

## ОБОСНОВАНИЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОДПОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ УРОВНЯМИ ВОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕСТНОГО СТОКА В БЕЛОРУССКОМ ПОЛЕСЬЕ

**Н.М. Авраменко**, кандидат технических наук

РУП «Полесская опытная станция мелиоративного земледелия и луговодства»  
пос. Полесский, Лунинецкого района, Брестской области, Беларусь

**Э.Н. Шкутов**, кандидат технических наук

РУП «Институт мелиорации»  
г. Минск, Беларусь

**Ключевые слова:** местный сток, предупредительное шлюзование, осушительно-увлажнительные системы, весеннее половодье, канал, водосборная площадь, площадь увлажнения, расходы воды, уровни воды, объем стока, труба-регулятор, шлюз, увлажнительная норма, обеспеченность, кривые обеспеченности, уклон, расстояние

### Введение

Местный сток используется для проведения предупредительного шлюзования. Предупредительное шлюзование заключается в аккумуляции части воды весеннего половодья или в периоды выпадения атмосферных осадков посредством закрытия труб-регуляторов в осушительной сети с целью замедления процесса осушения территории. Чаще всего предупредительное шлюзование проводят в фазу спадов весеннего половодья. Иногда целесообразно закрывать подпорные сооружения в период максимальных расходов половодья.

В случаях сильной пересушки территории шлюзы закрывают осенью. Этот прием эффективен при превышении площади водосбора дренажного и поверхностного стока над площадью увлажнительного шлюзования в 15-30 раз. Из практики управления водным режимом на Полесье следует, что удельный объем аккумуляции воды в верховье систем за зимний и начало вегетационного периода может составлять 2125 м<sup>3</sup>/га или 1,7 млн. м<sup>3</sup> на площади 800 га (табл. 1).

**Таблица 1 – Расходы и объемы притока воды на мелиоративной системе «ПОМС» в 1993 году**

Месяц	Декада	Место измерения	
		Б-5 у Б-1-8	
		расход, м <sup>3</sup> /с	объем, м <sup>3</sup>
1	2	3	4
ФЕВРАЛЬ	I	0,16	138240
	II	0,16	138240
	III	0,16	110592
	мес.	0,16	387072

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
<b>МАРТ</b>	I	0,31	267840
	II	0,42	362880
	III	0,46	437184
	мес.	0,40	1067904
<b>АПРЕЛЬ</b>	I	0,28	241920
	II	0,11	95040
	III	0,12	103680
	мес.	0,17	440640
<b>МАЙ</b>	I	0,10	86400
	II	0,09	77760
	III	0,10	95040
	мес.	0,10	259200
<b>ИЮНЬ</b>	I	0,13	112320
	II	0,14	120960
	III	0,15	129600
	мес.	0,14	362880
<b>ИЮЛЬ</b>	I	0,14	120960
	II	0,18	155200
	III	-	-
	мес.	0,16	276160

Предупредительное шлюзование, как правило, является дополнительным приемом увлажнительного шлюзования. Оно возможно на площади, составляющей 4-7% от площади водосбора, а на торфяниках – на площади, составляющей 9-25% от водосборной площади, и эффективно при превышении площади водосбора дренажного и поверхностного стока над площадью увлажнения в 15-30 раз [1,2].

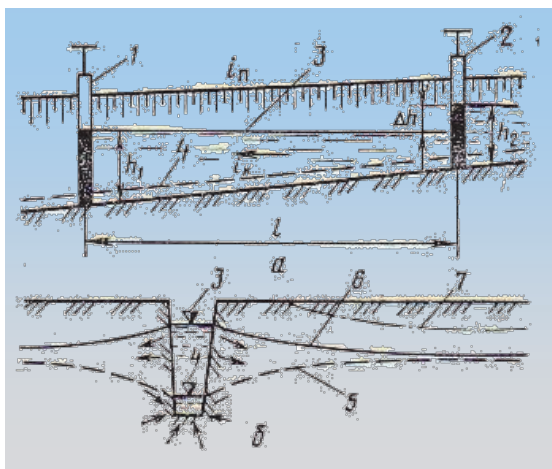
Увлажняемые участки следует размещать в нижней части системы (участка).

#### **Расстановка водоподпорных сооружений в плане**

Расстановка подпорных сооружений на распределительной сети, коллекторах и закрытых увлажнителях производится в зависимости от уклона местности.

Уровни воды в канале (УВК) при шлюзовании поддерживаются на глубине 0,3-0,5 м от бровок каналов, допуская кратковременный подъем воды около нижних шлюзов на 0,1-0,2 м от их бровки.

Схема шлюзования канала показана на рис. 1[2].



а – продольный разрез по оси канала;  
 б – поперечный разрез канала;  
 1 и 2 – соответственно нижний и верхний шлюз-регулятор;  
 3 и 4 – УВК соответственно после закрытия шлюзов и до шлюзования;  
 5 и 6 – положение уровней грунтовых вод (УГВ) соответственно до шлюзования и после закрытия шлюзов;  
 7-положение капиллярной каймы после подъема УГВ

Рисунок 1-Схема шлюзования канала:

Равномерное увлажнение полосы почвенного покрова вдоль канала обеспечивается из условия:

$$\Delta h = l i_n, \quad (1)$$

где  $\Delta h$  – допустимая разница в уровнях между бьефами смежных шлюзов (табл. 2);

$l$  – расстояние между шлюзами;

$i_n$  – уклон поверхности почвы.

Таблица 2 – Разность уровней между бьефами смежных шлюзов в условиях Полесья [2]

Элементы осушительно-увлажнительной сети	Уклон поверхности почвы	$\Delta h$ , м
ТРАНСПОРТИРУЮЩИЕ СОБИРАТЕЛИ	0,0002	0,2
	0,0002-0,0004	0,2-0,3
	0,0004-0,0006	0,3-0,4
МАГИСТРАЛЬНЫЕ КАНАЛЫ И РЕКИ ВОДОПРИЁМНИК	0,0002-0,0004	0,5

Приведем формулу (1) к виду (2)

$$l = \Delta h / i_n, \quad (2)$$

и, пользуясь данными табл. 2, можно определить расстояние между подпорными сооружениями.

Из практики проектирования и эксплуатации мелиоративных систем на Полесье следует, что расстояние между водоподпорными сооружениями на самотечных системах должно составлять 700-1000м, а на польдерных системах в условиях безуклонных пойм рек – 1500-2000м.

Это подтвердилось и данными наших экспериментальных исследований, проведенных в 2012 году. В качестве изучаемого объекта был взят участок мелиоративной системы «ПОМС» в РУП «ПОСМЗил» между каналами Б-1 (ПК-40 ÷ ПК-80), Б-1-4, Б-3 (ПК-40 ÷ ПК-

80) и Б-1-8 (ПК-20 ÷ ПК-0), где предупредительное шлюзование на местном стоке осуществлялось водой, собранной с водосбора канала Б-1. Предупредительное шлюзование проводилось при закрытых подпорных сооружениях на каналах Б-1 (ПК-40) и Х-5 мелиоративной системы «Хвоецкое» (200 м ниже ПК-0 канала Б-1-8).

По гидроствору канала Б-1 на ПК-80 имеются длительные (20 лет) годовые наблюдения за стоком воды. Водосбор канала Б-1 в гидростворе на ПК-80 является типичным для центральной части Белорусского Полесья. Водосбор в плане имеет овальную форму. Общая площадь водосбора составляет 177 км<sup>2</sup>, заселенность – 46%, заболоченность – 50 %.

Полевые исследования показали, что существенное влияние подпора в канале Б-1 на ПК-40 распространялось на расстояние 2000 м (ПК-20 канала Б-1, ПК-0 канала Б-1-6), а его влияние на существенный подъем УВК во впадающих в Б-1 каналах Б-1-4 и Б-1-6 – на расстояние 1000 м (табл. 3).

**Таблица 3 - Формирование УВК в каналах Б-1-4, Б-1-6 и Б-1 мелиоративной системы «ПОМС» при закрытом подпорном сооружении на канале Б-1 (ПК-40) в 2012 году (в абсолютных отметках, м)**

Дата, месяц	к-л Б-1, ПК-40		к-л Б-1-4		к-л Б-1-6	
	Нижний бьеф	Верхний бьеф	ПК-0 (ПК-40 к-ла Б-1)	ПК-10	ПК-0 (ПК-20 к-ла Б-1)	ПК-10
24.05	130,91	131,37	131,36	131,31	131,36	131,37
30.05	130,85	131,27	131,26	131,25	131,20	131,24
7.06	1360,84	131,32	131,31	131,29	131,30	131,28
14.06	131,02	131,45	131,44	131,43	131,43	131,40
18.06	130,9	131,49	131,48	131,47	131,46	131,43
22.06	130,83	131,48	131,47	131,45	131,44	131,43
26.06	130,76	131,49	131,48	131,47	131,45	131,43
30.06	130,73	131,47	131,46	131,44	131,43	131,41
5.07	130,69	131,38	131,37	131,33	131,34	131,32
12.07	130,62	131,30	131,29	131,27	131,25	131,23
20.07	130,68	131,33	131,32	131,28	131,27	131,25
27.07	130,61	131,33	131,32	131,30	131,30	131,27
2.08	130,60	131,21	131,20	131,17	131,20	131,18
9.08	130,56	131,11	131,10	131,08	131,10	131,09
16.08	130,63	131,11	131,10	131,06	131,10	131,08
27.08	130,59	131,30	131,30	131,28	131,30	131,30

Полученные экспериментальным путем данные подтверждаются также расчетами требуемых расстояний между подпорными сооружениями по формуле (2) с использованием характеризующих каналы данных и рекомендаций табл. 2:

- для магистрального канала Б-1,  $i = 0,00025$ ,  $\Delta h = 0,5$  м,  $l = 2000$  м;
- для проводящего канала Б-1-4,  $i = 0,00025$ ,  $\Delta h = 0,5$  м,  $l = 1000$  м;
- для проводящего канала Б-1-6,  $i = 0,0002$ ,  $\Delta h = 0,5$  м,  $l = 1000$  м

Существенное влияние заполненного водой участка канала Б-1 на уровни грунтовых вод (УГВ) ощущается на расстоянии 1000-1500 м в перпендикулярном ему направлении.

За период нахождения трубы-регулятора на ПК-40 канала Б-1 в закрытом состоянии (21 мая – 27 августа) в канал Б-1 для увлажнения поступило примерно 677 376 м<sup>3</sup> воды, которой при норме увлажнения для трав в среднезасушливые годы (1100 м<sup>3</sup>/га) хватило бы для проведения увлажнения на площади 615 га. Это практически подтвердилось и на практике для среднезасушливого по увлажненности летнего периода 2012 года. В данном случае соотношение водосборной площади и площади увлажнения составило 1:29.

Зона увлажнительного действия подпорного сооружения определяется по отметке границы увлажнения:

$$H_{гр.увл.} = H_{НПУ} + h_{к.п.}, \quad (3)$$

где  $H_{гр.увл.}$  – отметка границы увлажнения, м;

$H_{НПУ}$  – отметка НПУ, м;

$h_{к.п.}$  – высота активного капиллярного поднятия, м.

Высота активного капиллярного поднятия  $h_{к.п.}$ , в зависимости от типов почвогрунтов ниже пахотного горизонта (до глубины 1,4 м), представлена в табл.4 [3].

Таблица 4 - Высота активного капиллярного поднятия  $h_{к.п.}$

ПОЧВОГРУНТ	ВЫСОТА КАПИЛЛЯРНОГО ПОДНЯТИЯ, М
Глина тяжелая	0,6-0,8
Глина обыкновенная	0,5-0,6
Суглинки тяжелые	0,5-0,6
Суглинки средние	0,4-0,6
Суглинки легкие	0,3-0,5
Супесчаные	0,1-0,2
Песок пылеватый	0,4-0,6
Торф низинный малоразложившийся	0,2-0,4
Торф низинный среднеразложившийся	0,4-0,7
Торф низинный сильноразложившийся	0,5-0,7

Отметка НПУ в практике мелиоративного проектирования определяется по формуле:

$$H_{НПУ} = H_{min\ нов.} - (0,2...0,4), \quad (4)$$

где  $H_{min\ нов.}$  – минимальная отметка поверхности по площади ниже подпорного сооружения;

0,2...0,4 – глубина корневой системы растений, м (0,2 м для сенокосов, 0,4 м для пашни).

УГВ (согласно ТКП 45-3,04-203-2010[4]) в пониженных элементах рельефа не должен подниматься выше отметки уровня  $H_{min}$  на 20% площади при увлажнении трав для каждого участка, обслуживаемого одним подпорным сооружением. Поэтому выбор минимальной отметки не случаен. Строится график зависимости между относительной площадью поверхности на участке  $S$  и ее отметками  $Z$  (рис. 2).

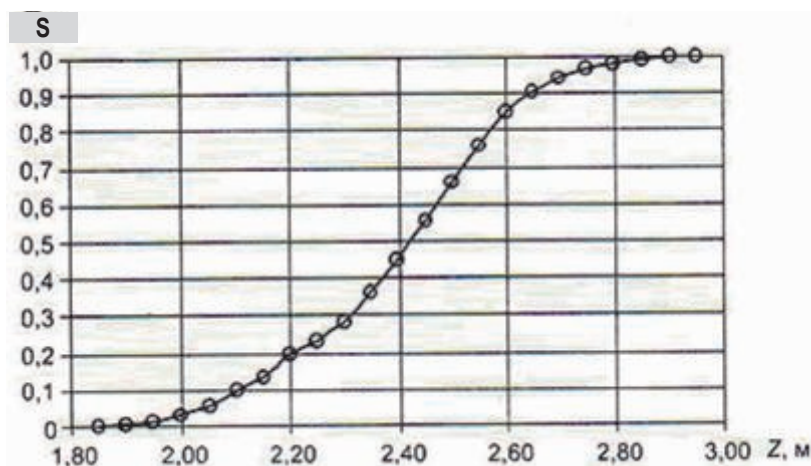


Рисунок 2- Зависимость между относительной долей площади поверхности на участке и ее отметками

$$S_i = \varphi(z_i); z_{min} < z_i < z_{max}, \quad (5)$$

где  $S_j$  – относительная площадь поверхности; определяется по формуле

$$S_j = S(z_j)/S(0) \quad (6)$$

По допустимому значению относительной площади (20%) определяется ее отметка  $Z$ .

Величина  $H_{min}$  определяется по формуле:

$$H_{min} = h(N) + \Delta H_{min}, \quad (7)$$

где  $h(N)$  – мощность корнеобитаемого слоя для трав в течение периода вегетации; составляет 0,3м.

Значения  $\Delta H_{min}$  принимаются в зависимости от типа почв [4]: торф осоковый, тростниковый, гипновый – 0,25; торф древесный – 0,35; песчаные почвы – 0,30; супесчаные почвы – 0,40; суглинок легкий – 0,50; суглинок пылеватый – 0,50.

Отметка НПУ по второму способу определяется по формуле:

$$H_{НПУ} = Z - H_{min} \quad (8)$$

Отметку границы увлажнения подпорным сооружением следует определять по формуле (3), используя среднюю величину  $H_{НПУ}$ , полученную из расчетных величин по формулам (4) и (8).

По вычисленной по формуле (3) отметке границы увлажнения на плане отмечается зона увлажнительного действия.

Таблица 5 - Соотношение площади водосбора (F вод.) канала Б-1 (ПК 80, F вод.= 177 км²) и возможной площади увлажнения (F увл.) на местном стоке при различной обеспеченности увлажнительной нормы для многолетних трав на МС «ПОМС» в РУП «ПОСМЗ и П»

Обеспеч. увлажнит. норма, %	Увлажнит. норма для многолет. трав М.м²/га	Обеспеч. объемов местного стока, %	Периоды накопления местного стока															
			май-август			III дек. апреля – август			II дек. апреля – август			апрель-август						
			Объем стока, W, м³	Площадь увл. Fувл = W:M		Объем стока, W, м³	F увл.	Fвод.: Fувл.	Объем стока, W, м³	F увл.	Fвод.: Fувл.	Объем стока, W, м³	F увл.	Fвод.: Fувл.	Объем стока, W, м³	F увл.		Fвод.: Fувл.
				га	км²											га	км²	
<b>Супесчаная почва</b>																		
50	1200	50	937688	781,41	7,81	22,7	1190182	991,82	9,92	17,8	1545589	1288,00	12,88	13,7	2014071	1678,39	16,78	10,5
25	1550	75	652305	420,84	4,21	42,0	857443	553,19	5,53	32,0	1134528	731,95	7,32	24,2	1450997	936,12	9,36	18,9
10	1950	90	458625	235,20	2,35	75,3	614288	315,02	3,15	56,2	838564	430,03	4,30	41,2	1039520	533,08	5,33	33,2
5	2350	95	356729	151,80	1,52	116,4	499109	121,39	2,12	83,2	707025	300,86	3,01	58,8	844610	359,41	3,59	49,3
<b>Торфяная почва</b>																		
50	800	50	937688	1172,11	11,72	15,1	1190182	1487,7	14,87	11,9	1545589	1931,99	19,32	9,2	2014071	2517,59	25,17	7,0
25	1100	75	652305	593,00	5,93	29,8	857443	779,49	7,79	22,7	1134528	1031,39	10,31	17,2	1450997	1319,09	13,19	13,4
10	1500	90	458652	305,77	3,06	57,8	614288	409,52	4,09	43,3	838564	559,04	5,59	31,7	1039520	693,01	6,93	25,5
5	1800	95	356729	198,18	1,98	89,4	499109	277,28	2,77	63,9	707025	392,79	3,93	45,0	844610	469,23	4,69	37,7

График  $S_i=f(z)$  демонстрирует величину отметки границы увлажнения  $H_{гр.увл.}$ , по которой определяется площадь увлажнения.

### Гидрологические расчеты

Данные длительных годовых наблюдений за стоком воды в гидростворе канала Б-1 на ПК-80 показывают, что наиболее оптимальным периодом накопления местного стока для Полесья является период II декада апрель-август и с точки зрения начала весенней посевной (30 марта по сумме  $t=60^{\circ}\text{C}$  в современных климатических условиях), и соотношения площади водосбора и площади увлажнения, которые соответственно равны 14-41 и 9-32 для супесчаных и торфяных почв в средние и засушливые годы. Если эти условия выполняются для многолетних трав, то они будут выполняться и для других культур (табл. 5).

Установленный на основании многолетних данных календарный срок начала и завершения расчетного увлажнительного периода трав совпадает в основном с рекомендациями ТКП 45-3.04-178-2009 для южной гидролого-климатической зоны.

Полученная по  $H_{гр.увл.}$  площадь увлажнения должна сопоставляться с возможной площадью увлажнения. Возможная площадь

увлажнения определяется путем сопоставления объемов стока с увлажнительными нормами соответствующей обеспеченности.

Увлажнительные нормы для трав в южной гидролого-климатической зоне приведены в табл. 6 [5].

**Таблица 6 - Увлажнительные нормы для трав в южной гидролого-климатической зоне, м<sup>3</sup>/га**

КУЛЬТУРА	ПОЧВЫ	УВЛАЖНИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ (НЕТТО), М <sup>3</sup> /ГА, ПРИ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ		
		50%	25%	10%
Многолетние травы	Супесчаные	1200	1550	1950
	Торфяные	800	1100	1500

Увлажнительным нормам 50, 25, 10% обеспеченности соответствуют объемы стока 50, 75, 90% обеспеченности.

Объем стока 50% обеспеченности определяется по формуле:

$$V=8640T \cdot q \cdot F, \text{ м}^3, \quad (9)$$

где T- время за период накопления стока, сут;

q- модуль стока, л/с·км<sup>2</sup>;

F- площадь увлажнения, га.

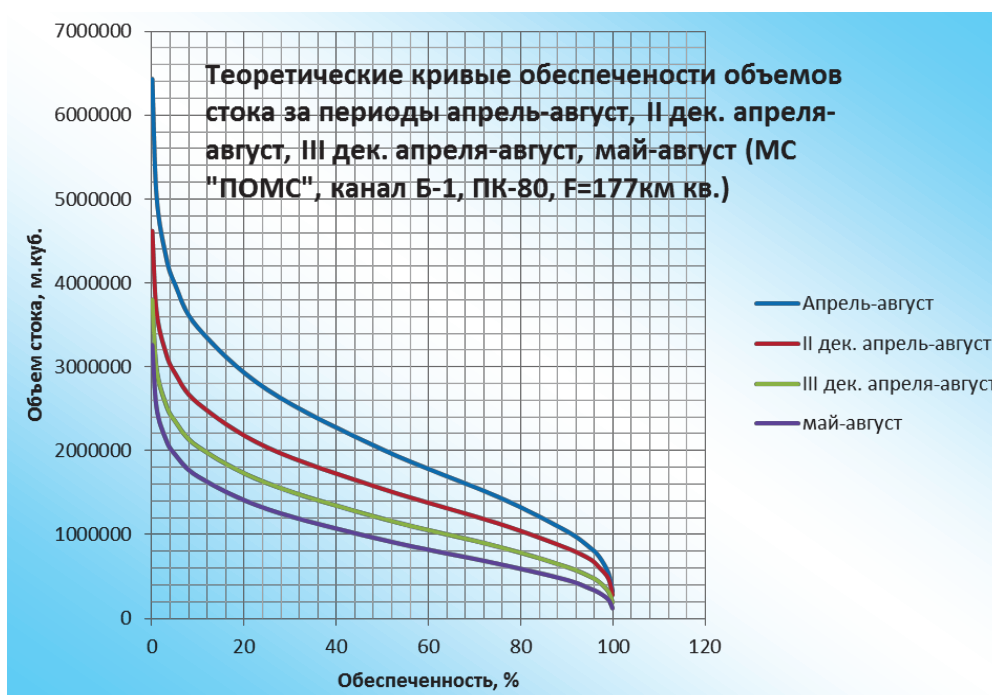
Величина модуля стока 50% обеспеченности определяется по [6].

По многолетним данным наблюдений за стоком на ПК-80 канала Б-1 нами также установлено, что для перехода от объемов стока 50% обеспеченности к объемам стока 75 и 90% обеспеченности следует применять соответственно коэффициенты 0,72 и 0,52 (табл. 7, рис. 5).

**Таблица 7 – Объемы стока 50, 75 и 90% обеспеченности и их соотношение за периоды апрель-август, II дек. апреля-август, III дек. апреля-август, май-август (МС «ПОМС», канала Б-1, ПК-80, F=177 км<sup>2</sup>)**

Обеспеченность	Объемы накопления V, соотношения объемов	Периоды накопления местного стока				Среднее соотношение объемов
		Апрель-август	II дек. апреля - август	III дек. апреля-август	Май-август	
50	V <sub>50</sub>	2014071	1545589	1190182	937688	
75	V <sub>75</sub> V <sub>75</sub> : V <sub>50</sub>	1450997 0,72	1134528 0,73	857443 0,72	652305 0,70	0,72
90	V <sub>90</sub> V <sub>90</sub> : V <sub>50</sub>	1039520 0,52	838564 0,54	614288 0,52	458652 0,49	0,52





**Рисунок 5 – Теоретические кривые обеспеченности объемов стока канала Б-1 (ПК-80, МС «ПОМС») за различные периоды**

### Выводы

1. Расстояния между водоподпорными сооружениями на проводящих каналах мелиоративных систем Полесья рекомендуется принимать в среднем около 1000 м, а на магистральных – 2000 м. В каждом конкретном случае они должны обосновываться расчетами по предлагаемой методике.

2. Отметку границы увлажнения подпорным сооружением следует определять по формуле (3), используя среднюю величину  $N_{нпу}$ , полученную из расчетных величин по формулам (4) и (8).

3. Наиболее оптимальным периодом накопления местного стока для Полесья является период 2 декада апреля – август и с точки зрения начала весенней посевной (30 марта по сумме среднесуточных температур  $\Sigma t = 60^{\circ}\text{C}$  в современных климатических условиях) и соотношения площади водосбора и площади увлажнения, которые соответственно равны 14-41 и 9-32 для супесчаных и торфяных почв в средние и засушливые годы. Если эти условия выполняются для многолетних трав, то они будут выполняться и для других культур.

4. Полученная по расчетной отметке границы увлажнения площадь увлажнения должна сопоставляться с возможной площадью увлажнения, определяемой путем сопоставления объемов стока с увлажнительными нормами соответствующей обеспеченности.

5. Для определения объемов стока величины модуля стока 50% обеспеченности рекомендуется определять по имеющимся картам изолиний для соответствующей зоны [6].

6. Для перехода от объемов стока 50% обеспеченности к объемам стока 75 и 90% обеспеченности следует применять соответственно коэффициенты 0,72 и 0,52.

7. Увлажнительные нормы для южной гидролого-климатической зоны принимаются по ТКП 45-3.04-178-2009.

8. Окончательное решение о целесообразности устройства водоподпорного сооружения или эксплуатационных затрат на проведение предупредительного шлюзования на местном стоке принимается не только на основании топографии и гидрологии, но и на сравнении стоимости строительства водоподпорного сооружения или эксплуатационных затрат со стоимостью дополнительной сельскохозяйственной продукции.

#### **Библиографический список**

1. Пособие по проектированию осушительных систем (в помощь проектировщику). – Пинск: Союзгипромелиоводхоз. -1980. – С. 85.
2. Мелиорация и водное хозяйство. 3. Осушение: Справочник/ Под ред. Б. С. Маслова. – Москва: Агропромиздат, 1985. – С. 259-260.
3. Способы оперативного контроля водного режима почвы и принятие решений по его регулированию на мелиоративных системах. Рекомендации. – Минск: РУП «Институт мелиорации». – 2007. – С. 8.
4. ТКП 45-3.04-203-2010. Осушительно-увлажнительные мелиоративные системы. Правила проектирования. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – 2011. – 90с.
5. ТКП 45-3.04-178-2009. Оросительные системы. Правила проектирования. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – 2010. – 74с.
6. Гидрология. Карты изолиний. – Пинск: ОАО «Полесьегипромелиоводхоз». – 2010. – 24с.

#### **Summary**

*N. Avramenko, E. Shkutov*

#### **JUSTIFICATION OF RETAINING STRUCTURES TO CONTROL WATER LEVELS USING LOCAL FLOW IN BELARUSIAN POLESYE**

The methods justify the location of the retaining structures drainage systems woodland for water management at the local flow in modern hydrological and climatic conditions. The average distance between the water retaining structures at the conductive channels of reclamation systems Polesie is 1000 m, and main-2000 m.

Received by the clearing mark the boundaries of the humidifying water retaining structure area of moisture should be compared with possible area of wetting, determined by comparing the volume of runoff from the watering guidelines of the respective security.

The volumes of flow 50% exceedance probability is recommended to be calculated using the flow rates determined by available contour maps for the relevant zone. To transition from volumes of flow 50% exceedance probability for flows of 75 and 90% probability should be used respectively the coefficients of 0.72 and 0.52.

Humidifier standards for southern hydrological-climatic zone are accepted on TCR-45-3.04-178-2009.

The optimal period of accumulation of local runoff for woodland period is 2 decade of April-August.

The appropriateness of the device for water retaining structures or operating expenses to carry out preventive sluicing at the local runoff is determined not only on the basis of topographical and hydrological data, but also compare the costs of construction of water retaining structures or operating costs for the locking with the value of additional agricultural production.

*Посмынана 21.10.2015*