

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ЛЕДОВЫХ ЯВЛЕНИЙ В НИЖНИХ БЬЕФАХ РУСЛОВЫХ МАЛЫХ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

С. В. Атаев

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

Проанализированы причины и последствия возникновения опасных ледовых явлений в нижних бьефах русловых малых гидроэлектростанций. Предложены простые зависимости, позволяющие оценить влияние трансформации уровневого и термического режимов реки на опасность возникновения заторов и зажоров на критических в морфологическом отношении участках нижнего бьефа. Проблема исследуется на примере Велико-Сорочинской малой гидроэлектростанции, восстанавливаемой на реке Псел в Полтавской обл. Установлено, что эксплуатация напорных гидросооружений малых гидроэлектростанций может сопровождаться интенсификацией заторно-зajorных явлений в нижних бьефах станций на участках рек, расположенных в пределах населенных пунктов. Увеличение толщины льда, опасность разрушения ледового поля при попусках, изменение гидравлических и морфологических параметров русла реки – все это в комплексе может привести к увеличению расходов льда и уменьшению пропускной способностью реки, следовательно, к опасному скоплению льда. Заторно-зajorные явления в нижнем бьефе Велико-Сорочинской станции, при неблагоприятном стечении обстоятельств, могут вызывать зимние наводнения.

Ключевые слова: заторно-зajorные явления, бьеф, малая гидроэлектростанция, режим реки, толщина льда.

ПРОГНОЗУВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ЛЬДОВИХ ЯВИЩ У НИЖНІХ Б'ЄФАХ РУСЛОВИХ МАЛИХ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

С. В. Атаєв

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

Проаналізовано причини та наслідки виникнення небезпечних льдових явищ в нижніх б'єфах руслових малих гідроелектростанцій. Запропоновано прості залежності, що дозволяють оцінити вплив трансформації рівневого і термічного режимів річки на безпеку виникнення заторів і зажорів на критичних у морфологічному відношенні ділянках нижнього б'єфу. Проблема досліджується на прикладі Велико-Сорочинської малої гідроелектростанції, відновлюваної на річці Псел в Полтавській обл. Встановлено, що експлуатація напірних гідротехнічних споруд малих гідроелектростанцій може супроводжуватися інтенсифікацією заторно-зajorних явищ в нижніх б'єфах на ділянках річок, розташованих в межах населених пунктів. Збільшення товщини льоду, небезпека руйнування льодового поля при попусках, зміна гідравлічних і морфологічних параметрів русла річки – все це може призвести до збільшення витрат льоду і зменшення пропускної здатності річки, отже, до небезпечного скупчення льоду. Заторно-зajorні явища в нижньому б'єфі Велико-Сорочинської станції, при несприятливому збігу обставин, можуть викликати зимові повені.

Ключові слова: заторно-зajorні явища, б'єф, мала гідроелектростанція, режим річки, товщина льоду.

АКТУАЛЬНОСТЬ РОБОТЫ. Строительство и эксплуатация напорных гидросооружений малых гидроэлектростанций (МГЭС), размещаемых в руслах рек, может сопровождаться интенсификацией заторно-зajorных явлений.

Под заторно-зajorными явлениями понимают стихийное накопление льда и/или шуги (мелких кристаллов льда) на отдельных участках русла реки, приводящее к наводнениям из-за стеснения живого сечения потока и неуправляемого подъема уровней воды [1, 2]. Зажоры, как правило, формируются поздней осенью, при замерзании рек, вследствие обильного образования шуги; заторы – в мягкие зимы и ранней весной, при вскрытии реки, вследствие скопления в руслах льдин различного размера. В результате зажоров и заторов возникает угроза зимних наводнений (рис. 1), часто с непредсказуемыми, тяжелыми последствиями [3].

Водохранилища, создаваемые в составе МГЭС, которые размещаются в руслах малых и средних рек, могут изменять их ледовый режим [1].



Рисунок 1 – Наводнение на реке Тиса, вызванное заторами льда в 2017 году

Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

Если в бытовых условиях температура воды при замерзании реки меняется по глубине незначительно (на сотые доли градуса), благодаря турбулентному перемешиванию, то температурный режим замерзающего подпертого участка зарегулированной реки во многом определяется объемом аккумулирующей емкости водохранилища, степенью его проточности и режимом его эксплуатации.

При эксплуатации МГЭС могут также иметь место нестационарные режимы турбинных попусков воды, и, как следствие, неравномерное распределение глубин и скоростей на затопляемых участках русла и поймы в нижних бьефах, неравномерный прогрев (охлаждение) воды по глубине, изменение скорости ледообразования и формирования состава и толщины льда по сравнению с бытовыми условиями.

Вышеперечисленные факторы способны изменить процессы ледообразования на реке, привести к возникновению в нижнем бьефе МГЭС в зимний период незамерзающей полыньи, как дополнительного источника образования шуги, интенсифицировать частоту возникновения и масштабы распространения зажоров и заторов льда, сопровождающихся дополнительными подъемами уровня воды и наводнениями [1-4].

Цель исследований состоит в идентификации наиболее вероятных участков и причин возникновения заторов и зажоров в нижних бьефах русловых малых гидроэлектростанций на примере Велико-Сорочинской МГЭС руслового типа (рис. 2), которая восстанавливается на р. Псел.



Рисунок 2 – Здание МГЭС и водосливная бетонная гребля на реке Псел

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Река Псел – левобережный приток Днепра в его среднем течении, впадает в Днепродзержинское водохранилище. Средний уклон равен 0,23 м/км. Река имеет достаточно широкую пойму, ширина которой доходит до 10-15 км. Во время сильных половодий пойма затопляется на глубину 1,5-3 м.

В зимний период река Псел характеризуется устойчивым меженным режимом стока. Первые ледовые явления наблюдаются в начале октября, с

осенним ледоходом в конце ноября. Ледостав устанавливается на протяжении декабря и в среднем длится до 90 суток. Средняя толщина льда на реке составляет 20-37 см, максимальная – до 65 см. К началу весеннего ледохода толщина льда уменьшается до 20-30 см. Вскрытие льда происходит в начале марта. Средняя длительность весеннего ледохода составляет 6 суток. Ледоход, как правило, происходит при подъеме уровня воды и может совпадать с пиком весеннего половодья. В конце марта река полностью очищается ото льда.

В нижнем бьефе восстанавливаемой Велико-Сорочинской МГЭС распространены различного рода русловые макро- и мезоформы (острова, в том числе и заросшие кустарником и древесной растительностью, побочни, косы, донные гряды, мелководья), наличие которых способствует проявлению заторно-зажорных явлений [1, 2]. Возникновение многих из этих русловых форм в первую очередь следует связывать с трансформацией русла реки Псел вследствие гидротехнического строительства. Дополнительное шугообразование, особенно в период неустойчивого температурного режима, провоцирует также зарастание русла высшей водной растительностью и захламливание ветками.

Ожидается, что уменьшение скорости течения и отложение части наносов в верхнем бьефе за счет создания подпора при восстановлении Велико-Сорочинской МГЭС, который распространится вверх по течению на 12 км, приведет к изменению эрозионно-аккумулятивной способности р. Псел и дальнейшей трансформации ее русла в нижнем бьефе гидроузла. Обычно в результате эксплуатации напорных гидросооружений в нижних бьефах имеет место интенсификация русловой и береговой эрозии на одних участках реки с углублением дна и размывами берегов, прежде всего у гидросооружений, и отложение наносов на других участках, с постепенным перемещением «волн» размыва и отложения наносов вниз по течению. Как следствие, не исключается возможность интенсификации заторно-зажорных явлений в нижнем бьефе МГЭС вниз по течению реки. Важно оценить насколько изменения термического режима и руслового процесса могут быть опасными в условиях эксплуатации МГЭС в проектных режимах на участках (локализациях) непосредственно в пределах села Великие Сорочинцы, где заторно-зажорные явления уже имели место (рис. 3).

Водно-температурный режим является одним из ключевых факторов, определяющих ход ледовых явлений на водотоках и водоемах. Трансформация водно-температурного режима реки в нижнем бьефе МГЭС в период отрицательных температур воздуха может приводить к различным неблагоприятным последствиям, в том числе и к интенсификации заторно-зажорных явлений.

На водно-температурный режим в нижних бьефах русловых МГЭС особое влияние может оказывать водохранилище [5]. Чем меньше вследствие подпора изменяется проточность

Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

водохранилища, тем більше различается водно-температурный режим в бьефах, и наоборот.

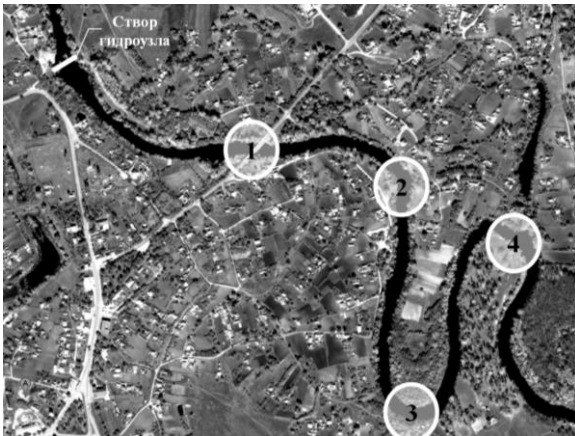


Рисунок 3 – Места вероятного образования заторов и зажор в нижнем бьефе МГЭС

В первом приближении для оценки степени устойчивости водно-термического режима реки при устройстве водохранилища можно использовать значение коэффициента проточности $K_{\text{п}}$ в виде [5]:

$$K_{\text{п}} = \frac{V_{\text{др}}}{V_{\text{г}}}, \quad (1)$$

где $V_{\text{др}}$ – средняя скорость течения воды в верхнем бьефе, м/с; $V_{\text{г}}$ – средняя скорость течения воды в реке в естественных условиях, м/с.

При значениях $K_{\text{п}} \approx 1$, что во многих случаях является характерным для низконапорных МГЭС руслового типа, водно-термический режим нижнего бьефа практически не отличается от режима, который формируется в верхнем бьефе.

В таких случаях для оценки толщины льда h_i в нижнем бьефе МГЭС можно воспользоваться зависимостью В.М. Мишона [2]:

$$h_i = \sqrt{\left(h_i^0 + \frac{\lambda_i}{\alpha} + h_s \frac{\lambda_i}{\lambda_s} \right) - \frac{2\lambda_i \cdot (\overline{T_a})}{L_i \cdot \rho_i} \cdot \tau} \times \left(\frac{\lambda_i}{\alpha} - h_s \frac{\lambda_i}{\lambda_s} \right), \quad (2)$$

$$\lambda_s = 3,77 \cdot 10^{-6} \rho_s^2 + 0,029, \lambda_i = \text{const}, \quad (3)$$

$$\alpha = k\sqrt{U + 0,3}, \quad (4)$$

где h_i^0 – начальная толщина льда, см; h_s – толщина снега на льду, см; λ_i и λ_s – коэффициенты теплопроводности льда и снега, соответственно, Вт/(м·К); α – коэффициент теплообмена льда (снега) с воздухом; $(\overline{T_a})$ – средняя за расчетный интервал времени температура воздуха, °С; L_i – удельная теплота льдообразования, кДж/кг; ρ_i – плотность льда, кг/м³; ρ_s – плотность снега, кг/м³;

τ – расчетный интервал времени (период постоянного ледостава), суток; k – коэффициент, значение которого принимается равным 5,8 и 23,3 при отсутствии и наличии снега на льду, соответственно; U – скорость ветра, м/с.

Особое влияние на развитие ледовых явлений в нижних бьефах низконапорных МГЭС оказывает характер и продолжительность попусков воды, связанных с суточными режимами эксплуатации станций, приводящих к срывам кромки льда [1].

Разрушение кромки льда обычно происходит на гребне волны попуска. Началом процесса разрушения является образование вдольбереговых трещин при подъеме уровня воды, превышающем максимальный прогиб ледяного покрова. Под влиянием водного потока и ветра на участках разрушения ледяных полей возникают подвижки льда, приводящие к смещению кромки ледяного покрова. При резком увеличении расходов попуска могут развиваться подвижки, захватывающие значительные участки реки [1, 4]. Опасность развития ледовых явлений может сохраняться до тех пор, пока идет попуск воды. При этом форсирование попуска может вызвать либо разрушение скоплений льда и отступление кромки вниз по реке, либо увеличение толщины скоплений с дополнительным подъемом уровней воды.

Оценить влияние режима турбинных попусков воды русловой МГЭС на ход заторно-зажорных явлений можно по значению амплитуды колебания уровня воды в нижнем бьефе. Как известно [1-4], на реках с относительно малыми попусками по сравнению с русловой вместимостью, угасание волн попусков происходит довольно быстро, и, наоборот, при относительно больших попусках волна распространяется на большое расстояние.

В первом приближении оценить изменение (уменьшение) амплитуды колебаний уровня воды в нижнем бьефе русловой МГЭС по мере продвижения волны попуска вниз по течению можно по зависимости В.К. Донченко [1, 2]:

$$A_L = A_0 \exp\left(-\frac{\xi \cdot l}{t}\right), \quad (5)$$

$$A_0 = \frac{\Delta Q}{(gH_{\text{др}})^{0,5} B_{\text{др}}}, \quad (6)$$

где A_0 и A_L – амплитуда колебания уровня воды у плотины и на расстоянии l , км; ξ – коэффициент распространения волн попуска; t – длительность попуска, ч; ΔQ – максимальная пропускная способность турбин, м³/с; g – ускорение свободного падения, м/с²; $H_{\text{др}}$ – средняя глубина в верхнем бьефе, м; $B_{\text{др}}$ – ширина русла в верхнем бьефе, м.

Для оценки возможности развития заторно-зажорных явлений в нижних бьефах МГЭС необходимо также знать критическую скорость волн попусков $V_{\text{кр}}$, при которой возможно подныривание различных фракций льда под неразрушенный ледяной покров [3]:

Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

$$V_{cr} = \sqrt{2gh_i \frac{\rho_w - \rho_i}{\rho_i} \left(1 - \frac{h_i}{H_{lr}}\right)}, \quad (7)$$

где ρ_w – плотность воды, кг/м³; H_{lr} – средняя глубина в нижнем бьефе, м.

Для предварительной оценки зазорных уровней воды h_{gl} в нижнем бьефе МГЭС можно воспользоваться следующей формулой [1-4]:

$$h_{gl} = \mu \cdot I_{Q_{gl}}^{0,3} \cdot H_{Q_{gl}}, \quad (8)$$

где μ – коэффициент зазорности речного участка и формы русла; $I_{Q_{gl}}$ и $H_{Q_{gl}}$ – уклон (м/км) и средняя глубина (м) реки на расчетном участке, которые соответствуют расходу зазора Q_{gl} в условиях открытого русла и равномерного потока воды.

В большинстве случаев заторы в нижних бьефах МГЭС возникают при условии [2]:

$$H_{gt} \geq 2,5h_i, \quad (9)$$

где H_{gt} – средняя глубина реки на перекатах, м.

Расходы льда G , поступающего с верхнего бьефа МГЭС к заторным участкам нижнего бьефа, можно оценить по формуле:

$$G = B_{lr} \cdot V_i \cdot m_i \cdot h_i, \quad (10)$$

пропускную способность реки в створе G_0 , кг/с:

$$G_0 = B_{gt} \cdot V_i \cdot h_i \cos \alpha, \quad (11)$$

где B_{lr} – ширина русла в исследуемом створе, м; B_{gt} – ширина водного потока на перекатах, где глубина превышает $2,5h_i$, м; V_i – скорость движения льда, м/с; m_i – коэффициент густоты ледохода (0,25-0,75); α – угол между направлением течения реки выше и ниже створа гидроузла МГЭС.

При условии $G_0/G \geq 1$ опасное скопление льда маловероятно. Если $G_0/G \leq 1$, то вероятность образования затора весьма высока.

В створах, где вероятность затора высока, величину подпора воды – превышения уровня воды Δh над уровнем воды для свободной ото льда реки, определяем по формуле [4]:

$$\Delta h = H_{co} - H_{lr} = (q_{co} \cdot n_r)^{0,6} \cdot I_{co}^{-0,3} \left[(\alpha^{1,5} + 1)^{0,4} - \beta^{0,3} \right] \times \times + \rho_i \cdot \rho_w^{-1} \cdot h_i, \quad (12)$$

где H_{co} – уровень воды при заторе, м; q_{co} – удельный расход воды, м²/с; n_r – коэффициент шероховатости русла, с/м^{0,33}; I_{co} – уклон водной поверхности при заторе, м/км; α – отношение коэффициента шероховатости льда n_l к коэффициенту шероховатости русла n_r ; β – отношение уклонов водной поверхности при скоплении и отсутствии льда.

Среди факторов, способствующих развитию заторно-зазорных явлений в нижних бьефах МГЭС руслового типа, следует отметить несколько большую толщину льда перед началом ледохода по сравнению с естественными условиями, а также изменения морфологических характеристик реки вследствие русловых деформаций.

Вследствие подпора в нижних бьефах русловых МГЭС может происходить интенсификация русловых деформаций за счет развития русловой и береговой эрозии [6, 7]. В результате осадения основной массы наносов в водохранилище в нижний бьеф МГЭС поступает осветленный поток, который за счет режима попусков и увеличенной амплитуды уровня воды будет способствовать углублению дна и размыванию береговой линии непосредственно вблизи МГЭС с отложением продуктов размыва далее вниз по течению.

В первом приближении интенсивность береговой эрозии в нижнем бьефе МГЭС можно оценить по значению средней многолетней величины отступления бровки берега \bar{X} [7]:

$$\bar{X} = m \cdot B_{lr} \cdot q \cdot \frac{\rho_w (H_{lr} + h_n)}{\rho_{so} (H_{max} + h_{so})}, \quad (13)$$

$$m = k_1 (1 - 2B_1/B_{lr}), \quad k_1 = [B_1/(B_{lr} - B_1)]^2, \quad (14)$$

$$q = \frac{h_n [(h_n - h_0) + t_0/t_1 (h_n - h_1)]}{2h_{so}^2}, \quad (15)$$

где ρ_{so} – средняя плотность грунтов, слагающих берег; H_{max} – максимальный уровень воды в рассматриваемом створе, м; h_{so} – высота береговой бровки, м; k_1 – коэффициент асимметрии русла; B_1 – расстояние от вертикали с наибольшей глубиной до размываемого берега, м; h_n – средняя глубина воды при половодье; h_0 и h_1 – глубины в нижнем бьефе при вскрытии ледяного покрова и по окончании половодья, соответственно, м; t_0 и t_1 – продолжительность половодья от начала до пика и до окончания, соответственно, суток.

В результате русловой эрозии изменяется максимальная глубина и расстояние от вертикали с наибольшей глубиной водного потока до размываемого берега. Величину деформации дна Δz за время Δt можно оценить по формуле [8]:

$$\Delta z = - \left[\frac{\rho_{rs} \cdot Q_{rs}}{\rho_w \cdot B_{lr}} - \frac{0,5}{B_{lr}} \left(h_{so} \frac{B_{lr}}{\Delta t} \right) \right] \Delta t, \quad (16)$$

$$Q_{rs} = 1,12 \cdot 10^{-6} Q_r \frac{V_r^2}{g H_{lr}} \left(\frac{V_r}{w_{cp}} \right) \frac{C^2}{g}, \quad C = \frac{V_r}{\sqrt{H_{lr} I}}, \quad (17)$$

где ρ_{rs} – средняя плотность наносов, т/м³; Q_{rs} – расход наносов в расчетном створе, м³/с; Q_r – средние расходы воды в естественных условиях, м³/с; w_{as} – средняя гидравлическая крупность

Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

наносов, м/см; C – коефіцієнт Шези, $m^{0,5}/c$; I – середній уклон реки, м/км.

При восстановлении Велико-Сорочинской МГЭС предусматривается создание водохранилища с расчетным напором воды до 3 м. Максимальный расход пуска МГЭС достигает $37 \text{ м}^3/\text{с}$, что превышает среднесуточные естественные расходы воды реки. В часы минимума нагрузки при наполнении водохранилища расход воды, сбрасываемый в нижний бьеф, намного меньше естественных среднесуточных расходов.

Графики связи между продолжительностью турбинных пусков и амплитудой колебаний уровней воды в нижнем бьефе Велико-Сорочинской МГЭС в расчетных створах представлены на рис. 4. Графики связи между критической скоростью волн пусков и толщиной льда в расчетных створах представлены на рис. 5. При этом средние скорости волн пусков в выделенных локализациях нижнего бьефа (рис. 3) составят 1,08, 1,03, 0,87 и 0,94 м/с, соответственно. Следует также отметить, что при эксплуатации Велико-Сорочинской МГЭС ожидается увеличение толщины льда в бьефах по сравнению с участками реки в естественных условиях. Расчетная толщина льда в бьефах МГЭС, как в верхнем, так и нижнем, может превысить 93 см, что больше толщины льда на р. Псел в естественных условиях.

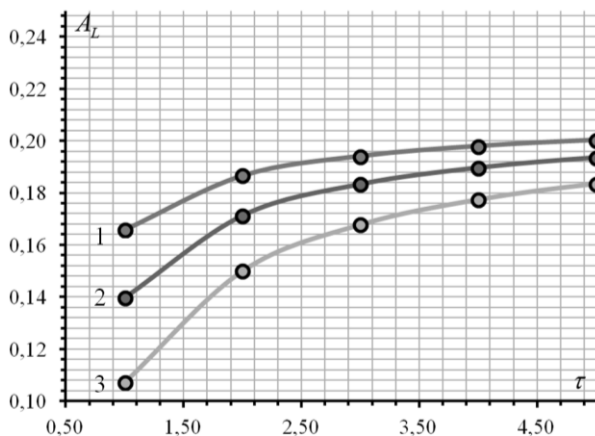


Рисунок 4 – Графики связи между продолжительностью пусков и амплитудой колебаний уровней воды в нижнем бьефе

Ожидается, что средняя амплитуда колебаний уровня воды в нижнем бьефе в локализациях 1, 2 и 3 (рис. 4) при эксплуатационных пусках МГЭС составит 0,21, 0,19, 0,16 и 0,14 м, соответственно. С наибольшей вероятностью образование шуги и разрушение ледовых полей в нижнем бьефе МГЭС во время пусков возможно непосредственно у гидросооружений. Вероятность шугообразования и разрушения ледового поля уменьшается вниз по течению, однако при этом увеличивается вероятность аккумуляции шуги и льдин в нижерасположенных расчетных створах с максимизацией вероятности проявления заторно-заторных явлений на участках 3 и 4 (рис. 5).

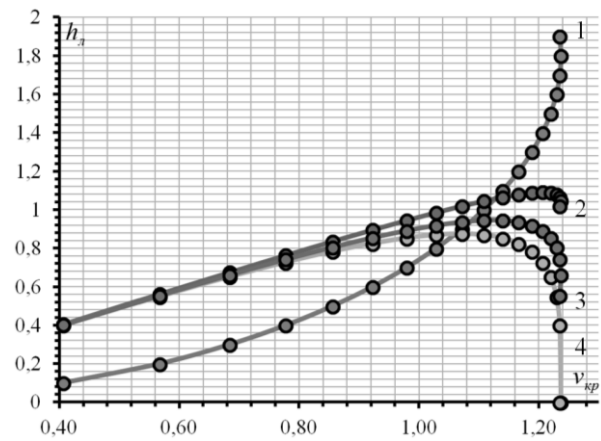


Рисунок 5 – Графики связи между критической скоростью волн пусков и толщиной льда в нижнем бьефе МГЭС

В нижнем бьефе МГЭС прогнозируется интенсификация процессов эрозийно-аккумулятивной деятельности реки. Вблизи напорных сооружений МГЭС и в створе 1 ожидается преобладание процесса эрозии над процессом отложения наносов. Ниже по течению прогнозируется преобладание процесса отложения продуктов размыва. Средняя глубина реки в выделенных створах (см. рис. 3) через пять лет будет составлять 2,0, 1,2, 1,8 и 0,5 м. В результате трансформации русла реки бровка берега за пять лет сместится на 1,15, 1,35, 1,00 и 1,35 м.

ВЫВОДЫ. Увеличение толщины льда, опасность разрушения ледового поля при пусках, изменение гидравлических и морфологических параметров русла реки – все это может привести к увеличению расходов льда в расчетных створах по сравнению с пропускной способностью реки. Во всех выделенных створах в нижнем бьефе эксплуатируемой Велико-Сорочинской МГЭС ожидается увеличение заторно-заторной опасности. Заторно-заторные явления в нижнем бьефе МГЭС, при неблагоприятном стечении обстоятельств, могут приводить к зимним наводнениям. С целью снижения опасности зимних наводнений рекомендуется оптимизировать режим пусков воды: осуществлять турбинные пуски воды на протяжении 0,5-1,5 часа при скоростях течения 0,82-0,92 м/с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ледовые процессы и явления на реках и водохранилищах. Методы математического моделирования и опыт их реализации для практических целей (обзор современного состояния проблемы): монография / В.А. Бузин, А.Т. Зиновьев. – Барнаул: Изд-во ООО «Пять плюс», 2009. – 168 с.
2. Атаев С.В. Оценка опасности возникновения заторно-заторных явлений в нижних бьефах малых ГЭС // Материалы Второго Молодежного Экологического Форума (Россия, Кемерово, 10-12 июня 2014 г.) / Под ред. Т.В. Галавиной, М.И. Баумгартэна. – Кемерово, КузГТУ, 2014. – С. 28-38.

Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

3. Shen H.T. River ice transport theories: past, present, and future // Proc. 15 th IAHR Symp. on Ice. – Gdansk, 2000.

4. Бузин В.А. Затопы льда и затопные наводнения на реках. – СПб.: Гидрометеиздат, 2004. – 204 с.

5. Китаев А.Б., Клименко Д.Е., Ларченко О.В. Скоростной режим района переменного подпора Камского водохранилища и его возможные изменения в связи с созданием хозяйственного объекта // Вопросы формирования водохранилищ и их влияние на природу и хозяйство. – Пермь: Перм. Ун-т. 2008. – С. 26-33.

6. Клавен А.Б., Копалиани З.Д. Экспериментальные исследования и гидравлическое моделирование речных потоков и руслового процесса. – СПб.: Нестор-История, 2011. – 504 с.

7. Беркович К.М. Русловые процессы на реках в сфере влияния водохранилищ. – М.: Географический факультет МГУ, 2012. – 163 с.

8. СО 34.21.204-2005. Рекомендации по прогнозу трансформации русла в нижних бьефах гидроузлов. – СПб.: ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», 2006. – 60 с.

PREDICTING OF THE DANGEROUS ICE PHENOMENA IS IN LOWER TAIL RIVER-BED SMALL HYDROELECTRIC POWER STATIONS

S. Atajev

Rivne State University of Humanities

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

Purpose. The paper considers the peculiarities of the development of dangerous ice phenomena on rivers that can be caused by the operation regimes of small hydroelectric power stations. **Methodology.** Simple analytic relationships are proposed that allow one to assess the influence of the transformation of the level and thermal regimes of the river on the risk of congestion and gluttons on the critical areas of the tailrace critical in the morphological sense. **Result.** The problem is investigated on the example of the Veliko-Sorochinsky small hydroelectric power plant, being restored on the river Psel in the Poltava region. It is established that the operation of pressure hydraulic installations of small hydroelectric power stations can be accompanied by an intensification of mash-zealous phenomena in the lower tunnels of stations in river sections located within populated areas. Mash and hanging ice dam's phenomenon in the lower tail of the Veliko-Sorochinsky station, under adverse circumstances, may cause winter floods. **Originality.** For the first time, on the basis of forecasting dangerous ice accumulations, it was confirmed that the operating conditions of small hydroelectricity after their reconstruction can cause floods in the lower reaches, provoke risks for riverside areas. **Practical value.** The results of modeling the hazards of ice phenomena in the lower reaches of the river basins of hydroelectric power stations help to react quickly to ice accumulations, to organize its safe passage. In the capacity of measures to combat ice phenomena in the localities of the tailings of channel stations, which are dangerous from the point of view of formation of congestion and floods, during the opening of ice, operating organizations are advised to monitor undesirable accumulations of ice and conduct icebreaking activities in time. **References 8, no tables, 6 figures.**

Key words: mash and hanging ice dam's phenomenon, reaches, small hydroelectric power station, river mode, the thickness of the ice.

REFERENCES

1. Buzin, V.A. and Zinoviev, A.T. (2009), *Ledovyye protsessy i yavleniya na rekah i vodohranilishch. Metodyi matematicheskogo modelirovaniya i opyt ih realizatsii dlya prakticheskikh tseley (obzor sovremennogo sostoyaniya problemy)* [Ice processes and phenomena on rivers and reservoirs. Methods of mathematical modeling and experience of their implementation for practical purposes (review of the current state of the problem)], Five plus, Barnaul, Russia.

2. Atajev, S.V. (2014), "Assessment of the danger of occurrence of mash and hanging ice dam's phenomenon in the lower reaches of small hydroelectric power stations", *Materialyi Vtorogo Molodezhnogo Ekologicheskogo Foruma* [The Second Youth Environmental Forum], Kemerovo, Kuzbass State University, June 10-12, 2012, pp. 28-38.

3. Shen H.T. River ice transport theories: past, present, and future // Proc. 15 th IAHR Symp. on Ice. – Gdansk, 2000.

4. Buzin, V.A. (2004), *Zatopy lda i zatopnyie navodneniya na rekah* [Ice congestion and mash floods

on rivers], Hydrometeoizdat, Saint Petersburg, Russia.

5. Kitaev, A.B., Klimenko, D.E. and Larchenko, O.V. (2008), "High-speed regime of the area of variable support of the Kamsky reservoir and its possible changes in connection with the creation of an economic object", *Voprosy formirovaniya vodohranilishch i ih vliyanie na prirodu i hozyaystvo, Transactions of Perm University*, pp. 26-33.

6. Klaven, A.B., Kopaliani, Z.D. (2011), *Eksperimentalnyie issledovaniya i gidravlicheskoie modelirovanie rechnyih potokov i ruslovogo protsessa* [Experimental research and hydraulic modeling of river flows and channel process], Nestor's story, Saint Petersburg, Russia.

7. Berkovic, K.M. (2012), *Ruslovyie protsessy na rekah v sfere vliyaniya vodohranilishch* [Channel processes on rivers in the sphere of influence of reservoirs], Moscow State University, Moscow, Russia.

8. Standard of organization 34.21.204-2005. (2006), Recommendations on the forecast of the transformation of the channel in the lower reaches of the hydro units, All-Russian Scientific Research Institute of Water Engineering, Saint Petersburg, Russia.