ПРОГНОЗУВАННЯ МАСШТАБІВ ВПЛИВУ НА СТАН ПРИРІЧКОВИХ ТЕРИТОРІЙ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ МАЛИХ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

С. В. Атаєв

Рівненський державний гуманітарний університет

вул. Степана Бандери, 12, м. Рівне, 33000, Україна. E-mail: atajev@ukr.net

Розглянуто проблему визначення масштабів поширення змін у навколишньому середовищі при введенні в експлуатацію малих гідроелектростанцій, які тривалий період перебували у «законсервованому» стані. Аналізуються зміни природних процесів та явищ, умов проживання населення та експлуатації народногосподарських об'єктів в районі розташування гідроелектростанцій при їх відновленні. Запропоновано визначати масштаб впливу гідроенергетичних об'єктів на стан прирічкових територій шляхом порівняння прогнозованих рівнів ґрунтових вод (при сталому режимі фільтрації) із фіксованими рівнями у спостережувальних свердловинах (до введення гідроелектростанцій в експлуатацію). В залежності від амплітуди рівнів ґрунтових вод у спостережувальних свердловинах фіксуємо не лише масштаб впливу малих гідроелектростанцій на стан довкілля, але і інтенсивність змін природних процесів та явищ на прирічкових територіях. При визначенні масштабів впливу відновлення експлуатації малих гідроелектростанцій за критичне значення прогнозованої амплітуди рівня ґрунтових вод на територіях, що охоплені порушенням гідрогеологічним режимом, було прийнято величину, яка перевищує амплітуду рівня ґрунтових вод при побутовому стані річки не менше ніж на 0,25 м. Інформація щодо потенційного масштабу впливу гідроелектростанцій на стан прирічкових територій надає можливість формувати компенсаційні заходи для місцевого населення ще до відновлення їх експлуатації, уникаючи при цьому конфліктів з населенням, формуючи екологічно безпечні режими експлуатації з урахуванням фоновому зарегулювання річок.

Ключові слова: гідроелектростанція, вплив, рівень ґрунтових вод, спостережувальна свердловина.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МАСШТАБОВ ВЛИЯНИЯ НА СОСТОЯНИЕ ПРИРЕЧНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИ ВОЗОБНОВЛЕНИИ МАЛЫХ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

С. В. Атаев

Ровенский государственный гуманитарный университет

ул. Степана Бандеры, 12, г. Ровно, 33000, Украина. E-mail: atajev@ukr.net

Рассмотрена проблема определения масштабов распространения изменений в окружающей среде при вводе в эксплуатацию малых гидроэлектростанций, которые длительный период находились в «законсервированном» состоянии. Анализируются изменения природных процессов и явлений, условий проживания населения и эксплуатации народнохозяйственных объектов в районе расположения гидроэлектростанций при их восстановлении. Предложено определять масштаб влияния гидроэнергетических объектов на состояние приречных территорий путем сравнения прогнозируемых уровней грунтовых вод (при установившемся режиме фильтрации) с фиксированными уровнями в наблюдательных скважинах (до введения гидроэлектростанций в эксплуатацию). В зависимости от амплитуды уровней грунтовых вод в наблюдательных скважинах фиксируем не только масштаб влияния малых гидроэлектростанций на состояние окружающей среды, но и интенсивность изменений природных процессов и явлений на приречных территориях. При определении масштабов влияния возобновления эксплуатации малых гидроэлектростанций за критическое значение прогнозируемой амплитуды уровня грунтовых вод на территориях, охваченных нарушенным гидрогеологическим режимом, было принято величину, превышающую амплитуду уровня грунтовых вод при бытовом состоянии реки не менее чем на 0,25 м. Информация о потенциальном масштабе воздействия гидроэлектростанций на состояние приречных территорий позволяет формировать компенсационные меры для местного населения еще до восстановления их эксплуатации, избегая при этом конфликтов с населением, формируя экологически безопасные режимы эксплуатации с учетом фоновому зарегулирования рек.

Ключевые слова: гидроэлектростанция, влияние, уровень грунтовых вод, наблюдательная скважина.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. При відновленні експлуатації малих гідроелектростанцій (МГЕС) у складі існуючих напірних гідротехнічних споруд (ГТС), які тривалий період перебували у «законсервованому» стані, відбуваються зміни режиму рівнів води у річці [1, 2]. Це може викликати збільшення масштабів їх впливу на ріку і прирічкові території в порівнянні із ситуацією, що складалася до введення їх в експлуатацію. Основними техніко-економічними показниками відновлення експлуатації МГЕС, при реалізації яких не уникнути змін річкового стоку, є розрахунковий напір, режим рівнів води у б'єфах та витрати води, що проходять через турбіни МГЕС [1, 3]. У верхніх б'єфах масштаб

впливу МГЕС охоплює ділянку річки, де найбільш інтенсивно проявляються наслідки підпору води. В результаті поступового осідання основної маси наносів у водосховищах в нижній б'єф МГЕС поступає освітлений потік води, який за рахунок режиму турбінних попусків сприяє розмиванню дна і берегової лінії з поступовим переміщенням «хвиль» розмиву та відкладенням наносів вниз за течією річки. У нижніх б'єфах масштаб впливу МГЕС на стан річки можна виділити на межі затухання «хвиль» турбінних попусків [4, 5].

В рамках екологічного обґрунтування відновлення МГЕС, які розташовані у різних регіонах України, було встановлено, що визначення масшта-

бів змін у навколишньому середовищі на основі аналізу причинно-наслідкових зв'язків між змінами режиму рівнів води у б'єфах та станом водотоку характеризує лише динаміку гідролого-морфологічних характеристик річок [1, 5]. Більш повну інформацію про наслідки експлуатації МГЕС можна отримати при визначенні масштабів трансформації режиму ґрунтових вод прирічкових територій зарегульованої ділянки водотоку.

Рациональне визначення масштабів впливу експлуатації МГЕС, які тривалий період були зупинені, обумовлюється, в першу чергу, активним використанням прирічкових територій місцевим населенням та різними учасниками водогосподарського комплексу [2, 5]. Після зупинки станцій рівні води у річці, як правило, вирівнюються до побутового. Зникають ареали постійного та тимчасового затоплення і підтоплення прирічкових територій. Це дозволяє більш активно використовувати ресурси заплави річки для ведення сільського господарства. Відсутність режиму експлуатації станцій, нагляду за станом напірних ГТС сприяє поступовій забудові берегової лінії, інколи стихійній з порушенням природоохоронних вимог. Після зупинки МГЕС у береговій зоні з'являються об'єкти житлової та промислової забудови, рекреації та відпочинку, споруди водопостачання та каналізації і т.д. Введення у експлуатацію МГЕС призводить до зміни стану прирічкових територій, обмежуючи, таким чином, можливості використання річкових заплав, змінюючи умови проживання та зайнятості населення, затоплюючи або підтоплюючи народногосподарські об'єкти та території тощо.

Одним із природних процесів, що може впливати на стан прирічкових територій та обмежувати їх використання після відновлення МГЕС, погіршувати умови ведення сільського господарства та експлуатації різних народногосподарських об'єктів, змінювати властивості ґрунтів із розвитком небезпечних фізико-геологічних процесів, сприяти розвитку підтоплення місцевості, призводити до втрати біорізноманіття наземних екосистем та деградації рослинності, є зміни рівнів ґрунтових вод [4–10].

Метою досліджень є визначення ареалів прирічкових територій верхнього та нижнього б'єфів МГЕС, що потерпають від зміни режиму рівнів води у річці після їх відновлення, шляхом порівняння прогнозованих рівнів ґрунтових вод (РГВ) у спостережувальних свердловинах, які відповідають сталому режиму фільтрації після досягнення розрахункового напору МГЕС, із фіксованими РГВ (до введення в експлуатацію).

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Після тривалої зупинки гідроенергетичних об'єктів на прирічкових територіях в межах зарегульованої ділянки водотоку поступово починає формуватися слабопорушений режим ґрунтових вод, який визначається, переважно, гідрометеорологічними умовами. Провідним фактором при цьому є кількість атмосферних опадів [8]. У період випадання значної кількості опадів РГВ підвищується, а в засушливий період, навпаки, знижується. У зв'язку з цим, коливання РГВ має сезонний характер, що призводить

до періодичного обводнення або осушодження (осушення) територій. При введенні МГЕС в експлуатацію слабопорушений режим ґрунтових вод переходить у порушений (техногенний), коли на динаміку РГВ, яка залежала переважно від розвитку природних факторів (атмосферних опадів, рівнів води у річці, фільтраційних властивостей порід і т.д.), починає впливати режим експлуатації МГЕС.

Розглянемо особливості формування техногенного режиму ґрунтових вод прирічкових територій МГЕС на прикладі відновлення Чижівської, Більче-Золотецької та Велико-Сорочинської МГЕС (рис. 1), що розташовані у Житомирській, Тернопільській і Полтавській обл. Станції були зупинені ще у 70-х рр. минулого століття, тому з метою безпечного відновлення їх роботи вирішувалась задача ідентифікації масштабів впливу на стан прирічкових територій, оцінювались можливі наслідки для населення, розвитку сільського господарства, умов експлуатації доріг, інженерних споруд і т.д.

Серед різних факторів формування техногенного режиму ґрунтових вод прирічкових територій МГЕС найбільш вагомим є гідравлічний зв'язок між рівнями води у б'єфах та рівнями залягання ґрунтових вод. Ґрунтові води прирічкових територій та поверхневі води водойм (водотоків) слід розглядати як єдину систему, де порушення рівноваги в одній із складових (наприклад, режиму річки) може впливати на стан іншої (режим ґрунтових вод) [6–8]. В результаті, коливання РГВ слідує за коливанням рівнів води у б'єфах з певним відставанням у часі і поступово затухаючими амплітудами вглиб прирічкових територій, а швидкість їх затухання залежить від потужності, складу та фільтраційних властивостей порід. Чим вище коефіцієнт фільтрації порід і менше їх водовіддача, тим меншою є амплітуда РГВ. Швидке і різке зменшення амплітуди РГВ по мірі віддалення від берега свідчить про слабкий гідравлічний зв'язок між поверхневими та ґрунтовими водами і, навпаки, дуже повільне зменшення РГВ – про сильний взаємозв'язок.

При визначенні ареалів прирічкових територій в районі МГЕС, де можуть проявлятися ефекти техногенного режиму ґрунтових вод, спочатку було виділено ділянки річок з порушеним режимом рівнів води за рахунок відновлення їх експлуатації.

Для верхніх б'єфів МГЕС за такі ділянки водотоків було прийнято зону поширення статичного підпору води напірними ГТС [3–5, 10]. Так, за попередніми оцінками зона виклинування підпору води у верхніх б'єфах Чижівської, Більче-Золотецької та Велико-Сорочинської МГЕС з величиною розрахункового напору від 2 до 6 м становила, відповідно, від 5 до 12 км [1]. В межах поширення підпору води на початковій стадії експлуатації електростанцій спостерігався постійний підйом РГВ, який ускладнювався сезонним збільшенням живлення підземних водоносних горизонтів за рахунок інфільтрації та фільтрації з річок. Після досягнення розрахункового напору МГЕС та відновлення розвантаження ґрунтових вод у водосховищах на прирічкових територіях прослідковувалась стабілізація РГВ на інших більш високих відмітках.

Рисунок 1 – Більче-Золотецька, Чижівська та Велико-Сорочинська гідроелектростанції до введення в експлуатацію

На прилеглих до верхнього б'єфу МГЕС прирічкових територіях (зона А по мірі віддалення від берега, м) поширення техногенного режиму ґрунтових вод при досягненні розрахункового напору визначили за наступними залежностями [6]:

$$A = h_w \operatorname{erfc}(\lambda), \quad \lambda = \frac{x}{2\sqrt{\alpha t_{\text{пов}}}} \quad (1)$$

$$h_w = \frac{\Delta Q}{(gh_0)^{0.5} \cdot B}, \quad (2)$$

де h_w – перепад рівнів води у річці, пов'язаний з регулюванням річкового стоку, м; $\operatorname{erfc}(\lambda)$ – додаткова функція помилок Лапласа, яка затабульована і для розв'язання фільтраційних задач наведена у роботі [9]; x – просторова координата по лінії фільтраційного потоку від урізу берегової лінії водосховища вглиб прирічкових територій, м; α – коефіцієнт провідності підземного водоносного горизонту; $t_{\text{пов}}$ – тривалість повені, дб; ΔQ – пропускна здатність

турбін, $\text{м}^3/\text{с}$; g – прискорення вільного падіння, $\text{м}/\text{с}^2$; h_0 та B – середня глибина та ширина верхнього б'єфу, м.

При визначенні зони А прирічкових територій в районі верхніх б'єфів Чижівської, Більче-Золотецької та Велико-Сорочинської МГЕС було встановлено [6, 7]: на прирічкових територіях, де ґрунтові води розташовані у пісках та суглинках з величиною сезонних коливань рівнів води у річці до 2 м, зона А простягалася на 150-200 м, у суглинчастих водоносних горизонтах – на 50-125 м, а в тріщинуватих карстових породах – до 300 м.

На прирічкових територіях, що обмежені зоною А, амплітуда РГВ найбільше залежала від режиму роботи МГЕС. Оскільки значення амплітуди РГВ може виступати вагомим обмежуючим фактором для використання прирічкових територій після відновлення МГЕС [3, 5], то в залежності від її прогнозованої величини робили висновки про інтенсивність змін природних процесів та явищ. Величина амплітуди РГВ була використана як для визначення масштабів поширення змін у навколишньому середовищі, так і для оцінки рівня трансформації природних ресурсів заплав річок.

В залежності від особливостей гідравлічного зв'язку між рівнями води у верхніх б'єфах МГЕС та ґрунтовими водами прирічкових територій в зоні А може виникати підпір ґрунтових вод [3, 5, 7, 8]. Якщо амплітуда РГВ вглиб прирічкових територій при різних режимах експлуатації МГЕС значно відрізняється від амплітуди за відсутності регулювання річкового стоку (стрімко зростає), то при певних гідрометеорологічних умовах підтоплення прирічкових територій не уникнути. Наслідки підтоплення при введенні МГЕС у експлуатацію є однією із головних причин виникнення конфліктів між власниками гідроенергетичних комплексів, експлуатуючими організаціями та місцевим населенням, що проживає в межах поширення новоствореного підпору води [3]. Відкритим питанням залишається обґрунтування безпечних рівнів залягання ґрунтових вод. Зокрема, у роботах [5, 7] за такий рівень в районі населених пунктів, де розташовані МГЕС, пропонується приймати величину не менше 2,0 м від рівня денної поверхні.

До введення Чижівської, Більче-Золотецької та Велико-Сорочинської МГЕС в експлуатацію процеси підтоплення за рахунок слабопорушеного режиму ґрунтових вод проявлялись у різній мірі. На прирічкових територіях моніторинг за рівнями ґрунтових вод (до відновлення МГЕС) виконувався через мережу спостережувальних свердловин. За даними спостережень в районі верхнього б'єфу Чижівської МГЕС у деяких свердловинах фіксований РГВ в окремі періоди водності річки складав 1,0-1,4 м від рівня денної поверхні, в районі Більче-Золотецької МГЕС – 1,1-1,7 м, в районі Велико-Сорочинської МГЕС – до 1,5 м.

На рис. 2 наведено приклад результатів прогнозування поширення масштабів техногенного режиму ґрунтових вод в районі верхнього б'єфу Велико-Сорочинської МГЕС (зона виклинування підпору води 11,7 км).

Рисунок 2 – Масштаб поширення техногенного режиму ґрунтових вод у верхньому б'єфі Велико-Сорочинської МГЕС (на супутниковому знімку із висотою камери 4,78 км над рівнем моря)

Не менш складною та актуальною проблемою при формуванні екологічно безпечних режимів експлуатації МГЕС після їх відновлення є врахування динаміки РГВ у нижніх б'єфах [3, 4, 8]. В результаті створення перепаду рівнів води у створах гідровузлів на прирічкових територіях нижніх б'єфів може спостерігатися зниження початкових (фіксованих) РГВ, що так само, як і зростання, супроводжується не завжди позитивними процесами та явищами для навколишнього середовища та населення.

Наслідками техногенного зниження рівнів ґрунтових вод у нижніх б'єфах МГЕС може бути зміна водного та сольового балансів водоносних горизонтів, втрата водності річок, осідання земної поверхні із порушенням стійкості споруд, активізація карсто-суфозійних процесів, зменшення біорізноманіття екосистем, втрата вологості ґрунтів, що тягне за собою зниження врожайності сільськогосподарських культур [5, 8].

Наслідки техногенного пониження або підвищення РГВ на прирічкових територіях при відновленні роботи МГЕС можуть проявлятися практично після досягнення розрахункового напору та стабілізації режимів добового регулювання річкового стоку. Зокрема, для Чижівської МГЕС після введення в експлуатацію втрата водності річки у нижньому б'єфі відбулась на протязі року після запуску в експлуатацію (рис. 3). Але не всі наслідки відновлення регулювання річкового стоку МГЕС проявляються так швидко [1–7]. Так, лише після п'яти років експлуатації Більче-Золотецької МГЕС процеси підтоплення та заболочування заплави р. Серет отримали постійний та систематичний характер.

Особливістю режиму ґрунтових вод на територіях нижніх б'єфів МГЕС є істотне детерміноване зниження їх рівня на першому етапі введення в експлуатацію станцій із наступною тенденцією до стабілізації на будь-яких інших глибинах порівняно із початковими рівнями.

Процес фільтрації ґрунтових вод на прирічкових територіях у нижніх б'єфах не завжди співпадає за часом та інтенсивністю із процесами верхніх б'єфів, а території, де формується техногенний режим ґрун-

тових вод, за протяжністю та зональністю відрізняються від верхніх б'єфів [4]. Поширення техногенного режиму ґрунтових вод у верхньому б'єфі прив'язане до ефекту підпору води, тому зона *A* повторює контури водосховища і ділянки річки, яка підпирається (рис. 2). Вона має більш витягнуту форму. У нижньому б'єфі ареали прирічкових територій, що потерпають від перерозподілу річкового стоку, мають більш округлу форму і поширюються на ділянку водотоку, де проявляється трансформація руслових процесів.

Рисунок 3 – Втрата водності у р. Случ в нижньому б'єфі Чижівської МГЕС

Основна причина трансформації руслових процесів при експлуатації МГЕС полягає у затримці твердого стоку у водосховищі. В результаті освітлений потік річки у нижньому б'єфі набуває ознак, що не притаманні для її побутового стану. Переважаючим видом руслової трансформації при цьому є загальний розмив, який обумовлює зниження відмітки рівня води у нижньому б'єфі Δz_t через t років експлуатації [1]:

$$\Delta z_t = \Delta z_0 \cdot t^{-\alpha}, \quad (3)$$

де Δz_0 – початкова відмітка рівня води, що відповідає побутовому стану річки (до відновлення МГЕС); α – коефіцієнт, що встановлюється за аналогами шляхом розв'язання обернених задач.

Найбільш інтенсивний розмив в районі нижніх б'єфів Чижівської, Більче-Золотецької та Велико-Сорочинської МГЕС тривав перші два роки після введення в експлуатацію [1, 4]. Ділянки річок, які на сьогодні потерпають від розмиву, відрізняються. Зокрема, на Чижівській МГЕС на р. Случ середня довжина зони загального розмиву за даними підводних обстежень дна складає до 800 м, на Більче-Золотецькій МГЕС на р. Серет – до 650 м, на Велико-Сорочинській МГЕС на р. Псел – до 300 м. На прирічкових територіях, що прилягають до зони розмиву, спостерігалось найбільш інтенсивне зниження РГВ. Амплітуда РГВ на цих територіях в силу гідралічного зв'язку між поверхневими та підземними водами може набувати максимально можливого значення, тому в межах прирічкових територій поряд із зоною розмиву було споруджено мережу спостережувальних свердловин, а дані моніторингу

за РГВ використані для прогнозування їх динаміки при умові відновлення МГЕС.

Після того, коли інтенсивність загального розмиву у нижніх б'єфах зменшилась, почали спостерігати трансформацію русла річок набагато нижче від створу МГЕС. Продукти розмиву дна та берегів нижнього б'єфу пересувались нижче за течією річки та відкладались в районі ділянок, де процеси акумуляції наносів були відсутні. Спрогнозувати чітку межу у нижньому б'єфі, де руслові трансформації при відновленні експлуатації МГЕС затухають і починають працювати закономірності побутового стоку річок, досить складно. Тому, за межу таких трансформацій у нижніх б'єфах річок, було прийнято затухання «хвиль» турбінних попусків [1, 4, 10]. Це була ділянка нижнього б'єфу, де амплітуда рівнів води у річці за рахунок появи турбінних попусків води із МГЕС співпадала або була меншою від амплітуди побутового стану річки (до відновлення МГЕС).

В залежності від того, яка витрата води скидалась із турбін, частота та їх режим сприяли пересуванню «хвиль» розмиву із відкладенням наносів вниз за течією річки [1, 4]. Наслідками таких руслових трансформацій, що на перший погляд є маломаштабними, було захаращення та заростання вищою водною рослинністю русла (зокрема, у нижньому б'єфі Чижівської МГЕС (рис. 3)), зменшення водності та водообміну, концентрації кисню у воді, що зразу ж позначалось на стані водних екосистем та міграції іхтіофауни.

Максимально можливе значення амплітуди коливання рівнів води A_l у нижньому б'єфі за рахунок «хвиль» турбінних попусків було визначене за наступною залежністю [4-6]:

$$A_l = A_0 e^{-2\pi \frac{l}{\lambda}}, \quad \lambda = ut, \quad (4)$$

де A_0 – амплітуда рівнів води у верхньому б'єфі, м; l , t та u – усереднені довжина, період та швидкість «хвиль» попусків у нижньому б'єфі МГЕС.

Результати прогнозування амплітуди рівнів води у нижньому б'єфі свідчили про те, що межа затухання «хвиль» турбінних попусків виходить за межі акваторії загального розмиву. Так, максимальна амплітуда рівнів води у нижньому б'єфі Чижівської МГЕС величиною 0,38 м наближалась до амплітуди побутових рівнів води річки величиною 0,15 м на межі 1250 м. Амплітуда рівнів води у нижньому б'єфі Більче-Золотецької МГЕС величиною 0,67 м наближалась до амплітуди побутових рівнів води річки величиною 0,25 м на межі 870 м, а амплітуда рівнів води у нижньому б'єфі Велико-Сорочинської МГЕС величиною 0,25 м наближалась до амплітуди побутових рівнів води річки величиною 0,17 м на межі 785 м. В результаті спостережень та фіксації зміни руслових процесів на протязі терміну експлуатації згаданих МГЕС (а це не менше п'яти років) було встановлено, що трансформація русла у нижніх б'єфах обмежується не лише зоною загального розмиву безпосередньо в районі напірних ГТС, але і поширенням «хвиль» турбінних попусків, які практично співпадають із наслідками переміщення «хвиль» розмиву та відкладенням наносів вниз за

течією. За межею затухання «хвиль» турбінних попусків інтенсивність відкладання наносів у ділянках річок, де переважає розмив, зменшувалась.

На прирічкових територіях поряд із ділянкою річки, де проявлялись «хвилі» турбінних попусків і поступово згасали, також було споруджено мережу спостережувальних свердловин для прогнозування динаміки РГВ при умові відновлення МГЕС.

На практиці прогнозування динаміки РГВ в районі розташування гідроенергетичних комплексів використовують різні методологічні підходи, частина з яких спирається на необхідний масив статистичної інформації, частина враховує відсутність необхідної інформації, але обтяжена складними математичними моделями [6, 9]. При прогнозуванні РГВ на прирічкових територіях МГЕС, як було зазначено вище, необхідно враховувати особливості режиму рівнів води у б'єфах, гідравлічний зв'язок із ґрунтовими водами заплави річки. Зокрема, у роботі [8] в якості межі впливу гідроенергетичного об'єкту на прирічкові території верхнього б'єфу приймають умовну лінію, де амплітуда РГВ за рахунок експлуатації водосховища складає не менше 0,5 м.

При визначенні масштабів впливу відновлення експлуатації Чижівської, Більче-Золотецької та Велико-Сорочинської МГЕС за критичне значення прогнозованої амплітуди РГВ у спостережувальних свердловинах на прирічкових територіях, що охоплені порушеним режимом ґрунтових вод, було прийнято величину, яка перевищує амплітуду РГВ при побутовому стані річки не менше ніж на 0,25 м. Тобто, якщо прогнозована амплітуда РГВ на прирічкових територіях, що визначена із урахуванням результатів моніторингу у спостережувальних свердловинах, була більшою від амплітуди РГВ на 0,25 м станом до відновлення експлуатації МГЕС, тоді відслідковували ефект впливу на стан прирічкових територій. Власне, на межі спостережувальних свердловин, де прогнозовані амплітуди РГВ значно відрізнялись від фіксованих у певні періоди водності річок, проводили умовну лінію масштабів впливу МГЕС. Коли прогнозована амплітуда РГВ у спостережувальних свердловинах наближалась до амплітуди, що відповідала побутовому стану річки, тоді фіксували перехід техногенного режиму ґрунтових вод у слабопорушений. Таким чином, на практиці екологічного обґрунтування відновлення роботи МГЕС на прирічкових територіях були відокремлені ділянки, які потерпають від режиму їх експлуатації, від територій, де визначальними у формуванні динаміки РГВ є природні процеси.

По мірі формування режимів експлуатації МГЕС зміни амплітуди РГВ на прирічкових територіях оцінювались лише десятками сантиметрів, тобто були несутимірні із величиною розрахункового напору біля напірних ГТС (від 2 до 6 м). Однак при наступній тривалій експлуатації такі невеликі амплітуди накладались і за рахунок інфільтрації опадів зростали. Про це свідчили результати прогнозування амплітуди РГВ та реальні дані моніторингу у спостережувальних свердловинах після відновлення МГЕС (рис. 4).

Для прогнозування РГВ у спостережувальних свердловинах верхніх б'єфів МГЕС та визначення амплітуди у вигляді різниці між прогнозованими (за умови реалізації режиму експлуатації МГЕС) та фактичними значеннями РГВ (до відновлення МГЕС) скористалися аналітичними моделями методики розрахунків сталої фільтрації ґрунтових вод, які дозволяють спрогнозувати РГВ при відомих значеннях розрахункового напору МГЕС та фіксованого РГВ у спостережувальних свердловинах (до відновлення МГЕС) [6, 8, 9].

Найбільш зручний спосіб такого прогнозу, який і був використаний на практиці екологічного обґрунтування відновлення Чижівської, Більче-Золотецької та Велико-Сорочинської МГЕС, передбачає використання у створі спостереження за динамікою РГВ трьох свердловин, які співпадають із напрямком потоку ґрунтових вод. В рамках досліджень у складі кожного створу було використано дані із свердловин, які розташовані на відстані 25, 50 та 75 м від урізу води. Причому такі свердловини, як зазначали вище, розроблялись до відновлення МГЕС із урахуванням прогнозованих змін гідролого-морфологічних характеристик річок.

На фрагменті супутникового знімку (рис. 5) району розташування Велико-Сорочинської МГЕС наведено порівняння результатів прогнозування РГВ у спостережувальних свердловинах при різних попередньо визначених режимах експлуатації із фактичними (інструментальними) замірами РГВ (через п'ять років після введення в експлуатацію). Загалом, відхилення прогнозованих значень РГВ від фактичних, які були отримані на п'ятому році експлуатації, незначне. Через брак інформації про динаміку характеристик геологічних шарів прирічкових територій, непередбачуваність гідрометеорологічних умов району МГЕС та порушення режимів їх експлуатації у деяких свердловинах фактичні значення РГВ різко відрізнялись від прогнозованих.

Рисунок 4 – Графіки порівняння прогнозованої та визначеної амплітуди РГВ у спостережувальних свердловинах до відновлення Чижівської МГЕС (за середньорічними даними у свердловинах, що розташовані на відстані 50 м від берега)

Рисунок 5 – Фрагмент супутникового знімку створу Велико-Сорочинської МГЕС, де наведено результати відхилення прогнозованого (у чисельнику) від фактичного (у знаменнику) РГВ у свердловинах (м від рівня денної поверхні)

ВИСНОВКИ. Рівень антропогенної трансформації річкових басейнів до відновлення МГЕС у багатьох випадках є критичним. Якщо рівень антропогенної трансформації річки досить високий, тоді відновлення регулювання річкового стоку навіть малопотужними станціями може нанести незворотної шкоди для прирічкових територій, призвести до

втрата цінних земельних ресурсів річкових заплав, викликати зміни умов існування та міграції живих організмів, погіршити умови проживання місцевого населення, роботу важливих народногосподарських об'єктів та споруд у водоохоронній зоні річок тощо.

Запропонований підхід визначення масштабів змін природних процесів та явищ на прилеглих територіях до МГЕС ґрунтується на використанні простих аналітичних залежностей для прогнозування динаміки РГВ у мережі спостережувальних свердловин. Маючи ряд даних щодо рівнів ґрунтових вод до відновлення МГЕС, порівнюючи із прогнозованими РГВ при появі нового режиму регулювання річкового стоку, можна у першому наближенні оцінити наслідки відновлення роботи станцій до початку їх експлуатації. Якщо відновлення гідроенергетичних об'єктів призводитиме до значних втрат якості природних ресурсів, невиправданих збитків для народного господарства та населення, тоді матиме місце відмова від експлуатації таких об'єктів.

Враховуючи важливий статус МГЕС для розвитку об'єднаної енергетичної системи України, окремих регіонів, для відмови від експлуатації МГЕС, навіть незначної потужності, мають бути вагомі підстави та аргументи. Запропонований підхід, що характеризує зміни РГВ при відновленні МГЕС, може бути використаний для розробки компенсуючих заходів по відновленню втраченої якості природних ресурсів, покращення умов проживання місцевого населення у тому випадку, коли рівень інтенсивності впливу МГЕС на стан прирічкових територій є допустимим. Зокрема, при відновленні МГЕС можуть бути чітко сформовані величина компенсації місцевому населенню, що потерпає від підтоплення житлових будівель та сільськогосподарських угідь, запроектовані заходи щодо захисту інженерних комунікацій та споруд на прирічкових територіях від шкідливої дії води. Раціонально визначені масштаби впливу МГЕС при умові їх відновлення можуть стати механізмом знаходження компромісів між їх власниками та місцевим населенням, що проживає в зоні впливу, на етапі прийняття рішень щодо відновлення їх експлуатації та на перспективу при формуванні екологічно безпечних режимів експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Атаєв С. В., Стефанишин Д. В. Прогнозування змін гідролого-морфологічних характеристик річок при техніко-економічному обґрунтуванні проєктів відновлення малих гідроелектростанцій. *Екологічна безпека та природокористування*. 2015. Вип. 17. С. 57–64.
2. Стефанишин Д. В., Атаєв С. В. Перспективи відновлення малих гідроелектростанцій в Україні в контексті екологічно безпечного природокористування. *Екологічна безпека та природокористування*. 2015. Вип. 18. С. 5–11.
3. Атаєв С. В. Оценка риска влияния восстанавливаемых МГЭС на окружающую среду и население. *Социально-экономические проблемы развития старопромышленных регионов*, Кемерово, 2015.
4. Атаєв С. В. Прогнозирование опасных ледовых явлений в нижних бьефах русловых малых гидроэлектростанций. *Екологічна безпека*. 2017. Вип. 1/2017 (23). С. 68–71.
5. Атаєв С. В. Оцінка трансформації природних ресурсів при експлуатації малих ГЕС Прикарпатського регіону. *Екологічна безпека та збалансоване природокористування*. 2015. №1 (11). – С. 58–69.
6. Атаєв С. В. Особливості експрес-моделювання рівнів ґрунтових вод прирічкових територій малих ГЕС. *Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства: матеріали II міжнар. наук.-практ. конф., м. Львів, 4-6 лис. 2015 р. Львів, ЛДУ БЖД*, 2015. С. 180–182.
7. Атаєв С. В. Оцінка масштабів підтоплення прилеглих територій при створенні руслових водосховищ. *Безпекознавство: теорія та практика: зб. матеріалів II всеукр. наук.-практ. інт.-конф., м. Луганськ*, 2014. <http://thesis.at.ua/>.
8. Ковалевский В. С. Влияние изменений гидрогеологических условий на окружающую среду. Москва: Наука, 1994. 138 с.
9. Шестаков В. М. Теоретические основы оценки подпора, водопонижения и дренажа. Москва: Издательство МГУ, 1965. 237 с.
10. Беркович К. М. Русловые процессы на реках в сфере влияния водохранилищ. М.: Географический факультет МГУ, 2012. 163 с.

PREDICTION OF SCALES OF INFLUENCE ON THE CONDITION OF THE RIVER TERRITORIES WITH RESUMPTION OF SMALL HYDROPOWER PLANTS

S. Atajev

Rivne State University of Humanities

vul. Stepan Bandera, 12, Rivne, 33000, Ukraine. E-mail: atajev@ukr.net

Purpose. The problem of determining the extent of environmental changes in the course of commissioning of small hydroelectric power stations, which for a long period were in the "preserved" state, was considered. The analysis of changes in natural processes and phenomena, living conditions of the population and exploitation of national economic objects in the area of hydroelectric power station location during their restoration is made. **Methodology.** It was proposed to determine the scale of influence of power plants on the state of riverine areas by comparing the predicted groundwater levels in the observation wells (at the time of the established filtration after reaching the design head) with the groundwater levels before putting them into operation. Depending on the amplitude of the groundwater levels in the observation wells, we fix not only the scale of the influence of power plants on the state of the environment, but also the intensity of transformation of natural processes and phenomena in the riverside areas. **Result.** In determining the magnitude of the impact of the renewal of the operation of the small hydroelectric power plants of Chyzhivska, Bilche-Zolotetskaya and Veliko-Sorochinskaya for the critical value of the predicted amplitude of the groundwater level in the observation wells in the contiguous territories covered by the violated hydrogeological regime, it was adopted a value

that exceeds the amplitude of groundwater level at household the state of the river not less than 0,25 m. That is, if the forecasted amplitude of groundwater level in the contiguous territories, determined on the basis of monitoring results in the observation wells, was greater than the amplitude of 0.25 m until the restoration of the operation of the hydroelectric power stations, then the effect of the effect on the state of the contiguous territories was monitored. Actually, on the boundary of the observation wells, where the forecasted amplitudes differed significantly from those fixed at certain periods of water abundance of the rivers, they carried out a conditional line of scale of influence of small hydroelectric power stations on the state of contiguous territories. **Originality.** Simple analytical dependences that allow to take into account the large scale of changes at proceeding in the small hydroelectric power stations are also used and for the estimation of intensity of changes in an environment. From data of prognostication of amplitude of level of underwater it is possible to judge and about the consequences of her influence on the state of natural processes, external of pertaining to national economy objects environments. **Practical value.** Offered approach near the estimation of consequences of putting into the operation of the hydroelectric power stations allows in practice in the first variant to define the scales of distribution of adjusting of river flow on a background anthropogenic transformation of the small river. To define where influence of the hydroelectric power stations closes on the state of streamside's. *References 10, no tables, 5 figures.*

Key words: hydroelectric station, influence, groundwater level, observation well.

REFERENCES

1. Atajev, S. V., Stefanyshyn, D. V. (2015), "Forecasting of changes in hydrological and morphological characteristics of rivers in the feasibility study of small hydroelectric power plant recovery projects", *Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannya*, vol. 17, pp. 57-64.
2. Stefanyshyn, D. V., Atajev, S. V. (2015), "Prospects for the restoration of small hydroelectric power stations in Ukraine in the context of environmentally safe nature management", *Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannya*, vol. 18, pp. 7-11.
3. Atajev, S. V. (2015), "Risk assessment of the impact of the restored small hydropower plants on the environment and population", [Socio-economic problems of the development of old industrial regions], Kemerovo, 2015.
4. Atajev, S. V. (2015), "Prediction of dangerous ice phenomena in the downstream pools of small hydroelectric power stations", *Ekolohichna bezpeka*, vol. 1/2017 (23), pp. 68-71.
5. Atajev, S. V. (2015), "Estimation of transformation of natural resources at operation of small hydroelectric power stations of the Precarpathian region", *Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane pryrodokorystuvannya*, vol. №1 (11), pp. 58-69.
6. Atajev, S. V. (2015), "Features of express-simulation of ground water levels in the diminutive territories of small hydroelectric plants", [Ecological safety yak the basis of the steel development of the company: materials of the second international scientific and practical conference], Lviv, Lviv State University, November 4-6, 2015, pp. 180-182.
7. Atajev, S. V. (2014), "Estimation of scales of flooding of adjacent territories when creating channel reservoirs", [Security science: theory and practice: a collection of materials of the 2nd All-Ukrainian scientific and practical Internet conference], Lugansk, 2014. <http://thesis.at.ua/>.
8. Kovalevskiy, V. S. (1994), *Vliyaniye izmeneniy gidrogeologicheskikh usloviy na okruzhayushchuyu sredu* [Impact of changes in hydrogeological conditions on the environment], Nauka, Moscow, Russia.
9. Shestakov, V. M. (1965), *Teoreticheskiye osnovy otsenki podpora, vodoponizheniya i drenazha* [Theoretical basis for the assessment of backwater, water flow and drainage], Moscow State University, Moscow, Russia.
10. Berkovich, K. M. (2012), *Ruslovyye protsessy na rekakh v sfere vliyaniya vodokhranilishch* [Channel processes on rivers in the sphere of influence of reservoirs], Moscow State University, Moscow, Russia.

Стаття надійшла 11.05.2019.