

## ДО ПИТАННЯ СТВОРЕННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ РІЧКОВИХ БЕРЕГОВИХ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ БЕЗ БУДІВНИЦТВА ГРЕБЕЛЬ І НАКОПИЧУВАЛЬНИХ ВОДОСХОВИЩ

### Володимир Шмандій

доктор технічних наук, професор кафедри екології та біотехнологій,  
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Першотравнева, 20,  
м. Кременчук, Україна, 39600, [ecsafety.sh@gmail.com](mailto:ecsafety.sh@gmail.com)  
ORCID: 0000-0002-8811-4824

### Віктор Андрєєв

аспірант кафедри екології та біотехнологій  
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Першотравнева, 20,  
м. Кременчук, Україна, 39600, [brgpavia@gmail.com](mailto:brgpavia@gmail.com)

### Олена Харламова

доктор технічних наук, доцент кафедри екології та біотехнологій,  
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Першотравнева, 20,  
м. Кременчук, Україна, 39600, [KharlamovaOVdoc@gmail.com](mailto:KharlamovaOVdoc@gmail.com)  
ORCID: 0000-0001-8844-8368

### Тетяна Ригас

кандидат технічних наук, доцент кафедри екології та біотехнологій,  
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Першотравнева, 20,  
м. Кременчук, Україна, 39600, [tinarigas7@ukr.net](mailto:tinarigas7@ukr.net)  
ORCID: 0000-0001-9297-2787

### Лілія Безденежних

кандидат технічних наук, доцент кафедри екології та біотехнологій,  
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Першотравнева, 20,  
м. Кременчук, Україна, 39600, [liliabezdeneznyh@gmail.com](mailto:liliabezdeneznyh@gmail.com)  
ORCID: 0000-0002-4656-7016

### Софія Юзефович

студентка кафедри екології та біотехнологій  
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Першотравнева, 20,  
м. Кременчук, Україна, 39600, [sonkagoldhand2@gmail.com](mailto:sonkagoldhand2@gmail.com)

Найпоширенішим підходом з вироблення електроенергії на великих річках є створення потужних гідроелектростанцій із системою перепуску води під час підняття або опускання річкових суден. Для цього необхідне створення великих за обсягом і площею накопичувальних водосховищ. Це призводить до знищення не тільки родючих земель, а й культурно-історичних місць. Виникла необхідність реалізації альтернативних способів отримання гідроелектроенергії. У роботі запропоновано алгоритм використання ріки для збільшення енергетичного потенціалу; алгоритм складатиметься з таких пунктів: складання графіка скидання води, встановлення часу та тривалості скидання; проведення водно-енергетичного розрахунку для визначення кількісних значень елементів енергетичного та водного режимів; визначення енергетичних показників планованих ГЕС за умови роботи на зарегульованому стоці; виконання енергетичних розрахунків, які дають змогу оцінити ефективність планованих заходів та остаточно обрати раціональний варіант схем. Розглянуто питання створення в районі острова "Фантазія" (м. Кременчук) гідроелектростанції берегової (ГБ-2) з двома турбінами. Запропоновано поглибити дно протоки на 3-4 м від природного максимального рівня, відносно основного судноплавного місця річки – для збільшення напору. Детально обговорено процес монтажу та налагодження елементів берегової гідроелектростанції в конкретних умовах.

**Ключові слова:** гідроелектростанція, екологічна безпека, гребля, турбіна, генератор.

**Актуальність роботи.** Антропогенний вплив людської діяльності в регіоні, де розташований Кременчук, характеризується підвищеним рівнем екологічної небезпеки [1]. Значною мірою це стосується проблем, пов'язаних з наявністю штучних водосховищ [2, 3]. Загроза прориву гребель водосховищ Дніпровського каскаду широко обговорювалася і продовжує обговорюватися в літературі та засобами масової інформації [4].

Так, головний інженер проекту Дніпровського каскаду Бакшеєв Є.А. запевнив населення, яке проживає нижче створу Київської греблі, що вони не помітять аварії, бо Канівське водосховище може прийняти додатковий об'єм усього Київського водосховища. Згодом обсяг Київського водосховища зменшиться за рахунок замулювання з 3.7 до 1.7 мільярдів кубічних метрів, і відповідно зменшується загроза затоплення [5].

Першою вадою Київського гідровузла і всіх гідроелектростанцій, побудованих на м'яких ґрунтах, є сполучення жорстких частин конструкції з ґрунтом, тобто підмивання. Другим недоліком є дренажна призма та потенційна загроза руйнування азбестоцементних труб з часом. Третьою проблемою Дніпровського басейну є перетворення всіх водосховищ на болота з надзвичайно низькою продуктивністю рибного господарства [6, 7]. Четверта проблема полягає в тому, що робота ГЕС здебільшого розрахована на паводки або багатоводні роки, а отже, режими роботи ГЕС здебільшого характеризуються частим вимкненням агрегатів упродовж доби, аж до їхньої повної зупинки, внаслідок чого необхідно підключатися до енергосистеми для задоволення своїх технологічних потреб. Ситуація останніми роками погіршується у зв'язку зі зменшенням випадання опадів у літню та зимову пору року [8].

Таким чином, ГЕС Дніпровського каскаду не вносять в енергосистему країни помітного приросту електроенергії, але несуть великі експлуатаційні витрати [9, 10]. Між іншим, таке використання ГЕС спричиняє і серйозні екологічні проблеми – підмивання берегів, цвітіння води, зміну клімату в районах знаходження водойм.

Унаслідок аналізу використання ГЕС Дніпровського каскаду вважаємо за доцільне розглянути пропозиції щодо розв'язання порушених проблем шляхом розгляду проектів із підвищення енерговіддачі ГЕС, їхньої безпеки та розгляду проектів на використання річок у рівнинній місцевості, тобто, наприклад, між водосховищами Дніпровського каскаду.

**Матеріали та результати досліджень.** Спочатку проаналізуємо, як можна використати

течію води з малою швидкістю переміщення і підвищити її швидкість штучним шляхом.

У природних умовах енергія річок розсіюється по їхній довжині й ефективно використовувати її складно. За допомогою штучних гідротехнічних споруд перепад ділянки річки можна зосередити в одному створі й отримати в цьому створі деякий напір (Н).

Отже, встановивши турбіни і пропускаючи через них води витратою (Q) під напором (Н) можна отримати деяку потужність (N).

Комплексне використання водних ресурсів ми розглядатимемо на річці Дніпро в районі острова «Фантазія» в м. Кременчук.

Для об'єктивного аналізу схеми використання річки пропонуємо такий алгоритм – Кременчуцькій ГЕС доцільно скласти графік скидання води, встановити час і тривалість скидання, наскільки піднімається рівень води та швидкість течії в районі встановлення досліджуваного гідровузла. Далі проводиться водно-енергетичний розрахунок для визначення кількісних значень елементів енергетичного та водного режимів. У складі цих розрахунків виконуються аналіз регулювання стоку в часі при скиданні води з водосховищ. Визначаються енергетичні показники планованих ГЕС під час роботи на зарегульованому стоці. Результати водо-енергетичних розрахунків слугують основою для виконання енергетичних розрахунків, які дають змогу оцінити ефективність планованих заходів і остаточно вибрати раціональний варіант схеми використання річки. Як вихідні дані необхідні докладні відомості про річку, про глибину русла, на якій створюється гідровузел, інженерні опрацювання щодо способу створення напору, що відрізняється від природного. Для цього вважаємо за доцільне в районі острова "Фантазія" поглибити дно протоки на 3-4 м від природного максимального рівня відносно основного судноплавного місця річки – для збільшення напору вдвічі.

Розглянемо питання створення гідроелектростанції берегової (ГБ-2) з двома турбінами ГБ-2. На рис. 1 показано станцію з двома турбінами і 8 генераторами на кожну турбіну з плаваючими понтонними поплавками (1) і (2).

Один кінець блоку встановлений на понтонному поплавці, а інший кінець закріплений у шарнірній підвісці бічної стіни берега. Так, із підняттям рівня води лівий (правий) кінець блоку з понтонами піднімається або опускається, а отже, і піднімається блок, закріплений шарнірно до правого (лівого) берега стіни. На рис. 1 показано основні відсіки:

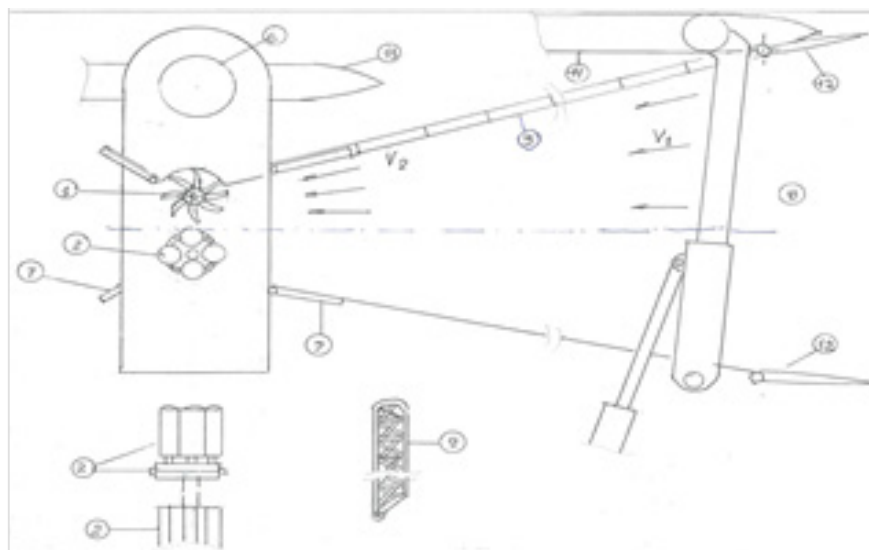


Рис. 1. Принципова схема гідроелектростанції берегової (ГБ-2)

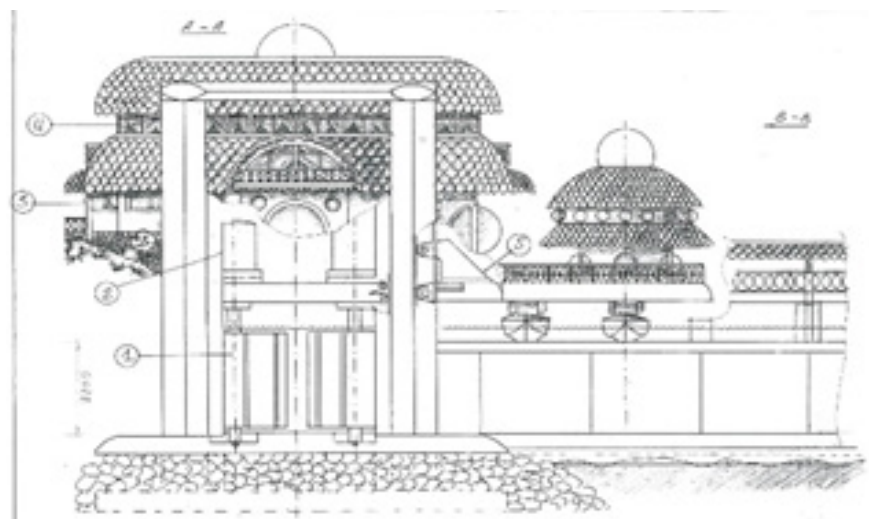


Рис. 2 Зовнішній вигляд берегової гідроелектростанції

1 – нижній турбінний відсік із системою підняття й опускання;

2 – середній генераторний відсік із редуктором-мультиплікатором або масивним трьох- чотирьох/рядним шківом і системою підняття й опускання;

3 – диспетчерський середній відсік із розміщенням системи управління всього комплексу;

4 – верхній відсік для відпочинку, спостереження за обстановкою навколо комплексу (рис. 2);

5 – відсік із системою підняття шлюзового комплексу для профілактики або ремонту гідрокомплексу;

6 – компресорний відсік із розміщенням установок для підняття шлюзових камер;

7 – системи 2-х передніх і 2-х турбінних воріт під час ремонту нижнього турбінного відсіку.

Характеристика берегової гідроелектростанції залежить від вимоги замовника, а значить від кількості турбін і генераторів. Проект готується індивідуально для кожної місцевості з урахуванням збільшення споживаної потужності на майбутнє.

Розглянемо процес створення ГБ-2. Монтаж і комплектація станції проводиться на заводі. Транспортування готової станції здійснюється залізничним, автомобільним або річковим транспортом до місця встановлення.

Попередньо ведеться підготовка місця установки: очищається дно від каміння, крейда-

них відкладень. Берегова межа поглиблюється під кутом  $90^{\circ}$ . Проводиться ізолювання земної поверхні та водного простору гідроцинтами на відстані 1-2 м. Потім у цей простір встановлюється опалубка з армованим каркасом. Викачується вода і потім заповнюється бетоном підвищеної стійкості. Потім проводиться збірка самої гідроелектростанції за допомогою берегових і річкових плаваючих кранів за модульною схемою: розміщуються турбінний, генераторний, понтонний відсік платини, систем складання, а потім ставиться диспетчерський відсік.

Початок роботи гідроелектростанції починається з розведення лівої-правої шлюзової стіни. Після чого, за допомогою вузлів, блокується вся система складання (8). Починається опускання турбінного модуля разом із редуктором-мультиплікатором (9) і генераторами. Відкриваються задні (7) і передні (7) ворота. Після опускання і відкриття воріт, турбіна починає повільно обертатися завдяки природному швидкісному напору води. Для збільшення швидкості обертання турбіни проводиться почергове опускання шлюзових камер (9). Опускання починається з найближчого до турбіни шлюзу шляхом відкривання нижніх клапанів. Рівень води в кожній шлюзовій камері змінюється залежно від рівня води в річці. Після кожного опускання шлюзової камери швидкість течії, а значить і кількість обертів турбін, збільшуватиметься. Система вийде на заплановану потужність після опускання всіх шлюзових камер і відкриття передніх входних воріт (12).

Основний завантажений вузол з виробництва вироблення електроенергії з часом зношується, тому необхідна профілактика і ремонт. Причина – турбінний вузол перебуває у водному середовищі, де великий тиск і велика швидкість потоку, потрапляє пісок, тверді предмети (дошки, палиці).

Перед початком підйому вузла закриваються передні (7) і задні (7) ворота. Ремонт можна виконувати двома способами: шляхом відкачування води з міжтурбінного простору або за допомогою підняття турбін разом із нижнім турбінним майданчиком, де розміщена нижня частина вала турбіни. Проводиться змашування нижніх підшипників або їх заміна, а також і заміна сальникового вузла.

Після ремонту турбіни опускаються у воду, відкриваються передні і задні турбінні ворота (7). Турбіна починає обертатися.

Також доцільно розглянути варіант комплексного ремонту або профілактики всього гідро-

комплексу. На наш погляд, доречно запропонувати такий алгоритм дій: спочатку закриваються передні входні ворота (12), закачується повітря в кожну шлюзову камеру (4), тобто проводиться підйом усіх шлюзових камер. Після підняття, якщо це необхідно, проводиться розблокування системи (8). Починається складання шлюзової системи (9) і виконується профілактика або ремонт комплексу. Після виконання всіх операцій шлюзова система розкладається і блокується. Опускаються шлюзові камери шляхом випуску повітря, тобто проводиться заповнення водою. Після цього відкриваються передні ворота (12) і гідрокомплекс працює на повну потужність. Передбачено систему прискореного підйому кожної шлюзової камери.

**Висновки.** Запропоновано алгоритм використання річки для збільшення енергетичного потенціалу, що включає складання графіка скидання води Кременчуцькою ГЕС, установлення часу та тривалості скидання; проведення водно-енергетичного розрахунку для визначення кількісних значень елементів енергетичного та водного режимів; визначення енергетичних показників планованих ГЕС за умови роботи на зарегульованому стоці; виконання енергетичних розрахунків, які дають змогу оцінити ефективність планованих заходів та остаточно вибрати раціональний варіаційний режим; виконання енергетичних розрахунків, які дають змогу оцінити ефективність запланованих заходів та остаточно вибрати раціональний варіант схем.

Розглянуто питання створення в районі острова «Фантазія» (м. Кременчук) гідроелектростанції берегової (ГБ-2) з двома турбінами. Запропоновано поглибити дно протоки на 3-4 м від природного рівня, відносно основного судноплавного місця річки – для збільшення напору.

Детально обговорено процес монтажу і налагодження елементів берегової гідроелектростанції в конкретних умовах.

Подальший розвиток досліджень вбачаємо в проведенні вимірювань параметрів роботи ГБ-2 експериментальним шляхом

## ЛІТЕРАТУРА

1. Шмандій В. М., Харламова О. В., Ригас Т. Е. Показники екологічної безпеки в Кременчуцькому промисловому регіоні під дією індукованих землетрусів. *Науковий вісник Національного гірничого університету*. 2018. № 5. С. 115-121.
2. Шмандій В.М., Харламова О.В., Солошич І.О., Ригас Т.Є. Управління екологічними проектами в умо-

вах дії антропогенних чинників формування небезпеки. *Науково-технічний журнал "Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування"*. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ. 2021. Вип. 2 (24). С. 42.

3. Екологічна безпека. Підручник / В.М. Шмандій, М.О. Клименко, Ю.С. Голік, А.М. Прищеп, В.С. Бахарєв, О.В. Харламова. Херсон : Олді-плюс, 2019. 336 с.

4. В.В.Лутаєв, С.В.Сунічук. Гідроелектростанції (Машинна будівля ГЕС). *Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення*. Рівне : НУВГП, 2008. 138с.

5. Багмет О. Б. Трансформація рельєфу в районах гідротехнічного будівництва (Дніпровський каскад водосховищ). *Фізична географія та геоморфологія*. 2015. Вип. 4(2). С. 77-83.

6. Коваленко С. А., Пономаренко Р. В., Третьяков О. В., Іванов Є. В. Дослідження зміни екологічного стану річки Псел. *Науково-технічний журнал «Техногенно-екологічна*

*безпека»*. Харків : Національний університет цивільного захисту України. 2021. Вип 10(2/2021). С. 45–51.

7. О. В. Харламова, М. С. Мальований, В. М. Шмандій, А. І. Святенко. Шляхи підвищення ефективності анаеробно-аеробних процесів біологічного очищення стічних вод: "Водопостачання та водовідведення" : монографія. Люблін : Люблінський технологічний університет, 2018. С. 124-131.

8. Багмет О. Б. Вплив Дніпровського каскаду водосховищ на сучасний геоморфогенез прилеглих територій. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна*. 2017. Вип. 17. С. 55-62.

9. Ю.С. Власюк, Д.В. Стефанишин. Про проблеми та перспективи малої гідроенергетики в Україні. *Математичне моделювання в економіці*. 2018. № 1(10). С. 126-138.

10. Стефанишин Д. В. Соціально-екологічні проблеми відновлення та модернізації малих гідроелектростанцій в Україні. *Гідроенергетика України*. № 1-2. 2015. С. 18-22.

## TO THE ISSUE OF CREATION AND OPERATION OF RIVER COASTAL HYDROELECTRIC POWER STATIONS WITHOUT THE CONSTRUCTION OF DAMS AND STORAGE RESERVOIRS

### **Volodymyr Shmandiy**

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Ecology and Biotechnology, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi national university, 20, Pershotravneva Street, Kremenchuk, Ukraine, 39600, [ecsafety.sh@gmail.com](mailto:ecsafety.sh@gmail.com)  
**ORCID: 0000-0002-8811-4824**

### **Victor Andreev**

Postgraduate Student of the Department of Ecology and Biotechnology, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi national university, 20, Pershotravneva Street, Kremenchuk, Ukraine, 39600, [brgpavia@gmail.com](mailto:brgpavia@gmail.com)

### **Olena Kharlamova**

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology and Biotechnology, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi national university, 20, Pershotravneva Street, Kremenchuk, Ukraine, 39600, [KharlamovaOVdoc@gmail.com](mailto:KharlamovaOVdoc@gmail.com)  
**ORCID: 0000-0001-8844-8368**

### **Tetiana Rigas**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology and Biotechnology, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi national university, 20, Pershotravneva Street, Kremenchuk, Ukraine, 39600, [tinariigas7@ukr.net](mailto:tinariigas7@ukr.net)  
**ORCID: 0000-0001-9297-2787**

### **Lilia Bezdenezhnyh**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology and Biotechnology, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi national university, 20, Pershotravneva Street, Kremenchuk, Ukraine, 39600, [liliabezdenezhnyh@gmail.com](mailto:liliabezdenezhnyh@gmail.com)  
**ORCID: 0000-0002-4656-7016**

### **Sofia Yuzefovych**

Student of the Department of Ecology and Biotechnology, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi national university, 20, Pershotravneva Street, Kremenchuk, Ukraine, 39600, [sonkagoldhand2@gmail.com](mailto:sonkagoldhand2@gmail.com)

**Purpose.** The most common approach to generating electricity on large rivers is the creation of powerful hydroelectric power plants with a water transfer system, the creation of large in volume and area of storage reservoirs. This leads to

the destruction of not only fertile lands, but also cultural and historical places. There was a need to implement alternative methods of obtaining hydroelectric power. **Methodology.** Methods of creating algorithms, logical analysis of factual material, method of analogies are used. **Results.** An algorithm for using the river to increase the energy potential is proposed. It consists of drawing up a schedule for water discharge, setting the time and duration of discharge; carrying out water-energy calculation to determine the quantitative values of the elements of the energy and water regimes; determination of energy indicators of the planned hydroelectric power plants, subject to work done regulated runoff; implementation of energy calculations that allow to assess the effectiveness of the planned activities and finally choose a rational version of the scheme for the use of the river. **Findings.** It is proposed to deepen the bottom of the channel by 3-4 m from the natural level, relative to the main navigable area of the river – to increase the pressure. The process of installation and commissioning of the elements of the onshore hydroelectric power plant in specific conditions is discussed in detail. **Practical value.** The issue of creation of a coastal hydroelectric power station (GB-2) with two turbines in the area of the island "Fantasia" (Kremenchuk) was considered.

**Key words:** hydroelectric power station, environmental safety, dam, turbine, generator.

## REFERENCES

1. Shmandiy, V. M., Kharlamova, O. V., Rigas, T. E. (2018). Pokaznyky ekolohichnoi bezpeky v Kremenchutskomu promyslovomu rehioni pid diieiu indukovanykh zemletrusiv [Environmental safety indicators in the Kremenchuk industrial region under the influence of induced earthquakes]. *Naukovi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu – Scientific Bulletin of the National Mining University*, 5, 115-121 [in Ukrainian].
2. Shmandiy, V.M., Kharlamova, O.V., Soloshich, I.O., Rigas, T.E. (2021). Upravlinnia ekolohichnymy proektamy v umovakh dii antropohennykh chynnykiv formuvannia nebezpeky [Management of environmental projects under the conditions of anthropogenic factors of hazard formation]. *Naukovo-tehnichnyi zhurnal "Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannia – Scientific and Technical Journal "Ecological Safety and Balanced Resource Use"*, 2 (24), 42 [in Ukrainian].
3. Shmandiy, V.M., Klimenko, M.O., Golik, Yu.S., Prischepa, A.M., Bakharev, V.S., Kharlamova, O.V. (2019). *Ekolohichna bezpeka [Environmental safety]*. Kherson: Oldie Plus [in Ukrainian].
4. Lutayev, V.V., Sunichuk, S.V. (2008). *Hidroelektrostantsii (Mashynna budivlia HES). [Hydroelectric power plants (Machine building of hydroelectric power plants)]*. Rivne: NUWGP [in Ukrainian].
5. Bagmet, O. B. (2015) Transformatsiia reliefu v raionakh hidrotekhnichnoho budivnytstva (Dniprovskiy kaskad vodoshkovyshch) [Transformation of the relief in the areas of hydrotechnical construction (Dnieper cascade of reservoirs)]. *Fizychna heohrafiia ta heomorfologhiia – Physical geography and geomorphology*, 4(2), 77-83 [in Ukrainian].
6. Kovalenko, S. A., Ponomarenko, R. V., Tretyakov, O. V., Ivanov, E. V. (2021). Doslidzhennia zminy ekolohichnoho stanu richky Psel [Study of changes in the ecological condition of the Psel River]. *Naukovo-tehnichnyi zhurnal «Tekhnogenno-ekolohichna bezpeka» – The scientific and technical journal "Technogenic and Ecological Safety"*, 10, 45–51 [in Ukrainian].
7. Kharlamova, O.V., Malovanyy, M. S., Shmandiy, V. M., B Svyatenko, A.I. (2018). *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti anaerobno-aerobnykh protsesiv biologichnoho ochyshchennia stichnykh vod: "Vodopostachannia ta vodovidvedennia" [Ways of increasing the efficiency of anaerobic-aerobic processes of biological wastewater treatment: «Water Supli and Wastewater Disposal»]*. Lublin: Lublin Universiti of Technology [in Ukrainian].
8. Bagmet, O. B. (2017). Vplyv Dniprovskoho kaskadu vodoshkovyshch na suchasnyi heomorfohenez prylyhlykh terytorii [Influence of the Dnieper cascade of reservoirs on the modern geomorphogenesis of the adjacent territories]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V. N. Karazina – Bulletin of V. N. Karazin Kharkiv National University*, 17, 55-62 [in Ukrainian].
9. Vlasyuk, Y.S., Stefanyshyn, D.V. (2018). Pro problemy ta perspektyvy maloi hidroenerhetyky v Ukraini [On problems and prospects of small hydropower engineering in Ukraine]. *Matematychni modeliuvannia v ekonomitsi – Mathematical modeling in economics*, 1(10), 126-138 [in Ukrainian].
10. Stefanyshyn, D.V. (2015). Sotsialno-ekolohichni problemy vidnovlennia ta modernizatsii malykh hidroelektrostantsii v Ukraini [Social and environmental problems of restoration and modernization of small hydroelectric power plants in Ukraine]. *Hidroenerhetyka Ukrainy – Hydropower of Ukraine*, 1-2, 18-22 [in Ukrainian].

Стаття надійшла 24.02.2023