

ОЦЕНКА РИСКА ВЛИЯНИЯ ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ МГЭС НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И НАСЕЛЕНИЕ

С.В. Атаев, к.т.н.

Частное высшее учебное заведение «Европейский университет»
33027, Украина, г. Ровно, ул. Киевская, 64-б
г. Ровно

Среди специалистов бытует точка зрения, что масштаб влияния гидроэнергетического объекта на окружающую среду и население зависит от его мощности: чем выше мощность, тем он более опасен. При этом эксплуатация малых гидроэлектростанций (МГЭС), мощностью до 10 МВт, также может сопровождаться рисками для окружающей среды и населения [1-3].

Эксплуатация МГЭС может интенсифицировать трансформацию режима рек на фоне уже существующей их зарегулированности [1, 3]. Масштаб влияния МГЭС в верхних бьефах охватывает береговую зону, где более интенсивно проявляются последствия подпора воды. В зависимости от напора и уклона реки такой подпор может распространяться на десятки километров. В результате осаждения основной массы наносов в водохранилище в нижний бьеф поступает осветленный поток, который за счет режима турбинных пусков воды способствует размыванию дна и береговой линии с постепенным перемещением «волн» размыва и отложением наносов вниз по течению реки. Таким образом, в нижнем бьефе постепенно происходит смена типа руслового процесса. Территории, которые попадает в зону влияния МГЭС, как правило, активно используются населением для реализации различного рода социально-экономических интересов [4]. Поэтому, при эксплуатации МГЭС между проектировщиками, эксплуатирующими организациями и местным населением могут возникать конфликты. Причем, такие конфликты возникают и на практике восстановления выведенных ранее из эксплуатации МГЭС.

Восстановление выведенных ранее из эксплуатации МГЭС на первый взгляд является безопасной инженерно-технической задачей. Решения по их восстановлению и формированию дальнейших режимов эксплуатации, которые могут вызывать дополнительную трансформацию природных ресурсов, зависят от состояния существующих напорных сооружений, количества и мощности гидроагрегатов, переменчивости режима реки, условий проживания местного населения, характера использования береговой линии и т.д. Важным фактором трансформации природных ресурсов при эксплуатации восстановленных МГЭС может быть изменение характеристик существующих напорных сооружений, которые определяют режим уровней воды в реке [2].

В настоящее время практические работы по социально-экологическому обоснованию и оценке экологической безопасности гидроэнергетических

объектов находятся на начальной стадии. Это объясняется и отсутствием соответствующих методик оценки их влияния на окружающую среду (ОВОС).

Основные проблемы при восстановлении МГЭС с общественностью возникают тогда, когда проектные организации не в полной мере отображают комплексную оценку влияния этих объектов, особенно те риски эксплуатации, с которыми может столкнуться местное население в ближайшей перспективе. Зачастую ОВОС носит более формальный характер, подробно описывает те моменты, которые выгодны инвесторам, но снижает актуальность таких проблем, как затопление и подтопление территорий [1], изменение гидрологических параметров реки и русловых процессов [2], условий миграции ихтиофауны и прорастания водной растительности т.д., как следствие, ОВОС приобретает кому то выгодный формат, но вовсе не комплексный и превентивный характер, т.е. не влияет на процесс принятия решений.

Нами предлагается интегральная методика ОВОС, разработанная в рамках балльного подхода, с учетом риска влияния объектов, которая была успешно апробирована на речных гидроузлах [4]. Процедуру ОВОС, описанную ниже, предлагается также использовать на практике восстановления МГЭС.

В основе предлагаемого подхода лежит идея сравнения двух состояний окружающей среды: *a* – after influence (после влияния), *b* – before influence (до влияния). Окружающая среда МГЭС рассматривается как единая система, состоящая из трех подсистем (сфер) (экологической, физической и социально-экономической), формируемых заданными множествами элементов. В качестве элементов мы используем объекты, процессы и явления окружающей среды МГЭС, которые в разной степени испытывают прямое и опосредствованное влияние. На стадии идентификации элементов процедура ОВОС предусматривает использование экспертных оценок специалистов – проектировщиков, экологов, представителей заинтересованной общественности. Предпочтение экспертов по отбору тех или иных элементов определяется на основании методов теории нечетких множеств. Методы нечеткой логики позволяют обрабатывать информацию вербального (качественного) характера и выводить средневзвешенные (количественные) предпочтения экспертов [5]. Состояние отдельных сфер и среды МГЭС в целом, идентифицированных специалистами, определяется состоянием их элементов.

Оценка воздействия МГЭС на отдельные элементы окружающей среды с учетом синергии эффектов от различных воздействий осуществляется непосредственно по изменению состояния (качества, ценности) элементов. Единицей измерения ценности элемента окружающей среды принимается качественно-количественная характеристика – балл.

В методике используется функция ценности *i*-го элемента среды [4]:

$$VE_i = \text{sign}(VE_i) \times 10^{IVE_i}, \quad (1)$$

где $\text{sign}(VE_i)$ – функция, которая в зависимости от ожидаемой ценности *i*-го элемента для состояния среды – отрицательной ($VE_i < 0$), нейтральной ($VE_i = 0$) или положительной ($VE_i > 0$), принимает значения $-1, 0, +1$, соответственно; IVE_i – индекс ценности *i*-го элемента, в балах.

Минимальное значение IVE_i принимается 0 баллов, максимальное – может не ограничиваться (на практике, обычно, достаточно 9 баллов [4]). Также предусматривается экономическое определение ценности элемента при подстановке денежной константы в качестве множителя в формулу (1). Таким образом, специалисты могут оперировать экономическими эквивалентами качества элементов, прогнозировать убытки или прибыль при изменении состояния отдельных элементов, сфер и окружающей среды МГЭС в целом.

Процедура ОВОС сводится к определению индекса воздействия $IE_{i,a/b}$ на каждый из i -х элементов окружающей среды, т.е. интенсивности влияния:

$$IE_{i,a/b} = \text{sign}(VE_{i,a}) \cdot IVE_{i,a} - \text{sign}(VE_{i,b}) \cdot IVE_{i,b}. \quad (2)$$

Далее оценивается интегральный индекс изменения качества состояния среды IQ как сумма индексов $IE_{i,a/b}$. Воздействие МГЭС на окружающую среду считается положительным, если $IQ > 0$, нейтральным при $IQ \approx 0$ и отрицательным, если $IQ < 0$.

Балльные оценки IVE_i формируются на логарифмической шкале вида:

$$IVE_i = \mu_i \cdot \lg VE_i + IVE_{i,0}, \quad (3)$$

где μ_i – модуль, $IVE_{i,0}$ – ноль-пункт на логарифмической шкале:

$$\mu_i = \frac{L}{\lg VE_{i,\max} - \lg VE_{i,\min}}, IVE_{i,0} = -\mu_i \lg VE_{i,\min}, \quad (4)$$

где $VE_{i,\max}$ и $VE_{i,\min}$ – максимальное и минимальное значения VE_i ; L – общая «длина» интегральной логарифмической шкалы, в баллах.

Логарифмические шкалы в рамках ОВОС позволяют оценить состояние элементов за подобранными показателями влияния на интегральной 9-балльной шкале в независимости от единиц и диапазона их измерения. На практике более ответственной задачей есть определение экстремумов показателей влияния, поэтому, рекомендуется использовать экспертные оценки с дальнейшей их обработкой методами теории нечетких множеств [5].

Риск влияния, связанный с каждым из i -х элементов окружающей среды, рассматривается в аспекте сравнения двух состояний (a и b) в виде [4, 5]:

$$r(VE_i)_a = r(d_i)_a + r(s_i)_b, r(VE_i)_b = r(d_i)_b + r(s_i)_a, \quad (5)$$

где $r(VE_i)_a$, $r(VE_i)_b$ – полные риски для i -го элемента в состояниях a и b ; $r(d_i)_a$, $r(d_i)_b$, – риски дополнительных потерь; $r(s_i)_a$, $r(s_i)_b$ – риски упущенной выгоды.

При оценке VE_i риски $r(VE_i)_a$ и $r(VE_i)_b$ учитываются со знаком (–). При этом полагается, что поскольку может существовать и другая допустимая альтернатива (другое состояние элемента), то отказ от нее и реализация первой альтернативы собственно и является ситуацией, связанной с двумя составляющими риска. Модель риска влияния на окружающую среду (5) мы еще называем моделью «обобщенного, суммарного» риска влияния. Как уже было сказано выше, эксплуатация МГЭС всегда связана с рисками ухудшения (дополнительными потерями) состояния отдельных объектов, процессов и явлений в зоне их влияния [1-5]. Но отказ от эксплуатации восстанавливаемых МГЭС также связан с так называемыми рисками «упущенной выгоды» – со-

циально-экономическими эффектами эксплуатации объектов малой гидроэнергетики – повышением стабильности работы объединенной энергетической системы страны, доставкой электроэнергии в труднодоступные регионы, улучшением условий рекреации и туризма, охраны водных ресурсов и стабилизации водных экосистем за счет природоохранных мероприятий, замены традиционных энергоносителей нетрадиционными, выработанными за счет возобновляемых источников энергии и т.д. Предлагаемый подход ОВОС учитывает как потери качества окружающей среды при эксплуатации восстановленных МГЭС, так и компенсации среде и населению, которые они получают в результате восстановления станций.

Составляющие рисков $r(VE_i)_a$ и $r(VE_i)_b$ определяются в соответствии с классической моделью как произведение безусловных вероятностей реализации определенного состояния i -х элементов $p(VE_i)_a$ и $p(VE_i)_b$ и последствий этого состояния для окружающей среды c_i .

При оценке вероятностей $p(VE_i)$ можно использовать статистические оценки соответствующих событий, методы деревьев событий и отказов, параметрической и системной теорий надежности, а в первом приближении – экспертные оценки субъективных вероятностей.

Пусть мы имеем ценности $VE_{i,a}$ и $VE_{i,b}$ для каждого i -го элемента окружающей среды, отвечающие расчетным состояниям a и b , и безусловные вероятности их реализации $p(VE_i)_a$ и $p(VE_i)_b$. Тогда, в зависимости от значений функции $sign(VE_i)$ (-1 , 0 либо $+1$) возможны следующие случаи сравнения состояний: 1) $VE_{i,a} < 0$, $VE_{i,b} < 0$; 2) $VE_{i,a} = 0$, $VE_{i,b} = 0$; 3) $VE_{i,a} < 0$, $VE_{i,b} = 0$; 4) $VE_{i,a} = 0$, $VE_{i,b} < 0$; 5) $VE_{i,a} > 0$, $VE_{i,b} > 0$; 6) $VE_{i,a} < 0$, $VE_{i,b} > 0$; 7) $VE_{i,a} > 0$, $VE_{i,b} < 0$; 8) $VE_{i,a} > 0$, $VE_{i,b} = 0$; 9) $VE_{i,a} = 0$, $VE_{i,b} > 0$.

Соответствующие суммарные риски состояний a и b для i -го элемента окружающей среды в каждом из этих состояний будут:

- 1) $VE_{i,a} < 0$; $VE_{i,b} < 0$: $r_{tot,i,a} = p(VE_{i,a}) \cdot VE_{i,a}$, $r_{tot,i,b} = p(VE_{i,b}) \cdot VE_{i,b}$;
- 2) $VE_{i,a} = 0$, $VE_{i,b} = 0$: $r_{tot,i,a} = 0$, $r_{tot,i,b} = 0$;
- 3) $VE_{i,a} < 0$, $VE_{i,b} = 0$: $r_{tot,i,a} = p(VE_{i,a}) \cdot VE_{i,a}$, $r_{tot,i,b} = 0$;
- 4) $VE_{i,a} = 0$, $VE_{i,b} < 0$: $r_{tot,i,a} = 0$, $r_{tot,i,b} = p(VE_{i,b}) \cdot VE_{i,b}$;
- 5) $VE_{i,a} > 0$, $VE_{i,b} > 0$: $r_{tot,i,a} = p(VE_{i,b}) \cdot VE_{i,b}$, $r_{tot,i,b} = p(VE_{i,a}) \cdot VE_{i,a}$;
- 6) $VE_{i,a} < 0$, $VE_{i,b} > 0$: $r_{tot,i,a} = p(VE_{i,a}) \cdot VE_{i,a} + p(VE_{i,b}) \cdot VE_{i,b}$, $r_{tot,i,b} = 0$;
- 7) $VE_{i,a} > 0$, $VE_{i,b} < 0$: $r_{tot,i,a} = 0$, $r_{tot,i,b} = p(VE_{i,b}) \cdot VE_{i,b} + p(VE_{i,a}) \cdot VE_{i,a}$;
- 8) $VE_{i,a} > 0$, $VE_{i,b} = 0$: $r_{tot,i,a} = 0$, $r_{tot,i,b} = p(VE_{i,a}) \cdot VE_{i,a}$;
- 9) $VE_{i,a} = 0$, $VE_{i,b} > 0$: $r_{tot,i,a} = p(VE_{i,b}) \cdot VE_{i,b}$, $r_{tot,i,b} = 0$. (9)

Полученные таким образом суммарные риски $r_{tot,i,a}$ и $r_{tot,i,b}$ при ОВОС используются вместо соответствующих функций $VE_{i,a}$ и $VE_{i,b}$. При этом рискам $r_{tot,i,a}$ и $r_{tot,i,b}$ присваивается отрицательное качество (< 0). Далее оцениваются индексы влияния на каждый из i -х элементов (в баллах) $IE_{i,a/b}$. Заменяя, соответственно, в формулах (1), (2), (3), (4) обозначения $VE_{i,a}$ на $r_{tot,i,a}$, $VE_{i,b}$ на $r_{tot,i,b}$,

$IVE_{i,a}$ на $Ir_{tot,i,a}$, $IVE_{i,b}$ на $Ir_{tot,i,b}$, $sign(VE_{i,a})$ на $sign(r_{tot,i,a})$, $sign(VE_{i,b})$ на $sign(r_{tot,i,b})$,
получим индексы влияния:

$$IE_i = IE_{i,a/b} = sign(r_{tot,i,a}) \cdot Ir_{tot,i,a} - sign(r_{tot,i,b}) \cdot Ir_{tot,i,b}. \quad (10)$$

или, учитывая присвоение рискам $r_{tot,i,a}$ и $r_{tot,i,b}$ отрицательной ценности, т.е.,
соответственно, $sign(r_{tot,i,a}) = -1$, $sign(VE_{i,b}) = -1$:

$$IE_i = IE_{i,a/b} = -Ir_{tot,i,a} + Ir_{tot,i,b}. \quad (11)$$

Отметим, что в (11) индексы ценности (состояния) i -го элемента, в баллах, $Ir_{tot,i,a}$ и $Ir_{tot,i,b}$, в соответствии с моделью (1) являются десятичные логарифмы от значений соответствующих обобщенных рисков $r_{tot,i,a}$ и $r_{tot,i,b}$.

На практике восстановления и дальнейшей эксплуатации МГЭС к процедуре ОВОС стоит относиться ни как к одномоментной процедуре, а как к итерационному процессу – если изменяются условия эксплуатации МГЭС, тогда необходимо выполнить прогноз последствий для окружающей среды. Предлагаемый выше алгоритм ОВОС позволяет в независимости от информации о состоянии окружающей среды в любой момент отслеживать тенденции изменения состояния ее элементов. При этом оценка риска позволяет взвесить все полезности и опасности, связанные с изменением состояния.

Список литературы:

1. Атаев, С.В. Оцінка масштабів підтоплення прилеглих територій при створенні руслових водосховищ / С.В. Атаев // Збірник матеріалів II Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Безпекознавство: теорія та практика», м. Луганськ. – 2014. режим доступу <http://thesis.at.ua/>.

2. Атаев, С.В. Оценка опасности возникновения зажорно-заторных явлений в нижних бьефах малых ГЭС / С.В. Атаев // Материалы Второго Молодежного Экологического Форума (Россия, Кемерово, 10-12 июня 2014 г.) / Под ред. Т.В. Галаниной, М.И. Баумгартэна. – Кемерово, КузГТУ, 2014. – С. 58–69.

3. Атаев, С.В. Оцінка трансформації природних ресурсів при експлуатації малих ГЕС Прикарпатського регіону / С.В. Атаев // Екологічна безпека та збалансоване природокористування : науково-техн. журнал / засн. Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (ІФНТУНГ); гол. ред. Я.О. Адаменко. – Івано-Франківськ : Голіней, 2015. – №1 (11). – С. 58–69.

4. Стефанишин, Д.В. Методика оценки воздействия на окружающую среду гидротехнических объектов (балльный подход с учетом риска) / Д.В. Стефанишин, С.В. Атаев //2 Научно-техническая конференция «Гидроэнергетика. Новые Разработки и технологии». – Санкт-Петербург : ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», 2007. – С. 4–12.

5. Стефанишин, Д.В. Обробка експертної інформації щодо впливу гідропоруд на навколишнє середовище з використанням методів теорії нечітких множин / Д.В. Стефанишин, С.В. Атаев, Ю.Д. Стефанишина // Зб. наук. пр. «Вісник НУВГП». – Рівне: НУВГП. – 2005. – Вип. №4(32). – С. 45–53.