ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ

УДК 910.3:556.5(477.73)

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.6>

ОСОБЛИВОСТІ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ГІДРОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ В НАЦІОНАЛЬНОМУ ПРИРОДНОМУ ПАРКУ «БУЗЬКИЙ ГАРД»

Патрушева Л.І.

Чорноморський національний університет імені Петра Могили
вул. 68 Десантників, 10, 54003, м. Миколаїв

lpatruseva2@gmail.com

Статтю присвячено особливостям водного моніторингу на території Національного природного парку «Бузький Гард». Організація моніторингу головної річки парку повинна базуватися на гідродинамічних та гідрометричних характеристиках потоку.

У межах парку водний потік Південного Бугу має надзвичайно складний характер руху, на який звертає увагу авторка. Вона наголошує, що без урахування цієї особливості неможливо отримати об'єктивні результати комплексного гідрологічного моніторингу.

У своїй роботі авторка надає детальний аналіз річкового русла та швидкості течії.

Досліджуваний відрізок головної річки для визначення швидкості був розділений на окремі частини з одноманітним рельєфом дна річища, а відповідно, і характером течії відповідно до морфологічних особливостей річкового русла та долини. Усього було виділено 17 частин. У кожній частині визначено середню швидкість потоку за методом однієї точки. Величину швидкості на 0,6 глибини вимірювали з використанням глибинних поплавків. Дослідження проведено за середнього багатолітнього рівня води у Південному Бугу.

Таким чином, отримано дані про перерозподіл середньої швидкості водного потоку відповідно до визначених ділянок. Після цього з'явилася можливість зафіксувати розташування контрольних точок для проведення моніторингу. Наступним етапом стало визначення часу відбору проб води.

Авторка визначила час проходження забрудненого об'єму води через створ контрольної точки. Проба води має бути відібрана саме у цей час для отримання об'єктивної інформації, що сталося із забрудненою водою, де на якому етапі й як вона змінювалася.

У результаті проведених розрахунків було отримано лінійну залежність часу від довжини відрізка річкового русла.

Використання наведеної залежності під час повені або у меженний сезон не дасть достовірних результатів, тому для отримання подібних залежностей у межень або під час високої води варто проводити майбутні дослідження в різні сезони за змінного рівня води у річці. *Ключові слова:* водний моніторинг, водний потік, головна річка, швидкість річки, гідрометричні показники.

Peculiarities of territorial and temporary organization of hydrological monitoring in Buzky Gard National Nature Park. Patrusheva L.

The article is devoted to the peculiarities of water monitoring in the territory of the Bugzky Gard National Nature Park. The organization of monitoring of the main river of the park should be based on hydrodynamic and hydrometric characteristics of the flow.

Within the park, the water flow of the Southern Bug has an extremely complex nature of movement, to which the author draws attention. She emphasizes that without taking into account this feature, it is not possible to obtain objective results of comprehensive hydrological monitoring.

The author in his work provides a detailed analysis of the channel and flow velocity.

The studied section of the main river, to determine the speed, was divided into separate parts with a uniform relief of the riverbed, and accordingly the nature of the flow in accordance with the morphological features of the riverbed and valley. A total of 17 parts were allocated. The average flow rate is determined in each part. by the method of one point. The value of the speed at 0.6 depth was measured using deep floats. The study was conducted at the average long-term water level in the Southern Buga.

Thus, data were obtained on the redistribution of the average velocity of the water flow, according to the defined areas. After that, it was possible to record the location of control points for monitoring. The next step was to determine the time of water sampling.

The author determined the time of passage of the contaminated volume of water through the target point. The water sample should be taken at this time to obtain objective information about what happened to the contaminated water, where at what stage and how it changed.

A linear dependence of time on the length of the river bed segment was obtained as a result of the calculations.

Using this dependence during floods or in the off-season will not give reliable results. Therefore, to obtain such dependencies at low tide, or during high water, it is necessary to conduct future research in different seasons with variable water levels in the river. *Key words:* water monitoring, water flow, main river, river velocity, hydrometric indicators.

Постановка проблеми. Національний природний парк (НПП) «Бузький Гард» є об'єктом, який було створено для збереження унікального біотичного і ландшафтного різноманіття долини річки Південний Буг та її приток.

Природні комплекси, що сформувалися в межах парку, нині існують в екстремальних умовах агресивного антропогенного впливу, тому вони є дуже вразливими.

Актуальність дослідження Проблема існування парку є актуальною та вимагає уваги науковців, громадськості і влади. Забезпечити його збереження можливо за умов систематичного комплексного екологічного моніторингу стану як окремих компонентів, так і системи у цілому. Важливою складовою частиною цього моніторингу є спостереження за середовищемутворюючим елементом – річкою Південний Буг, оскільки саме головна річка є основним чинником, котрий зумовив формування неповторних ландшафтних комплексів у цьому місці.

У межах національного природного парку (НПП) Південний Буг являє собою надзвичайно цікавий та складний природний об'єкт. Отримати достовірну інформацію про його сучасний стан можливо за умов детального вивчення та аналізу основних характеристик водного потоку, які є визначальними у системі загального гідрологічного моніторингу. Тому **метою** нашої роботи стало розроблення схеми проведення моніторингу річки, що базується на її гідродинамічних характеристиках.

Для досягнення поставленої мети було визначено ключові завдання дослідження:

- 1) ознайомитися із сучасним доробком міжнародних та вітчизняних фахівців у галузі гідрологічного моніторингу;
- 2) проаналізувати чинники, що зумовили формування гідрографічних особливостей НПП;
- 3) вивчити гідрометричні характеристики головної річки;
- 4) розробити рекомендації для просторово-часової організації системи водного моніторингу на території парку.

Об'єктом дослідження було вибрано гідромережу НПП «Бузький Гард».

Предметом – гідрометричні особливості Південного Бугу на відрізьку від північної межі парку до м. Южноукраїнськ.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Гідрологічні дослідження мають бути представлені у щорічному літописі природи, котрий є обов'язковим звітним документом для установи. Він формується на підставі проведеної наукової роботи на території НПП. Окрім того, гідрологічний моніторинг є обов'язковою частиною загального моніторингу, що має проводитися на території парку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для розроблення рекомендацій щодо впровадження вод-

ного моніторингу нами було проаналізовано наявний міжнародний та вітчизняний досвід у вивченні характеру руху води у річках.

Залежно від гідравлічних характеристик водного потоку виділяють рівномірний, нерівномірний і несталий (мінливий) рух [1; 2].

За **рівномірного руху** швидкості течії поперечний (живий) переріз, витрата води постійні по довжині потоку і не змінюються в часі. Такий рух можна спостерігати у штучно створених руслах із постійним похилом і поперечним перерізом.

За **нерівномірного руху** похил, швидкості, живий переріз не змінюються в даному створі в часі, але змінюються по довжині потоку. Цей рух спостерігається на річках під час межені, а також в умовах підпору. Нерівномірний рух може бути **сповільнений і прискорений**. За **сповільненого руху** крива вільної водної поверхні приймає форму кривої підпору. Похил водної поверхні стає менше похилу дна, глибини при цьому збільшуються. Для **прискореного руху** криву вільної поверхні потоку називають кривою спаду. При цьому глибина вздовж потоку зменшується, а швидкість і похил водної поверхні збільшуються.

За **несталого руху** всі гідравлічні елементи потоку (похил, швидкість, площа живого перерізу) на певній ділянці змінюються в часі і по довжині. Несталий рух характерний для річок під час проходження повеней і дощових паводків [1].

Головною характеристикою руху води є швидкість водного потоку. Саме вона нам потрібна для визначення часової організації моніторингу, а саме часу відбору проб води на кожній ділянці річки.

Швидкості течії річок вимірюються за допомогою поплавків, гідрометричної вертушки або інших приладів. Нами під час дослідження було використано метод поплавків. Для вимірювання поверхневої швидкості застосовано поверхневі поплавки.

Швидкість обчислюється за формулою:

$$V_{\text{пов}} = \frac{L}{t},$$

де L – відстань між начальним та кінцевим створами,

t – час проходження поплавком відстані.

Швидкості течії води в річках неоднакові в різних точках потоку. Вони змінюються і по глибині, і по ширині потоку. По глибині найменші швидкості під впливом шорсткості русла спостерігаються біля дна. Швидкість зростає від дна спочатку дуже швидко і на деякій глибині досягає величини, близької до середньої швидкості потоку. Далі вгору до поверхні потоку швидкість наростає повільніше. На водній поверхні швидкість найбільша в середній частині потоку і найменша – біля берегів [1; 3].

На розподіл швидкостей у водотоці дуже впливають рельєф дна, льодовий покрив, швидкість і напрямки вітру. За наявності на дні підвищення, швидко-

сті потоку поступово зростають від дна до верху підвищення, а потім різко збільшуються. На плесах швидкості значно менші, ніж на перекатах, тому для організації моніторингу річки доцільно використовувати середню швидкість. Існує декілька методів визначення середньої швидкості водного потоку. Її можна розрахувати або виміряти.

Розраховують середню швидкість декількома способами.

1. Обчислення середньої швидкості на вертикалі як співвідношення площі епюри швидкості до глибини вертикалі [1].

2. Обчислення середньої швидкості у живому перерізі, використовуючи об'єм витрати води (Q) в $\text{м}^3/\text{с}$, розділений на площу живого перерізу (w) в м^2 [4].

3. За відсутності безпосередніх вимірів для обчислення середньої швидкості можна використати формулу Шезі [1; 2].

Для вимірювання середньої швидкості використовують:

– метод шести точок (вимірювання на 0,2, 0,4, 0,6 та 0,8 глибини нижче поверхні та як можна нижче поверхні і вище дна);

– метод п'яти точок (вимірювання на 0,2, 0,6 і 0,8 глибини нижче поверхні і як можна нижче поверхні та вище дна);

– метод трьох точок (вимірювання на 0,2, 0,6 і 0,8 глибини нижче поверхні);

– метод однієї точки (вимірювання на 0,6 глибини від поверхні). Швидкість, визначена цим методом, використовується як середня швидкість по вертикалі. Фактичні спостереження та математична теорія показали, що глибина 0,6 і метод дає надійні результати [5; 6].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Існуючі сучасні гідрологічні пости розташовані у місті Первомайськ та нижче Олександрівської греблі, тобто за межами парку, тому всі систематичні дослідження особливостей водного режиму та гідродинаміки Південного Бугу не відображають особливостей головної річки на території «Бузького Гарду». Проте саме на цьому відрізку водний потік має надзвичайно складний характер руху, на який слід обов'язково звернути увагу для отримання об'єктивних результатів комплексного гідрологічного моніторингу.

Новизна. Уперше нами було проведено гідрометричні обстеження протягом усієї течії головної річки парку на ділянці з природним руслом. На підставі поведених експедиційних досліджень обґрунтована та запропонована схема просторово-часової організації водного моніторингу на території НПП «Бузький Гард».

Методологічне або загальнонаукове значення.

У роботі представлено методику, з використанням якої фахівці зможуть відбирати проби для подальшого дослідження Південного Бугу, а також скориставшись запропонованим у статті підходом, розробити схеми просторово-часової організації моніторингу будь-яких річок із природним характером русла та течії.

Виклад основного матеріалу. Процес формування сучасної гідрографії в межах НПП, який триває під впливом екзогенних чинників, розпочався наприкінці пліоцену після регресії понтичного моря. Саме у цей час відбувається закладання гідросітки в архей-протерозойських кристалічних породах. Протягом плейстоцену та голоцену під час четвер-

Рис. 1. Повздовжній профіль ділянки русла річки Південний Буг у межах НПП «Бузький Гард»

де X – відстань від північної межі парку, км; Y – абсолютна висота, м.; 1 – уріз води у середній за водністю рік, 2 – висота дна річкового русла

тинних зледенінь територія знаходилася у позальодовиковій зоні, що визначило особливості морфології долин водойм [6].

Характер геолого-тектонічної будови території зумовив чергування генетично різних типів річкових долин. Неоднорідний характер геоструктури визначив різний похил водного потоку (рис. 1), а отже, і його нерівномірний рух.

Відрізки з невеликим похилом та сповільненим рухом змінюються відрізками зі значним похилом та прискореним рухом. Відповідно до швидкості водного потоку, у річковому руслі відбуваються різні геодинамічні процеси, що впливає на формування різних типів річкових долин. Це досить добре помітно на досліджуваному фрагменті Південного Бугу. Тут ділянки каньйоноподібної долини з прямовисними скелястими берегами чергуються з терасованими, де є фрагменти добре виражених надзаплавних терас і досить широка заплава [7].

Відповідно до морфологічних особливостей річкового русла та долини, для визначення швидкості ми попередньо розділили річку на окремі частини з одноманітним характером течії (рис. 2). У межах усіх визначених ділянок гідрометричні характеристики (ширина русла, глибина, похил, падіння) є однорідними, що зазначено у табл. 1.

У кожному з визначених відрізків було зафіксовано чотири створи: пусковий, початок відліку, середній та кінець відліку. Відстань між створами визначалася залежно від довжини відрізка. Довжина між початком відліку та кінцем відліку становила 100 м. Для коротких відрізків – 20 м. Двома спостерігачами було зафіксовано час проходження поплавком відстані від початкового до кінцевого створу. У середньому створі проводився промір глибин.

Таким чином, визначалася поверхнева швидкість посередині водного потоку. Поправка на вітер не враховувалася. Дослідження проводили в умовах

Рис. 2. Схема гідромережі НПП «Бузький Гард»

штилю. Час проведення досліджень вибирався до сходу або після заходу сонця, а також удень за умов відсутності вітру.

Визначення середньої швидкості відбувалося за методом однієї точки. Величину швидкості на 0,6 глибини ми вимірювали з використанням глибинних поплавків. Нами було застосовано ті ж створи, що і для обчислення поверхневої швидкості.

Ділянка 1. Починається від межі НПП «Бузький Гард». Русло широке, пряме без островів, рельєф дна однорідний, можуть траплятися підводні виходи корінних порід. Течія рівномірна (0,2 м/с), повільна.

Ділянка 2. Межа переходу від попередньої ділянки чітка і визначається візуально завдяки наявності великої кількості різних за розмірами порогів. Рельєф русла дуже складний. У межах

ділянки збільшується похил водного потоку до 5,5 м/км, відповідно, зростає і його швидкість і досягає 0,4 м/с.

Ділянка 3. Має не елику довжину. Для неї характерним є випрямлене русло без островів, незначна швидкість течії, береги заросли очеретом, що значно зменшує швидкість потоку у прибережній смузі.

Ділянка 4. Виходи кристалічних порід поділяють русло на три рукави. Крайній східний рукав є основним. Швидкість потоку на ділянці – 0,4 м/с.

Ділянка 5. Південний Буг виходить на рівну ділянку з поодинокими виходами кристалічних порід повздовж берега та в руслі. Протягом цього відрізка зустрічаються поодинокі острови, а також каскади малопотужних невисоких порогів. Швидкість течії становить 0,3 м/с.

Таблиця 1

Гідрометричні характеристики русла річки Південний Буг

№ точки	Відстань від межі парку, км	Уріз води, м	Рівень дна русла, м	Ширина, м	Глибина, м	Середня швидкість річки між точками, м/с
1	0	56,8	49,8	200	7,0	-
2	1,376	56,4	50,0	180	6,4	0,2
3	2,032	56,0	50,0	290	6,0	0,2
4	3,412	50,6	45,6	230	5,0	0,4
5	5,307	48,1	44,0	237	4,1	0,3
6	5,758	46,3	42,6	190	3,7	0,4
7	6,905	43,4	39,4	160	4,0	0,3
8	8,245	43,1	38,1	290	5,0	0,3
9	9,637	41,9	37,9	120	4,0	0,3
10	12,537	38,0	35,5	150	2,5	0,3
11	17,987	36,5	34,0	194	2,5	0,2
12	19,277	33,8	31,8	140	2,0	0,3
13	20,472	33,8	31,3	111	2,5	0,2
14	21,972	33,6	31,3	120	2,3	0,2
15	22,075	33,0	30,7	120	2,3	0,3
16	22,255	31,8	30,0	110	1,8	0,4
17	26,635	31,2	27,5	110	3,7	0,3
18	26,875	29,6	26,3	100	3,3	0,4
19	28,575	28,8	26,1	115	2,7	0,3
20	29,645	28,0	25,7	150	2,3	0,3
21	29,745	27,0	25,2	140	1,8	0,3
22	32,525	26,2	24,0	110	2,2	0,3
23	36,353	26,1	23,1	150	3,0	0,2
24	39,653	26,0	23,0	318	3,0	0,2
25	40,303	25,0	22,0	389	3,0	0,5
26	40,536	23,4	20,9	364	2,5	0,5
27	41,526	19,1	16,1	200	3,0	0,5
28	42,261	19,0	15,8	150	3,2	0,3
29	42,761	16,5	13,0	130	3,5	0,4

Таблиця 2

Регламент відбору проб води для моніторингу

№ ділянки	Довжина ділянки, м	Середня швидкість потоку на ділянці, м/с	Час з наростанням
1.		0,2	1 год. 55 хв.
2.		0,4	2 год. 22 хв.
3.		0,3	5 год. 24 хв.
4.		0,4	5 год. 43 хв.
5.		0,3	6 год. 46 хв.
6.		0,2	19 год. 32 хв.
7.		0,3	20 год. 44 хв.
8.		0,2	24 год. 29 хв.
9.		0,3	24 год. 35 хв.
10.		0,4	24 год. 43 хв.
11.		0,3	28 год. 46 хв.
12.		0,4	28 год. 56 хв.
13.		0,3	34 год. 09 хв.
14.		0,2	44 год. 03 хв.
15.		0,5	45 год. 06 хв.
16.		0,3	45 год. 47 хв.
17.		0,4	46 год. 08 хв.

Ділянка 6. Ця ділянка є особливою, оскільки в середній її частині у головну річку впадає найбільша притока, гирло якої розташоване у межах парку. Це річка Велика Корабельна. Поблизу її гирла (декілька км вище та нижче по течії) швидкість потоку уповільнюється до 0,2 м/с, спрощується рельєф дна, нівелюються пороги. Характер течії на цій ділянці нагадує спокійну рівнинну річку.

Ділянка 7. За швидкістю та характером течії дуже подібна до ділянки 5. Протягом усієї ділянки русло являє собою суцільну смугу невисоких порогів.

Ділянка 8. Поступове уповільнення течії свідчить про перехід між ділянками. Тут швидкість потоку – 0,2 м/с. Ділянка пряма, орієнтована з півночі на південь, похил незначний, він поступово зменшується.

Рис. 3. Час відбору проб води в річці Південний Буг на території НПП «Бузький Гард»

Ділянка 9. Різка зміна швидкості течії та поворот русла на південний захід свідчить про перехід до наступної ділянки. Вона є найкоротшою, але має значне падіння, близько 5 м/км, що зумовлює збільшення швидкості потоку до 0,3 м/с.

Ділянки 10, 11, 12, 13. Ці ділянки є дуже схожими за морфологічною будовою долини та русла. Рельєф дна складний, із численними виходами кристалічних порід, що утворюють суцільний каскад порогів середньої потужності. Швидкість течії коливається в межах 0,3–0,4 м/с.

Ділянка 14. Межа ділянки відповідає зміні руслового рельєфу та уповільненню швидкості течії до 0,2 м/с. Відрізок досить довгий, спрямлений, орієнтований із заходу на схід.

Ділянка 15. Русло поділене на окремі рукави великими корінними островами. Невелика ширина кожного з рукавів, достатньо велика глибина (3 м) та значний похил річки (понад 6 м/км) на цьому відрізку визначають формування особливих гідродинамічних умов. Водний потік тут має максимальну швидкість руху і становить 0,5 м/с. Це найбільший показник на досліджуваному відрізку Південного Бугу в межах парку.

Ділянка 16. Закінчення лінії островів свідчить про перехід до наступної ділянки. Вода, поєднана в один потік, уповільнює свою течію до 0,3 м/с. Зменшення швидкості можна пояснити невеликим похилом 0,14–0,41 м/км, збільшенням площі поперечного перетину потоку. Проте вона залишається досить високою, оскільки має деякий запас інерції від попередньої ділянки. Довжина цього відрізка невелика, близько 700 м, тому течія не встигає уповільнитися.

Ділянка 17. Остання ділянка з природним режимом перед Олександрівським водосховищем. На жаль, вона значно скорочена підняттям рівня води. У сучасних умовах має довжину лише 500 м. Дуже складний рельєф дна та значний похил потоку (5–5,6 м/км) зумовили швидкість течії – 0,4 м/с.

Проведений детальний аналіз є основою для розроблення схеми просторово-часової організації моніторингу головної річки НПП «Бузький Гард».

Запропонована організація моніторингових досліджень є актуальною для вивчення якості річкової води.

За умови відсутності постійних, безперервних спостережень за якістю води у природних водоймах, щоб дослідити поведінку хімічних речовин, які потрапили до річки ззовні, ми пропонуємо визначати просторову і часову динаміку забрудненого об'єму води.

Для отримання об'єктивної інформації, що сталося із забрудненою водою, на якому етапі й як вона змінювалася, ми повинні знати, коли через контрольну точку пройдёт саме забруднений об'єм води. І у час проходження відповідної хвилі добування має бути відібрана проба води з річки (табл. 2).

Ми маємо дані про перерозподіл середньої швидкості водного потоку, відповідно до визначених нами ділянок, та знаємо їхню довжину. Тепер можемо визначити час, коли буде проходити об'єм води, потрібний для дослідження. У результаті проведених розрахунків отримуємо лінійну залежність часу від довжини відрізка річкового русла (рис. 3).

Початком відліку є час відбирання проби у першій точці, котра розташована на межі парку. Залежно від відстані, на якій розташована кожна контрольна точка, час відбору проби буде різний, і його можна визначити, використовуючи представлений рис. 2. До початку відліку слід додавати час, зазначений на вертикальній вісі.

Головні висновки. Дослідження проведено за середнього багаторічного рівня води у Південному Бузі, тому користуватися представленою інформацією доцільно лише за подібних умов. Використання наведеної залежності під час повені або у меженний сезон не дасть достовірних результатів, тому дослідження варто проводити в різні сезони за змінного рівня води у річці.

Контрольні точки варто розташовувати на межі ділянок. Це може бути доцільним для вивчення зміни поведінки речовин присутніх у воді та їх зв'язок з особливостями гідродинаміки річкового потоку.

Додаткові точки варто розмістити нижче місць впадіння приток, зокрема р. Великої Корабельної, для розуміння ступеня їхнього впливу на якість води в головній річці.

Література

1. Будз О.П. Гідрологія: Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення. Рівне : НУВГП, 2008. 168 с.
2. Вамболь С.О., Міщенко І.В., Кондратенко О.М. Технічна механіка рідини і газу : підручник. Харків : НУЦЗУ, 2016. 300 с.
3. Загальна гідрологія : підручник / В.К. Хільчевський та ін. Київ : Київський університет, 2008. 399 с.
4. Методы измерения расхода воды на реках и каналах, в напорных трубопроводах насосных станций и оросительных систем: обзор / сост. Р. Масумов. Ташкент, 2014. 84 с.
5. D. Phil Turnipseed and Vernon B. Sauer. Discharge Measurements at Gaging Stations: Techniques and Methods 3–A8 // U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. Chapter 8 of Book 3, Section A. U.S. Geological Survey, Reston, Virginia, 2010. 106 p.
6. Технический регламент / Всемирная метеорологическая организация. Т. III. Гидрология. Женева, 2006. 130 с.
7. Русинов О.О. Південний Буг / *Географічна енциклопедія України* : у 3-х т. Київ, 1989–1993. Вип. 3. С. 30–31.