

Используя расчетные гидрографы, аналогичные приведенному на рисунке 4.55, вычисляют среднесуточные модули стока $q_{\text{сут}}$, $(\text{м}^3/\text{с})/\text{км}^2$, для соответствующих обеспеченностей. Таким образом, получаем дискретную функцию, аналогичную (4.34), для расхода воды в водотоках по пикетам. Общий вид функции:

$$Q = f(L, q_{\text{сут}}), \quad (4.35)$$

Для выполнения моделирования наполнения русла по формуле (4.33) необходимо получить статистическую зависимость отметки воды в расчетном створе от расхода воды, сформировавшегося выше по течению. Математическая обработка данных промеров поперечных сечений по пикетам выполняется по описанному ниже алгоритму.

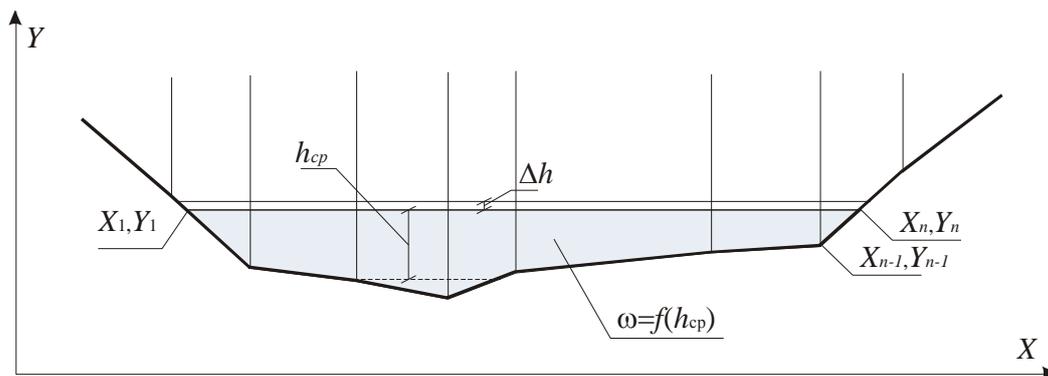


Рисунок 4.55 – Схема численной обработки данных промерных работ

Анализ современных методов математического моделирования показал: для решения поставленной задачи наиболее приемлемыми являются имитационные и численные методы: метод Монте-Карло, численное интегрирование, итерационное решение уравнений и т. п.

Для определения средней глубины потока и его средней скорости для расходов воды различной обеспеченности в отдельном створе необходимо решить две отдельные задачи [592]:

- организовать временный (для разовых наблюдений) водомерный пост и измерить основные характеристики потока;
- определить водность года исследуемого водотока.

Обустройству водомерного поста предшествует выбор участка реки и места для установки оборудования. Предварительно надо всесторонне ознакомиться с районом по литературным данным, архивным материалам и иным источникам, а также провести рекогносцировочное обследование реки.

Рекогносцировочное обследование производится не только в пределах намеченного участка, а значительно шире. Длина участка рекогносцировочного обследования определяется с учетом местных условий и особенностей водного объекта. Рекогносцировка участка обычно выполняется во время летней межени, когда наилучшим образом можно охарактеризовать рельеф русла, поймы и берегов, растительность, грунты и т. п. Характеристике состоянию реки в половодье и зимний период дают путем опроса местного населения.

На основе результатов стандартных гидрометрических работ определяют отметки характерных точек русла и поймы водотока, по которым строится поперечный профиль, и вычисляют площади поперечного сечения, смоченный периметр и гидравлический радиус для различной глубины наполнения [48]. При этом рекомендуют использовать расчетную формулу вычисления площади многоугольника вида

$$\omega = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (x_i (y_{i+1} - y_{i-1})), \quad (4.36)$$

$$\chi = \sum_{i=1}^{n-1} \sqrt{(x_i - x_{i+1})^2 + (y_i - y_{i+1})^2} \quad (4.37)$$

где x_i и y_i – координаты i -той точки рассматриваемого многоугольника (см. рис. 4.55), м; n – количество точек многоугольника.

Приращение глубины принимается в зависимости от выраженности рельефа дна водотока, но рекомендуется принимать количество итераций $\tau > 50$, тогда $\Delta h = \frac{Y_{\text{max}} - Y_{\text{min}}}{\tau}$. Аналогично определяется зависимость смоченного периметра χ и гидравлического радиуса R .

Используя полученные массивы $[\omega, h_{cp}]$ и $[R, h_{cp}]$, выполняют оценку параметров регрессионной модели вида

$$\omega = \alpha_{\omega} \cdot (h_{cp} - h_{cp}^{meas})^2 + \beta_{\omega} \cdot (h_{cp} - h_{cp}^{meas}) + \omega^{meas}, \quad (4.38)$$

$$R = \beta_R \cdot (h_{cp} - h_{cp}^{meas}) + R^{meas}, \quad (4.39)$$

где α, β – константы регрессионного уравнения.

Одновременно с обработкой данных гидрометрических измерений производится отслеживание прироста гидравлического радиуса с увеличением наполнения русла с целью определения момента затопления поймы водотока. Так как ранее указывалось, что общий расход определяется суммой расхода на пойме и в русле, то определять гидравлические характеристики подтока для каждой из частей необходимо по отдельности. Определение момента выхода воды на пойму осуществляется исходя из условия

$$R_{i-1} > R_i + \Delta h \frac{\tau}{10 + \frac{\tau}{5K10}}, \quad (4.40)$$

где R_{i-1}, R_i – гидравлический радиус соответственно на i и $i-1$ итерации.

Определение зависимости площади живого сечения от средней глубины в форме функции вида (4.38) дает возможность численного решения уравнения Шези по средней глубине потока

$$Q_{P\%} = \omega_{P\%} C_{P\%} \sqrt{R_{P\%} i}, \quad (4.41)$$

где $C_{P\%}$ – коэффициент Шези, $m^{0.5}/c$; $i = i_0$ – гидравлический уклон, при равномерном установившемся движении можно принять как средний уклон дна водотока (первое допущение).

Уравнение (4.41) можно записать как систему уравнений

$$\begin{cases} Q_{P\%} = \omega_{P\%} C_{P\%} \sqrt{R_{P\%} i} \\ \omega_{P\%} = \alpha_{\omega} \cdot h_{cp P\%}^2 + \beta_{\omega} \cdot h_{cp P\%} + \varphi_{\omega} \\ R_{P\%} = \alpha_R \cdot h_{cp P\%}^2 + \beta_R \cdot h_{cp P\%} + \varphi_R \\ C_{P\%} = \frac{R_{P\%}^{2,5\sqrt{n}-0,13-0,75\sqrt{R_{P\%}}(\sqrt{n}-0,1)}}{n} \end{cases} \quad (4.42)$$

Как видно из уравнения (4.42), мы имеем количество неизвестных больше, чем количество уравнений. Исходя из этого, предполагаем (второе допущение), что измеренные значения гидравлических характеристик стока $Q_{изм}, R_{изм}, \omega_{изм}, C_{изм}, i$ и искомая средняя глубина воды заданной обеспеченности относятся к одному гидрологическому сезону. В результате можно определить шероховатость русла водотока, используя формулу Н. Н. Павловского [554, 604]

$$C_{изм} = \frac{R_{изм}^{2,5\sqrt{n}-0,13-0,75\sqrt{R_{изм}}(\sqrt{n}-0,1)}}{n}, \quad (4.43)$$

где $C_{изм} = \frac{Q_{изм}}{\omega_{изм} \sqrt{R_{изм} i}}$ – коэффициент Шези [278], определяемый на основе измеренных значений

расхода и параметров поперечного сечения русла водотока, $m^{0.5}/c$.

Формула Н. Н. Павловского принята как наиболее устойчивая в условиях малых значений гидравлического радиуса. Аналогичная ей формула И. И. Агроскина нередко дает отрицательные значения коэффициента Шези при малых гидравлических радиусах, и в нашем случае не применима.

Также необходимо отметить, что при численном решении уравнения (4.42) необходимо учитывать границы применимости регрессионных уравнений, то есть решение данного уравнения должно находиться в пределах $0 < h_{cp P\%} < h_{cp max}$, так как экстраполяция данных зависимостей может привести к ошибочным результатам.

Описанные выше подходы и методы описания гидравлического режима открытых водотоков реализованы с помощью математического программирования в компьютерной программе Wolfram Mathematica 7.

В результате выполнения работы разработана гидрологическая ГИС ландшафтного заказника «Званец», которая позволяет реализовать схему управления заказником в части оптимизации водного режима на болоте, способствующего сохранению популяции вертлявой камышевки. Разработанная методика позволяет выполнить расчеты расходов воды, проходящей в руслах водотоков на болоте и на пойме. В конечном итоге осуществляется переход от расходов воды к уровням воды в каналах и на пойме в различных пикетах. Обеспечение поддержания уровней воды на болоте в пределах контрольных отметок в различные гидрологические периоды будет соответствовать пропуску соответствующих установленных расходов через гидротехнические сооружения.

4.5.3. Схема управления водным режимом территории заказника «Званец»

Конечной целью работы является оценка текущего состояния гидролого-климатических и гидрогеологических характеристик территории ландшафтного заказника «Званец» с учетом существующего состояния мелиоративной сети и гидротехнических сооружений, разработка схемы управления водным режимом, позволяющей создать условия для естественного восстановления популяций флоры и фауны.

Управление водным режимом территории заказника осуществляется имеющимися на мелиоративной сети гидротехническими сооружениями, позволяющими с учетом инерционности эффекта от их работы в различные по водности годы обеспечить регулирование уровня режима грунтовых и поверхностных вод в пределах, близких к естественным и оптимальным для развития флоры и фауны.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

- выявление особенностей формирования водного режима исследуемой территории на основе ГИС;
- описание уровня режима грунтовых и поверхностных вод исследуемой территории, позволяющего способствовать восстановлению структуры и динамики естественной флоры и фауны;
- оценка существующих и разработка новых (адаптированных) способов управления водным режимом территории;
- имитационное моделирование водного режима территории заказника с учетом разработанных мероприятий под управлением комплексом инженерных сооружений.

Расчетные гидрологические характеристики болота «Званец»

При отсутствии данных гидрологических наблюдений в расчетном створе применяют региональные методы расчета гидрологических характеристик, основанные на результатах обобщения данных гидрометеорологических наблюдений в районе проектирования. В такой ситуации параметры распределения и расчетные значения определяют с помощью следующих основных методов:

- водного баланса;
- гидрологической аналогии;
- осреднения в однородном районе;
- построения карт изолиний;
- построения региональных зависимостей стоковых характеристик от основных физико-географических факторов водосборов;
- построения зависимостей между погодичными стоковыми характеристиками и стокоформирующими факторами.

Максимальный сток воды рек

Методы определения расчетных характеристик максимального стока весеннего половодья и дождевых паводков подразделяют на следующие:

- а) при наличии одной или нескольких рек-аналогов;
- б) при отсутствии рек-аналогов.

Значения параметров и коэффициентов в расчетных формулах следует уточнять на основе использования гидрометеорологической информации за весь период наблюдений, включая последние годы. Выбор рек-аналогов следует проводить с соблюдением условий

$$\frac{L}{A^{0,56}} \approx \frac{L_a}{A_a^{0,56}}, \quad (4.44)$$

$$i \cdot A^{0,50} \approx i_a \cdot A_a^{0,50}, \quad (4.45)$$

где L и L_a – длина исследуемой реки и реки-аналога соответственно, км; i и i_a – уклон водной поверхности исследуемой реки и реки-аналога, промиле; A и A_a – площади водосборов исследуемой реки и реки-аналога соответственно, км².

Максимальный сток воды рек весеннего половодья

Методы расчета максимальных расходов воды рек весеннего половодья, изложенные в настоящем разделе, следует применять при расчете для водосборов с площадями от элементарно малых (менее 1 км²) до 20000 км² [358, 518].

При наличии рек-аналогов расчетный максимальный расход воды весеннего половодья Q_p , м³/с, заданной ежегодной вероятностью превышения определяется по редуccionной формуле

$$Q_p = \frac{K_0 \cdot h_p \cdot \mu \cdot \delta \cdot \delta_1 \cdot \delta_2}{(A+1)^{0,20}} \cdot A, \quad (4.46)$$

где K_0 – параметр, характеризующий дружность весеннего половодья, который рассчитывают как среднее из значений, определенных по данным нескольких рек-аналогов обратным путем из формулы (4.46); h_p – расчетный слой суммарного весеннего стока (без срезки грунтового питания), мм, ежегодной вероятностью превышения $P\%$; μ – коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров слоев стока и максимальных расходов воды, приведен в таблице 4.45; δ – коэффициент, учитывающий влияние водохранилищ, прудов и проточных озер; δ_1 , δ_2 – коэффициенты, учитывающие снижение максимального расхода воды соответственно в залесенных и заболоченных водосборах; A – площадь водосбора до расчетного створа реки, км².

Таблица 4.45 – Значения коэффициента μ , учитывающего неравенство параметров слоя стока и максимальных расходов воды

Водосбор	Значения коэффициента μ при обеспеченности P , %, равной							
	1	2	3	5	10	25	50	75
Остальные реки Беларуси	1,0	0,96	0,93	0,90	0,84	0,75	0,65	0,55

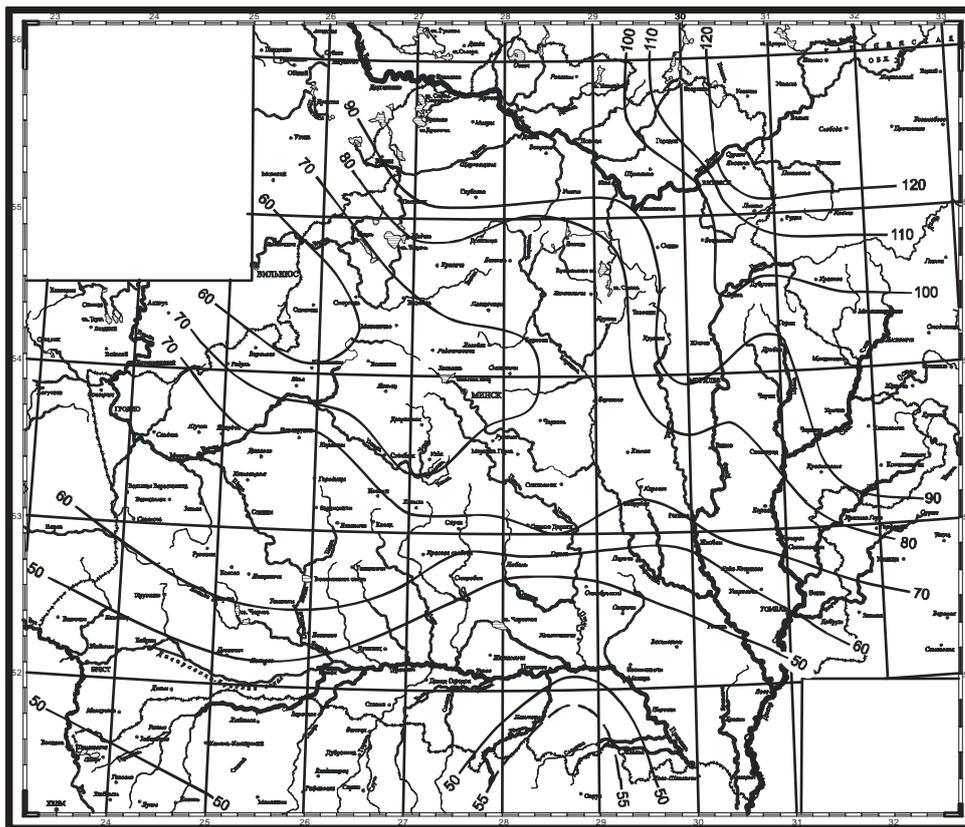


Рисунок 4.56 – Карта среднемноголетнего слоя весеннего половодья, мм

При обосновании в формулу (4.46) допускается введение дополнительных параметров, учитывающих влияние естественных и искусственных факторов на формирование максимального стока воды рек весеннего половодья. Допускается определять параметр K_0 , по региональным зависимостям, установленным для мелиорированных водосборов в связи с различием формирования максимального стока на естественных водосборах и водосборах мелиоративной сети и невозможностью подбора аналогов для определения параметра K_0 , как среднее из значений, определенных по данным нескольких рек-аналогов обратным путем.

Расчетный слой стока h_p , мм, определяется следующими методами:

- по данным рек-аналогов,
- в зависимости от коэффициента вариации C_v и соотношения C_S / C_V , а также среднего многолетнего слоя стока весеннего половодья h_0

Средний многолетний слой весеннего стока h_0 , мм, и коэффициент вариации слоя стока C_v определяются по данным рек-аналогов, а при невозможности их подбора – интерполяцией по картам, построенным для исследуемого района с учетом последних лет наблюдений, а также по картам изолиний, приведенным на рисунках 4.56 и 4.57 соответственно. При больших площадях значения h_0 и C_v принимаются по аналогии со створами в данном бассейне, имеющими многолетние наблюдения. Кроме того, на рисунке 4.58 представлена карта стока весеннего половодья 1 %-ной обеспеченности.

Для рек с площадями водосбора менее 200 км² в значения C_v , полученные по карте изолиний, следует вводить поправочный коэффициент k_{C_v} , учитывающий величину площади водосбора и определяемый по формуле

$$k_{C_v} = 1,3 - 0,0014 \cdot A, \tag{4.47}$$

где A – площадь водосбора до расчетного створа реки, км².

Расчетное значение отношения коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации C_S / C_V устанавливается в соответствии с таблицей 4.46.

Таблица 4.46 – Соотношения C_S / C_V для водосборов Беларуси

Территория	Значение соотношения C_S / C_V
Бассейн Немана и левобережные притоки р. Припять	3

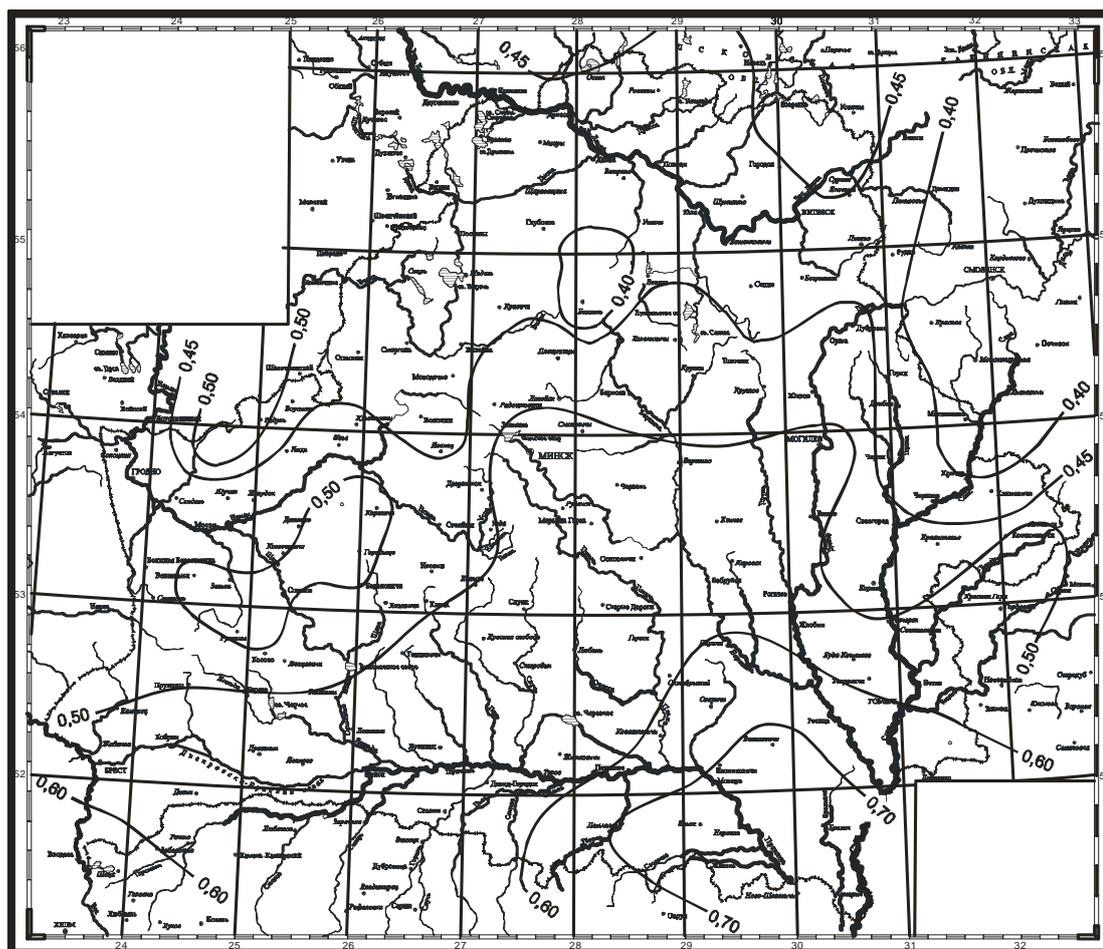


Рисунок 4.57 – Карта коэффициента вариации слоя стока весеннего половодья

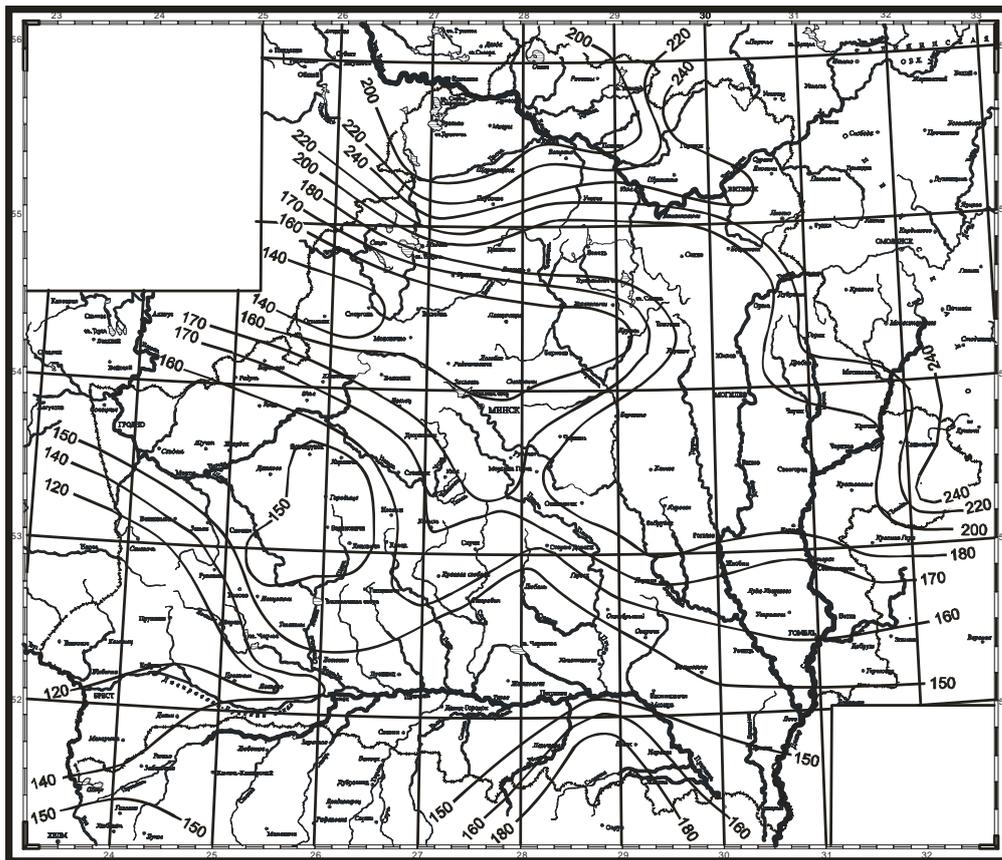


Рисунок 4.58 – Карта стока весеннего половодья 1 %-ной обеспеченности, мм

Коэффициент δ , учитывающий снижение максимального стока рек, зарегулированных проточными озерами, определяется по формуле

$$\delta = \frac{1}{1 + c \cdot A_{oz}}, \quad (4.48)$$

где c – коэффициент, принимаемый в зависимости от среднего многолетнего слоя весеннего стока h_0 . При $h_0 \geq 100$ мм, $c = 0,2$; при $h_0 = 50$ мм, $c = 0,3$; при h_0 , изменяющемся от 100 до 50 мм, c находят интерполяцией; A_{oz} – средневзвешенная озерность водосбора, %, определяемая по формуле

$$A_{oz} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot A_i}{A^2} \cdot 100, \quad (4.49)$$

где S_i – площади зеркал озер, км²; A_i – площади водосборов озер, км²; A – площадь водосбора до расчетного створа реки, км².

Если река и ее притоки вытекают из озер, водосборы которых занимают значительную часть площади водосбора реки $A'_{oz} > 50$ %, то средневзвешенную озерность A_{oz} вычисляют по формуле

$$A_{oz} = \frac{(A'_{oz} - 2)}{0,92}, \quad (4.50)$$

где A'_{oz} – относительная озерность, %, определяемая по формуле

$$A'_{oz} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot 100}{A}. \quad (4.51)$$

Если озера расположены на водосборе вне главного русла и основных притоков, значение $\delta = 0,8$ независимо от степени озерности.

Влияние прудов, регулирующих меженный сток, при расчете максимальных расходов воды вероятностью превышения $P < 5$ % не учитывается, а при $P \geq 5$ % допускается уменьшение расчетного значения расхода воды до 10 %.

Коэффициент δ_1 , учитывающий снижение максимальных расходов воды в залесенных бассейнах, определяется по формуле

$$\delta_1 = \frac{\alpha_1}{(A_{л} + 1)^{0,22}}, \quad (4.52)$$

где α_1 – параметр, учитывающий расположение леса на водосборе; приведен в таблице 4.47; $A_{л}$ – залесенность водосбора, %.

При относительной залесенности $A_{л}$ менее 3 % или при проточной озерности $A_{оз}$ более 20 % или при $A_{л} > 30$ % коэффициент $\alpha_1 = 1,0$.

Таблица 4.47 – Значения параметра α_1

Расположение леса на водосборе	Параметр α_1 при $A_{л}$, %		
	от 3 до 9 %	от 10 до 19 %	от 20 до 30 %
Равномерное	1,0		
В верхней части водосбора	0,85	0,80	0,75
В нижней и прирусловой части водосбора	1,20	1,25	1,30

Коэффициент δ_2 , учитывающий снижение максимального расхода воды заболоченных водосборов, определяется по формуле

$$\delta_2 = 1 - \beta \cdot \lg(0,1 \cdot A_{б} + 1), \quad (4.53)$$

где β – коэффициент, учитывающий тип болот и преобладающий механический состав почв (грунтов) вокруг болота и заболоченных земель; приведен в таблице 4.48; $A_{б}$ – заболоченность водосбора, %.

Внутриболотные озера, рассредоточенные по водосбору и расположенные вне главного русла и основных притоков, следует включать в значение относительной площади болот.

При заболоченности менее 3 % или проточной средневзвешенной озерности более 6 % коэффициент $\delta_2 = 1$.

Таблица 4.48 – Значения параметра β

Типы болот и почв (грунтов) на их водосборах	β
Низинные болота и заболоченные леса и луга на водосборах, сложенных супесчаными и легко-суглинистыми почвами (грунтами)	0,8
Болота разных типов на водосборе	0,7
Верховые болота на водосборах, сложенных супесчаными и легкосуглинистыми почвами (грунтами)	0,5
Верховые болота на водосборах, сложенных среднесуглинистыми и глинистыми почвами (грунтами)	0,3

Расчет максимальных расходов воды весеннего половодья заказника «Званец» осуществлялся для условного водосбора площадью $A = 10 \text{ км}^2$ с помощью компьютерной программы «Гидролог-2», разработанной на кафедре природообустройства Брестского государственного технического университета. Результаты расчета представлены в таблице 4.49.

Таблица 4.49 – Максимальные расходы весеннего половодья с условного водосбора $A = 10 \text{ км}^2$ на территории заказника «Званец» различной обеспеченности, $\text{м}^3/\text{с}$

Способ определения	P = 1%	P = 2%	P = 3%	P = 5%	P = 10%	P = 25%
Аналог отсут. ($h1\%$)	10,7	9,25	8,35	7,46	6,14	4,16
По формуле (1.3)	13,9	12,1	10,9	9,74	7,69	5,09

Расчетные гидрографы стока воды рек весеннего половодья

Расчетные гидрографы стока воды рек весеннего половодья необходимо рассчитывать при проектировании водохранилищ, прудов, отводе вод от сооружений в период их строительства, расчете затопления пойм, пропуске высоких вод через дорожные и другие искусственные сооружения.

Форма расчетных гидрографов принимается по моделям наблюдаемых высоких весенних паводков с наиболее неблагоприятной их формой, для которых основные элементы гидрографов и их соотношения должны быть близки к расчетным.

Для расчета отверстий дорожных и других искусственных сооружений допускается принимать схематизацию гидрографов стока воды рек весеннего половодья по геометрическим формам.

Гидрографы речного стока следует рассчитывать по равнообеспеченным значениям максимального расхода воды, объема стока воды основной волны и объема всего весеннего половодья расчетной ежегодной вероятности превышения.

Расчетные гидрографы стока воды рек для весеннего половодья определяются по среднесуточным расходам воды; гидрографы внутрисуточного хода стока воды рассчитываются, если величина максимального мгновенного расхода воды в 1,5 раза больше соответствующего ему среднесуточного расхода воды;

Построение гидрографов при отсутствии данных гидрометрических наблюдений

Максимальный средний суточный расход, м³/с, определяется по формуле

$$Q_P = \frac{Q'_P}{k_\tau}. \quad (4.54)$$

Коэффициент перехода k_τ от максимального мгновенного расхода воды весеннего половодья $Q'_{P\%}$ к среднесуточному $Q_{P\%}$ устанавливается по рекам-аналогам. При их отсутствии допускается принимать коэффициент k_τ по данным, приведенным в таблице 4.50.

Таблица 4.50 – **Переходный коэффициент k_τ**

Бассейны рек	Коэффициент k_τ при площадях водосбора, км ²								
	0,1	0,5	1	5	10	50	100	500	1500
Реки бассейна Западной Двины	1,90	1,70	1,60	1,40	1,30	1,20	1,15	1,00	
Реки других бассейнов	3,50	2,80	2,60	2,10	1,90	1,60	1,40	1,15	1,00

Относительные ординаты одновершинного гидрографа стока воды весеннего половодья (дождевого паводка) определены по значению коэффициента несимметричности k_τ , рассчитываемого по формуле (4.54) по данным рек-аналогов или по значению коэффициента формы гидрографа λ^* , определяемого по формуле

$$\lambda^* = \frac{q \cdot t_n}{0,0116 \cdot h}. \quad (4.55)$$

Ординаты расчетного гидрографа определяются по формуле

$$Q_i = y \cdot Q_{P\%}, \quad (4.56)$$

а абсциссы – по формуле

$$t_i = x \cdot t_n, \quad (4.57)$$

где t_n – продолжительность подъема весеннего половодья (дождевого паводка), определяется по формуле

$$t_n = \frac{0,0116 \cdot \lambda \cdot h_{P\%}}{q_{P\%}}; \quad (4.58)$$

x, y – относительные ординаты расчетного гидрографа стока воды.

Построение гидрографов стока воды весеннего половодья заказника «Званец» осуществлялся для условного водосбора площадью $A = 10$ км² с помощью компьютерной программы «Гидролог-2», разработанной на кафедре природообустройства Брестского государственного технического университета. Результаты построения представлены на рисунке 4.59.

Продолжительность расчетного половодья составляет 31 сутки. Кроме того, для суток с максимальным расчетным расходом выполнено построение гидрографа часовых расходов. Результаты построения суточных и часовых гидрографов используются для имитационного моделирования работы проводящей и регулирующей сети территории болотного массива «Званец».

Непосредственно моделирование движения воды в открытой сети производится на основании следующих параметров и характеристик водотока:

- 1) геометрические характеристики поперечного профиля в соответствующих расчетных створах;
- 2) шероховатость русловой и пойменной части в соответствующих расчетных створах;
- 3) отметки бермы и дна русла водотока в соответствующих расчетных створах;
- 4) площади водосбора водотока в соответствующих расчетных створах.

Геометрические характеристики поперечного профиля водотока приняты ориентировочно на основании натуральных наблюдений и описаний параметров, приведенных в Плане управления [30].

Отметки характерных точек в расчетных створах скорректированы на основании анализа средних уклонов поверхности земли в пределах тальвега водотока. В перспективе надо уточнить параметры поперечного сечения и отметки характерных точек в Балтийской системе координат. Принятые параметры расчетных створов водотока приведены в таблице 4.51 для каналов Поведский и Барсук.

Продольные уклоны дна русла водотока вычисляются исходя из значений минимальной отметки, отнесенных к расстоянию между створами. В данном случае принятое расстояние соответствует 1 км.

Шероховатость была принята исходя из условий наличия древесно-кустарниковой и травяной растительности. Так, для русловой части по всей длине русла принималось значение $\gamma_{русл} = 7$, для пойменной части $\gamma_{пойма} = 12$.

Площади водосбора для каждого расчетного створа водотока определены с использованием ГИС гидрографической сети болотного массива «Званец» (рис. 4.60).

Таким образом, результаты определения площадей водосборов по каналам (Поведский и Барсук) представлены в виде базы данных, которая используется разработанным алгоритмом. Содержание базы данных представлено в таблице 4.52.

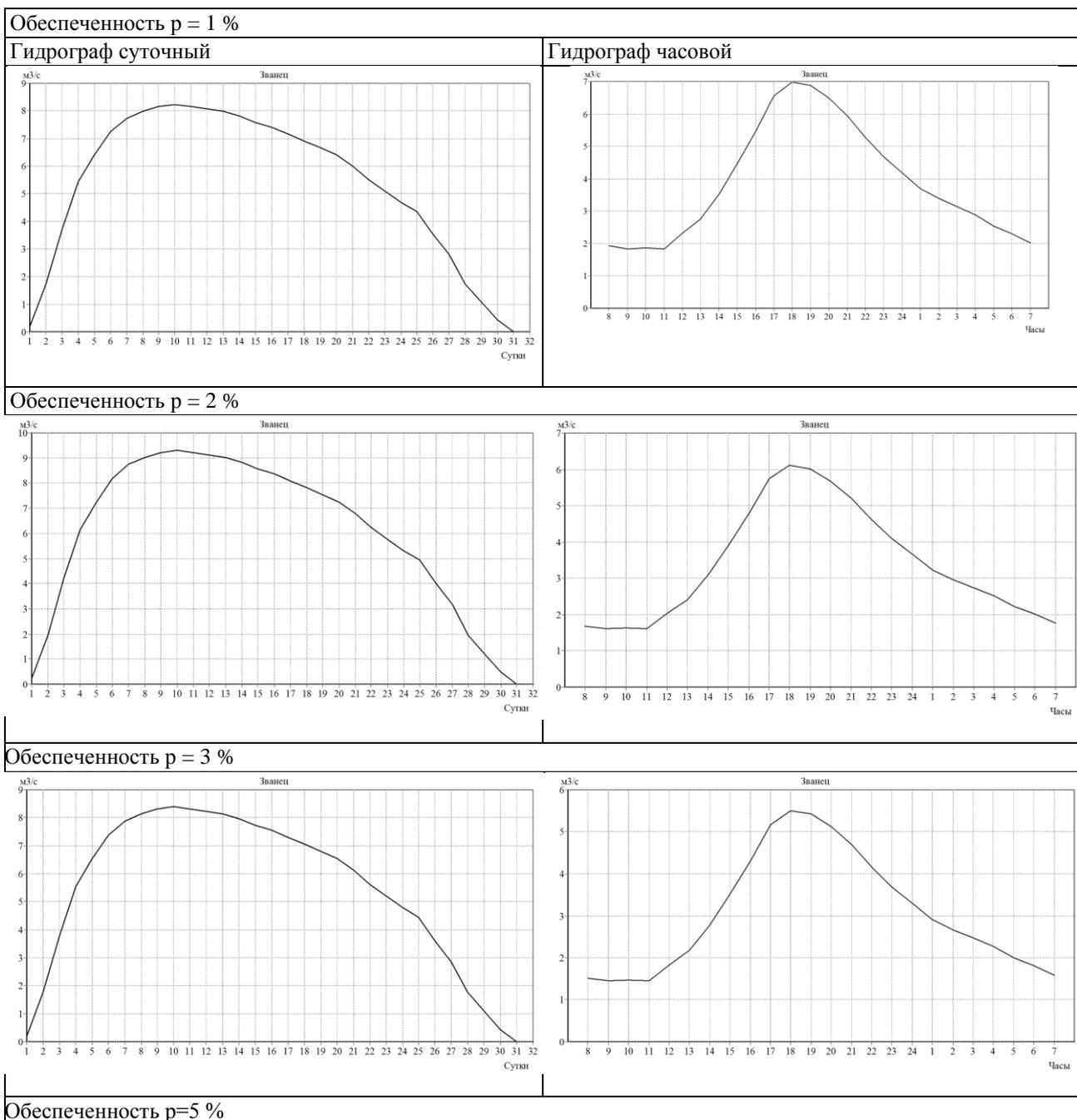
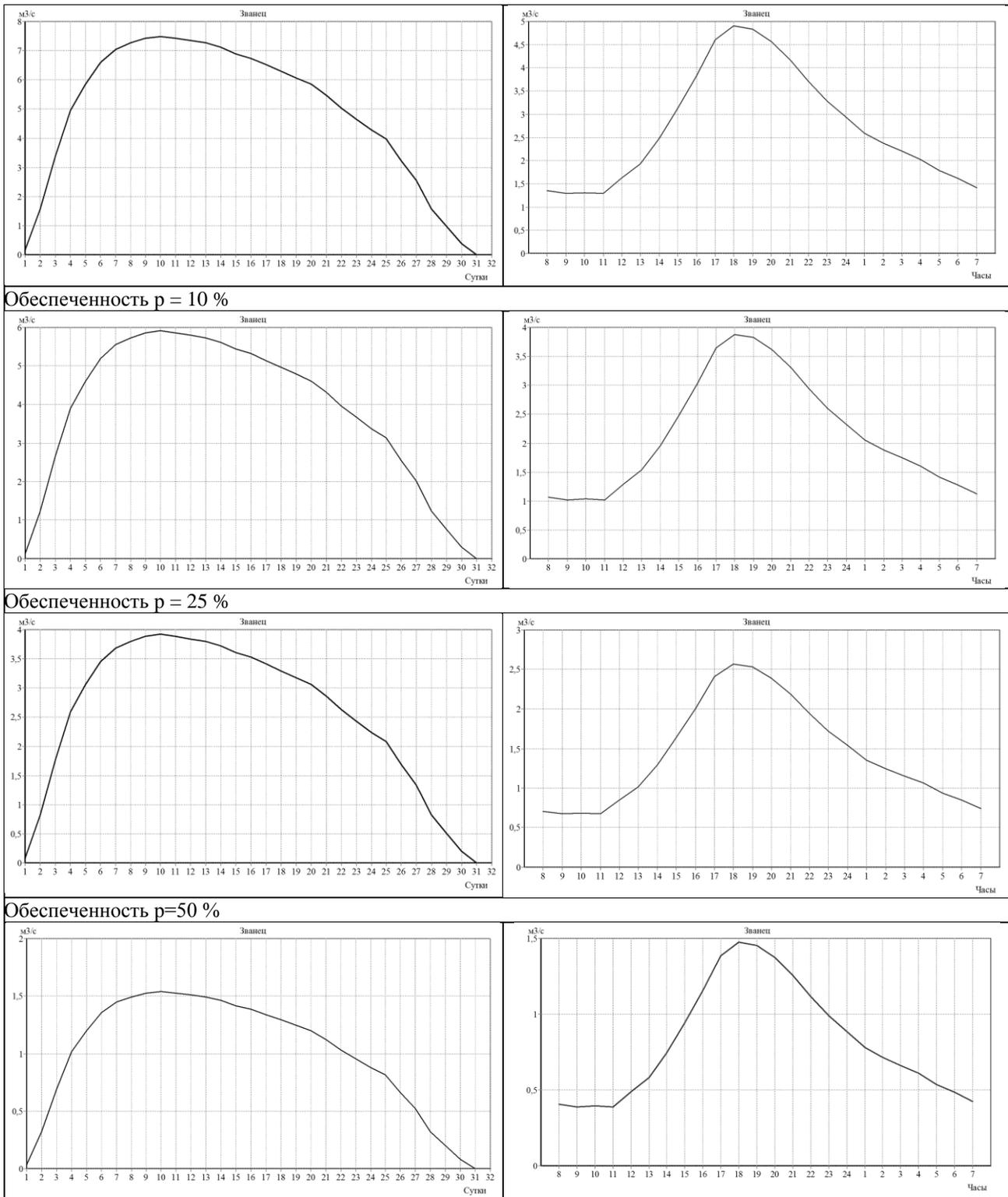


Рисунок 4.59 – Гидрографы стока воды весеннего половодья заказника «Званец» для условного водосбора площадью $A = 10 \text{ км}^2$ различной обеспеченности



Продолжение рисунка 4.59 – Гидрографы стока воды весеннего половодья заказника «Званец» для условного водосбора площадью $A = 10 \text{ км}^2$ различной обеспеченности

Для визуализации результатов имитационного моделирования движения водных масс в водотоках избран вариант изображения расчетных отметок в виде набора графиков при различной обеспеченности. Моделирование проводилось с интервалом в 5 суток, что позволяет рассматривать задачу как при установившемся режиме. Уровни воды в различные интервалы времени изображены отдельными линиями. При этом отметка уровня воды в соответствующем створе определялась по формуле $\nabla_{УВ}^* = \text{Max}(\nabla_{УВ}) + 2\text{м}$ в тех случаях, когда расход в створе превышает максимально возможный (рисунки 4.61 и 4.62). Анализ полученных результатов имитационного моделирования работы открытых водотоков показал приемлемость заложенной физико-математической модели. Получаемые с ее

помощью результаты в достаточной мере информативны для реализации управленческих решений или иных технических решений по созданию требуемого уровня режима поверхностных вод. Изменение гидравлических условий (шероховатость русла, глубина воды, транзитный расход) движения воды в водотоках будут приводить к автоматической корректировке расчетного уровня режима водотока.

Таблица 4.51 – Отметки и глубины в расчетных створах канала Поведский и канала Барсуک

Канал Поведский										
Расстояние от постоянного начала, м	0	0,5	50,5	60,5	62	62,6	64,1	74,1	84,1	94,1
Глубина на промерной вертикали, м	0	0,05	0,06	0,2	0,8	0,8	0,25	0,06	0,05	0
Отметка дна водотока, м	144,584	144,534	144,524	144,384	143,784	143,784	144,334	144,524	144,534	144,584
Расстояние от постоянного начала, м	0	0,5	50,5	60,5	62	62,6	64,1	74,1	84,1	94,1
Глубина на промерной вертикали, м	0	0,05	0,06	0,2	0,85	0,85	0,25	0,06	0,05	0
Отметка дна водотока, м	144,551	144,501	144,491	144,351	143,701	143,701	144,301	144,491	144,501	144,551
Расстояние от постоянного начала, м	0	0,5	50,5	60,5	62	62,6	64,1	74,1	84,1	94,1
Глубина на промерной вертикали, м	0	0,05	0,06	0,2	0,9	0,9	0,25	0,06	0,05	0
Отметка дна водотока, м	144,518	144,468	144,458	144,318	143,618	143,618	144,268	144,458	144,468	144,518
Расстояние от постоянного начала, м	0	0,5	50,5	60,5	62	62,6	64,1	74,1	84,1	94,1
Глубина на промерной вертикали, м	0	0,05	0,06	0,2	0,95	0,95	0,25	0,06	0,05	0
Отметка дна водотока, м	144,484	144,434	144,424	144,284	143,534	143,534	144,234	144,424	144,434	144,484
Расстояние от постоянного начала, м	0	0,5	50,5	60,5	62	62,6	64,1	74,1	84,1	94,1
Глубина на промерной вертикали, м	0	0,05	0,06	0,2	1	1	0,25	0,06	0,05	0
Отметка дна водотока, м	144,451	144,401	144,391	144,251	143,451	143,451	144,201	144,391	144,401	144,451
Расстояние от постоянного начала, м	0	0,5	50,5	60,5	62	62,6	64,1	74,1	84,1	94,1
Глубина на промерной вертикали, м	0	0,05	0,06	0,2	1,05	1,05	0,25	0,06	0,05	0
Отметка дна водотока, м	144,418	144,368	144,358	144,218	143,368	143,368	144,168	144,358	144,368	144,418
Расстояние от постоянного начала, м	0	0,5	50,5	60,5	62	62,6	64,1	74,1	84,1	94,1
Глубина на промерной вертикали, м	0	0,05	0,06	0,2	1,1	1,1	0,25	0,06	0,05	0
Отметка дна водотока, м	144,385	144,335	144,325	144,185	143,285	143,285	144,135	144,325	144,335	144,385
Расстояние от постоянного начала, м	0	0,5	50,5	60,5	62	62,6	64,1	74,1	84,1	94,1
Глубина на промерной вертикали, м	0	0,05	0,06	0,2	1,15	1,15	0,25	0,06	0,05	0
Отметка дна водотока, м	144,352	144,302	144,292	144,152	143,202	143,202	144,102	144,292	144,302	144,352
Расстояние от постоянного начала, м	0	0,5	50,5	60,5	62	62,6	64,1	74,1	84,1	94,1
Глубина на промерной вертикали, м	0	0,05	0,06	0,2	1,2	1,2	0,25	0,06	0,05	0
Отметка дна водотока, м	144,318	144,268	144,258	144,118	143,118	143,118	144,068	144,258	144,268	144,318
Расстояние от постоянного начала, м	0	0,5	50,5	60,5	62	62,6	64,1	74,1	84,1	94,1
Глубина на промерной вертикали, м	0	0,05	0,06	0,2	1,25	1,25	0,25	0,06	0,05	0
Отметка дна водотока, м	144,252	144,202	144,192	144,052	143,002	143,002	144,002	144,192	144,202	144,252
Канал Барсук										
Расстояние от постоянного начала, м	0	0,5	10,5	20,5	21,4	22	22,825	32,825	42,825	52,825
Глубина на промерной вертикали, м	0	0,05	0,06	0,2	0,8	0,8	0,25	0,06	0,05	0
Отметка дна водотока, м	145,1	145,05	145,04	144,9	144,3	144,3	144,85	145,04	145,05	145,1
Расстояние от постоянного начала, м	0	0,5	10,5	20,5	21,4	22	22,975	32,975	42,975	52,975
Глубина на промерной вертикали, м	0	0,05	0,06	0,2	0,8	0,9	0,25	0,06	0,05	0
Отметка дна водотока, м	144,95	144,9	144,89	144,75	144,15	144,05	144,7	144,89	144,9	144,95
Расстояние от постоянного начала, м	0	0,5	10,5	20,5	21,85	22,45	23,725	33,725	43,725	53,725
Глубина на промерной вертикали, м	0	0,05	0,06	0,2	1,1	1,1	0,25	0,06	0,05	0
Отметка дна водотока, м	144,8	144,75	144,74	144,6	143,7	143,7	144,55	144,74	144,75	144,8
Расстояние от постоянного начала, м	0	0,5	10,5	20,5	22	22,6	24,025	34,025	44,025	54,025
Глубина на промерной вертикали, м	0	0,05	0,06	0,2	1,2	1,2	0,25	0,06	0,05	0
Отметка дна водотока, м	144,65	144,6	144,59	144,45	143,45	143,45	144,4	144,59	144,6	144,65
Расстояние от постоянного начала, м	0	0,5	10,5	20,5	22,15	22,75	24,175	34,175	44,175	54,175
Глубина на промерной вертикали, м	0	0,05	0,06	0,2	1,3	1,2	0,25	0,06	0,05	0
Отметка дна водотока, м	144,5	144,45	144,44	144,3	143,2	143,3	144,25	144,44	144,45	144,5
Расстояние от постоянного начала, м	0	0,5	10,5	20,5	22,15	22,75	24,325	34,325	44,325	54,325
Глубина на промерной вертикали, м	0	0,05	0,06	0,2	1,3	1,3	0,25	0,06	0,05	0
Отметка дна водотока, м	144,35	144,3	144,29	144,15	143,05	143,05	144,1	144,29	144,3	144,35
Расстояние от постоянного начала, м	0	0,5	10,5	20,5	22,15	22,75	24,325	34,325	44,325	54,325
Глубина на промерной вертикали, м	0	0,05	0,06	0,2	1,3	1,3	0,25	0,06	0,05	0
Отметка дна водотока, м	144,2	144,15	144,14	144	142,9	142,9	143,95	144,14	144,15	144,2
Расстояние от постоянного начала, м	0	0,5	10,5	20,5	22,15	22,75	24,325	34,325	44,325	54,325
Глубина на промерной вертикали, м	0	0,05	0,06	0,2	1,3	1,3	0,25	0,06	0,05	0
Отметка дна водотока, м	144,05	144	143,99	143,85	142,75	142,75	143,8	143,99	144	144,05
Расстояние от постоянного начала, м	0	0,5	10,5	20,5	22,3	22,9	24,475	34,475	44,475	54,475
Глубина на промерной вертикали, м	0	0,05	0,06	0,2	1,4	1,3	0,25	0,06	0,05	0
Отметка дна водотока, м	143,9	143,85	143,84	143,7	142,5	142,6	143,65	143,84	143,85	143,9

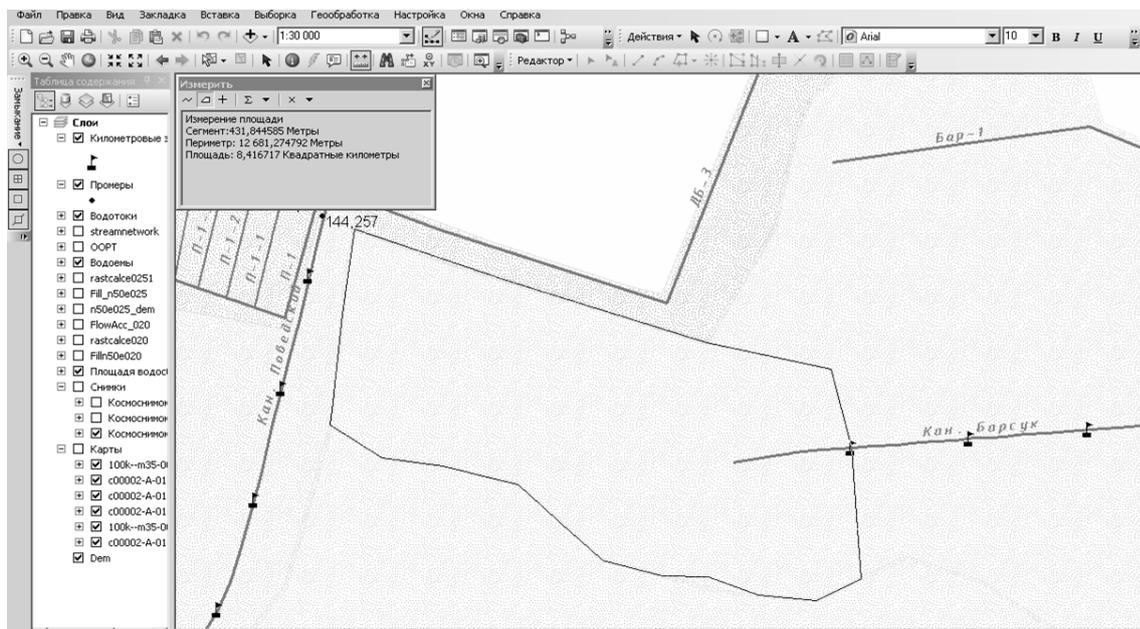


Рисунок 4.60 – Принцип определения площади водосбора в расчетных створах

Таблица 4.52 – Площади водосборов в расчетных створах водотоков при имитационном моделировании

Канал Поведский										
Расстояние от истока до расчетного створа, км	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Площадь водосбора водотока в расчетном створе, км ²	7,07	11	13,9	16,4	18,5	20,2	21,4	21,7	21,9	37,4
Канал Барсук										
Расстояние от истока до расчетного створа, км	1	2	3	4	5	6	7	8	9	–
Площадь водосбора водотока в расчетном створе, км ²	9,20	12,1	15,1	19,5	22,4	32,7	37,2	40,6	43,7	–

Анализ численного эксперимента показал, что при принятых характеристиках и параметрах водотоков пропускная способность канала Поведский и канала Барсук только в средний по водности год обеспечивает пропуск расчетных расходов. При этом на канале Поведский формируется кривая подпора к водопропускному сооружению, связанная с резким увеличением приточности на 8–10 км. На канале Барсук в средний по водности год формируется кривая спада, связанная с увеличением продольных уклонов на 8–9 км.

Определение параметров работы сооружений, обеспечивающих заданный (близкий) водный режим

В рамках данного исследования наиболее детально рассматривалось в качестве примера гидротехническое сооружение на канале Поведский. На выходе этого канала за пределы болотного массива расположена труба-регулятор с коробчатым затвором. По результатам рекогносцировочных обследований оценены параметры и состояние трубы-регулятора. Несмотря на незначительный срок эксплуатации сооружения, присутствуют деформации каменного зуба в верхнем бьефе (рис. 4.63).

В то же время водопропускная труба находится в заиленном состоянии (рис. 4.64), что значительно снижает ее пропускную способность в период прохождения паводка.

На момент проведения натурных исследований затвор регулятора находился в опущенном состоянии. Однако на зимний период и период прохождения паводка затвор должен находиться в верхнем положении, чтобы не ограничивать количество пропускаемой воды в нижний бьеф. Кроме того, большое количество древесно-кустарниковых остатков приводит к захламлению водоприемной части сооружения. Эти факты свидетельствуют о недостаточном качестве эксплуатационных мероприятий.

Для оценки диапазона пропускной способности трубы-регулятора на канале Поведский проведено имитационное моделирование с использованием разработанной физико-математической модели.

С использованием расчетных расходов воды весеннего половодья, при условии удовлетворительной пропускной способности канала Поведский, выполнено моделирование работы трубы-регулятора. Целью моделирования в данном случае было выявление диапазона рабочих расходов и формирующихся при данных расходах разностей уровня верхнего и нижнего бьефов. Результат представлен в виде зависимости разности уровней и расхода.

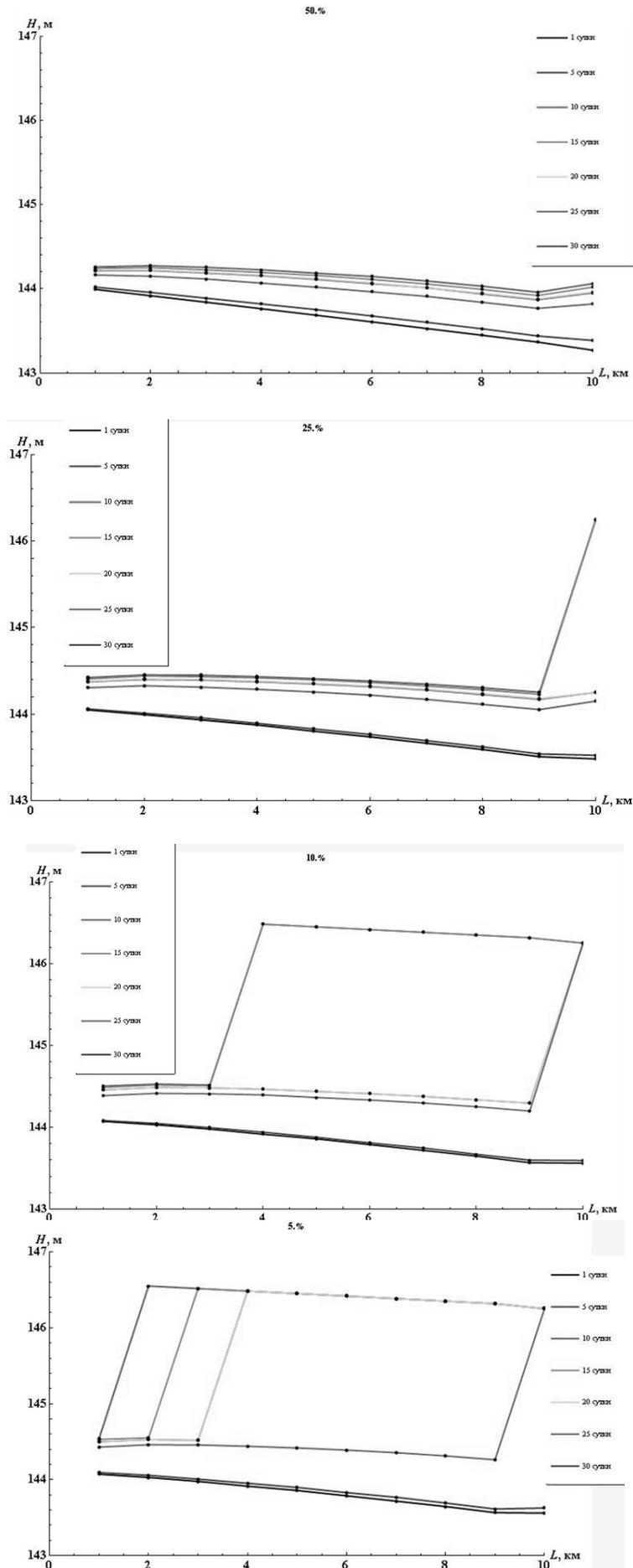


Рисунок 4.61 – График изменения уровня воды в канале Поведский за период весеннего половодья при различной водности года (водность года указана в верхней части)

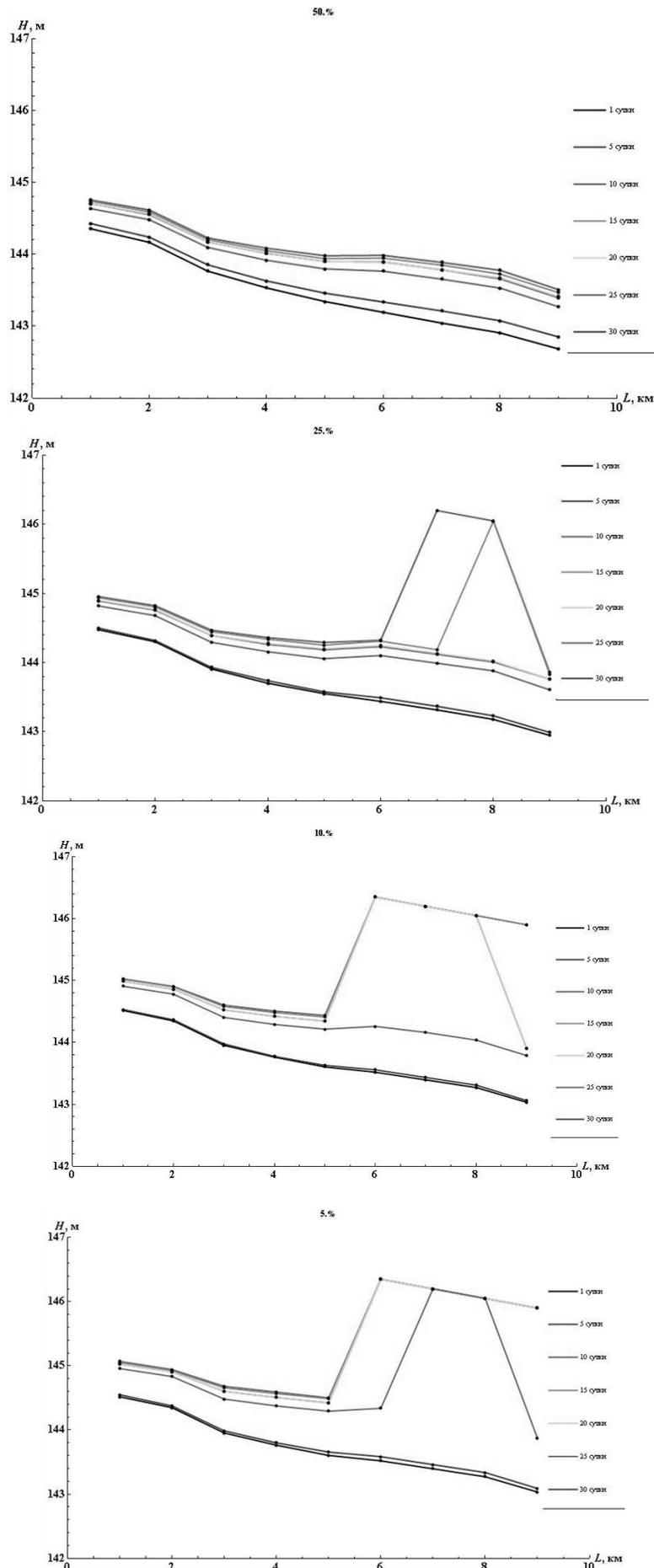


Рисунок 4.62 – График изменения уровня воды в канале Барсук за период весеннего половодья при различной водности года (водность года указана в верхней части)



Рисунок 4.63 – Труба-регулятор на канале Поведский (ВБ)



Рисунок 4.64 – Труба-регулятор на канале Поведский (НБ)

Точки на график нанесены в хронологической последовательности, начиная с первых суток паводка до окончания, шагом в 5 суток. Анализ результатов показал, что допустимый диапазон приемлемых расходов воды на трубе составляет от 0 до $6 \text{ м}^3/\text{с}$, при этом формируется разность уровней от 0 до 1,9 м (рис. 4.65). Но данная разность уровней возможна лишь при очень специфических условиях:

- высокая приточность канала Поведский в верхнем бьефе;
- большая пропускная способность нижнего бьефа;
- отсутствие подпора в каналах (вниз по течению).

Разработка режимов управления сооружениями гидромелиоративных систем для различных условий естественного увлажнения

Оптимальный, с точки зрения поддержания популяции вертлявой камышевки, гидрологический режим болота имеет 3 характерных периода [30]. В марте-апреле – равномерное затопление болота до верхнего уровня кочек, в первой декаде мая – обеспечение затопления до отметки 145,4 м (на 10 см ниже уровня кочек) и дальнейшее плавное понижение уровней воды до поверхности земли, в июле – октябре – обеспечение уровней грунтовых вод 10–30 см.

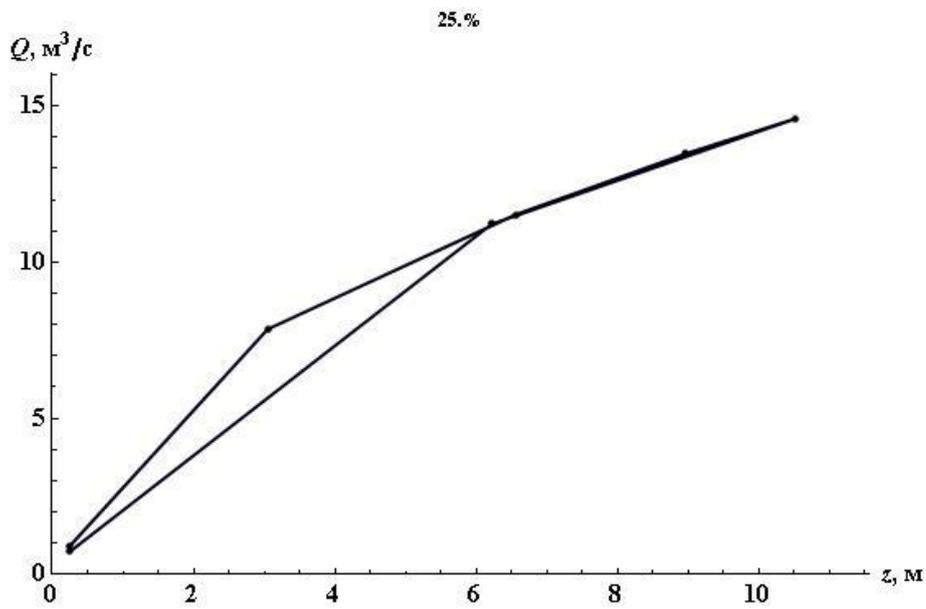
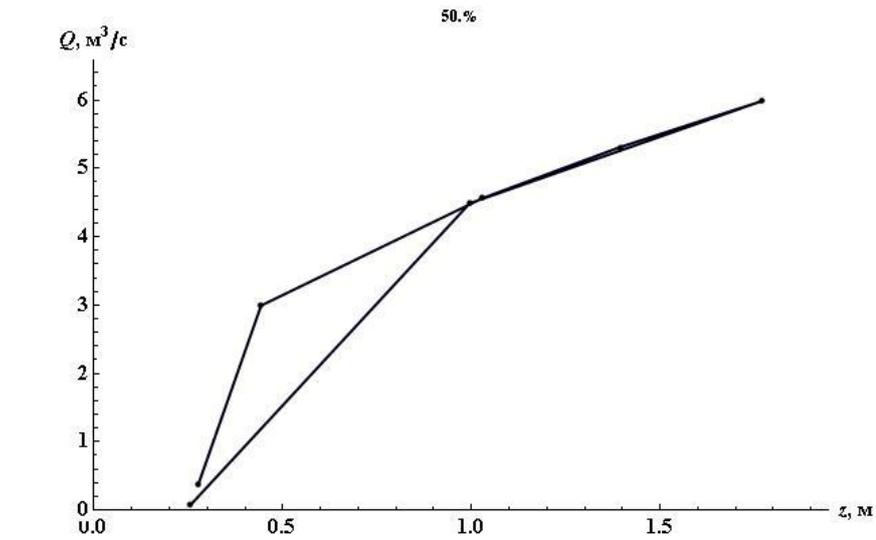
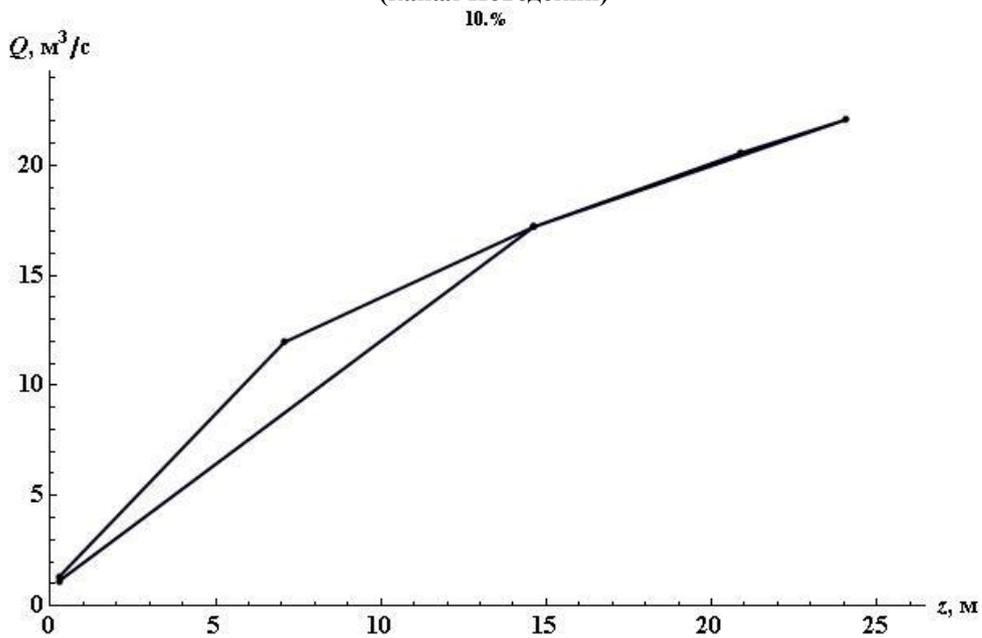
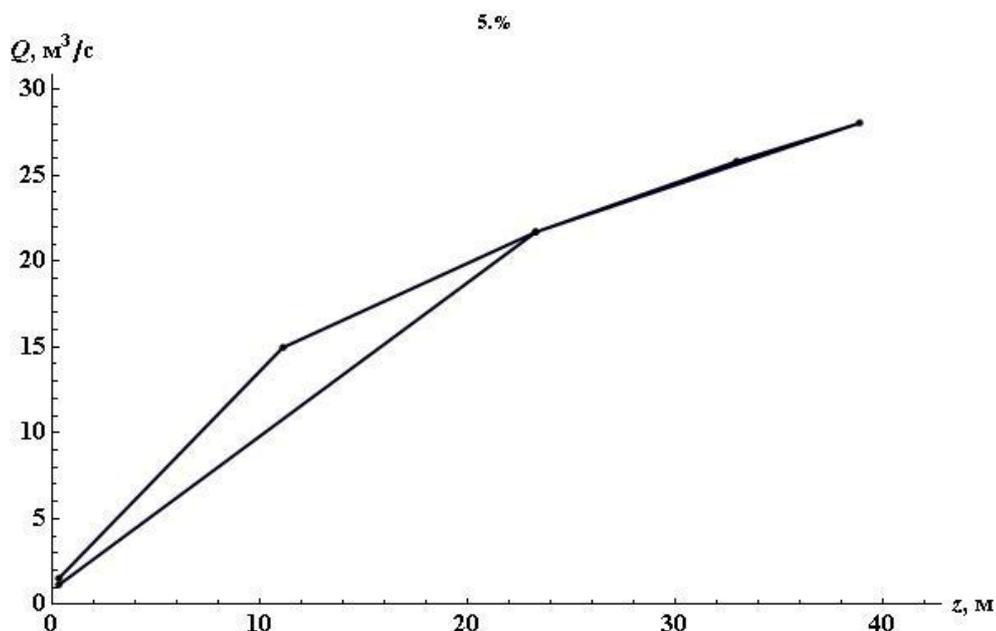


Рисунок 4.65 – График зависимости расхода от разности уровней верхнего и нижнего бьефов (канал Поведский)





Продолжение рисунка 4.65 – **График зависимости расхода от разности уровней верхнего и нижнего бьефов (канал Поведский)**

В качестве входного параметра схемы управления водным (гидрологическим) режимом используется оптимальная отметка поверхности воды в пределах расчетного створа. Требуемая отметка достигается управлением расходом воды в водотоке. В пределах исследуемого объекта функционирует незначительное количество регулирующих гидротехнических сооружений, и их диапазон регулирования расходов нередко не позволяет решить поставленные задачи. В этом случае поиск необходимого расхода заключается в определении даты подъема уровня воды в канале и включения в схему управления регулирующих сооружений. На основе прогноза водности года выбирается тот или иной расчетный гидрограф весеннего половодья. С учетом этого возможны три расчетные схемы:

1. Расход воды в пределах гидрографа весеннего половодья не позволяет сформироваться необходимому расходу до расчетной даты.

2. Сток весеннего половодья позволяет установить необходимый расход воды в канале до расчетной даты, и, в свою очередь, расход воды находится в пределах диапазона регулирования гидротехнического сооружения.

3. Сток весеннего половодья позволяет установить необходимый расход воды в канале до расчетной даты, но расход находится за пределами диапазона регулирования гидротехнического сооружения.

Наиболее удобной, с точки зрения регулирования, является вторая расчетная схема. В этом случае, как указывалось ранее, подбираем расход, позволяющий поддерживать оптимальный (заданный) уровень воды на территории заказника. Такой подход эффективно реализуется как при поддержании высоких уровней воды (немногим менее отметки кочек), так и при снижении уровня до отметки земли.

Отметим, что расстояние от истока Поведского канала до трубы-регулятора составляет около 6 км, что делает практически невозможным реальное посуточное управление водным режимом в контрольных точках. Существующее сооружение способно пропускать расходы воды весеннего половодья и дождевых паводков и с большим запаздыванием и погрешностью может обеспечить необходимые контрольные отметки на болоте в нужные сроки. Инерционность работы сооружения находится в пределах 3–15 суток.

В соответствии с Правилами эксплуатации (обслуживания) мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений [505] для трубы-регулятора на Поведском канале можно рекомендовать следующее:

– обеспечить отсутствие наносов грунта, камней, растительности, льда и других предметов, препятствующих пропуску расходов воды;

– обеспечить отсутствие трещин, разломов, оголенной арматуры, коррозии бетона, провалов грунта и осадочных воронок вдоль стен сооружения, повреждений крепления входной и выходной части и откосов русла Поведского канала;

– предотвратить пропускание воды через затвор.

В части управления сооружением необходимо обеспечить пропуск максимальных расходов при полностью открытом затворе. На спаде весеннего половодья, через 3–10 суток после прохождения

пиковых расходов, в зависимости от расчетной обеспеченности обеспечить постепенное закрытие затвора для достижения контрольных отметок на болоте в первой декаде мая. В течение дальнейшего теплого периода затвор остается закрытым в зависимости от водности года.

На рисунке 4.66 представлены слои стока, которые могут пропустить существующие водотоки и сооружения на территории заказника за период весеннего половодья (прямая линия черного цвета). Кривая красного цвета показывает фактическое накопление воды на болоте.

В качестве показателя работы водотоков и сооружений рассматривается разность кривой накопления влаги и ее сброски (кривая зеленого цвета). В случае превышения пропускной способности водотока над притоком балансовая кривая отсутствует.

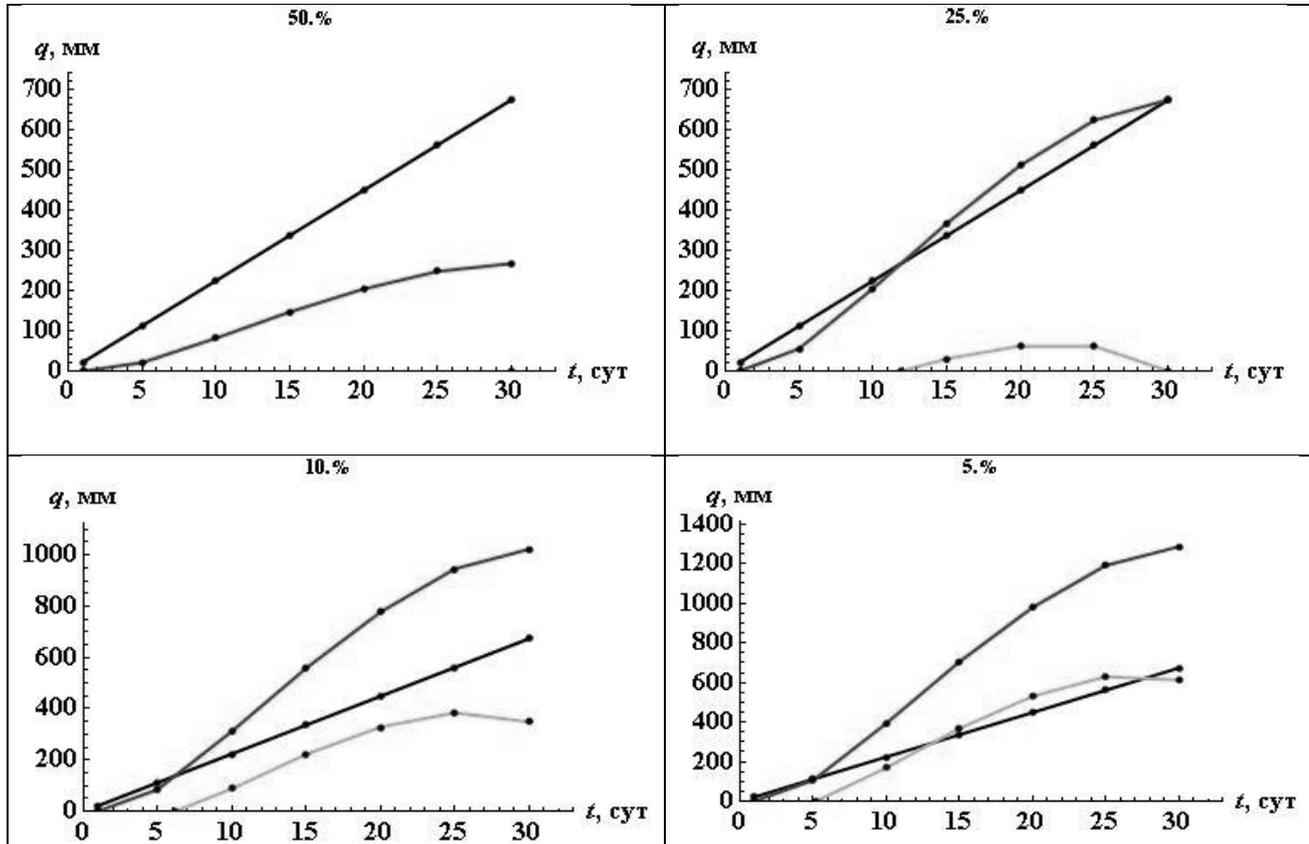


Рисунок 4.66 – Интегральные графики накопления и расходования водных ресурсов территории заказника «Званец» за период весеннего половодья

Так, рассматривая баланс в средний год по водности ($P = 50\%$), можно отметить, что балансовая кривая отсутствует. Эффективность работы водотоков и сооружений по отводу избыточной влаги превышает приточность на протяжении всего весеннего половодья.

С учетом наступления даты весеннего половодья рисунок 4.66 позволяет сделать выводы об уровнях воды на болоте к контрольным датам и принять решение о необходимости открытия (закрытия) затворов гидротехнических сооружений. На рисунке 4.67 приведена схема поступления и отвода вод с территории заказника.

Среди факторов, вызывающих неблагоприятный гидрологический режим на болоте, можно выделить следующие.

В последние десятилетия имеет место увеличение атмосферного увлажнения (около 25 мм за годовой период на исследуемой территории) [272], что только на площади заказника дает дополнительный объем воды около 4,1 млн м^3 в среднем за год. Результатом является рост уровней грунтовых вод, увеличение доли поверхностного стока и неспособность существующей гидрографической сети пропустить формирующиеся расходы воды в критические гидрологические периоды.

Увеличение атмосферного увлажнения имеет место в мае и июне, в результате чего уровни воды на болоте в это время все еще выше поверхности земли (рисунок 4.68).

Избыточное увлажнение приводит к ограничению площадей гнездования вертлявой камышевки. В качестве мероприятий следует рекомендовать обеспечение надлежащей пропускной способности Поведского и Батыевского (Барсук) каналов (расчистка завалов, удаление бобровых плотин).

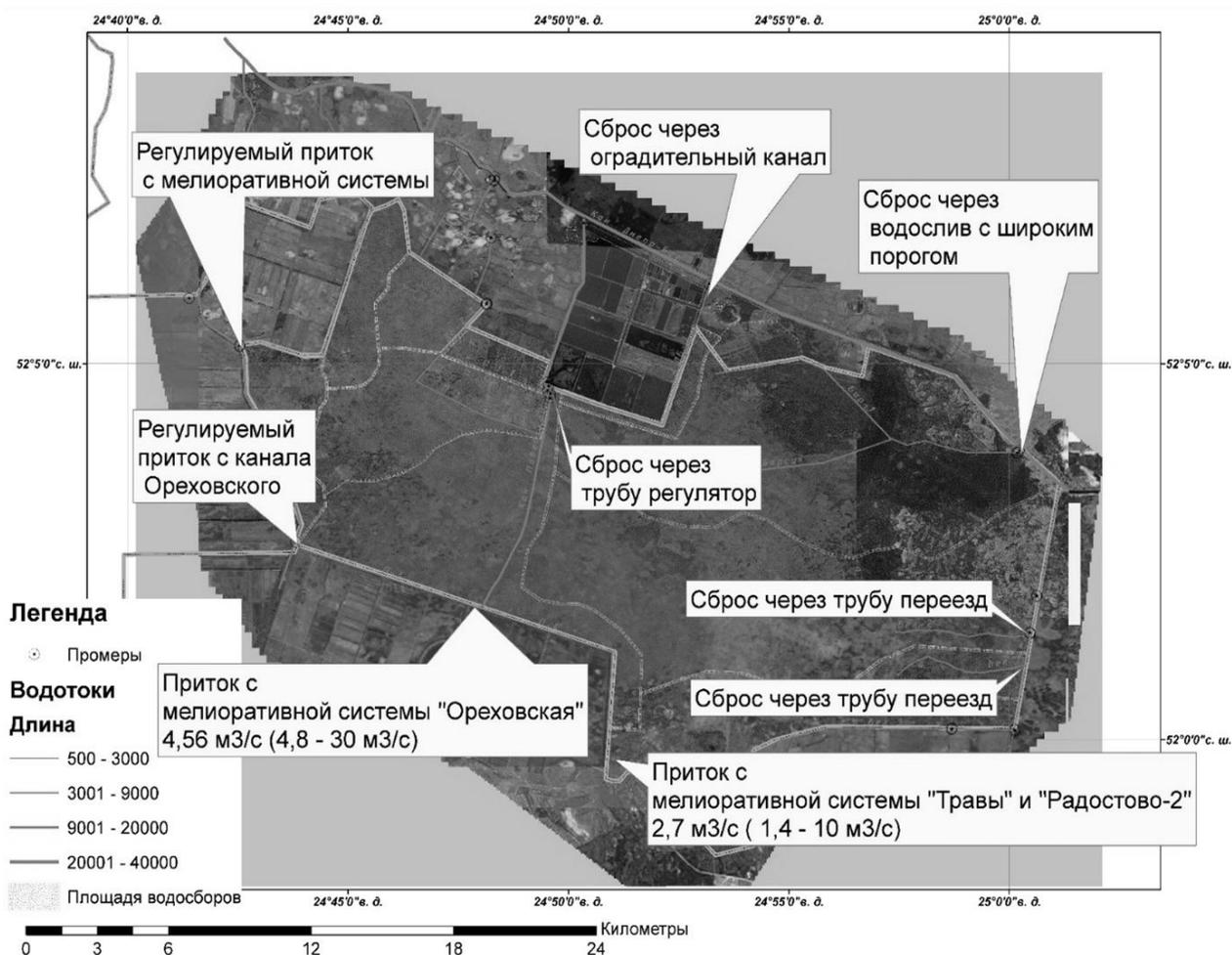


Рисунок 4.67 – Карта-схема основных источников поступления и сброски водных ресурсов

Влияние Днепровского-Бугского и Белоозерского каналов на гидрологический режим болота, в целом, незначительно. Уровень воды в каналах более чем на 1 метр ниже, чем на болоте. Однако в 2010 г. завершена реконструкция гидроузла и сдана в эксплуатацию мини-ГЭС в г. Кобрине (25 км ниже по течению Днепровско-Бугского канала). Для обеспечения необходимого напора на гидроузле уровни воды в канале зимой стали выше. На 15–20 суток раньше стало наступать весеннее половодье в данном бассейне. Все это создает подпоры Ореховского канала и затрудняет грунтовый сток с болота зимой.

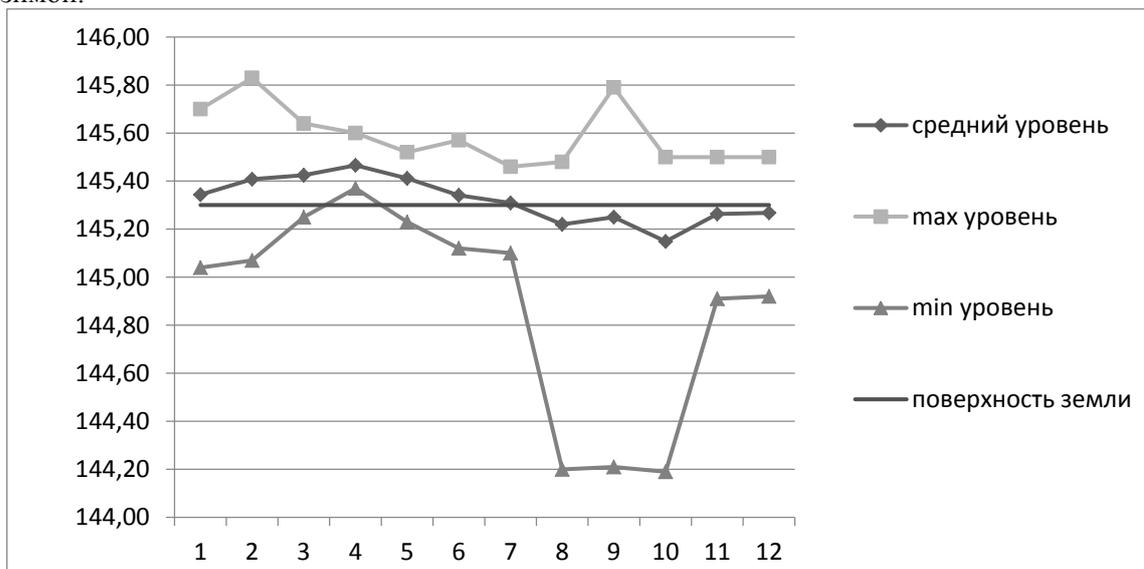


Рисунок 4.68 – Средние многолетние уровни воды на болоте «Званец» за период 1999-2007 гг.

Наибольшую значимость в увлажнении болота имеет Ореховский канал. Максимальные уровни воды в канале превышают среднюю отметку на болоте 145,3 м. Защита от затопления территории водой Ореховского канала организована посредством дамбы обвалования. Конструктивные параметры дамбы были оценены при проведении натурных исследований. Ширина гребня дамбы составила 6 м, высота 3 м. Для оценки объема воды, фильтрующегося через грунтовую дамбу, выполнен расчет и составлены графики зависимости объема притока за период весеннего половодья (30 суток) от разности отметок свободной поверхности воды в канале Ореховский и воды на болотном массиве. При этом в качестве численного эксперимента рассматривались различные значения коэффициента фильтрации грунта сложения дамбы обвалования (рис. 4.69).

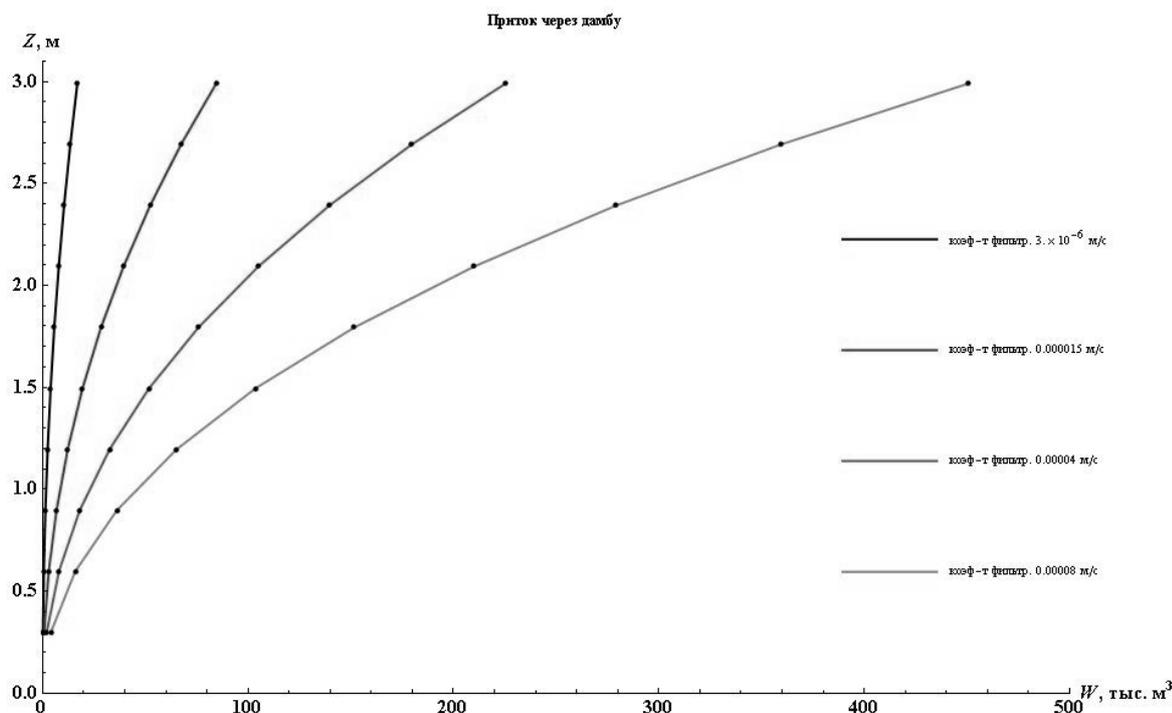


Рисунок 4.69 – Объем фильтрационных вод через трапециевидную дамбу обвалования вдоль Ореховского канала

Анализ результатов показал, что при разности уровней воды в верхнем и нижнем бьефах 1 м и коэффициенте фильтрации 0,04 мм/с объем профильтрованной воды за период паводка составит 24 тыс. м³. При поддержании данной разности уровней в течение всего года объем притока составит 288 тыс. м³, или 55 мм слоя воды на водосборной площади канала О–1, что является значимой величиной и требует проведения противофильтрационных мероприятий.

Пруды рыбхоза «Новоселки» оказывают незначительное влияние на перераспределение поверхностного стока. Обводные и сбросные каналы рыбхоза перехватывают фильтрационные воды прудов и незначительную часть стока с болота в пределах осушительного действия самих каналов (около 100 м). Однако доподлинно установить влияние прудов рыбхоза возможно при построении карт гидроизогипс и гидроизобат болота. Предварительно считаем, что на болоте имеет место замкнутый бассейн грунтовых вод. Для контроля уровней воды на болоте, наблюдением за динамикой грунтовых и поверхностных вод считаем необходимым установку на болоте датчиков для наблюдения за уровнями воды (распределенными по площади равномерно в контрольных точках), которые позволят в итоге оптимизировать схему управления гидрологическим режимом на территории заказника.

На гидрологический режим территории заказника также оказывают влияние 7 мелиоративных систем. Только 3 из них имеют существенное значение. Мелиоративная система «Ореховская» – сбросные расходы 4,6 (4,8–30,0) м³/с. Мелиоративная система «Травы» и «Радостово-2» – сбросные расходы 2,7 (1,4–10,0) м³/с. Максимальные расходы соответствуют водосборной площади мелиоративных систем и могут рассматриваться как аварийные, например, при прорыве оградительных дамб. Наибольшие сбросные расходы поступают из водохранилища «Ореховской» мелиоративной системы, расположенного возле д. Повитье, к югу от заказника. Объем воды в водохранилище составляет 6,39 млн м³. Водохранилище наливное, сезонного регулирования. Наполнение водой осуществляется из Ореховского канала в марте, в дальнейшем с собственного водосбора мелиоративной системы. Сработка водохранилища до отметки УМО, равной 144,0 м производится с мая по август. Учитывая большую значимость водо-

хранилища в увлажнении болота, необходимо обеспечить соблюдение Правил эксплуатации прудов и малых водохранилищ сельскохозяйственного назначения [578] в части заполнения водохранилища до отметки НПУ в период прохождения весеннего паводка; сработку на увлажнение земель болота вплоть до отметки УМО; частичную сработку перед паводками и осеннее опорожнение; опорожнение раз в 3–4 года для выполнения профилактических мероприятий, а также для ремонта гидротехнических сооружений; другие мероприятия, направленные на обеспечение оптимального гидрологического режима на болоте в разные по увлажненности годы. Для защиты болота от поступления в многоводные годы сбросных вод мелиоративных систем со стороны Сбросного канала необходимо строительство дамбы обвалования, регулирующей поступление избыточных вод на болото. Для обеспечения подачи воды на увлажнение из Сбросного канала в маловодные годы требуется строительство регулирующего сооружения в истоке Поведского канала.

Только в средний по водности год ($P = 50\%$ весеннего половодья) пропускная способность существующей гидрографической сети и сооружений на ней удовлетворяет пропуску расчетных расходов на территории заказника «Званец».

Первоочередными мероприятиями являются:

- расчистка русел и удаление бобровых плотин на Поведском и Батыевском (Барсук) каналах;
- ремонт регулятора на сбросе Поведского канала;
- строительство дамбы обвалования вдоль Сбросного канала;
- для подачи воды в засушливые периоды в истоке Поведского канала необходимо устройство трубчатого регулятора;
- мероприятия по снижению поступления паводковых и фильтрационных вод со стороны Ореховского канала;
- соблюдение предприятиями мелиоративных систем действующих Правил технической эксплуатации линейных и сетевых гидротехнических сооружений, наливного водохранилища, насосных станций;
- организация сети мониторинга за уровнями грунтовых и поверхностных вод на болоте.

4.6. Задачи в области водных ресурсов Беларуси

Главной задачей в исследовании водных ресурсов на настоящем этапе является комплексная оценка их современного состояния с учетом пространственно-временных колебаний и изменений основных составляющих водного баланса речных водосборов. При этом необходимо учитывать влияние на них различных природных и антропогенных факторов, прогноз изменения водных ресурсов при различных сценариях развития климата. На основе полученных научных результатов необходимо разработать мероприятия по минимизации возможных негативных последствий в случае изменения режима водных ресурсов.

Дальнейшие исследования целесообразно сосредоточить на следующих основных направлениях:

- ✓ предотвращение и уменьшение негативных последствий от наводнений;
 - ✓ улучшение качества природных вод;
 - ✓ охрана водных источников при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов народного назначения;
 - ✓ управление режимом природных вод, обеспечивающим биосферное функционирование природных экосистем;
 - ✓ создание бассейновых схем управления водными ресурсами.
- В области изучения и борьбы с наводнениями:*
- ✓ районирование и картирование пойм по величине наводнений с учетом вида хозяйственного использования территории;
 - ✓ разработка математической модели и создание соответствующих баз данных для прогнозирования наводнений;
 - ✓ разработка противопаводковых мероприятий в долинах рек с учетом всего водосбора;
 - ✓ определение видов хозяйственной деятельности, которым при затоплении будет нанесен минимальный ущерб;
 - ✓ создание надежных инженерных сооружений по защите сельскохозяйственных земель и хозяйственных объектов с минимальными нарушениями природных биогеоценозов;
 - ✓ оптимизированное сочетание инженерных методов защиты населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий с неинженерными, создание гибкой системы по страхованию от наводнений;
 - ✓ разработка системы оповещения населения о времени наступления наводнения, максимально возможных отметках его уровня и продолжительности в сутках;