

## ЕКОЛОГІЯ ГІДРОСФЕРИ

УДК 504.61 (477.8)

*Л. М. Архипова, Я. О. Адаменко*  
*Івано-Франківський національний*  
*технічний університет нафти і газу*

### МЕТОДОЛОГІЧНЕ ПІДГРУНТЯ ОЦІНКИ ВПЛИВУ НА ВОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ МАЛИХ ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СПОРУД

В роботі, авторами запропоновані методологічні засади та математичні моделі щодо оцінки впливів водного середовища для обґрунтування будівництва нових об'єктів гідроенергетичних споруд на Карпатських річках. Як приклад у роботі розглянутий інвестиційний задум будівництва міні гідроелектростанції на р. Шопурка у Закарпатті. При цьому авторами розглянуті дві технічні альтернативи, щодо будівництва об'єкту. Також у статті обґрунтовується ймовірність впливу ґрунтового живлення р. Шопурка на ґрунтове волого забезпечення лісових територій. Дослідженнями встановлено, що підземне живлення в басейні р. Шопурка в більшості залежить від кількості опадів, що випадають на території та існуючої залісеності території, також доведено, що обидва ці фактори не змінюватимуться внаслідок впровадження планованої діяльності.

**Ключові слова:** міні гідроелектростанція, гідропотенціал, оцінка впливу на довкілля, водозбір, водозабезпечення.

In the work, the authors proposed methodological principles and mathematical models for assessing the impacts of the aquatic environment to justify the construction of new objects of hydropower structures in the Carpathian rivers. As an example in the work, the investment plan for the construction of a mini hydroelectric power station on the River Shopurka in Transcarpathia has been considered. At the same time, the authors consider two technical alternatives concerning the construction of the object. The article also substantiates the probability of the influence of soil nutrition on the Shopur River on the soil moisture of forest areas. The research has established that underground power in the Shopurka River Basin depends largely on the amount of precipitation falling on the territory and the existing felling area, and it is also proved that both of these factors will not change as a result of the implementation of the planned activity.

**Key words:** mini hydroelectric power station, hydropotential, environmental impact assessment, catchment, water supply.

**Постановка проблеми.** Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» (від 23.05.2017 № 2059-VIII) [11] вступив в дію 18 грудня 2017 року. В законі зазначено, що «Оцінка впливу на довкілля здійснюється з дотриманням вимог законодавства про охорону навколишнього природного середовища, з урахуванням стану довкілля в місці, де планується провадити плановану діяльність, екологічних ризиків і прогнозів, перспектив соціально-економічного розвитку регіону, потужності та видів сукупного впливу (прямого та опосередкованого) на довкілля, у тому числі з урахуванням впливу наявних об'єктів, планованої діяльності та об'єктів, щодо яких отримано рішення про провадження планованої діяльності або розглядається питання про прийняття таких рішень». Однак, в Україні в багатьох випадках відсутні офіційні методики оцінки екологічних ризиків, виконання екологічних прогнозів, оцінки існуючого стану сфер довкілля, єдиних баз доступної статистичної інформації.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Отож, виконання оцінки впливу на довкілля конкретної планованої діяльності вимагає наукового підходу, комплексного аналізу досліджень і публікацій, що стосуються території розташування об'єкту, виду планованої діяльності, джерел впливу на довкілля, застосування напрацьованих дослідниками методик, обробки багаторічних результатів досліджень.

**Постановка завдання.** Авторами статті в процесі проведення оцінки впливу на довкілля (ОВД) з будівництва малої гідроелектростанції (МГЕС) на річці Шопурка в Рахівському районі Закарпатської області з метою встановлення дозволених рівнів впливів на навколишнє середовище, виникнення у навколишньому середовищі небезпечних ендегенних і екзогенних процесів, дотримання встановлених обмежень при здійсненні експлуатації об'єкту проектування було встановлено, що основним середовищем впливу є водне. Для реалізації поставленого завдання були застосовані авторські методологічні підходи, результати викладені нижче.

**Аналіз досліджень і публікацій.** До цього часу дослідження щодо екологічно безпечного улаштування відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) проводились переважно на географічних рівнях (регіонів) або адміністративних рівнях областей [9, 10]. Якщо ж дослідження проводились для конкретних підприємств на рівні інвестиційних пропозицій, як правило, вони не враховували екологічні територіальні обмеження. Стратегічна екологічна оцінка впровадження ВДЕ виконана Європейським банком реконструкції і розвитку для території всієї України передбачала державний рівень деталізації. Ряд закордонних вчених, таких як Adam James, John Twidell, Tony Weir, Godfrey Boyle розглянули досвід використання відновлювальних джерел енергії в світі в світлі сталого розвитку [12]. Однак, в публікаціях закордонних та вітчизняних вчених відсутня методологія оцінки впливу на водне середовище малих гідроелектростанцій на гірських річках.

**Виклад основного матеріалу.** Річка Шопурка є однією із численних правобережних допливів р. Тиса, із загальною довжиною 41 км, площею водозбору – 283 км<sup>2</sup>, густотою річкової сітки більше 1,0 км/км<sup>2</sup>, середнім нахилом 30‰. Свою назву набуває після злиття р. Малої та р. Середньої Шопурки (рис. 1). Бере початок (р. Мала Шопурка) із малодобітних джерел, на південному схилі г. Унгарська на висоті близько 1550 м абс., впадає в р. Тиса на 927 км від гирла на висоті 320 м абс. в смт Великий Бичків Рахівського району Закарпатської області. Крупних приток немає. В ріку впадає 18 приток довжиною менше 10 км. Найвищий за розташуванням населений пункт в долині річки в її гірській частині – селище Кобилецька Поляна. Басейн річки розташований на південних відрогах хребта Свидовець і представляє собою ланцюг гірських хребтів із випуклими вершинами, відмітки яких змінюються від 400 до 1761 м абс. (гора Догяска).

Долина слабозвивиста, V-подібна, місцями має вигляд ущелини. Ширина її по дну змінюється від 20 м до 2,5 км. Схили випуклі, дуже круті, нерідко біля підніжжя прямовисні, сильно посічені, майже повсюдно заросли буковими і ялиновими лісами, рідше чагарником, місцями задерновані. Ґрунти буроземні, середньоопідзолені; у підґрунті лежать пилувато-важкосуглинисті породи. Ґрунти, які складають схили і тераси суглинисті і хрящуваті; біля підніжжя схилів багато джерел.

Біля 81% площі басейну зайнято лісами, які розташовуються по висотам наступним чином: до 600 м абс. – ліси широколистяні (дуб, граб, бук, клен, з домішками ялини і смереки), вище 600 м – переважає бук, вище 1250–1600 м – домінують хвойні, ялинові ліси. Вершини гір покриті субальпійськими луками і чагарниковими заростями [1].

Заплава простежується лише на окремих ділянках довжиною 0,3–1,9 км і чергується по берегам. Ширина заплави від 10 до 250 м (переважаюча 60–80 м), поверхня рівна, слабопосічена, складена мулистими ґрунтами, суха, заросла чагарником, подекуди лугова, заболочена. Затоплюється заплава лише при виключно високих підйомах рівня води під час повеней і паводків на глибину 0,5–0,8 м на 1–2 дні.

Русло річки слабозвивисте, помірно розгалужене. Острови й осередки зустрічаються через кожні 5–8 км; довжина їх 3–60 м, ширина 15–20 м, висота 0,4–0,8 м, в паводки затоплюються. Складені вони суглинками або гальковиком, задерновані, деякі із них заросли рідким чагарником і окремими деревами. Протоки й рукави, які відділяють острови й осередки, довжиною 20–230 м, шириною 0,3–3,0 м, глибиною 0,1–0,3 м, швидкість течії в них 0,5–0,9 м/сек [1].



**Рис. 1. Проектна територія МГЕС на р. Шопурка**

В місцях виходів на поверхню у руслі скельних порід утворюються порожисті ділянки довжиною до 0,5 км, глибиною 0,4–0,7 м, із швидкістю течії до 3,2 м/сек. Чергуючись по берегам, тягнуться кам'яністі приплески і піщано-галькові коси шириною 2–10 м.

Біля витoku річка має вигляд струмка шириною до 1,0 м, глибиною до 15 см; поступово вона розширюється до 7–25 м, глибини збільшуються від 0,5 до 1,8 м. Швидкість течії складає 1–3 м/сек. Під час проходження паводків значно вища. В багатьох місцях русло загромаджене валунами, а також деревами і корчами. Дно річки нерівне, у верхів'ї крупно кам'янисте, валунне, нижче в середній течії та пригирловій частині – гальково-кам'янисте. Береги круті, рідше обривисті, висотою 1,0–2,5 м, в окремих місцях підвищуються до 5–6 м, часто зливаються із схилами долини. Складені вони суглинними і хрящуватими ґрунтами, поросли рідким чагарником з одиничними деревами, рідше задерновані. Вода прозора, без присмаку та запаху, придатна для пиття. В 60-ті роки минулого століття проводився сплав лісу [1].

За проектним задумом заплановане нове будівництво міні гідроелектростанції дериваційного типу. Передбачається будівництво будівлі ГЕС, водозабору з використанням одного прогону підпірної споруди із клапанним затвором, будівництво дериваційного каналу, відвідного каналу, влаштування габіонних конструкцій і кріплення

негабаритним каменем в зоні відвідного каналу та частині берегової зони для захисту від водної ерозії.

У процесі провадження планованої діяльності основним водним ресурсом, який буде використовуватись – є вода, а саме гідроенергетичний потенціал р. Шопурки. Необхідна кількість та екологічно безпечна величина можлива до використання розрахована нижче.

Для підтримки провадження планованої діяльності в частині забезпечення необхідним гідроенергетичним потенціалом ми вважаємо за необхідне подати наступні розрахунки й висновки.

Основним природним чинником покращення гідрологічного режиму і примноження ресурсів підземних вод річок є лісовий покрив. На цей час з'ясовано, що Карпатські ліси здатні зменшувати піки паводків пересічно у 3-4 рази, збільшувати ґрунтове живлення річок у сухі сезони у 10-12 разів, покращуючи тим самим річковий режим у два рази (табл. 1).

Таблиця 1

### Характеристика водозбору р. Шопурки [1, 2]

№ з/п	Водозбір (річка – пункт)	Площа, км <sup>2</sup>	Середня висота, м н.р.м.	Лісистість, %	Опади, мм	Коефіцієнт природного зарегулювання стоку	Базовий (підземний) стік, мм
1	р. Шопурка – смт Кобилецька Поляна	240	1000	85	1553	0,64	201

Показники площі, середньої висоти й лісистості водозборів запозичені із гідрологічних довідників. При цьому процент лісистості уточнювався за картографічними і лісовпорядними матеріалами. Величини атмосферного зволоження водозборів розраховувалися на основі отриманих емпіричних залежностей опадів від висоти над рівнем моря для різних орографічних частин Карпат [1].

У якості основних критеріїв режиму стоку прийняті показники підземного (базового) живлення річок і коефіцієнт природного зарегулювання стоку, на які карпатські ліси мають чіткий позитивний вплив. Для окремих водозборів допоміжними характеристиками виступали максимальні модулі стоку та шар стоку весняного водопілля і дощових паводків. Багаторічні показники стоку розраховувалися на основі даних гідрометеослужби з допомогою загальноприйнятих у гідрології формул. При цьому базове підземне живлення річок – за показниками мінімального річного стоку води. Коефіцієнт природного зарегулювання стоку ( $\varphi$ ) визначався за Д. Л. Соколовським [2] як відношення площі кривої тривалості добових витрат води до середньої річної витрати:

$$\varphi = \int_0 pdk, \quad (1)$$

де  $p$  – тривалість витрат води, виражених у модульних коефіцієнтах ( $k$ ).

Загалом цей коефіцієнт є інтегральним показником внутрішньорічного режиму стоку, оскільки базується на максимальних, середніх і мінімальних витратах води річок та їх характеристиках протягом 30, 90, 180, 270 і 355 діб. Залежно від фізико-географічних умов він коливається від 0 до 1. Розрахунки показують, що у Карпатському регіоні при зміні лісистості з 21 до 85% цей коефіцієнт зростає з 0,13 до 0,64 [1]. Найкращий річковий режим притаманний поясу букових лісів із найбільшими у регіоні опадами, лісистістю водозборів та добрими гідрологічними властивостями ґрунтів, до якого й належить досліджувана ділянка р. Шопурки.

Показники режиму стоку значно кращі на більш лісистих басейнах, ніж менш заліснених. Це проявляється у збільшенні підземного живлення річок, посиленні коефіцієнту їх природного зарегулювання, зменшенні стоку весняних повеней і дощових

паводків та їх максимальних модулів. Басейн р. Шопурки, як показано в табл. 1 вище залісений на 85%. Отже, планована діяльність не змінюватиме коефіцієнту лісистості, як наслідок, не впливатиме на зміну підземного живлення р. Шопурки.

Виняток становлять лише весняні повені у поясі букових лісів, об'єми яких мало залежать від лісистості. Це викликано тим, що у холодний сезон року букові деревостани, знаходячись у безлистяному стані і фізіологічному спокої, майже не впливають на процеси нагромадження і танення снігу, що своєю чергою зумовлює для них процеси водопілля подібні до польових умов.

Як свідчать дані табл. 2 [1], у гірських поясах коефіцієнт зарегулювання стоку значно залежить від лісистості водозборів і слабко від їх площ, які здебільшого невеликі. Підземне живлення річок тут залежить як від опадів, так і лісистості.

Емпіричні залежності величин ґрунтового живлення річок ( $Q_u$ , мм) від річних опадів ( $P$ , мм) і лісистості водозборів ( $f_l$ , %) та коефіцієнту природного зарегулювання стоку ( $\phi$ ) від лісистості і площі водозборів ( $F$ , км<sup>2</sup>) мають наступний вид для басейну р. Шопурки [1]:

$$Q_u = 0,263 \times P + 0,883 \times f_l - 311 \text{ при } R = 0,93 \pm 0,04; \quad (2)$$

$$\phi = 0,0037 \times f_l - 0,26 \text{ при } r = 0,72 \pm 0,13. \quad (3)$$

Із наведених формул випливає що басейн р. Шопурки у всіх відношеннях має найкращі гідрологічні властивості лісів букового поясу. Тут на кожні 100 мм збільшення опадів підземне живлення річок зростає пересічно на 26,3 мм, а приріст лісистості на 1% призводить до його збільшення на 0,88 мм (рівняння 2). Отже, в умовах однакового зволоження лісових і польових водозборів величина цього виду стоку у першому випадку буде на 88,3 мм більшою, ніж у другому. Загалом 1,0 га букового лісу сприяє щорічному приросту об'єму чистої джерельної води приблизно на 883 м<sup>3</sup>. Із формули (3) випливає, що буковий ліс, порівняно із польовими угіддями, потенційно здатний поліпшувати режим річкового стоку у 2,4 рази.

Таблиця 2

**Дослідження залежності характеристик ґрунтового стоку з опадами і лісистістю**

Варіанти розрахунків	Висотні пояси		
	букових лісів	мішаних і ялинових лісів	передгірних лісів
<b>Парні коефіцієнти кореляції</b>			
Площа – коефіцієнт зарегулювання стоку	-0,43±0,22	0,26±0,18	0,71 ±0,15
Лісистість – коефіцієнт зарегулювання стоку	0,75±0,12	0,65±0,11	0,42±0,25
Опади – підземне живлення річок	0,91 ±0,05	0,79±0,07	0,62±0,19
Лісистість – підземне живлення річок	0,77±0,13	0,67±0,10	0,52±0,22
<b>Множинні коефіцієнти кореляції</b>			
Площа – лісистість – коефіцієнт зарегулювання стоку	0,76±0,12	0,72±0,09	0,84±0,09
Опади – лісистість – підземне живлення річок	0,93±0,04	0,86±0,05	0,64±0,18

Таким чином, на стадії «Робочий проект» МГЕС необхідні заходи збереження існуючої лісистості в басейні р. Шопурки, оскільки це забезпечить стаке ґрунтове живлення ріки, стабільний мінімальний стік, який необхідно залишати в природному руслі. Як наслідок, на турбіни МГЕС попадатиме більша кількість гідроекологічного потенціалу, що збільшить виробіток електроенергії та прибуток Інвестора.

Проведені авторами [1] дослідження доводять, що вилучення на відстані 1-2 км частини річкового стоку у дериваційний канал планованої МГЕС, не впливатиме на ґрунтове живлення р. Шопурка, на ґрунтову вологозабезпеченість лісового заказника «Діброва», оскільки встановлено, що підземне живлення в басейні р. Шопурка на 93% залежить від кількості опадів, що випадають на території та існуючої залісеності

території. Обидва ці фактори не змінюватимуться внаслідок впровадження планованої діяльності.

Згідно типізації, прийнятій Водною Рамковою Директивою ЄС, річка Шопурка на час проведення ОВД є не порушеним водним об'єктом.

Потреба у водних ресурсах при будівництві та експлуатації МГЕС наступна (табл. 3): в процесі експлуатації до закриття станції використовуватиметься гідроенергетичний потенціал р. Шопурка максимально в кількості 200 млн м<sup>3</sup> на рік з річною виробкою електроенергії до 3,19 млн кВт×год. у середній за водністю рік, як основна сировина без зміни якісного складу поверхневих вод. Незворотне використання природного гідроекологічного потенціалу не очікується.

Таблиця 3

**Потреба у водних ресурсах при будівництві та експлуатації МГЕС-1**

МГЕС-1	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>Середній за водністю рік</b>												
% норми стоку	4,36	4,90	7,67	16,60	15,80	10,80	9,32	7,05	5,93	5,33	6,24	5,91
% кількісного потенціалу природно-техногенної безпеки	0,11	0,54	3,31	12,24	11,44	6,44	4,96	2,69	1,57	0,97	1,88	1,55
Норма стоку, м <sup>3</sup> /с	4,99	5,61	8,78	18,99	18,08	12,36	10,66	8,07	6,78	6,10	7,14	6,76
Потенціал для використання на МГЕС за вирахованою санітарною витратою в кількості 2,13 м <sup>3</sup> /с	2,86	3,48	6,65	16,86	15,95	10,23	8,53	5,94	4,65	3,97	5,01	4,63
Вироблення електроенергії, тис. кВт×год.	111,7	122,7	259,7	515,9	533,1	386,8	333,5	232,0	176,0	155,1	189,5	181,0
<b>Маловодний рік</b>												
% норми стоку	2,62	4,06	5,10	17,50	17,00	12,70	8,70	9,13	5,93	5,05	7,20	4,98
% кількісного потенціалу природно-техногенної безпеки	0,05	1,44	2,48	14,88	14,38	10,08	6,08	6,51	3,31	2,43	4,58	2,36
Норма стоку, м <sup>3</sup> /с	2,25	3,48	4,37	15,01	14,58	10,89	7,46	7,83	5,09	4,33	6,18	4,27
Потенціал для використання на МГЕС за вирахованою санітарною витратою в кількості 2,13 м <sup>3</sup> /с	0,12	1,35	2,24	12,88	12,45	8,76	5,33	5,70	2,96	2,20	4,05	2,14
Вироблення електроенергії, тис. кВт×год.	4,58	47,7	87,7	487,1	486,6	331,4	208,3	222,8	111,8	86,03	153,0	83,7
<b>Багатоводний рік</b>												
% норми стоку	2,21	3,31	3,37	11,20	12,60	15,60	13,20	8,64	5,85	7,74	10,50	5,87
% кількісного потенціалу природно-техногенної безпеки	0,15	1,10	1,16	8,99	10,39	13,39	10,99	6,43	3,64	5,53	8,29	3,66
Норма стоку, м <sup>3</sup> /с	3,16	4,73	4,82	16,02	18,02	22,31	18,88	12,36	8,37	11,07	15,02	8,39
Потенціал для використання на МГЕС за вирахованою санітарною витратою в кількості 2,13 м <sup>3</sup> /с	1,03	2,60	2,69	13,89	15,89	20,18	16,75	10,23	6,24	8,94	12,89	6,26
Вироблення електроенергії, кВт×год.	40,3	91,9	105,1	515,9	533,1	515,9	533,1	399,7	235,9	349,4	487,4	244,9

В маловодний рік використовуватиметься гідроенергетичний потенціал р. Шопурка максимально в кількості 146,7 млн м<sup>3</sup> на рік з річною виробкою електроенергії до 2,31 млн кВт×год. В багатоводний рік використовуватиметься гідроенергетичний потенціал

р. Шопурка максимально в кількості 257,3 млн м<sup>3</sup> на рік з річною виробкою електроенергії до 4,05 млн кВт×год.

Будівництво МГЕС, дериваційного каналу, утворення водойми вище підпірної дамби вплине на гідрологічний режим р. Шопурка з різноманітними проявами, які можливо мінімізувати.

Виходячи з цього, нами застосована власна методика обрахунку кількості водних ресурсів в межах проектної ділянки, де не проводились натурні спостереження [3]. В результаті отримані дані (див. табл. 3), що дозволяють надати певні рекомендації.

Потрібно зауважити, що дані внутрішньорічного розподілу стоку, отримані нами за даними багаторічних спостережень, відрізняються від поданих в проектній документації в бік більшої варіації.

На повну встановлену потужність в 843 кВт, яка потребує витрати води 13,64 м<sup>3</sup>/с МГЕС зможе працювати чотири повні місяці в багатоводний рік, два повних місяці у середній за водністю рік і шість повних місяців на рік у багатоводні роки при використанні обладнання виробництва фірми ТОВ «Мінігідро» (м. Харків): трьох гідроагрегатів з горизонтальними турбінами Т-90Р і одного гідроагрегату Т-50, і асинхронними генераторами в комплекті з системою автоматичного керування. На 75% своєї потужності станція зможе працювати півроку в багатоводний рік, три повних місяці у середній за водністю рік та два місяці в маловодний рік. Нестача водних ресурсів буде відчутна в осінньо-зимову межень, що є характерною для Карпатських рік. З вересня по лютий станція зможе працювати максимум на 35% встановленої потужності в маловодні та середні за водністю роки.

Якщо МГЕС буде використовувати обладнання виробництва Kossler GmbH & Co KG (Австрія, м. Піра): один гідроагрегат з горизонтальною турбіною каплан S16/MR4 і синхронним генератором в комплекті з системою автоматичного керування, тоді повна встановлена потужність в 694 кВт, потребує витрати води 12,24 м<sup>3</sup>/с та МГЕС зможе працювати п'ять повних місяців в багатоводний рік, по два повних місяці у середній за водністю рік та маловодний. На 75% своєї потужності станція зможе працювати півроку в багатоводний рік, три повних місяці у середній за водністю рік та два місяці в маловодний рік. Нестача водних ресурсів буде відчутна в осінньо-зимову межень, що є характерною для Карпатських рік. З вересня по лютий станція зможе працювати максимум на 40% встановленої потужності в маловодні та середні за водністю роки.

Відповідно до [4-6] величина санітарного попуску повинна бути не менше мінімальної середньої середньодобової витрати водотоку в побутовому гідрологічному режимі літньої і зимової межені року 95% забезпеченості. Проектом передбачено забезпечення попуску витрат води в рибиході МГЕС в кількості 1,36 м<sup>3</sup>/с, яка обґрунтована як санітарна витрата за проектом на рівні мінімальної середньомісячної (за 30 діб) витрати води,  $Q$  м<sup>3</sup>/с, 95% забезпеченості.

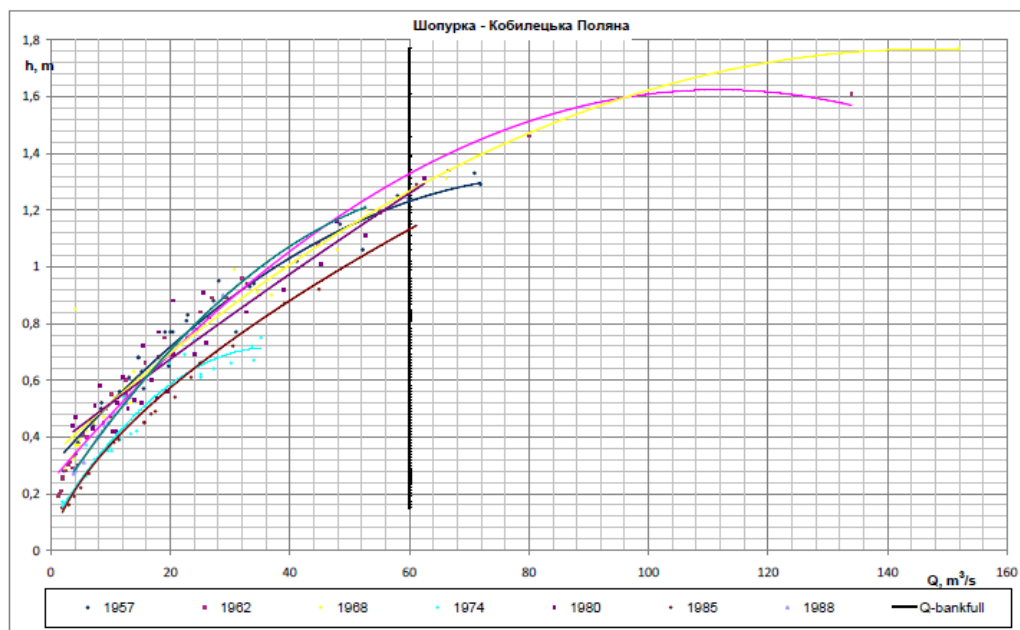
Але, така витрата є недостатньою для збереження гідробіонтів р. Шопурка, що підтверджується іхтіологічними дослідженнями.

Оскільки МГЕС – станція дериваційного типу, то вся вода, що відбирається для пропуску через турбіну, потрапляє назад у річку в нижній б'єф в повному обсязі через 270 метрів дериваційного каналу. Тому питання санітарних пропусків для такої станції в природне русло р. Шопурка, де постійно буде знаходитись тільки обсяг санітарного попуску і вода перелив під час повені і паводків визначатиме життєдіяльність водних живих ресурсів, Основні вимоги до санітарного попуску – це забезпечення прийнятної для риби швидкості потоку та прийнятних глибин (не менше 24 см). В період межених витрат ширина русла (згідно проведених 10-11 травня 2018 р. натурних досліджень) складала 9,0 м. При швидкості течії 1,0 м/с і глибині не менше 0,24 м, санітарна витрата води складатиме близько 2,16 м<sup>3</sup>/с. (рис. 2).

Для розрахунку якісної складової природно-техногенної безпеки гідроекосистеми р. Шопурка застосована функціональна залежність норми комплексного індексу

потенціалу якості (КПЯ) Тилянської гідроекосистеми в межах Карпатського регіону з висотою місцевості показала (КПЯ=8,13-39,3/Н0,5), що для створу розташування МГЕС показник якісної складової природно-техногенної безпеки гідроекосистеми знаходиться на рівні КПЯ=6,12, що є оптимальним для стану гідроекосистеми і за класифікацією рівня природно-техногенної безпеки відносить ділянку р. Шопурка до безпечної [7].

Для водного середовища характерні прямі впливи, які полягають у промисловому використанні річкового стоку р. Шопурка, що призведе до зміни динамічних властивостей водотоку та зміни морфології русла річки. При улаштуванні підпору буде очікуватись деградація русла в місці спорудження.



**Рис. 2. Залежність витрат води від середньої глибини водного об'єкту  $Q=f(h_{ср})$  для створу р. Шопурка – с. Кобилецька Поляна [8]**

Прогнозується, що забруднення поверхневих вод р. Шопурка в період будівництва і експлуатації МГЕС не відбуватиметься. Як приклад, наведемо дані по одній з найперших малих ГЕС в Карпатському регіоні – Пробійнівській, яка має вдвічі більшу потужність. Аналіз проб поверхневих вод, який виконувався для Пробійнівської ГЕС №1 (розташована в басейні р. Черемош) показав, що жоден з нормативів якості води не перевищений [9].

Опосередкованими забруднювачами поверхневих вод є: автомобільний транспорт (наприклад, аварійний вилів масла на дорогу та змив його в ріку); антропогенна діяльність – місцеві жителі, які забруднили побутовим сміттям прилеглу територію або викидають сміття безпосередньо у водойму.

**Висновки.** Реалізація проекту будівництва МГЕС на річці Шопурка в Рахівському районі Закарпатської області потужністю 694-843 кВт (в залежності від обраної технічної альтернативи), за умови дотримання запроектованих захисних, відновлюваних, охоронних, ресурсозберігаючих та компенсаційних заходів при розробленні робочої документації, під час будівництва, експлуатації МГЕС аж до завершення життєвого циклу котрі забезпечать прийнятний рівень природно-техногенної безпеки гідроекосистеми басейну р. Шопурка, не викликать суттєвих екологічних впливів, що виходять за межі можливих природних коливань компонентів довкілля.

### Література

1 Олійник В. С., Паньків Н. І., Ткачук О. М., Блистів В. І. Висотно-поясні закономірності стокорегулювальної ролі лісів Карпат Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т.1(36)/ – С.39-45



- 2 Гідрометеорологічні умови басейну Чорної Тиси та їх вивчення // За ред.Ободовського О. Г. // К: ВГЛ Обрії, 2005. – 172 с.
- 3 Архипова Л. М. Методи якісної і кількісної оцінки природно-техногенної безпеки гідро екосистем// III-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology-2011), 21-24 вересня, 2011. Збірник наукових статей. Том 1. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – С.45-49
- 4 ДБН В 2.4.-3:2010 «Гідротехнічні споруди. Основні положення»;
- 5 Постанова КМУ № 996 від 3.11.2010 (із змінами згідно з Постановою КМУ від 8.04. 2015 № 234) «Про затвердження Порядку визначення розмірів і меж водоохоронних зон та режиму ведення господарської діяльності в них».
- 6 Водний кодекс України (1995) із змінами (від 06.06.1995 № 213/95-ВР);
- 7 Архипова Л. М., Адаменко Я. О. Просторовий розподіл параметрів екологічної безпеки поверхневих вод Закарпаття// Екологічна безпека, №2/2013 (16), Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського, Кременчук, 2013 – С.9-14 [http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Ekol\\_bezpeka/index.html](http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Ekol_bezpeka/index.html)
- 8 Ободовський Ю. О. Гідроморфоекологічна оцінка руслових процесів та гідроенергетичного потенціалу річок Верхньої частини басейну Тиси (в межах України) // Дисертація на здобуття наукового ступеня канд.геогр. наук К: КНУ ім.. Т. Шевченка. 2017.
- 9 Архипова Л. М., Адаменко Я.О. Оценка гидроэкологических рисков строительства малых ГЭС в туристическо-рекреационном регионе Западной Украины// Наука и мир. Международный научный журнал, №3(7), Изд-во «Научное обозрение». - 2014, Том 1. С. 267-272. Импакт-фактор журнала – 0,325 (Global Impact Factor 2013, Австралия) [www.scienceph.ru](http://www.scienceph.ru)
- 10 Jacobson, Mark Z.; et al. (2015). "100% clean and renewable wind, water, and sunlight (WWS) all-sector energy roadmaps for the 50 United States". Energy and Environmental Science. 8: 2093–2117. doi:10.1039/C5EE01283J
- 11 Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» (від 23.05.2017 № 2059-VIII) .
- 12 Renewable Energy: Power for a Sustainable Future/ Edited by Godfrey Boyle. Oxford, United Kingdom. - 2012, 584 pages.

© Л. М. Архипова,  
Я .О. Адаменко

*Надійшла до редакції 31 травня 2018 р.  
Рекомендував до друку  
докт. техн. наук О. М. Мандрик*