

УДК 551.579, 573+504.54

## ВИПАРОВУВАННЯ В УКРАЇНСЬКОМУ РОЗТОЧЧІ (ЗА МАТЕРІАЛАМИ РОЗТОЦЬКОГО ЛАНДШАФТНО- ГЕОФІЗИЧНОГО СТАЦІОНАРУ)<sup>1</sup>

**Богдан Муха, Ірина Булавенко, Марта Мельничук**

*Львівський національний університет імені Івана Франка,  
вул. П. Дорошенка, 41, 79000 м. Львів, Україна,  
e-mail: b.mukha@gmail.com*

Вперше описано результати дослідження випаровування і випаровуваності за допомогою комплексної автоматичної метеостанції на Південному Розточчі (Розтоцькому ландшафтно-геофізичному стаціонарі). Названі усереднені дані натурального вимірювання випаровуваності за 2010–2012 роки, середні місячні, екстремальні добові. Показано регресійні залежності з температурою та вологістю повітря, вказано на залежність випаровування від характеру опадів та вітру.

*Ключові слова:* натурні вимірювання, обчислення, випаровування, випаровуваність, регресії температура, вологість, опади, ландшафтні умови.

**Актуальність теми.** Випаровування в природі відносять до найважливіших явищ, пов'язаних з обміном речовиною та енергією. Це найдіяльніший процес розвитку природи та функціонування природних територіальних комплексів (ПТК), включаючи їхні мінеральну та органічну складові. Випаровування у природі відбувається всюди, де є хоча б мала кількість вологи і тепла та дефіцит вологи у повітрі [2, 3].

Випаровування як параметр є дуже важливою складовою водного балансу території і саме за співвідношенням кількості опадів і випаровування визначають коефіцієнт зволоження території, за яким позначають її потенціальну належність до певної природної зони з можливістю формування її рослинного та ґрунтового покривів.

У ПТК випаровування набуває різного характеру (фізичне, біологічне – транспірація) та дуже різної інтенсивності. Це залежить від ландшафтних характеристик, погодних умов, особливо температури, атмосферного тиску, дефіциту вологи, швидкості вітру та турбуленції приземного шару атмосфери, запасів вологи, площі та складності фізичної поверхні випаровування, і багатьох інших чинників. Майже всі названі характеристики змінюються залежно від конкретного місця (“топосу”), часу доби, пори року та комплексу параметрів ландшафтних одиниць, який можна означити, як стан ПТК.

Разом з важливістю значень величини випаровування для розуміння функціонування – природи самі величини випаровування для більшості конкретних територій практично не

---

© Матвіїшина Ж., Дорошкевич С., Кушнір А., 2014

<sup>1</sup> Розтоцький ландшафтно-геофізичний стаціонар (РЛГС) знаходиться на відстані 12 км від центру Львова в смт. Брюховичі у межах Південного Розточчя. РЛГС розміщений на дуже пологому схилі південної експозиції поблизу букового лісу [6].

відомі. Пов'язано це з мінливістю природних умов від місця до місця, від часу реалізації та від процесу його вимірювання. На державних метеостанціях випаровування фактично не вимірюють.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Розробляло методики вимірювання випаровування з земної поверхні багато вчених ще у першій половині ХХ ст. (М. Рикачов, В. Попов, С. Небольсин, В. Сочеванов ін.) на території Росії, а також за кордоном [1, 2, 3]. Узагальнення їхніх досліджень можна знайти у працях А. Константинова, який працював у Українському науково-дослідному гідрометеорологічному інституті. За даними українських метеостанцій розрахунковим методом він створив декілька карт розподілу випаровування на території України (вже на початок 1960 рр.) [2]. Аналогічна за темою карта наявна у сучасному Національному атласі України, на якій територія Розточчя потрапляє у широкий простір поміж ізообрами 500 і 550 мм.

**Постановка проблеми.** Експериментально виміряти параметр випаровування в усіх ландшафтних комплексах, а скрізь вони індивідуальні, дуже проблематично, практично майже неможливо, через що вчені найчастіше вдаються до розрахункових методів, бо потрібний результат можна отримати швидко, але приблизно. За формулами, отриманими внаслідок проведення тривалих досліджень на спеціалізованих водно-балансових та сільськогосподарських станціях, отримують більш-менш оптимальні результати і формули для цих місцеположень. Формули включають певні емпіричні коефіцієнти, обчислені для конкретних ландшафтних умов, і можуть бути впевнено екстрапольовані лише до їхніх аналогів. Через це наближений до істини результат потрібно здобувати дослідженнями на своїй території.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Стаття написана на матеріалах Розточького ландшафтно-геофізичного стаціонару (РЛГС Львівського національного університету імені Івана Франка)<sup>1</sup>. Це єдиний стаціонар у західних областях України з широким комплексом ландшафтно-геофізичних вимірювань, та ще й знаходиться в оригінальній фізико-географічній області Розточчя. За даними РЛГС середньорічна (за 40-річний період) кількість опадів тут становить 740 мм, що на міліметр відрізняється від такої ж величини у Львові. Отже, на випаровування, інфільтрацію і стік має припадати приблизно лише 245 мм. Поверхневий стік води з дощових опадів по схилах Розточчя явище вкрай рідкісне і мінімальне, а інфільтрація води в ґрунт полегшена.

Перший досвід вимірювання сумарного випаровування був отриманий нами у 1980 році через застосування ґрунтових випаровувачів ГГИ-500-50. Результати вимірювань за нічні і денні періоди доби за різних погод були для нас цінними, бо дали змогу вникнути в суть процесу випаровування і опанувати методику вимірювання, однак ми цих результатів не публікували, бо робота тривала лише два теплі сезони року, а ще дуже залежала від точності зважування 50-кілограмового моноліту та вимірювання фільтрату опадів, коли невеличкі помилки багатократно накопичуються за умови перерахунку на простір і час. Верифікацію результатів застосовувалися через повторність вимірювання трьома випаровувачами однакового типу.

<sup>1</sup> Муха Б.П. керує роботою стаціонару РЛГС від початку його становлення і функціонування – вже 43 роки

Тепер ми використовуємо комплексну автоматичну метеостанцію “Campbell”<sup>1</sup>, обладнану блоками вимірювання випаровування, опадів, температури і вологості повітря, напряму і швидкості вітру, сумарної радіації, тобто тих параметрів, що найактивніше впливають на випаровування і дають можливість застосувати перехресний контроль даних і визначити регресії між параметрами.

Результати вимірювань випаровування оприлюднюємо вперше і це будуть перші дані про випаровування у західних областях України, отримані способом безпосереднього вимірювання, а не за розрахунками.

Блок вимірювання випаровування складається з круглого, діаметром 120,5 см і високою 30 см, резервуара, виготовленого з полірованої нержавіючої сталі, до якого заливають воду на висоту 15–20 см, а на дні резервуара встановлено сенсор тиску води, що кабелем з'єднаний з комутаційно-реєстраційним блоком станції. Площа водної поверхні на різних рівнях води стабільна і дорівнює 11 398 см<sup>2</sup> (≈1,14 м<sup>2</sup>). При випаровуванні тиск води зменшується, що фіксується реєстратором з точністю до десятитисячних часток мілібарів. Величина тиску води, як і величини інших параметрів, фіксуються у пам'яті реєстратора кожні 5 хв синхронно, що дає змогу виявляти залежність випаровування від чинників впливу, зокрема від опадів, температури та вологості повітря, сумарної сонячної радіації, швидкості вітру. Величину випаровування визначають, перераховуючи зміну показників сенсора тиску води у резервуарі на висоту стовпа води в ньому та використовуючи спеціальний для блока, експериментально визначений нами, коефіцієнт. Зміна тиску води у резервуарі нашого блока випаровувача за умови зміни висоти стовпа води на міліметр становить 0,0871098 мб. Цей же коефіцієнт застосовували при введенні поправки на тиск води у резервуарі за рахунок випадання опадів у період вимірювання випаровуваності.

Зауважимо, що водний резервуар відкритий до атмосфери, а тому отриманий нами результат називаємо не випаровуванням, а випаровуваністю<sup>2</sup>, коли поверхня не висихає, як це буває з відкритою поверхнею ґрунту.

Досвід вимірювання сумарного випаровування ґрунтовими випаровувачами засвідчив, що в умовах Розточчя опадів випадає стільки (650–750 мм), що моноліти ґрунтових випаровувачів ніколи не висихали, а отже, сумарно кількість атмосферних опадів завжди перевищувала випаровування і наближалася до величини випаровуваності.

Випаровування з поверхні ґрунту мають більш складний характер, бо, окрім метеорологічних умов, на інтенсивність випаровування з ґрунту впливає його вологість, щільність, альbedo, шорсткість, агрегатний склад, положення в рельєфі й експозиція схилу, наявність і характер рослинного покриву. Однак випаровування з перезволоженого ґрунту, де волога не є лімітним чинником, і за результатом практично дорівнює випаровуваності. Саме тому ми пропонуємо наші результати вимірювання випаровуваності як реальну величину випаровування у тій частині Розточчя, яка перекрита лесоподібними суглинками, на яких сформувалися бурувато-сірі лісові ґрунти (як і на РЛГС).

<sup>1</sup> Автоматична метеорологічна станція Campbell сучасної європейської комплектації була встановлена на РЛГС співробітниками Дрезденського технологічного університету в 2009 році для досліджень у межах міжнародного проекту IWAS і згодом була передана для РЛГС, за що принагідно висловлюємо німецькій стороні свою вдячність. Станція надійно працює і зараз.

<sup>2</sup> Випаровуваністю називають потенційно можливе випаровування у разі необмеженого доступу води до поверхні випаровування на місцевості за наявних метеорологічних умов [9, с. 115]

Наявність рослинного покриву також вносить свої корективи у величину сумарного випаровування за рік. Вона може суттєво зменшувати фізичне випаровування з ґрунту, але водночас і збільшувати транспірацію та фізичне випаровування з рослинності [1, 2, 3]. Таким чином, сумарно випарувана кількість вологи, зумовлена опадами, практично мало змінилася, але змістився геогоризонт, з якого відбулося найінтенсивніше випаровування. Це важливо для розрахунків водного балансу території і розуміння функціонування ПТК.

Майданчик з випаровувачем (див.: рис. 1) був обладнаний на наземній горизонтальній дерев'яній решітчастій платформі у фації з лучною різнотравною рослинністю в межах урочища пологого схилу південної експозиції, з сірим лісовим ґрунтом, частково під буковим лісом і фруктовим садом. Подані в статті результати досліджень випаровування отримані нами за трирічний період (2010–2012 рр.), що становить сумарно більше 315 тисяч зареєстрованих значень тиску води у резервуарі випаровувача. Всі ці значення були погруповані за різні періоди і перераховані у значення випарованого шару води в міліметрах. Розраховане випаровування означає максимальну кількість води, що могла б випаруватися за цих метеорологічних умов при постійній наявності вологи. Обчислені нами величини становлять важливі значення для описів водних і теплових балансів та побудованих на них практичних розрахунків.

Щоб перейти до розрахунків величин випаровування з ландшафтних формацій за різних умов землекористування, необхідно врахувати експозиційність елементів рельєфу, залісненість з певним складом деревостану, залуженість, розораність, рівні залягання ґрунтових вод, водопідймальну, водовбірну та водофільтраційну здатність ґрунтів і підґрунтя, мінеральний склад ґрунтів, їхню щільність, динаміку запасів вологи, температурний режим ґрунтів. Для цього потрібно виконати відповідні дослідження. Частина названих параметрів на РЛГС уже ретельно досліджено (запаси вологи і водно-фізичні властивості ґрунтів, температурний режим погоризонтно та в усій товщі ґрунту, проте цього ще недостатньо для розрахунків реального випаровування з різних ландшафтних геокомплексів). Продовжуємо досліджувати ландшафтно-геофізичні параметри на РЛГС.

Критичний контроль здійснюють шляхом порівняння окремих метеопараметрів з даними сусідніх державних метеостанцій (Яворів, Рава-Руська, Кам'янка-Бузька, Львів та РЛГС).

Горбогірна височина Розточчя (абсолютна висота 300–400 м) суттєво впливає на його кліматичні особливості. Зокрема, за рік тут випадає більша кількість опадів, ніж на сусідніх територіях, тут прохолодніше, вологіше, більш хмарно. Найбільша кількість опадів випадає у липні (96 мм), а найменша – у січні (40 мм) і в інші зимові місяці, і на початку весни.

Вимірювати випаровування з водного випаровувача на РЛГС починаємо весною, коли починається безморозний період. У холодну пору року, коли можливим є замерзання води у резервуарі випаровувача, з метою запобігання його руйнації льодом, вода з нього зливається до настання безморозного періоду.

Досвід вимірювання випаровування ґрунтовими випаровувачами дає підстави твердити, що випаровування у зимовий період є дуже малим і частка його практично незначна у цілорічній сумі випаровування. Тому надалі будемо вважати, що кількість випаровування за теплий період фактично є річною сумою випаровування.

Осереднена величина випаровування за 2010–2012 рр., за нашими розрахунками, становить 495 мм, що на 30–50 мм менше, ніж за даними Національного атласу України. Разом з тим, це набагато менше, ніж середня кількість опадів – 739 мм. Отже, коефіцієнт

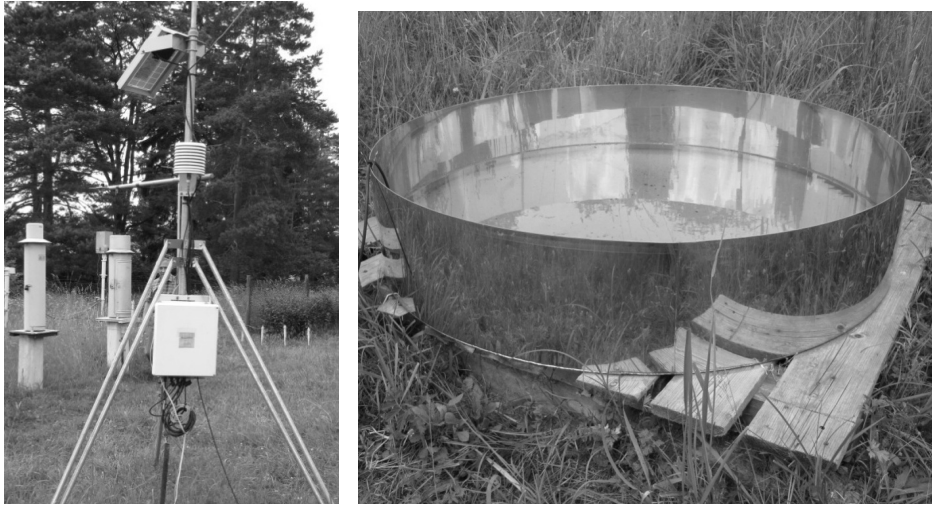


Рис. 1. Реєстраційний блок автоматичної метеорологічної станції з пловіометром, пловіографом, піранометром, термогігрометром (зліва) та ванна водного випаровувача (справа) на метеомайданчику РЛГС

зволоження території становить 1,5, що дає змогу засвідчити належність Українського Розточчя до регіонів з надмірним зволоженням. Такий коефіцієнт зволоження відповідає нормам лісової зони (підзони широколистяних лісів).

Найбільшу величину випаровування було зафіксовано у 2012 р. – 543 мм. Дещо менше у 2011 р. – 482 мм, і ще менше у 2010 р. – 461 мм. Зворотну динаміку за теплий період спостерігаємо для кількості опадів: 2012 р. – 377 мм, 2011 р. – 431 мм, 2010 р. – 659 мм. Робимо висновок, що зі збільшенням кількості опадів випаровування зменшується.

Посезонно найбільша середньомісячна кількість випаровування була зареєстрована у травні – (116 мм). Дещо менше випаровується у червні, липні та серпні. Різко зменшується випаровування у вересні, коли температура повітря починає знижуватися. Вже у жовтні випаровується лише 19 мм (див.: рис. 2). Дуже мале випаровування у кінці осені, узимку та на початку весни, коли середньодобові температури бувають нижчими від 0° С (див.: рис. 2).

Великі внутрімісячні коливання величини випаровування характерні для травня, липня та вересня, а малі – спостерігали у червні, серпні та жовтні.

Добові коливання випаровування залежать від зміни погоди, особливо з настанням дощів. Тривалі затяжні опади супроводжуються зменшенням дефіциту вологи у повітрі та похолоданням, що значно сповільнює випаровування. Короткочасні зливові дощі добре поповнюють запаси вологи в ґрунті з швидкою інфільтрацією, але на випаровування впливають слабше.

Максимальна добова величина випаровування за трирічний період спостережень становила аж 56 мм що відбулося 01.05.2012 р. коли температура повітря досягла 30° С, відносна вологість – рекордно-низького значення (%), а швидкість вітру була в межах 1–3 м/с. Очевидно, що такі показники параметрів повітря могли бути спричинені надходженням повітряної маси з півпустелі, чи пустелі.

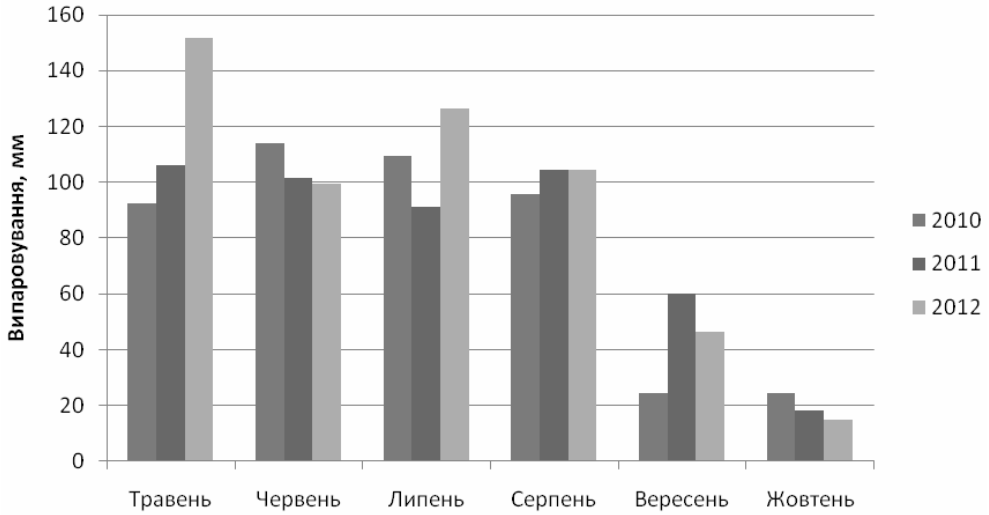


Рис. 2. Динаміка випаровування з водної поверхні на Південному Розточчі за безморозні періоди 2010–2012 рр. (за даними РЛГС), мм

Взаємопов'язаність випаровування з параметрами стану повітря можливо побачити на відповідних регресійних графіках. Залежність випаровування від зміни температури повітря проявилася як прямопропорційна лінійна регресія (див.: рис. 3), а зв'язок випаровування зі зміною вологості повітря відображається прямолінійною обернено пропорційною лінійною регресією (див.: рис. 4).

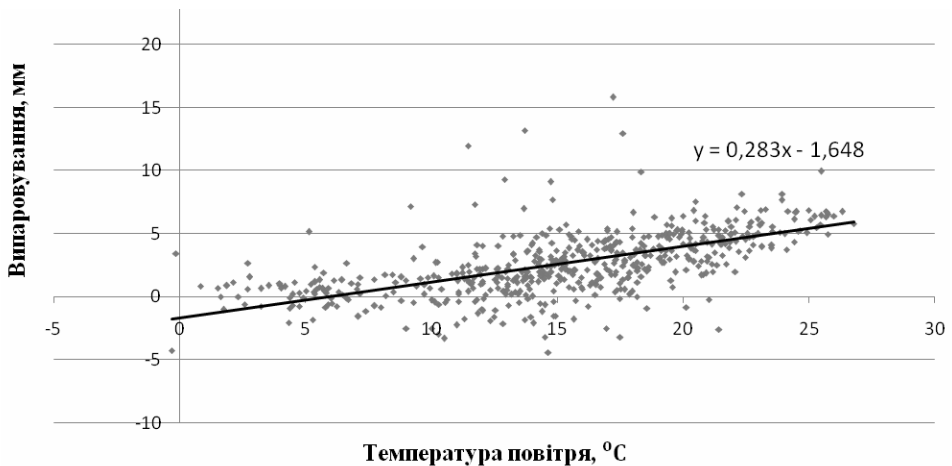


Рис. 3. Регресія між кількістю випаровування та температурою повітря на території Південного Розточчя (за даними РЛГС), 2010–2012 рр.



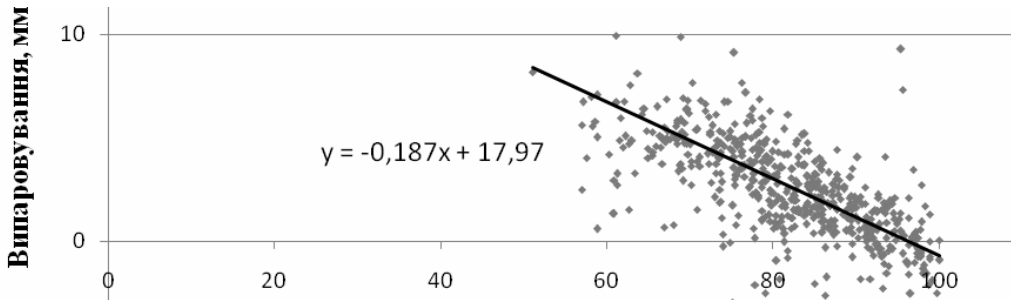


Рис. 4. Регресія між кількістю випаровування та вологістю повітря на території Південного Розточчя (за даними РЛГС), 2010–2012 рр.

**Висновки.** Результати дослідження випаровування в Українському Розточчі суттєво доповнили знання про фактичну, а не розрахункову розмірність їхньої величини, що зроблено було вперше і що даватиме змогу здійснювати розрахунки і водного, і теплового балансів, перерахунки для конкретних ландшафтних ситуацій і застосовувати це для потреб різних галузей господарської діяльності та в рекреації.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гушля А. В. Водно-балансовые исследования / А. В. Гушля, В. С. Мезенцев. – Киев : Вища шк., 1982. – 229 с.
2. Константинов А. Р. Испарение в природе / А. Р. Константинов – Л., 1963. – 590 с.
3. Косарев В. П. Лесная метеорология с основами климатологии : учеб. пособие. 2-е изд., испр. и доп. / В. П. Косарев, Т. Т. Андрущенко; [под. ред. Б. В. Бабикова]. – СПб. : Лань, 2007. – 288 с.
4. Муха Б. П. Мікрокліматичні особливості Дубровицького ландшафту Південного Розточчя / Б. П. Муха, О. М. Руда // Вісник Львів. ун-ту. Сер. геогр. (спец. вип.). – 2009. – Вип. 37. – С. 129–135.
5. Муха Б. П. Динаміка температури сірого лісового ґрунту у Південному Розточчі / Б. П. Муха // Науков. віс. НЛТУ України. – Львів : РВВ НЛТУ України, 2010. – Вип. 20.16. – С. 69–74.
6. Муха Б. П. Розточський ландшафтно-геофізичний стаціонар: формування, розвиток, наукові надбання / Б. П. Муха – Львів : Видав. центр ЛНУ імені Івана Франка, 2010. – 126 с.
7. Національний атлас України : Випаровування з водної поверхні : Карта 8 / [за ред. Ю. Б. Набиванець]. – К. : Картографія, 2009. – С. 181.

Стаття надійшла до редакції 05.03.2014 р.

Доопрацьована 15.04.2014 р.

Прийнята до друку 26.06.2014 р.

## EVAPORATION IN UKRAINIAN ROZTOCHIA (FOR MATERIALS BELONGS TO THE ROSTOCHYE LANDSCAPE GEOPHYSICAL FULL-TIME DEPARTMENT)

**Bogdan Mucha, Iryna Bulavenko, Marta Melnychuk**

*Ivan Franko National University of Lviv,  
Doroshenko St., 41, UA – 79000 Lviv, Ukraine  
e-mail: b.mukha@gmail.com*

At first described to results of the study evaporation using integrated automatic weather station at the South Roztochchya (belongs to the Rostochya landscape-geophysical full-time department). The above data of model measuring evaporation and the average of the 2010 - 2012 year, average monthly, extreme daily. Displaying regressive depending on temperature and humidity, are dependent on the nature of the evaporation of rain and wind.

*Key words:* nature's measurements, calculation, evaporation, regression temperature, humidity, precipitation and landscape conditions

## ИСПАРЕНИЕ В УКРАИНСКОМ РОСТОЧЬЕ (ПО МАТЕРИАЛАМ РОСТОЧЬЕВСКОГО ЛАНДШАФТНО-ГЕОФИЗИЧЕСКОГО СТАЦИОНАРА)

**Богдан Муха, Ирина Булавенко, Марта Мельничук**

*Львовский национальный университет имени Ивана Франко,  
ул. Дорошенко, 41, 79000 г. Львов, Украина,  
e-mail: b.mukha@gmail.com*

Впервые описаны результаты исследования испарения и испаряемости с помощью комплексной автоматической метеостанции на Южном Росточье (Росточском ландшафтно-геофизическом стационаре). Названы усредненные данные натурального измерения испаряемости за 2010–2012 годы, средние месячные, экстремальные суточные. Указаны регрессионные зависимости с температурой и влажностью воздуха, и зависимость испарения от характера осадков и ветра.

*Ключевые слова :* натурные измерения, вычисления, испарение, испаряемость, регрессии температуры, влажность, осадки, ландшафтные условия.