

УДК 624.26:624.137.2

*Р.В. Хмелюк,
В.О. Білоус*

ОЦІНКА ДІЙСНОЇ ШВИДКОСТІ ВИПАРОВУВАННЯ ВОДИ

Представив д-р хім. наук, професор А.М. Плугін

Вступ. У рамках наших дипломних проектів передбачається захист бетонних і залізобетонних конструкцій від електрокорозії. Найбільш схильними до такої руйнівної дії є конструкції з бетону мийних цехів, цокольні частини будівель, конструкції тротуарів і доріг та багато інших. У таких конструкціях електрокорозія бетону і розчину багаторазово посилюється через їх циклічне водонасичення і випаровування води (висушування).

Основна частина. Аналіз робіт з випаровування і насичення бетонів, проведених ученими Харківського національного автомобільно-дорожнього університету та Української державної академії залізничного транспорту, показує, що експериментальні дані різних авторів, нормативних і рекомендаційних документів про швидкість випаровування води, у тому числі з бетонів, дуже суперечливі. Це стримує роботу вчених щодо вдосконалення теоретичних уявлень через відсутність дійсних даних про швидкість випаровування води з різних об'єктів. У рамках виконання наукової частини дипломного проекту нами виконано аналіз існуючих даних і порівняння з ними розрахункової швидкості води, яку автори вважають найбільш достовірною. Ця величина дорівнює $1,33 \cdot 10^{-5}$ г/(см²·с).

Однак існуючі експериментальні дані різних авторів істотно менші цієї розрахункової величини. Так, при випаровуванні води з невеликої кварцової посудини (площа поперечного перерізу 0,8 см², об'єм води 0,5 г) експериментальна швидкість випаровування по масі за 60 хв складала $6,8 \cdot 10^{-7}$ г/(см²·с) та $4,7 \cdot 10^{-7}$ г/(см²·с) відповідно на початку випаровування і в кінці (рис. 1).

У [1] для визначення швидкості випаровування води застосовували посудини більшої ємності (діаметр 6 см), що відрізняються різною масою і товщиною стінки (рис. 2, а). Результати визначення подані на графіку (рис. 2, б). Середня швидкість випаровування води зі скляних посудин більшої величини (площа 27,13 см²) складала $1,52 \cdot 10^{-6}$ г/(см²·с) та $1,4 \cdot 10^{-6}$ г/(см²·с) відповідно з меншою і більшою товщиною стінки. Невелике збільшення швидкості для посудини з більшою товщиною стінки автори пояснюють виявленим ними зменшенням рН води поблизу стінки посудини і нібито зменшенням розмірів кластерів води. Ці величини набагато менші, ніж розрахункова величина $1,33 \cdot 10^{-5}$ г/(см²·с), і чим менша площа посудини (площа випаровування), тим менша величина швидкості.

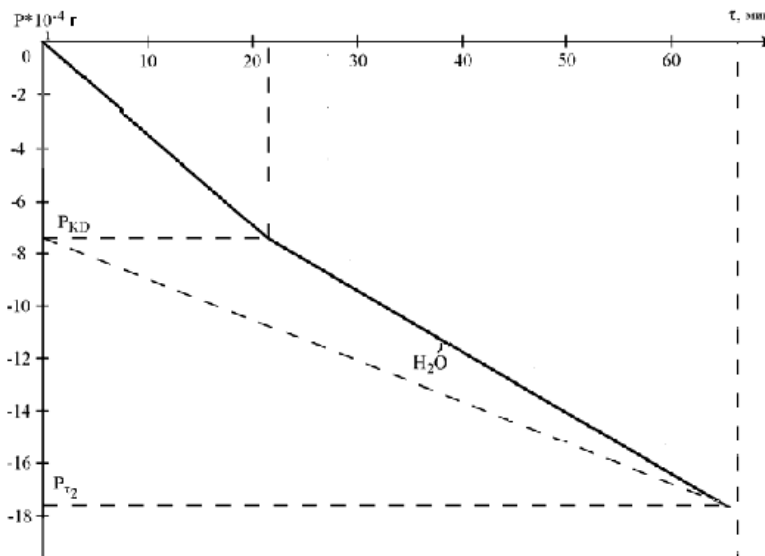


Рис. 1. Кінетична крива ізотермічного випаровування дистильованої води

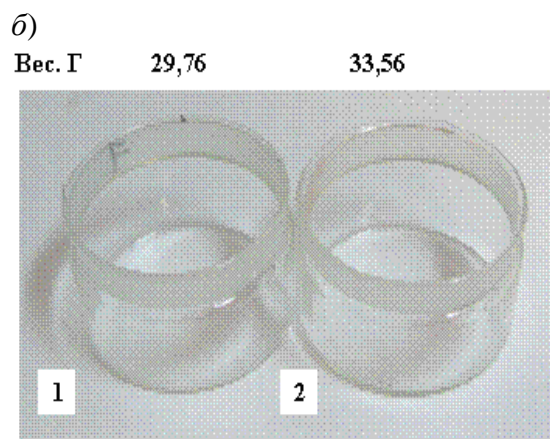
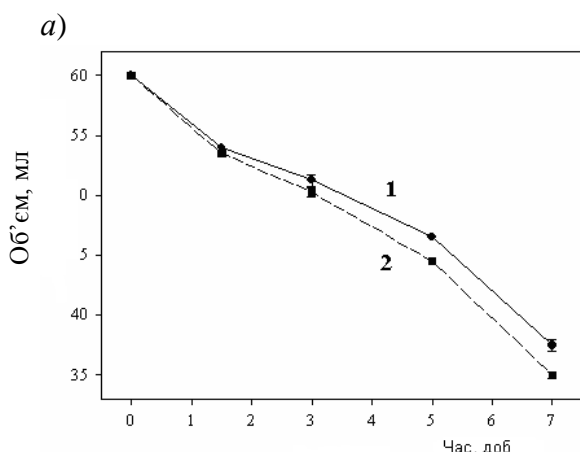


Рис. 2. Залежність швидкості випаровування води від рН і ваги посудин

Істотно меншою у порівнянні з розрахунковою є також швидкість випаровування води світового океану, яка в середньому за рік складає 505 тис. км³/рік при площі 361 300 000 км² [2]. Відповідно до цих даних швидкість випаровування води становить 0,46·10⁻⁵ (г/см²·с). Як бачимо, швидкість випаровування води світового океану також істотно нижча, ніж розрахункова величина, однак значно перевищує дані експериментальних вимірювань у невеликих посудинах.

Більш низькі значення швидкості випаровування води океанів обумовлені більш високою вологістю повітря над океанами (в середньому 90 %), так як при цьому збільшується пружність насичених парів води. Згідно з графіком (рис. 3), побудованим за даними досліджень де Гіна (1891), при зміні вологості повітря від 0 до 100 % випаровування (у відносних одиницях) зменшується майже лінійно від 105 до 8 од.

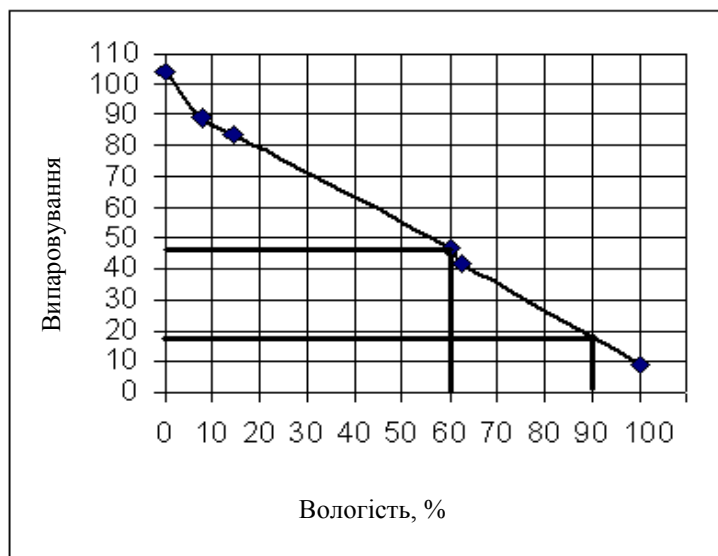


Рис. 3. Залежність величини випаровування води від вологості повітря за де Гіном

При перерахунку швидкість випаровування для 60 % (за допомогою графіка на рис. 3) склала в середньому $1,34 \cdot 10^{-5}$ г/(см²·с), що практично збігається з розрахунковою величиною.

Виконано також зіставлення розрахункової величини швидкості випаровування води з величинами швидкості її випаровування на суходолі. Останнє протікає за більш складним механізмом, ніж в океані, так як на процес випаровування впливають два додаткових фактори – набагато менша кількість води в ґрунті, до того ж змінюється в широких межах, а також значна зміна температури в повітрі по регіонах.

Для відображення впливу цих факторів нами використана карта середньої багаторічної величини випаровування з водної поверхні випарувального басейну площею 20 м² (в сантиметрах) – рис. 4, на яку нанесені міста з характерними величинами вологості, температур і випаровувань. За даними цієї карти визначені величини випаровувань і за ними побудовані графіки зміни швидкості випаровування води на суходолі в залежності від вологості повітря (рис. 5) і від середньорічної температури (рис. 6).

Як впливає з графіка (рис. 5), швидкість випаровування води на суходолі різко і лінійно змінюється у всьому інтервалі вологостей від 55 до 82 %. Характер такої зміни відповідає характеру зміни швидкості випаровування води, отриманої де Гіном (рис. 3). Поряд з впливом вологості, на швидкість випаровування води значно впливає й температура повітря (рис. 6), при збільшенні якої швидкість випаровування зростає.

Швидкість випаровування на суходолі $0,49 \cdot 10^{-5}$ г/(см²·с), близька до швидкості випаровування в океані $0,46 \cdot 10^{-5}$ г/(см²·с), досягається при середньорічній вологості повітря 60 %. Як зазначалося вище, при такій температурі швидкість випаровування води в океані досягла б величини $1,34 \cdot 10^{-5}$ г/(см²·с).

Отже, випаровування води з ґрунтів на суходолі приблизно в 2,7 разу менш інтенсивне, ніж в океані. За дійсну швидкість випаровування вільної води в нормальних природних умовах (температура повітря 20 °С і вологість повітря 60 %), слід вважати швидкість $1,34 \cdot 10^{-5}$ г/(см²·с).

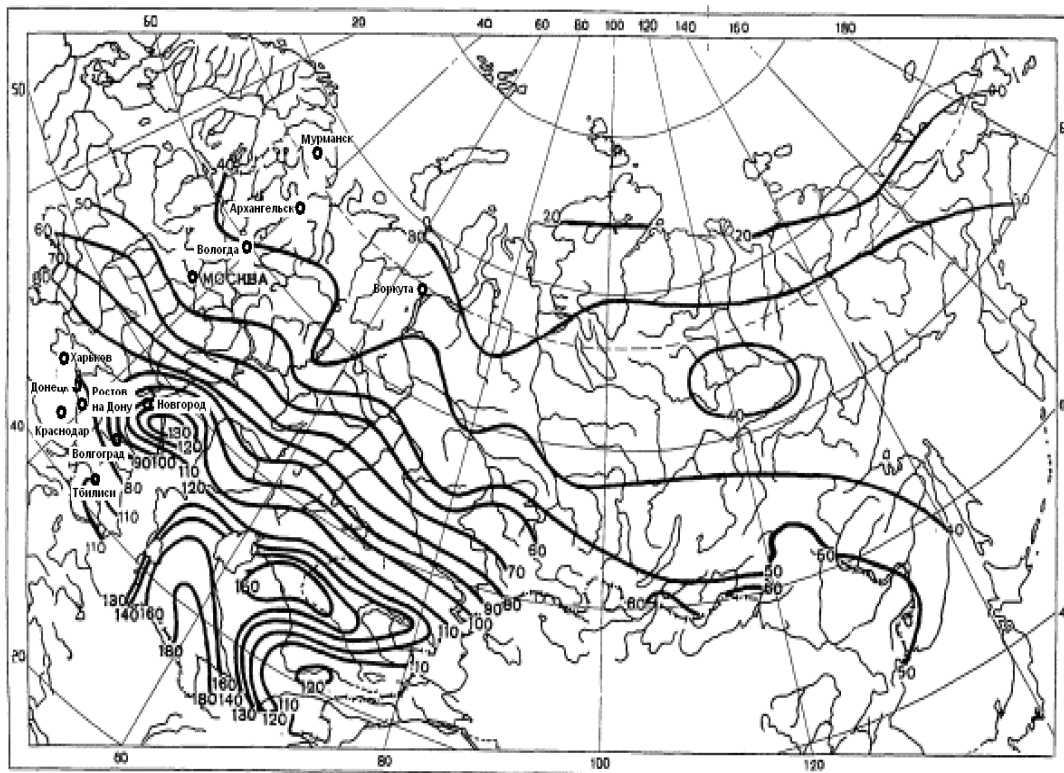


Рис. 4. Середня багаторічна величина випаровування з водної поверхні випаровувального басейну площею 20 м² (в сантиметрах)

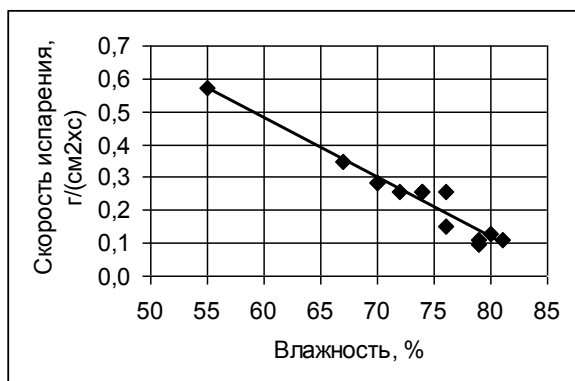


Рис. 5. Залежність швидкості випаровування води на суходолі від середньорічної вологості повітря

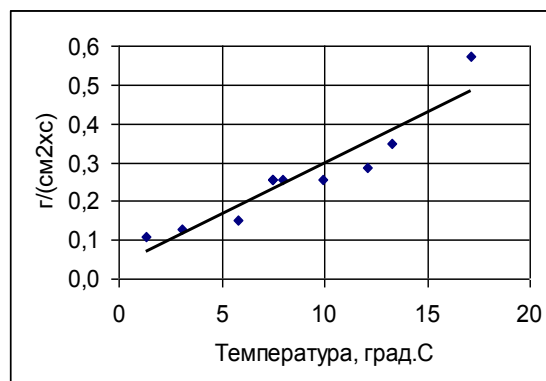


Рис.6. Залежність швидкості випаровування води на суходолі від середньорічної температури повітря

Висновки:

1. Встановлена дійсна швидкість випаровування води з великих водойм $V=1,34 \cdot 10^{-5}$ г/см².

2. Причиною занижених експериментальних результатів різних авторів є вплив геометричних розмірів експериментальних посудин.

Список літератури

1. Радюк, М.С. Пространственная неоднородность воды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [quantmagic.narod.ru /volumes /VOL522008/p2183.html](http://quantmagic.narod.ru/volumes/VOL522008/p2183.html).
2. Мировой океан — Энциклопедия «Вокруг света» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.vokrugsveta.ru/encyclopedia /index.php?

Ключові слова: вода, випаровування, швидкість, величини, експеримент, карта, світовий, океан, скляний, посудини.

Анотації

Найбільш схильними до електрокорозійного руйнування є конструкції з бетону мийних цехів, цокольні частини будівель, конструкції тротуарів і доріг і багато інших. У таких конструкціях електрокорозія бетону і розчину багаторазово посилюється через їх циклічне водонасичення і випаровування води (висушування). Показано, що експериментальні дані різних авторів, нормативних і рекомендаційних документів про швидкості випаровування води, у тому числі з бетонів, дуже суперечливі. Це стримує роботу вчених щодо вдосконалення теоретичних уявлень через відсутність дійсних даних про швидкість випаровування води з різних об'єктів. У статті виконано аналіз існуючих даних і дана оцінка дійсної швидкості випаровування води.

Наиболее подверженными электрокоррозионному разрушению являются конструкции из бетона моечных цехов, цокольной части зданий, конструкций тротуаров и дорог и многих других. В таких конструкциях электрокоррозия бетона и раствора многократно усиливается из-за их циклического водонасыщения и испарения воды (высушивания). Показано, что экспериментальные данные различных авторов, нормативных и рекомендательных документов о скорости испарения бетонов очень разноречивы. Это сдерживает работу ученых по совершенствованию теоретических представлений из-за отсутствия действительных данных о скорости испарения воды из различных объектов. В статье выполнен анализ существующих данных и оценка действительной скорости испарения воды.

Most subject to electro-corrosive destruction there are constructions from the concrete of washeries, socle part of buildings, constructions of sidewalks and roads, and many other. In such constructions electro-corrosion of concrete and solution repeatedly increases from their cyclic waterimbibition and evaporation of water (dryings). It is rotined that experimental information of different authors, normative and recommendation documents about speed of evaporation of concretes very contradictory. It restrains work of scientists on perfection of theoretical presentations for lack of actual of information about speed of evaporation of water from different objects. The analysis of existent data and estimation of actual speed of evaporation of water is executed in the article.