

ДОСЛІДЖЕННЯ АНОМАЛЬНОСТІ СТАНУ РІВНЯ ВОДИ ШАЦЬКИХ ОЗЕР У 2019 РОЦІ

Корлятович Т.Ю., Тартачинська З.Р., Покотило І.Я.

Інститут геодезії

Національного університету «Львівська політехніка»

вул. С. Бандери, 12, 79013, м. Львів

tetiasek@gmail.com, ztartachynska@yahoo.com

У статті проаналізовано низку природних та антропогенних чинників, які впливають на екологічний стан Шацьких озер. Серед природних можна зазначити метеофактори та сонячну активність, а щодо антропогенних, то тут великий вплив на екобезпеку регіону має розробка Хотиславського піщано-крейдового родовища та активне використання Шацьких озер як рекреаційної зони. Це спонукає до виконання постійного комплексного гідро-екологічного моніторингу. На території Шацького національного природного парку (далі – ШНПП) виконано обстеження та оновлення геодезичної мережі, яка складається з трьох полігонів. Обладнано тимчасові водомірні пости на 9 озерах: Пісочне, Мошне, Кримне, Перемут, Соменець, Чорне Велике, Люцимер, Пулемецьке та Острів'янське. Для дослідження динаміки зміни рівня води сконструйовано мобільний водомірний пост, перевагами якого є мобільність і низька собівартість, та запропоновано методику виміру рівня води з його допомогою, що дозволяє підвищити точність вимірювання рівня води до 1 мм. Моніторингові дослідження рівнів поверхневих вод Шацького поозер'я виконувалися щомісяця, крім зимових періодів, протягом 2016–2017 років не лише на тимчасових постах, але й на постійному водомірному пості на озері Світиязь. Досліджено взаємозв'язок між багаторічними, сезонними коливаннями рівня води та метеорологічними факторами. Встановлено закономірності взаємозв'язку сонячної активності та багаторічної динаміки зміни рівня води озера Світиязь за період 1985–2019 років. Обчислено середні значення коефіцієнтів кореляції між метеорологічними факторами та рівнем води за період з 1985 по 2019 рік. Зроблено висновки та окреслено перспективи подальших досліджень. *Ключові слова:* геодезична основа, поверхневі води, мобільний водомірний пост, рівень води, коефіцієнт кореляції, метеорологічні фактори, сонячна активність.

Investigation of abnormal water level status Shatsk lakes in 2019. Korliatovych T., Tartachynska Z., Pokotylo I.

The article analyzes a number of natural and anthropogenic factors that influence the ecological status of Shatsk lakes. Among the natural ones are meteorological factors and solar activity, while for anthropogenic, the development of the Khotytslavsk sand-cretaceous deposit and the active use of Shatsk lakes as a recreational zone have a major impact on the ecological safety of the region. This leads to the implementation of continuous integrated hydro-environmental monitoring. Surveying and updating of the geodetic network was carried out on the territory of the Shatsk National Nature Park (SNNP). A high-altitude geodetic network consisting of 3 polygons was created. Temporary hydrometric station were equipped on 9 lakes: PISOCHNE, MOSHNE, KRYMNE, PEREMUT, SOMENETS, CHERNE VEELYKE, LUTSYMER, PULEMETSKE and OSTRIVJANSKE. For the investigation of the dynamics of changing the water level, a mobile hydrometric station was constructed, the advantages of which are mobility and low cost, and a method of measuring the water level using it, which allows to increase the accuracy of measuring the water level up to 1 mm. The investigation of the surface water levels of Shatsk Lake were performed on a monthly basis, except in winter, during 2016–2017, not only on temporary posts, but also on a permanent hydrometric station on Lake Svitiaz. The relationship between long-term, seasonal variations in water levels and meteorological factors has been investigated. The regularities of the relationship between solar activity and the long-term dynamics of water level changes in Lake Svitiaz for the period 1985–2019 were investigated. The average values of the correlation coefficients between the meteorological factors and the water level for the period 1985–2019 were calculated. The conclusions were drawn and the prospects for further research were outlined. *Key words:* geodetic basis, surface water, mobile hydrometric station, water level, correlation coefficient, meteorological factors, solar activity.

Постановка проблеми. Натепер існує потенційна загроза знищення унікальної екосистеми Шацьких озер. Причиною є як природні, так і антропогенні фактори. Щодо природних, то це в першу чергу метеофактори, циклічний прояв сонячної активності, можливий вплив глобальних кліматичних змін. Серед антропогенних факторів, які впливають на екобезпеку регіону, велике значення має Хотиславське піщано-крейдове родовище, розробка якого ведеться з 2009 року. Родовище розташоване на території Білорусі біля українсько-білоруського кордону [2]. Оскільки Шацькі озера карстового походження, то дуже вразливі до змін у водоносних горизонтах, які неминуче виникають при освоєнні

родовищ. Освоєння кар'єру також несе загрозу техногенного забруднення поверхневих і ґрунтових вод, зниження рівня ґрунтових вод.

Актуальність дослідження. Ще в 1960–1980 роках внаслідок гідромеліоративних робіт рівень ґрунтових вод у регіоні знизився. Скоротилася площа водного дзеркала водойм, зменшилась їх глибина. Це сприяє інтенсивному розвитку вищої водної рослинності й посиленню процесу замулення. В глибоких озерах швидкість накопичення мулу складає 1-2 мм/рік, у мілководних – 10–20 мм/рік. Зміна екологічного і гідрологічного балансу в регіоні сприяє прискоренню руйнування торф'яників, що призводить до збільшення ризику самозаймання торфу і лісових пожеж.

У цьому регіоні проходять тектонічні і шовні розломи. Навіть незначні підземні поштовхи можуть спричинити збій у системі підземних вод і призвести до утворення карстових пустот, які заповнюються водами Шацьких озер. Одним із вагомих факторів, який загрожує екобезпеці регіону, є інтенсивне використання Шацьких озер як рекреаційної зони. Щорічно територію парку відвідують десятки тисяч людей, і їхня кількість збільшується з року в рік. Відповідно зростає й антропогенне навантаження на довкілля Шацьких озер, особливо озера Світязь і Пісочне. В літній період є проблема з каналізацією та утилізацією сміття в селах Світязь і Мельники, що призводить до органічного забруднення води. Внаслідок цього відбувається інтенсивний розвиток мікрофлори, водоростей, заростання озер. На екологічний стан Шацьких озер також впливає хімічне забруднення води. Всі вище перелічені фактори свідчать про необхідність систематичного і комплексного проведення моніторингу гідрологічного та екологічного станів Шацького поозер'я.

Зв'язок авторського доробку з важливими та практичними завданнями полягає у розробленні загальних рекомендацій для адміністрації Шацького національного природного парку щодо оптимізації моніторингу рівнів води для прогнозування зміни рівня води та виявлення змін у її динаміці спричинених техногенними факторами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Протягом тривалого періоду дослідження рівня води в озерних екосистемах не мали постійного моніторингу, мали епізодичний, обмежений харак-

тер. Дослідження рівня води безперервно виконувалося лише на одному водомірному пості на озері Світязь [3]. Проте ніхто не проводить виміри щодо стабільності реперів водомірного посту, тому невідомо, чи є достовірними результати моніторингу. Дослідження рівнів води на інших озерах проводилися періодично і були опубліковані за матеріалами Волинського обласного виробничого управління водних ресурсів і водного господарства в працях Л. Ільїна [5].

Середньорічні рівні води поліських озер вивчав С. Кутовий [9] і Л. Ільїн [5]. Також озерам досліджуваної території присвячені праці вчених В. Погребеника [4], О. Дятел [6], В. Мокрия [8], Ю. Ситник [14], Н. Карпенко [7], Н. Хомік [1]. Дослідження дна водойм ШНПП описані в роботах [15]. Окремі дослідження динаміки водних мас виконував Інститут гідробіології НАН України [16], проте динаміка зміни рівнів озер вивчена не достатньо.

Новизна. Виявлено залежність багаторічної зміни рівня води озера Світязь від сонячної активності, температури повітря та опадів за період 1985–2019 років. Встановлено залежність сезонної зміни рівня води озера Світязь від метеорологічних факторів за період з 2006 до 2019 року.

Виклад основного матеріалу. У 2015–2017 роках викладачами кафедри геодезії Національного університету «Львівська політехніка» створено висотну геодезичну мережу на території Шацького національного природного парку (ШНПП), яка складається з 3 полігонів (23 пунктів) загальною довжиною 59,4 км (рис. 1). У структуру полігонів входять вже



Рис. 1. Схема висотної основи на території ШНПП

існуючі пункти нівелірної мережі, а також додатково закладені репери [10]. Довжина полігону навколо озера Пісочне становить 26,8 км. Складається він з 14-ти пунктів. Полігон навколо озера Світязь складається з 12 пунктів і має протяжність 32,6 км. Щорічно виконується геодезичний моніторинг стійкості пунктів цих полігонів для достовірності отримання даних на водомірних постах [12].

Геодезична основа на території ШНПП дозволила привести висотні відмітки свердловин, водомірних постів і рівнів поверхневих, напірних, ґрунтових вод у єдину систему висот і досліджувати динаміку їх змін. Геодезична мережа може використовуватися також для розв'язку інженерних задач (водовідведення та будівництво очисних споруд, спостереження за рівнем води в меліораційних каналах). Високоточна

нівелірна мережа дозволяє виконувати спостереження за вертикальними рухами земної кори.

На території парку вже понад 30 років проводяться спостереження за відносними коливаннями рівнів поверхневих, ґрунтових і підземних вод. Постійний водомірний пост обладнаний лише на озері Світязь. В селі Світязь діє також метеостанція. Після проведення рекогноситування на території ШНПП було визначено місце розташування 6 глибинних і 15 ґрунтових свердловин. Для організації моніторингу додатково були встановлені тимчасові водомірні пости на озерах Пісочне, Мошне, Кримне, Перемут, Соменець, Люцимер, Чорне Велике, Пулемецьке та Острів'янське.

У період 2016–2017 років проводився щомісячний моніторинг рівня води на досліджуваних озерах [11].



озеро Пісочне



озеро Перемут



озеро Світязь



озеро Люцимер



озеро Соменець

Рис. 2. Стан Шацьких озер у серпні 2019 року

Наприклад, за період з квітня по листопад 2016 року найбільші коливання рівня води були зафіксовані на озерах Кримне – 42 см, Мошне – 32 см, Перемут – 28 см і Світязь – 25 см, найменше значення – на озері Пісочне (18 см). За результатами спостережень у 2017 році найбільше значення коливань рівня води було в озері Кримне – 33 см, Мошне – 25 см, Перемут – 23 см, Світязь – 17 см, Пісочне – 20 см, Люцимер – 19 см, Соменець – 20 см, найменше значення зафіксовано в озері Чорне Велике – 15 см.

При вимірюваннях на водомірних постах виникає низка негативних факторів, які впливають на якість і швидкість вимірювання. Неспокійний стан водної поверхні ускладнює процес вимірювання рівня води і збільшує час перебування на водомірному пості, відбувається руйнування палів і тимчасових реперів через замерзання води. Тому було запропоновано модель переносного водомірного посту. Конструкція мобільного водомірного посту дозволяє встановлювати на нього прилад або відбивач і є універсальною для вимірювання перевищень між основним репером і мобільним водомірним постом різними методами (тригонометричним, геометричним нівелюванням і застосування GNSS вимірів. Його перевагою є підвищення точності вимірювання рівня води).

У серпні 2019 року на телебаченні і в пресі активно почала обговорюватися проблема зниження рівня поверхневих вод Шацьких озер, почали з'являтися шокуючі фотографії обмілілого озера Світязь. Кафедра геодезії організувала експедицію, яка виконала повторні виміри рівня поверхневих вод раніше досліджуваних озер. Фото деяких озер ШНПП у серпні 2019 року наведені на рис. 2.

Отримані результати порівнювали з аналогічними вимірами, виконаними в серпні 2016 та 2017 роках (рис. 3). Найбільше зниження рівня води спостеріга-

лося в озері Соменець. Воно складало 29 см порівняно з 2016, 2017 роками. Такі результати свідчать про те, що не лише метеорологічні фактори і зміни природного характеру були причиною обміління Шацьких озер влітку 2019 року, а існують і інші чинники антропогенного характеру, які мають суттєвий вплив на рівень води в Шацьких озерах.

Для дослідження взаємозв'язків між коливаннями рівня води та температурою повітря, вологістю і кількістю опадів авторами були використані результати багаторічних спостережень на постійному водомірному пості на озері Світязь. Середнє значення коефіцієнта кореляції між температурою та рівнем води за період з 1985 по 2019 року становило 0,19. Графіки коливань середньорічних температур і рівня води за досліджуваний період наведені на рис. 4.

Для визначення взаємозв'язку між усередненим за рік рівнем води та кількістю опадів використовували дані за 1985–2019 роки. Середнє значення коефіцієнта кореляції між опадами та рівнем води за цей період становить 0,39. Середнє значення коефіцієнта кореляції між опадами та рівнем води за період з 1985 по 2019 рік із затримкою на рік становить 0,61. Це ілюструє графік на рис. 5. Такий коефіцієнт кореляції вказує на значно більший зв'язок між рівнем води і минулорічними опадами.

Обчислено коефіцієнти кореляції між рівнем води в озері Світязь, вологістю, температурою повітря, кількістю опадів та їх комбінації за період з 2006 по 2019 роки. Середні значення коефіцієнтів кореляції складають:

- між вологістю повітря та рівнем води (В+РВ) – 0,62;
- між температурою повітря та рівнем води (Т+РВ) – 0,28;
- між кількістю опадів і рівнем води (О+РВ) – 0,09;

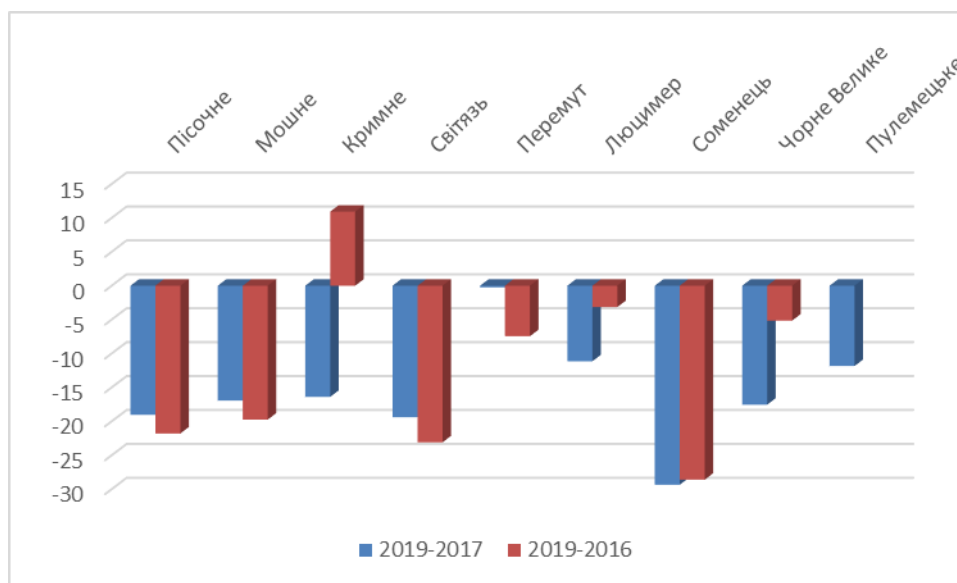


Рис. 3. Порівняння рівнів води у озерах ШНПП у серпні 2016, 2017 та 2019 років



Рис. 4. Залежність між середньорічною температурою повітря та рівнем води в озері Світязь

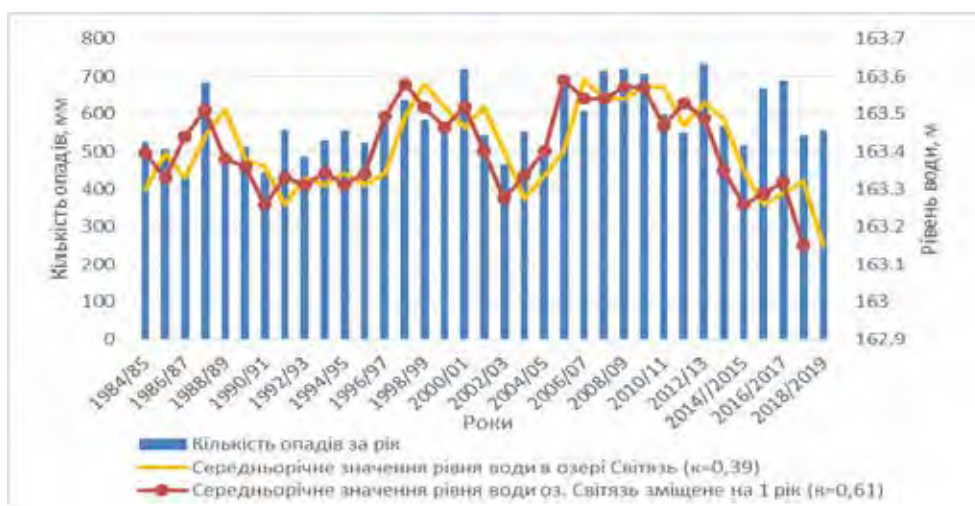


Рис. 5. Залежність між усередненими за 1985-2019 роки опадами та рівнем води в озері Світязь у реальний момент часу та зі зміщенням на рік

– між вологістю повітря, опадами та рівнем води ($V, O+PB$) – 0,67;

– між вологістю, температурою повітря та рівнем води ($V, T+PB$) – 0,76;

– між вологістю, температурою повітря, опадами та рівнем води ($V, T, O + PB$) – 0,80.

Аналіз результатів взаємозв'язків між коливаннями рівня води та температурою повітря, вологістю і кількістю опадів на озері Світязь показав:

1. Малі коефіцієнти кореляції свідчать про те, що кількість опадів у певний момент часу не впливає на рівень води в озерах. Минулорічні опади більше впливають на зміну рівня води.

2. Метеорологічні чинники у 2010, 2015 та 2019 роках мають незначний вплив на рівень води. Причиною цього можуть бути інші природні або антропогенні фактори.

3. При врахуванні сумарного впливу вологості повітря і опадів та вологості і температури повітря на рівень води спостерігається значні коефіцієнти кореляції.

4. Опади разом із вологістю та температурою повітря мають максимальні значення кореляції та впливають на рівень води.

Виконувалися дослідження сезонних (щомісячних) усереднених коливань рівня води озера Світязь за період з 2006 по 2019 роки. Аналізуючи взаємозв'язок між середньомісячною температурою та рівнем води в озері Світязь, за даними 2016 року отримали коефіцієнт кореляції 0,55. Обчислено максимальний коефіцієнт кореляції, який становить 0,96 при зміщенні на 2 місяці. Це наглядно показано на рис. 6.

Такий самий аналіз був виконаний за дискретними даними 2017 року на інших озерах Шацького національного природного парку, оскільки в цей період авторами проводився щомісячний моніторинг

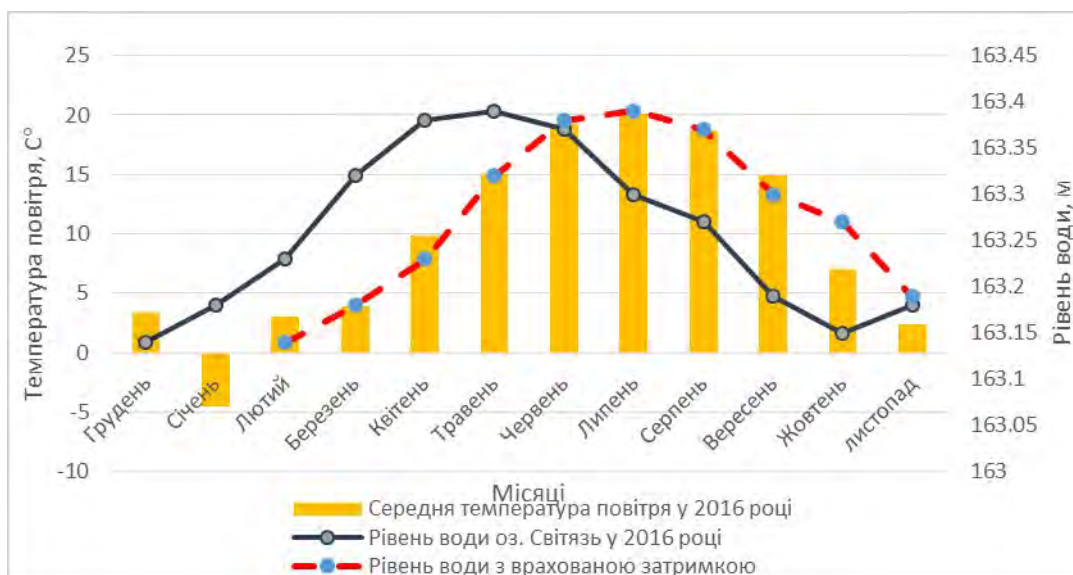


Рис. 6. Залежність між усередненою за 1985-2019 роки температурою повітря та рівнем води в озері Світязь

рівнів води Шацького поозер'я. На всіх досліджуваних озерах максимальний взаємозв'язок спостерігається при зміщенні на 3 місяці. Наприклад, для озера Пісочне коефіцієнт кореляції становить 0,92, для озера Кримне – 0,94, для озера Мошне – 0,96. Було встановлено, що затримка між зміною рівня води та температурою в середньому становить 2-3 місяці. За даним спостережень у 2019 році коефіцієнт кореляції між рівнем води в озері Світязь і температурою повітря становить $-0,27$, а максимальний при зміщенні на 4 місяці становить $0,84$. Це вказує на аномальність порівняно з іншими роками.

На основі середньорічних даних динаміки зміни рівня води на озері Світязь за період 1985–2019 років підтверджено, що цикли зміни рівня води приблизно збігаються із відомими 11-річними циклами сонячної активності. Встановлено, що період проведеного моніторингу рівнів води озер у 2016–2017 роках припадає на завершення циклу зміни рівня води (мінімум) і початок нового циклу. Аналіз залежності динаміки середньорічного рівня води в озері Світязь і сонячної активності за період з 1985 по 2019 роки виявив обернену їх залежність, оскільки за цей період сонячна активність спадає, а рівень води піднімається, на що вказує лінійна апроксимація.

Головні висновки. Аномальність динаміки зміни рівня води у 2019 році простежується не лише на озері Світязь, а й на решті досліджуваних озер. Метеорологічні чинники мають незначний вплив на рівень води. Множинний коефіцієнт кореляції між метеофакторами (вологістю, кількістю опадів і температурою повітря) та рівнем води становить $0,59$ і є найнижчим показником із 2006 року. Причиною цього можуть бути інші природні або антропогенні фактори.

Перспективи використання результатів дослідження. Для того, щоб побудувати модель прогнозу впливу природних факторів на рівень води в Шацьких озерах, необхідно виокремити антропогенний складник. Це можна зробити, проаналізувавши гідрологічний стан подібної екосистеми, яка б була відносно недалеко і розташовувалась у подібних кліматичних умовах. Такою системою є Поліський національний парк на території Польщі, який знаходиться на відстані всього 50 км від ШНПП.

Результати комплексного моніторингу також можна використати як основу геоінформаційної системи на території ШНПП для оцінки ризиків, прогнозування напрямку та інтенсивності перебігу екологічних процесів і розробки заходів для забезпечення умов раціонального природокористування.

Література

1. Хомік Н.В. Водні ресурси Шацького національного природного парку: сучасний стан, охорона, управління : монографія / за ред. П.І. Коваленко. Київ : Аграрна наука, 2013. 239 с.
2. Природа Західного Полісся, прилегло до Хотиславського кар'єру Білорусі : монографія / за ред. Ф.В. Зузука. Луцьк : ПП Іванюк В.П., 2014. 246 с.
3. В.І. Матейчик, П.В. Юрчук, Н.В. Хомік та ін. Літопис Природи : літопис. Книга 29. Світязь, 2017. 163 с.
4. Погребенник В.Д. Гідроекологічні дослідження Шацьких озер (методи, засоби, результати) : Монографія. Л. : Споллом, 2008. 144 с.
5. Ільїн Л.В. Ліснокомплексні Українського Полісся : [монографія в 2-х т.]. Луцьк : Вежа, 2008. Т. 1. 316 с.
6. Дятел О.О. Особливості формування водообміну на меліорованих землях Волинського полісся під впливом кліматичних та антропогенних чинників. *Меліорація і водне господарство*. 2017. Том № 1 106 (2). С. 58-63.
7. Карпенко Н.І. Морфометрична оцінка рельєфу Шацького поозер'я для потреб оптимізації природокористування в регіоні. *Вісн. Львів. ун-ту. Серія: Географ.* 1996. Вип. 20. С. 59–63.

8. Мокрий В.І. Моніторинг, моделювання і прогнозування впливу Хотиславського кар'єру на гідрогеологічні і лісоекологічні умови природно-заповідних об'єктів Західного Полісся. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій*, 2012. № 9. С. 284–288.
9. Кутовий С.С. Багаторічні коливання рівня води озера Світязь. *Науковий вісник Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки*. 2007. № 11, Ч. 1. С. 91–98.
10. Мороз О.І., Корлятович Т.Ю., Покотило І.Я., Ямелинець С.П. Створення геодезичного полігона навколо озера Пісочне Шацького національного природного парку. *Вісник геодезії та картографії*, 2015. № 5-6. С. 21–23.
11. Мороз О.І., Тартачинська З.Р., Покотило І.Я., Корлятович Т.Ю. Результати моніторингу за рівнями поверхневих вод Шацьких озер протягом 2016-2017 років. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій. Том I Географія*. 2017. № 14. С. 33–38.
12. Корлятович Т.Ю. Створення та розвиток висотної мережі геодезичного полігону Шацького національного природного парку для прив'язки водомірних постів і свердловин до ДГМ. *Геофорум* : матеріали 21 міжн. наук.-техн. конф. (Львів – Брюховичі – Яворів, 13-15 квітня 2016 р.). Львів – Брюховичі – Яворів : НУ «ЛП», 2016. С. 32–33.
13. Тимченко В.М., Чердниченко Л.В., Ярошевич А.Е. Некоторые аспекты экологии озер Шацкого национального парка : Материалы к семинару-совещанию по координации работ, связанных с организацией природоохранного мониторинга. К., 1990. С. 24–26.
14. Ситник Ю.М., Шевченко П.Г., Засєкін Д.А. Гідрохімічні дослідження озер Шацького національного природного парку (1996-2001рр.). *Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія* : Матеріали 3 Всеукр. наук. конф. (Київ, 15-17 листопада 2006 р.). К. : Ніка-Центр, 2006. С. 133–134.
15. Альохіна О.В., Корусь М.М., Кошовий В.В. та ін. Батиметричні дослідження озера Світязь: минуле, сучасність та перспективи. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій*. 2014. № 11. С. 24–32.