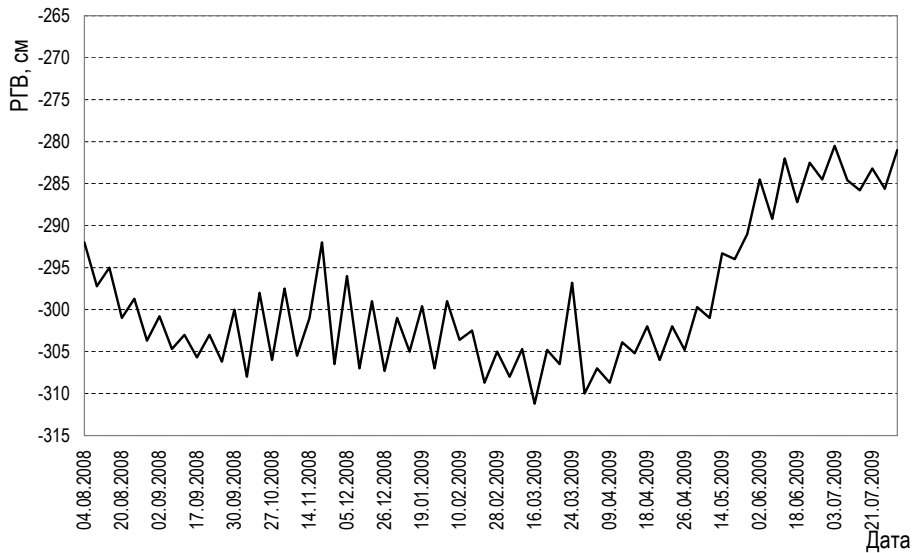


Рис. 2. Графік зміни РГВ за серпень 2008 р. — липень 2009 р.

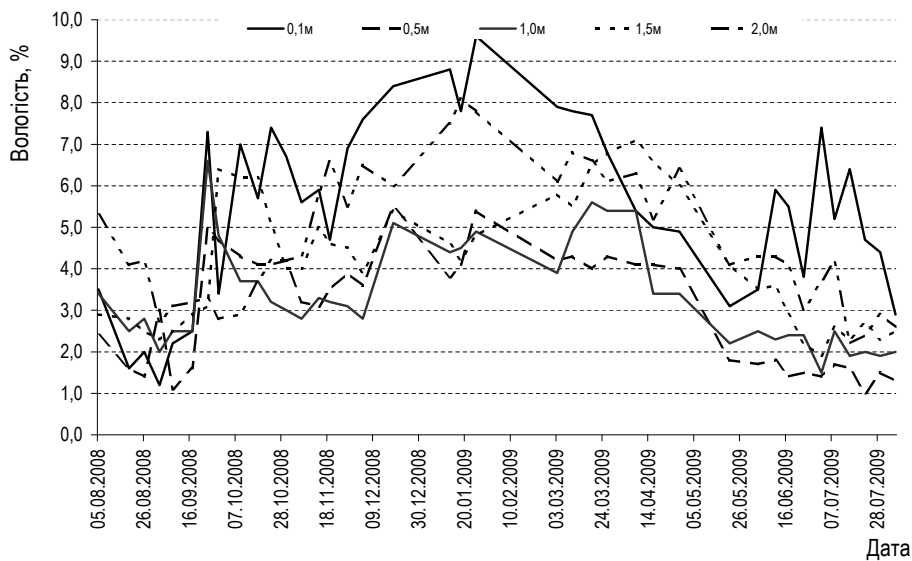


Рис. 3. Графік зміни вологості порід ЗА за серпень 2008 р. — серпень 2009 р.

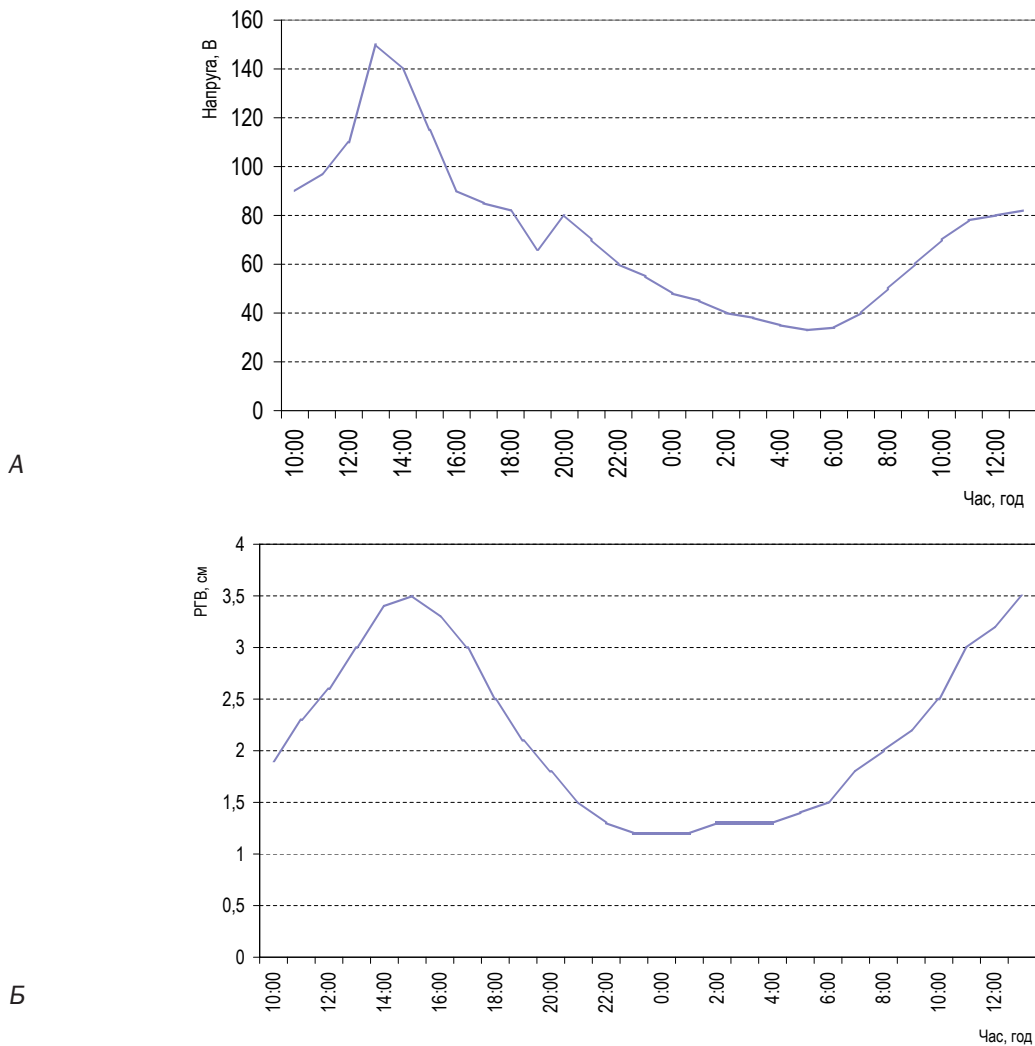


Рис 4. Графік зміни величини електричного струму (напруги) між атмосферою і літосферою — А і РГВ — Б, протягом доби 25–26.06.2008 р. в режимі «хорошої погоди»

РГВ. Такі зміни температури і РГВ, ймовірно, також пов'язані з електричними струмами, що генеруються як атмосферою, так і літосферою.

Більш точно дію електричних струмів було виявлено при вивченні факторів, що впливають на коливання РГВ. Завдяки детальному дослідженню зміни РГВ, вологості і температури порід в ЗА, інтенсивності сонячної радіації, електричних потенціалів в атмосфері, на поверхні ґрунту і в породах було виявлено ряд нових (досить суттєвих) факторів, що впливають на рух вологи в геологічному середовищі. За метеорологічними даними було встановлено, що кожену зміну погодних умов супроводжують певні потоки повітряних мас, які приносять і певні електричні потенціали [1]. В результаті цього ми отримали чіткі залежності зміни електричних потенціалів і РГВ (рис. 4). Були встановлені добові варіації РГВ, пов'язані із сонячною

радіацією, фронтальні варіації — при зміні погодних умов, річні варіації, викликані зміною напружено-деформаційного стану порід під впливом ротаційних сил. Відмічаються чітко виражені зниження РГВ (рис. 2) в зимовий і літній періоди та їх підвищення в весняний і осінній (незалежно від опадів) відповідно до строків зміни швидкості обертання Землі [4].

Цікавим моментом даних досліджень є те, що в різних точках земної поверхні електричні потенціали мають різну величину (змінюються по-різному). Вони мають закономірно залежати від мікрорельєфу, мікроструктури і текстури порід. Ймовірно, між цими складовими геосфери є генетична залежність. Вирішення цієї проблеми буде завданням подальших досліджень.

#### ВИСНОВКИ

Критичний аналіз існуючих підходів визначен-

ня особливостей руху порової вологи в породах ЗА дав можливість виявити ряд проблемних питань щодо визначення факторів, що впливають на водообмін між поверхневими і підземними водами. Експериментальні дослідження комплексу компонентів, що формують природні ландшафтні системи, дозволили виявити нові фактори енергомасообміну в покривних відкладах рівнинних територій. До основних з них належать електричні струми (сила електричного струму, напруга і напруженість електромагнітного поля), що формуються в атмосфері і літосфері, які знаходяться в постійному стані енергообміну. Було встановлено, що здебільшого на значні коливання РГВ у висхідному і низхідному напрямках впливають електричні потенціали (іони), які генеруються під впливом: 1) сонячної радіації протягом доби (в денний час РГВ піднімаються, а в нічний знижуються); 2) фронтальних потенціалів — різних за температурою повітряних мас; 3) потенціалів генерованих геологічним середовищем — збуджених тектонічними рухами і ротаційними силами.

Водні розчини в геологічному середовищі досить чутливі до зміни електромагнітних полів і електричних потенціалів. Ритми електричного поля, що формуються під впливом сонячної радіації, відіграють значну роль у геологічних процесах. Вирішення даної наукової проблеми дасть можливість вирішувати ряд актуальних

сьогодні практичних завдань екології, гідрогеології, інженерної геології, геоморфології, ґрунтознавства, кліматології, біології тощо. Дослідження електромагнітних явищ в атмосфері і літосфері розширюють пізнання природи електричних сил, які взаємодіють з гравітаційними, тепловими і магнітними силами і керують усіма процесами в геосфері.

1. Бублясь В.М., Шестопалов В.М., Бублясь М.В. Електричні явища в атмосфері і літосфері і їх вплив на масообмін. // Вісн. Київ. нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка. Геологія. — 2008. — № 44. — С. 67–72.
2. Вериго С.А., Разумова Л.А. Почвенная влага. — Л.: Гидрометиздат, 1973. — 328 с.
3. Дзекунов Н.Е., Жернов И.Е., Файбищенко Б.А. Термодинамические методы изучения водного режима зоны аэрации. — М.: Недра, 1987. — 176 с.
4. Куликов К.А. Вращение Земли. — М.: Недра, 1985. — 159 с.
5. Почвоведение / Под ред. И.С. Кауричева. — М.: Колос, 1982. — 496 с.
6. Почвоведение / Под ред. В.А. Ковды, В.Г. Розанова. — М.: Высшая школа, 1988. — Ч. 1. — 400 с.
7. Ситников А.Б. Динамика воды в ненасыщенных и насыщенных грунтах зоны аэрации. — Киев: Наук. думка, 1978. — 155 с.
8. Ситников А.Б., Головченко Ю.Г., Ткаченко К.Д. Гидрогеологическая станция «Феофания»: многолетние исследования и результаты. — Киев, 2003. — 199 с.

Інститут геологічних наук НАН України, Київ  
E-mail: bublias@ukr.net

Рецензент — канд. г.-м. наук Ю.Ф. Руденко