

## ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ЗАЩИТЫ РУСЕЛ И ДОЛИН РЕК ОТ ПАВОДКОВ

**А. В. Петроченко<sup>1</sup>**, кандидат технических наук

**В. И. Петроченко<sup>2</sup>**, кандидат технических наук

<sup>1</sup> Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев, Украина,

<sup>2</sup> Институт водных проблем и мелиорации НААН Украины, г. Киев, Украина

### Аннотация

Изложены научно-методические основы выбора вариантов и параметров гидротехнических мероприятий по защите русел и долин рек от паводков. Варианты гидротехнических мероприятий предлагается оценивать на основе функционально-стоимостного анализа по показателю эффективности, который определяется как отношение достигнутого функционального эффекта мероприятий к величине затрат (инвестиций) на их реализацию. На этапе принятия проектных решений функциональный эффект гидротехнических мероприятий оценивается по увеличению пропускной способности речных русел. Дано обоснование выбора и расчета параметров трех вариантов гидротехнических мероприятий, увеличивающих расход паводкового потока из зоны риска паводков: укрепление русел рек; спрямление русел рек; строительство береговых дамб. На этапе принятия управленческих решений функциональный эффект гидротехнических мероприятий оценивается по величине предотвращенного ущерба в зоне риска паводков, а за показатель эффективности гидротехнических мероприятий принимается индекс рентабельности инвестиций

**Ключевые слова:** русло реки, паводок, зона риска паводков, противопаводковые гидротехнические мероприятия, паводковый сток, функционально-стоимостный анализ, индекс рентабельности инвестиций.

### Abstract

**A. V. Petrochenko, V. I. Petrochenko**

### HYDRAULIC ENGINEERING MEASURES FOR THE PROTECTION OF RIVER BEDS AND RIVER VALLEYS FROM FLOODS

The article outlines the methodological principles for choosing options and parameters of hydro technical measures to protect river channels and valleys from floods. The options for hydro technical measures are proposed to be assessed on the basis of a functional-cost analysis according to the measure of the effectiveness of measures, which is defined as the ratio of the achieved functional effect of measures to the value of costs (investments) for their implementation. At the stage of making design decisions, the functional effect of hydraulic engineering measures to increase the throughput of river channels is assessed. The substantiation of the choice and calculation of parameters of three variants of hydro technical measures, increasing the flow rate of flood runoff from the flood risk zone, is given: strengthening of river beds; straightening of river beds; construction of coastal dams. At the stage of making managerial decisions, the functional effect of hydraulic engineering measures is assessed by the amount of prevented damage in the flood risk zone, and the indicator of the effectiveness of hydraulic engineering measures is the profitability index on investment

**Keywords:** river channel, flood, flood risk zone, flood control hydraulic engineering measures, flood runoff, functional cost analysis, profitability investment index..

### Введение

Еще с библейских времен (Всемирный потоп) паводки относят к одним из самых опасных стихийных явлений на Земле. Среди ранее зафиксированных на планете паводков наиболее разрушителен паводок, произошедший в Китае в августе 1931 г. В результате сильных затяжных дождей самая длинная и полноводная река Китая Янцзы и соседняя с ней река Хуанхэ одновременно вышли из берегов и затопили более 300 тысяч га плодородных земель, полностью уничтожив на этой площади сельское хозяйство.

Паводок унес 3,7 миллиона человеческих жизней, 40 миллионов человек пострадало от голода, разрухи, болезней [1].

Паводки, даже гораздо меньшего масштаба, существенно усложняют условия проживания населения в поймах и долинах рек. Приречные угодья на всех этапах развития цивилизации всегда привлекали людей. Поймы и луга использовались для животноводства, речные долины – для полеводства и огородничества, долинные

террасы – для размещения поселений, дорог и коммуникаций, речные водные ресурсы – для судоходства, орошения, а также питьевого, хозяйственного и промышленного водоснабжения. С учетом особого значения водных ресурсов в жизни людей исследования паводков и обоснование мер защиты от них весьма актуальны.

Накоплен большой объем статистических данных о прохождении в бассейнах рек паводков различной интенсивности [1–3]. Разработаны методики расчета гидрологических характеристик паводков [4]. Накоплен практический опыт выполнения мер защиты от них. Принят ряд международных директивных документов, координирующих меры защиты от паводков в бассейнах трансграничных рек [5, 6]. Ввиду сложности проблемы паводков ее предлагается решать с позиций системного анализа.

Предложено различать два типа противопаводковых мероприятий – ситуационный и превентивный [7]. Установлено, что для большинства паводкоопасных рек следует отдавать предпочтение превентивному типу защиты, а среди мероприятий данного типа наиболее эффективны гидротехнические мероприятия. Разработана системная схема противопаводковых гидротехнических мероприятий, где на высшем иерархическом уровне различают две противо-

### Основная часть

Учитывая как острую необходимость, так и высокую стоимость выполнения мер защиты от паводков, противопаводковые мероприятия предложено оценивать показателем (индексом) эффективности, в основу которого положен принцип функционально-стоимостного анализа (функционально-стоимостный принцип). Согласно ему эффективность мероприятий определяется отношением величины положительного функционального эффекта к затратам, необходимым для его получения. На высшем иерархическом уровне управления рисками паводков, соответствующем стадии принятия управленческих решений, в качестве функционального эффекта превентивных гидротехнических мероприятий в зоне 1 (рис. 1) принимают предотвращенный ущерб ПУ, который определяют по трем составляющим:

$$ПУ = ПУ^{сц} + ПУ^{экл} + ПУ^{экн}, \quad (1)$$

положные по характеру выполнения функциональные альтернативы мероприятий: функциональная альтернатива  $\Phi_1$  противопаводковых гидротехнических мероприятий – увеличение стока паводковых вод, отводимых из зоны риска паводков; функциональная альтернатива  $\Phi_2$  – уменьшение речного стока в зоне риска паводков путем задерживания части паводковых вод перед этой зоной. Каждой функциональной альтернативе, занимающей верхний иерархический уровень системной схемы, соответствует несколько технологических альтернатив нижнего иерархического уровня схемы [7]. Для дальнейшего развития результатов системных исследований, приведенных в работе [7], и их практического использования возникает необходимость научно-методического обеспечения выбора вариантов и обоснования параметров противопаводковых гидротехнических мероприятий.

Цель данной работы – разработка научно-методических основ выбора эффективных вариантов и расчета параметров противопаводковых гидротехнических мероприятий по функциональной альтернативе, осуществляемой путем увеличения стока паводковых вод, отводимых из зоны риска паводков.

Методом исследования является системный анализ.

где  $ПУ^{сц}$ ,  $ПУ^{экл}$  и  $ПУ^{экн}$  – предотвращенный ущерб от паводка социальный, экологический и экономический.

Поскольку предотвращенный противопаводковыми гидротехническими мероприятиями ущерб ПУ по величине равен возможному (прогнозируемому) ущербу У от паводков и будет использован в виде компенсации прогнозируемого ущерба У от паводков, предотвращенный ущерб ПУ можно считать гипотетическим доходом, а оценку эффективности вложения инвестиций в эти мероприятия выполнять по показателю (индексу) рентабельности инвестиций. Для наибольшей эффективности вложения инвестиций в проекты защиты от паводков управленческие решения принимают с использованием целевой функции:

$$I^{yp} = I^p = \frac{ПУ}{I} \rightarrow \max, \quad (2)$$

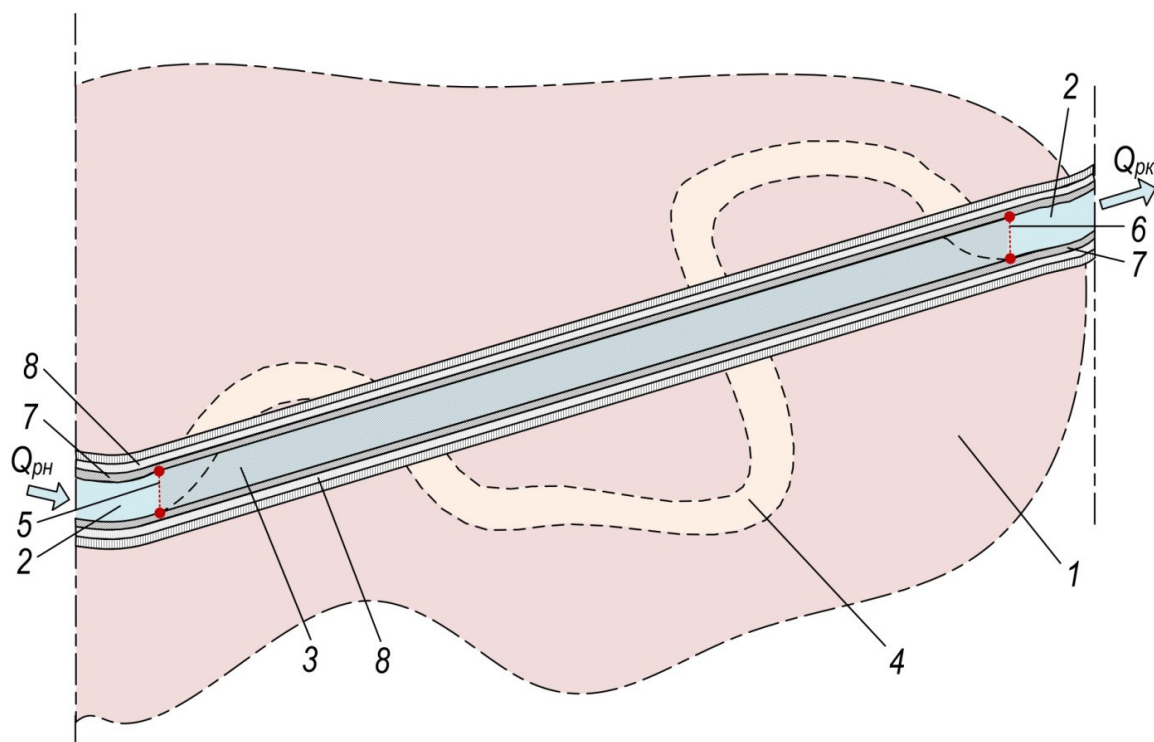


Рис. 1. Участок реки после выполнения противопаводковых гидротехнических мероприятий по технологическим альтернативам  $T_1$ ,  $T_2$  и  $T_3$ :

1 – зона рисков паводков; 2 – природное русло реки; 3 – участок спрямленного русла; 4 – участок природного русла, засыпанный грунтом; 5 и 6 – начальный и конечный створ участка спрямленного русла; 7 – защитное покрытие русла; 8 – береговая защитная дамба

где  $I_{вр}$  – индекс функциональной эффективности варианта гидротехнических мероприятий на стадии принятия управленческих решений;  $I_p$  – индекс рентабельности инвестиций;  $I$  – объем инвестиций, необходимый для выполнения варианта противопаводковых мероприятий.

Разработку проектов противопаводковых гидротехнических мероприятий осуществляют после долгосрочного прогнозирования паводков, которое выполняют на основе гидрологических показателей паводков за прошедший период. В результате прогнозирования определяют пиковый паводковый расход воды  $Q_n^{max}$  в реке, соответствующий расчетной величине обеспеченности (вероятности) паводка, которую далее учитывают при проектировании мероприятий. Основной задачей проектирования противопаводковых гидротехнических мероприятий по первой функциональной альтернативе  $\Phi_1$  является увеличение стока паводковых вод, отводимых из зоны 1 риска паводков (рис. 1) [7].

На низшем иерархическом уровне управления рисками паводков, соответствующем стадии принятия проектных решений, необходимый

функциональный гидрологический (защитный) эффект достигается при условии (3), а его величину определяют по формуле (4):

$$Q_{рн} < Q_n^{max} \leq Q_{рк}; \quad (3)$$

$$\Delta Q = Q_n^{max} - Q_{рк}, \quad (4)$$

где  $Q_{рн}$  и  $Q_{рк}$  – максимально допустимые расходы воды в реке до и после выполнения мероприятий,  $m^3/c$ ;  $\Delta Q$  – функциональный гидрологический эффект гидротехнических мероприятий.

Функциональный социо-эколого-экономический эффект ПУ высшего иерархического уровня управления рисками паводков находится в прямой зависимости от функционального гидрологического эффекта  $\Delta Q$  низшего иерархического уровня. Поэтому на стадии проектирования выбор технологических альтернатив гидротехнических мероприятий осуществляют с использованием целевой функции:

$$I^{пp} = \frac{\Delta Q}{3} = \frac{Q_n^{max} - Q_{рн}}{3} \rightarrow \max, \quad (5)$$

где  $I^{пp}$  – индекс функциональной эффективности варианта мероприятий, определяемый на стадии принятия проектных решений; 3 – затраты на выполнение варианта мероприятий, приведенные к одному году защиты.

Функциональной альтернативе  $\Phi_1$  соответствуют три технологические альтернативы: укрепление русла реки ( $T_1$ ); спрямление русла реки ( $T_2$ ); строительство береговых дамб ( $T_3$ ). Участок реки, на котором выполнены мероприятия по трем технологическим альтернативам, показан на рис. 1.

Технологическая альтернатива  $T_1$ , по которой осуществляют укрепление русла реки различными защитными покрытиями 7 (рис. 1), наиболее распространена. Ее используют для обеспечения возможности прохождения паводкового потока с более высокой скоростью без размыва и разрушения русла реки, что, в свою очередь, способствует увеличению максимально допустимого расхода воды в реке  $Q_{pk}$ . Необходимость укрепления русла обосновывают путем определения неразмывной скорости  $[v]$  течения воды в реке, которую не должна превышать средняя скорость течения воды в реке  $v$ :

$$[v] \geq v = \frac{Q_{pk}}{\omega}, \text{ м/с} \quad (6)$$

где  $\omega$  – площадь поперечного сечения паводкового потока,  $\text{м}^2$ .

Неразмывную скорость  $[v]$  в русле определяют по формуле А. М. Латышенкова (7), если  $h/d > 600$ , или по формуле Б. И. Студеничникова (8), если  $h/d \leq 600$  [8]:

$$[v] = 5d^{0,3}h^{0,2}, \text{ м/с} \quad (7)$$

$$[v] = 3,6\sqrt[4]{dh}, \text{ м/с} \quad (8)$$

где  $d$  – средний диаметр частиц грунта, м;  $h$  – глубина потока, м.

Если после выполнения необходимых расчетов по формуле (7) или (8) условие (6) будет соблюдаться, русло реки не требует защитного покрытия. В противном случае, руководствуясь целевой функцией (5), определяют наилучший вариант инженерного крепления русла реки путем их последовательного анализа в порядке от более простых и дешевых вариантов к более сложным и дорогим.

Наиболее простым конструктивным решением защитного покрытия русла является каменный наброс. Допустимая скорость  $[v]$  воды в русле, укрепленном каменным набросом, может быть рассчитана по формуле (8) Б. И. Студеничникова с применением коэффициента  $k_H$  ( $k_H = 0,8-0,95$ ):

$$[v] = k_H 3,6\sqrt[4]{Dh}, \text{ м/с} \quad (9)$$

где  $D$  – средний диаметр фракций каменного наброса, м.

Допустимая скорость  $[v]$  воды в русле, укрепленном каменным набросом, может быть также определена по табл. 7.10 и 7.12 [8].

Если в результате расчета будет установлена необходимость использования очень крупных фракций каменного наброса (валунов) и это окажется технологически неприемлемым для конкретных условий строительства, переходят к рассмотрению вариантов защитного покрытия в виде гибких сетчатых или решетчатых конструкций. К таким конструкциям относятся габионы; гибкие покрытия из шарнирно соединенных своими торцами железобетонных стержней, плит, блоков [9–11]; объемные геосинтетические маты и пр. Эти конструкции состоят из связанных между собой элементов (рис. 2). Они достаточно стойки к размыву потоком воды. Однако гибкие покрытия следует проверять на устойчивость в предположении их сдвига по поверхности грунтового основания силой гидродинамического воздействия.

Устойчивость гибких покрытий к сдвигу обеспечивается при следующем соотношении параметров [12]:

$$\delta \geq \frac{k_{зуп} \rho \omega i}{f \rho_{оп} \left( B - \frac{\rho}{\rho_{мп}} b \right)}, \quad (10)$$

где  $\delta$  – толщина покрытия, м;  $\rho$  – плотность воды,  $\text{кг/м}^3$ ;  $i$  – уклон дна реки;  $f$  – коэффициент трения материала покрытия о грунт;  $\rho_{мп}$  – плотность материала покрытия,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\rho_{оп}$  – объемная плотность покрытия,  $\text{кг/м}^3$ ;  $B$  – ширина русла по верху, м;  $b$  – максимальная ширина зеркала воды в паводок, м;  $k_{зуп}$  – коэффициент запаса устойчивости покрытия к сдвигу ( $k_{зуп} = 1,2-1,4$ ).

После проверки множества вариантов гибкого защитного покрытия русла на устойчивость по техническому критерию (10) определяют наиболее эффективный вариант покрытия по функционально-стоимостному принципу, используя целевую функцию (5):

$$I_{1j}^{np} = \frac{\Delta Q}{3_{1j}} = \frac{(Q_n^{\max} - Q_{pn})}{\frac{K_{1j}}{t_{1j}} + 3e_{1j}} \rightarrow \max, \quad (11)$$

где  $I_{1j}^{np}$  – индекс функциональной эффективности гидротехнических мероприятий по первой технологической альтернативе для  $j$ -го варианта покрытия;  $Z_{1j}$  – затраты на строительство и эксплуатацию  $j$ -го покрытия, при-

веденные к одному году защиты от паводков в зоне риска;  $K_{1j}$  – капитальные затраты на строительство  $j$ -го покрытия;  $t_{1j}$  – расчетный срок службы  $j$ -го покрытия;  $Ze_{1j}$  – годовые затраты на эксплуатацию  $j$ -го покрытия.



Рис. 2. Гибкое защитное покрытие берега р. Западный Буг, выполненное из бетонных блоков конструкции института «Укроргводстрой»

Выбор проектных решений гидротехнических мероприятий по технологическим альтернативам  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  выполняют в два этапа. На первом этапе устанавливают множество конкурентоспособных проектных решений по критерию функциональной эффективности – способности русла реки пропускать после выполнения гидротехнических мероприятий расход воды  $Q_{п}^{max}$ , а также по критерию технической эффективности, то есть способности русла выдерживать гидростатические и гидродинамические нагрузки. При оценке функциональной эффективности проектных решений основной формулой расчета параметров паводкового потока в русле реки является формула Шези [8]:

$$Q = \omega v = \omega C \sqrt{Ri} \quad (12)$$

где  $C$  – коэффициент, который определяют по формуле Н. Н. Павловского;  $R$  – гидравлический радиус, м.

Первым проектным решением предусмотрено строительство технически надежной конструкции защитного покрытия русла реки, что соответствует выполнению гидротехнических мероприятий по технологической аль-

тернативе  $T_1$ . Если функциональный эффект  $\Delta Q$ , рассчитанный по формуле (4), достигается в результате выполнения мероприятий, а техническая эффективность защитного покрытия русла обеспечивается соотношением параметров (10), проектное решение считают конкурентоспособным, а величину затрат  $31$ , необходимых для его реализации, вносят в таблице.

Вторым проектным решением предусмотрено спрямление участка русла, проходящего в зоне риска, что соответствует выполнению гидротехнических мероприятий по технологической альтернативе  $T_2$  (рис. 1). Мероприятие выполняют путем выкапывания нового прямолинейного участка  $3$  русла реки, а криволинейный участок  $4$  природного русла  $2$  засыпают землей. Спряжением русла реки в зоне паводковых рисков  $1$  увеличивают уклон дна реки, который определяют по формуле:

$$i = \frac{\Delta h_{гд}}{L} \quad (13)$$

где  $\Delta h_{гд}$  – разность геодезических отметок высот в начале и конце участка русла, м;  $L$  – длина участка, м.

Таблица. Варианты проектных решений  
противопаводковых гидротехнических мероприятий

Проектные решения	Технологические альтернативы	Затраты	Допустимый расход воды в реке		Гидрологический эффект	
			до защиты	после защиты	необходимый	фактический
1	$T_1$	$Z_1$	$Q_{рн} < Q_n^{max}$	$Q_{рк} \geq Q_n^{max}$	$\Delta Q = Q_n^{max} - Q_{рн}$	$\Delta Q_{\phi} = Q_{рк} - Q_{рн} \geq \Delta Q$
2	$T_2$	$Z_2$				
3	$T_1, T_2$	$Z_1 + Z_2$				
4	$T_3$	$Z_3$				
5	$T_1, T_3$	$Z_1 + Z_3$				
6	$T_1, T_2, T_3$	$Z_1 + Z_2 + Z_3$				

На основе совместного анализа формул (12) и (13) имеем следующее соотношение расходов воды в спрямленном и природном русле при одинаковой площади поперечного сечения  $\omega$  потока воды:

$$Q_{рк} = Q_{рн} \sqrt{\frac{L_{пр}}{L_{сп}}}, \quad (14)$$

где  $L_{пр}$  и  $L_{сп}$  – длина природного и спрямленного участка русла реки, м.

Если при соотношении расходов воды (14) обеспечивается условие (3), а русло реки окажется устойчивым к размыву паводковым потоком, второе проектное решение считают конкурентоспособным. Величину затрат  $Z_2$ , необходимых для реализации второго проектного решения, вносят в таблицу.

Если в результате спрямления русла и увеличения уклона дна реки скорость течения воды  $v$  в реке будет превышать неразмывную скорость  $[v]$ , рассматривают третье проектное решение, основанное на комбинации технологических альтернатив  $T_1$  и  $T_2$ . Если соотношение расходов воды в реке соответствует условию (3), третье проектное решение считают конкурентоспособным, а суммарные затраты  $Z_1 + Z_2$  на его реализацию вносят в таблицу.

Четвертым проектным решением является строительство береговых дамб на участке реки, проходящем в зоне риска паводков, что соответствует выполнению гидротехнических мероприятий по технологической альтернативе  $T_3$ . Строительство береговых дамб выполняют для увеличения площади поперечного сечения русла реки, а следовательно, для увеличения площади поперечного сечения паводкового потока в русле и расхода воды в реке. Согласно формуле Шези (12) имеем следующее соотношение расходов воды в реке

до и после выполнения гидротехнических мероприятий по технологической альтернативе  $T_3$ :

$$Q_{рк} = Q_{рн} \frac{\omega_3}{\omega_0}, \quad (15)$$

где  $\omega_0$  и  $\omega_3$  – площадь предельно допустимого поперечного сечения паводкового потока в реке до и после выполнения гидротехнических мероприятий по технологической альтернативе  $T_3$ .

Если соотношение (15) расходов воды  $Q_{рк}$  и  $Q_{рн}$  соответствует условию (3), а русло реки устойчиво к размыву паводковым потоком, четвертое проектное решение считают конкурентоспособным, а величину затрат  $Z_3$ , необходимых для его реализации, вносят в таблицу.

Если русло реки после строительства береговых дамб окажется недостаточно устойчивым к размыву паводковым потоком, рассматривают пятое проектное решение, основанное на комбинации технологических альтернатив  $T_1$  и  $T_3$ . Затраты  $Z_1 + Z_3$ , необходимые для реализации проектного решения, вносят в таблицу.

Для особо сложных условий регулирования русла реки в зоне риска паводков может быть рассмотрено шестое проектное решение гидротехнических мероприятий, основанное на комбинации технологических альтернатив  $T_1, T_2$  и  $T_3$  (рис. 1). Затраты на реализацию этого решения составляют  $Z_1 + Z_2 + Z_3$ .

Поскольку каждое проектное решение таблицы по критерию достижения функционального эффекта  $\Delta Q$  конкурентоспособно, на заключительном этапе наиболее эффективным считают проектное решение, требующее наименьших затрат на его реализацию.

### Заключение

На основе системного анализа предложено различать две противоположные по характеру выполнения функциональные альтернативы противопаводковых гидротехнических мероприятий, первой из которых является увеличение стока паводковых вод, отводимых из зоны риска паводков, а второй – задержание части паводковых вод перед зоной риска паводков.

По первой функциональной альтернативе функциональный (защитный) эффект предложено определять по увеличению расхода паводковых вод, отводимых из зоны риска паводков. Функциональный эффект противопаводковых гидротехнических мероприятий по второй альтернативе предложено определять уменьшением в русле реки расхода паводковых вод, поступающих в зону риска паводков.

Выделено три соответствующие первой функциональной альтернативе технологические альтернативы защиты от паводков: укрепление русла реки, спрямление русла, строительство береговых дамб. Приведены научно-методические основы расчета параметров регулирования русла по трем технологическим альтернативам. Укрепление русла

реки дает возможность увеличить расход паводкового потока за счет увеличения его допустимой скорости, при этом основным критерияльным показателем технической надежности укрепленного русла является устойчивость покрытия к размыву и сдвигу под действием гидродинамических сил паводкового потока. Функциональный эффект увеличения допустимого расхода воды в русле достигается спрямлением русла реки, что способствует увеличению уклона дна на спрямленном участке русла. Функциональный эффект увеличения допустимого расхода воды в русле достигается также строительством береговых дамб, за счет чего увеличивают площадь поперечного сечения русла и максимально допустимую площадь поперечного сечения паводкового потока.

На основе трех выделенных технологических альтернатив и их комбинаций предложено шесть вариантов проектных решений регулирования русла, среди которых наиболее эффективный вариант предложено определять путем функционально-стоимостного анализа гидротехнических мероприятий.

### Библиографический список

1. Гамберг, В. Наводнение в Китае (июль – октябрь 1931) / В. Гамберг // Проблемы Китая. – 1931. – № 89 (3–4). – С. 153–158.
2. Алексеев, Н. А. Стихийные явления в природе: проявление, эффективность защиты / Н. А. Алексеев. – М. : Мысль, 1988. – 254 с.
3. Козьменко, С. Н. Экономика катастроф (инвестиционные аспекты) / С. Н. Козьменко. – Киев : Наук. думка. – 1997. – 2004 с.
4. Соколовский, Д. Л. Речной сток (основы теории и методики расчетов) / Д. Л. Соколовский. – Л. : Гидрометеиздат, 1968. – 540 с.
5. European Environment Agency [Electronic resource] : policy document / Directive of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy 2000/60/EC. – Mode of access: <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/directive-2000-60-ec-of>. – Date of access: 24.08.2020.
6. European Environment Agency [Electronic resource] : policy document / Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks. – Mode of access: <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/directive-2007-60-ec-of>. – Date of access: 24.08.2020.
7. Петроченко, А. В. Классификация паводков и систематизация противопаводковых мероприятий / А. В. Петроченко // Мелиорация. – 2019. – № 3(89). – С. 30–37.
8. Справочник по гидравлике / В. А. Большаков [и др.]; под ред. В. А. Большакова. – Киев : Вища школа, 1977. – 280 с.

9. Берегоукрепительное покрытие : пат. 33748 Украина : МКИ E02B 3/04 / В. И. Петроченко, А. В. Петроченко ; дата публ.: 10.07.2008.

10. Покрытие берегов водных объектов : пат. 86676 Украина : МКИ E02B 3/04 / В. И. Петроченко, А. Н. Шевченко, Д. П. Савчук, А. В. Петроченко ; дата публ.: 10.01.2014.

11. Защитное покрытие из бетонных блоков : пат. 102321 Украина : МКИ E02B 3/14, E02B 1/04 / А. Н. Кафтан, Н. Н. Харченко ; дата публ.: 26.10.2015.

12. Петроченко, В. І. Обґрунтування захисних протипаводкових покриттів русел гірських річок / В. І. Петроченко, О. В. Петроченко // Меліорація і вод. госп-во. – 2018. – Вип. 107. – С. 84–91.

Поступила 15 октября 2020 г.