

ТЕХНИКО–ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАЛИВНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ ПОЛЬДЕРНЫХ СИСТЕМ В ЗОНЕ ПОЛЕСЬЯ

С.В. ГАЛКОВСКИЙ, В.Ф. ГАЛКОВСКИЙ, Д.В. КУЗЕМКИН, В.В. ПЕКУН

*Полесский государственный университет,
г. Пинск, Республика Беларусь*

Введение. На начало XXI века на территории Полесья было осушено свыше 1,5 млн га переувлажненных земель, что составляет около 82 % площадей, намеченных к освоению «Схемой мелиорации земель Полесской низменности». За четверть века существования Главполесьюводстроя было построено 11 крупных водохранилищ, пять полносистемных рыбхозов, а на освоенных землях было создано 45 совхозов. Для целей регулирования водно–воздушного режима почвы почти в каждом из них были построены водохранилища наливного типа, которые относятся к категории малых (40 – 290 га) с общей площадью 6850 га и полным объемом 148 млн м³. Только в Брестской области их площадь составляет 1750 га.

Для природных условий Полесья характерны почти безуклонный рельеф, небольшая (до 1 м) мощность торфяной залежи, подстилаемой слоем водопроницаемого песка. В основном заболоченные земли расположены в пойме р. Припять, а так же ее притоков, и в настоящее время используются в сельском хозяйстве. Поймы рек Полесской низменности широкие и извилистые, имеют малый продольный и поперечный уклоны (0,0001–0,0003) [1]. Ширина поймы р. Припять на разных участках неодинакова. Наибольшей ширины (20–25 км) она достигает на участке к югу от Пинска. Русло реки очень извилистое, сильно разветвленное, имеет много проток и староречий.

Результаты и их обсуждение. Среднегодовое количество осадков в зоне Полесья составляет 650–700 мм, хотя в разные по водности годы количество их колеблется от 500 до 800 мм. За теплый период года выпадает 2/3 годовой суммы осадков, за зиму – пятая часть. Бездождевые и засушливые периоды наблюдаются практически ежегодно и чаще всего в течение апреля–июня, а также сентября–октября. Несмотря на то, что Беларусь относится к зоне избыточного увлажнения, где естественный приход влаги превышает расход, наблюдается неравномерность поступления и расхода природных водных ресурсов, как по территории, так и внутрисезонном ходе.

По данным Шебеко В.Ф., юг республики следует отнести к зоне недостаточного увлажнения [2]. Коэффициент увлажненности в теплый период для южной части Беларуси составляет 0,66–0,77, а в мае–июне он уменьшается до 0,45–0,65. Наибольший сток воды наблюдается весной, когда стекает 50–60 % всего годового объема. Среднегодовой слой стока для многолетнего ряда наблюдений по территории Полесья составляет 115–120 мм (что соответствует 1150–1200 м³ воды с 1 га).

Геологическое строение Припятского Полесья разнообразное и сложное. Здесь развиты как дочетвертичные, так и четвертичные отложения. Первые из них залегают на размывтой поверхности коренных пород, которые содержат ряд водоносных горизонтов. Отложения, залегающие над моренами, представлены преимущественно песками мощностью от 20 до 40 м с коэффициентами фильтрации от 3–5 до 20–30 м/сут. Водоносными породами являются мелкозернистые и среднезернистые пески мощностью от 10 до 50 м. Для этих горизонтов характерно отсутствие выдержанных по мощности и распространению водоупоров, что обуславливает тесную связь между ними, а на отдельных водосборах слияние их в единый водоносный комплекс.

Все водохранилища наливного типа зоны Полесья имеют небольшую глубину от 3 до 5 м, малый напор и высокие коэффициенты фильтрации грунтов в основании ложа и дамб ограждения (2–30 м/сут.), глубокое залегание водоупора (от 2 до 45 м). Все перечисленные природные условия заставили проектировщиков принять решения по снижению объемов фильтрации из водохранилищ при их полном наполнении. В итоге было принято решение по укладке в тело ограждающих дамб полиэтиленовой пленки по верху мокрого откоса с присыпкой ее грунтом (устройство «понура»). Однако выполнение этих работ показало, что имеет место их низкая эффективность в связи с большим объемом ручных работ и невозможностью существенно снизить фильтрацию. В связи с этим возникла необходимость проведения исследования по изучению возможности сниже-

ния фильтрации другими способами. Для этих целей была подобрано 3 водохранилища, но, учитывая большой объем работ, акцентируем внимание на одном из них – водохранилище «Жидче» Пинского района.

Водоохранилище «Жидче» находится в пойме р. Припять, построено гидронамывным способом и сдано в эксплуатацию в 1981 году. В первые годы эксплуатации были зафиксированы следующие основные фильтрационные характеристики: залегание кривой депрессии в откосах дамбы ограждения; общий объем фильтрации при заполнении емкости до отметки нормального подпорного уровня (НПУ); объем воды, перехвачиваемый дренажом и придамбовым каналом.

Исходные данные на этом водохранилище получены на протяжении 27 лет его эксплуатации. Очевидно, что полученные научные результаты имеют определенную ценность для проектных организаций при создании в будущем таких водоемов для нужд сельского хозяйства и зон отдыха.

Водоохранилища «Жидче» наливного типа расположено на землях СПК «Невель» Пинского района. Оно предназначено для аккумуляции весеннего стока воды с водосборной площади мелиоративного объекта (62 км²) с последующим осуществлением подпочвенного увлажнения земель на 2700 га и орошения на 645 га. Наряду с аккумулярованием стока с водосборной площади и грунтового притока в маловодные весны возможен забор воды из р. Припять через водовпускное сооружение, устроенное в теле дамбы ограждения польдера. Водоохранилища наполняется в весенний период двумя насосными станциями общей производительностью 7 м³/с. Основные параметры водохранилища «Жидче» представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные параметры водохранилища «Жидче»

Наименование	Единица измерения	Количество
Площадь зеркала при НПУ	га	116,6
Площадь зеркала при УМО	га	20,4
Полезная емкость	млн. м ³	4,6
Полезная водоотдача	млн. м ³	4,46
Длина дамбы ограждения	м	4186
Ширина дамбы по гребню	м	4,5
Максимальный напор	м	5,5
Напор при НПУ	м	5,2
Глубина до водоупора	м	30
Сметная стоимость сооружения	тыс. долл. США	1327

Дамба водохранилища выполнена намывным способом из песчаного грунта, имеет распластаный профиль: верховой откос с заложением 1:25, низовой 1:4. Проектом предусматривалось устройство экрана из полиэтиленовой пленки по всему периметру, но фактически он выполнен на участке от ПК 0 до ПК 19. Вокруг водохранилища устроен ловчий канал, а у подножия низового откоса уложен двухъярусный дренаж из асбестоцементных труб диаметром 200 мм. Ловчий канал на участке от ПК 21 до ПК 35 выполнен как самостоятельный, а на остальной трассе по контуру эту роль выполняют водоподводящий и магистральный каналы. Хотя дамбы ограждения возводились намывным способом, сплошной карьер в центре водохранилища не выполнен. Весь комплекс мелиоративных мероприятий на осушаемом массиве с учетом не только осушения, но и увлажнения с помощью дождевальных машин и подпочвенного увлажнения показан на рисунке 1.

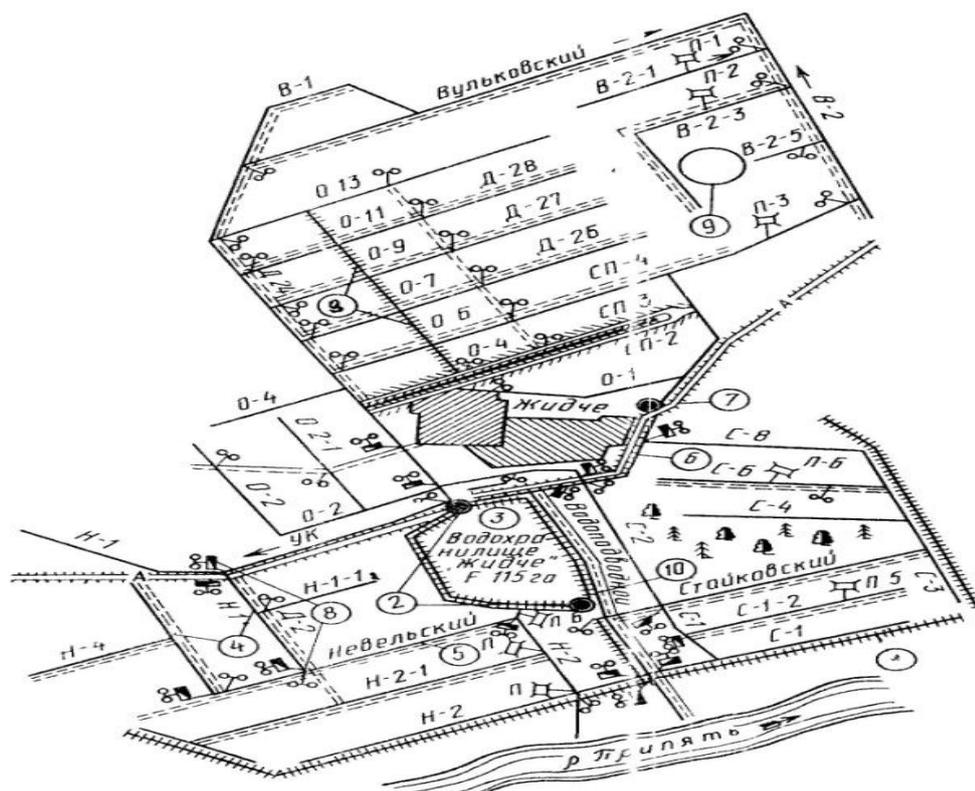


Рисунок 1 – Схема мелиоративного объекта СПК «Невель»

1. Дамба ограждения.
2. Осушительные насосные станции.
3. Водохранилище.
4. Магистральная прводящая сеть.
5. Магистральный канал.
6. Водоподводящий канал для увлажнения.
7. Оросительная насосная станция.
8. Дождевальные установки «Днепр».
9. Дождевальная установка «Фрегат».
10. Водосбросной канал с водохранилища.

По существу грунт из ложа для возведения дамб забран из двух отдельных котлованов, которые примыкают на близком расстоянии к дамбам ограждения: один – к западной, а второй – к восточной. Причем грунт разрабатывался земснарядом на большую глубину, в пределах 13–15 м. Это обусловило увеличение объемов фильтрации, так как грунт, выбранный с глубоких слоев, имеет в своем составе крупнозернистый песок, гравий и даже гальку. В целом тело дамбы отмыто из большого количества крупных и средних частиц, на большом протяжении не имеет противofильтрационной защиты, котлованы близко подступают к подножию верхового откоса. Этим можно объяснить выклинивание в течение 10 лет в придамбовом канале и на прилегающих землях сосредоточенных токов фильтрационных вод. Для более детального представления о механическом составе грунта тела дамб в табл. 2 показано процентное соотношение фракций (среднее значение по скважинам).

Таблица 2 – Механический состав грунта, намывтого в тело дамб водохранилища

Местоположение точек отбора проб на дамбе	Диаметр частиц грунта, мм			
	2 – 0,5	0,5 – 0,25	0,25 – 0,1	0,1 – 0,01
Середина низового откоса	10,6	38,03	40,0	11,37
Середина гребня дамбы	9,26	38,62	46,84	5,28
Верховой откос (на расстоянии 25 м от середины гребня)	4,2	40,65	48,03	7,12

В течение десяти лет на водохранилище «Жидче» вели наблюдения за фильтрацией воды ежегодно в летний период, а затем был сделан перерыв и очередные замеры были проведены в 1995, 1996 и 2009 годах. В течение десятилетнего периода с момента начала эксплуатации было замечено снижение фильтрации, о чем свидетельствовало состояние придамбовых каналов и прилегающей территории. Так на прилегающих землях и по дну придамбового канала прекратилось выклинивание сосредоточенных токов фильтрационных вод («ключей»), т.е. исчезла суффозия, а на прилегающей территории стало меньше переувлажненных участков. У подножия низового откоса дамбы водохранилища также снизились выклинивания фильтрационных вод на западном участке дамбы.

На основании многократных замеров в полевых условиях разными способами была получена зависимость фильтрационного расхода от напора воды в водохранилище (табл. 3 и рис. 2). Характерным является то обстоятельство, что эта зависимость изменяется по времени с увеличением срока эксплуатации. Если раньше снижение фильтрации шло более интенсивно, то замеры 1995, 1996 и 2009 гг. показывают, что в целом фильтрация стабилизируется, и абсолютные значения изменяются в настоящее время незначительно.

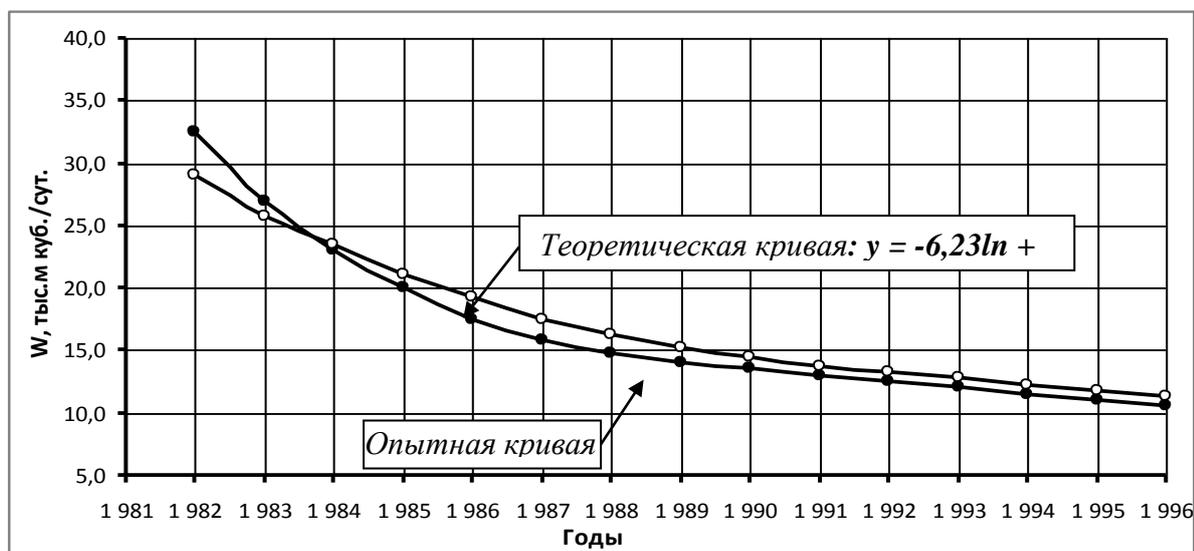


Рисунок 2 – Изменение объема фильтрации воды из водохранилища «Жидче»

Ранее (1981г.) объем фильтрации при напоре 5,2 – 5,3 м составлял 33,0 тыс. м³/сут., в 1987 г. – снизился до 17 тыс. м³/сут., в последние годы при аналогичных напорах он составляет 12 – 13 тыс. м³/сут. Эти значения были получены путем измерений расходов воды по спаду горизонтов в водохранилище за определенный промежуток времени (3 – 5 суток) и по данным измерений расходов в придамбовом канале и приоткосном дренаже. Общий спад интенсивности фильтрации составил около 2,6 раза за 27– летний период. Значительное снижение объема фильтрации можно объяснить за счет кальматации ложа водохранилища илистыми частицами торфа и ила, которые поступают вместе с закачиваемой водой из мелиоративных каналов, а также смываются по откосу в ложе водохранилища.

На рисунке 2 видно, что в зоне последних лет наблюдений обе кривые принимают пологий характер и приближаются к горизонтальной линии. Это показывает, что фильтрация из водохранилища стабилизируется и изменяется в небольших пределах.

Связь между напором и суточным расходом фильтрационных вод можно выразить уравнением следующего вида (формула 1):

$$W = 3,1 * H - 1,5 \text{ тыс. м}^3/\text{сут} \quad (1)$$

при $5 \text{ м} \geq H \geq 0,5 \text{ м}$

где W – объем фильтрационных вод, тыс. м³/сут; H – напор, м

Таблица 3 – Определение объема фильтрации по спаду уровней воды в водохранилище «Жидче»

Дата проведения опыта	Напор, м	Площадь зеркала воды, га	Объем сработки, мм	Испарение с водной поверхности, мм	Сброс через водовыпуск сооружения, м ³ /сут	Профильтрованные воды, тыс. м ³		Объем профильтрованной воды при НПУ, тыс.м ³ /сут
						Всего	В сутки	
с 15.05 по 18.05 1982 г (3 суток)	5,1	115	96	12	-	97,4	32,48	33,0
с 14.12 по 19.12 1984 г (5 суток)	3,8	106	109	5	-	110,2	22,0	28,0
с 12.12 по 15.12 1985 г. (3 суток)	3,7	105	63	3	-	63,0	21,0	27,0
с 18.05 по 20.05 1987 г. (3 суток)	5,1	115	64	12	-	59,8	19,9	21,0
с 26.05 по 29.05 1995 г. (3 суток)	4,8	113	120	15	27.	35,8	11,9	13,0
с 17.07 по 20.07 1996 г. (3 суток)	4,6	110	120	9	90,0	33,2	11,0	12,6
с 06.05 по 10.05 2009 г. (4 суток)	5,1	115	50	16	-	48,3	12,1	12,1

В целом за период наблюдений характер спада объема фильтрации описывается уравнением следующего вида (формула 2):

$$y_w = -6,23 \ln T + 29 \text{ тыс. м}^3/\text{сут} \quad (2)$$

где y_w – ордината, характеризующая объем фильтрации за сутки при наполнении водохранилища до НПУ;

T – срок эксплуатации, годы.

Результаты расчетов с применением этого уравнения хорошо согласуются с натурными данными, которые приведены в таблице 3 [1].

В трех створах придамбового канала западной стороны и на одном из сооружений восточной стороны водохранилища проводили измерение скоростей воды гидрометрической вертушкой ГР–21, а в коллекторах приоткосного дренажа измеряли расходы объемным способом или с помощью красящего вещества. С целью исключения влияния насосной станции измерение скоростей проводили в тот период, когда станция не работала, и наблюдалось спокойное движение потока без подпора со стороны магистрального канала.

Такие измерения проводили в течение нескольких лет только в летний период и при разных напорах. Данные отдельных характерных измерений расходов воды в придамбовых каналах представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Суммарный расход фильтрационных вод приоткосного дренажа и придамбового канала

Дата	Напор, м	Расходы воды, м ³ /с			
		ПК – 6	ПК – 10	ПК – 16	Труба–регулятор
1–й год эксплуатации					
15.05	5,3	0,033	0,072	0,115	0,070
25.05	5,1	0,032	0,070	0,112	0,068
30.06	4,8	0,030	0,060	0,096	0,062
3–й год эксплуатации					
17.05	54,1	0,031	0,069	0,105	0,065
3.06	4,8	0,028	0,057	0,090	0,056
5.07	4,5	0,026	0,050	0,084	0,052
6.08	4,4	0,027	0,048	0,085	0,050
4–й год эксплуатации					
1.06	5,1	0,028	0,047	0,094	0,058
18.07	5,0	0,026	0,040	0,089	0,053
27.08	4,7	0,026	0,039	0,064	0,041
30.10	4,6	0,027	0,041	0,068	0,040
9–й год эксплуатации					
19.04	5,1	0,023	0,045	0,078	0,049
20.06	3,5	0,009	0,021	0,040	0,026
14–й год эксплуатации					
4.05	5,3	0,022	0,052	0,065	0,040
20.05	5,2	0,022	0,050	0,065	0,042
15–й год эксплуатации					
25.06	5,0	0,018	0,046	0,063	0,042
17.07	4,6	0,016	0,043	0,06	0,040

Расходы измеряли в трех створах придамбового канала (ПК–6, ПК–10, ПК–16) западной стороны и на трубе–регуляторе восточной стороны, в точке отвода водоподводящего канала к оросительной насосной станции. По данным табл.4 видно, что в течение последних лет наблюдается некоторая стабилизация расходов в сечениях и на сооружении [3,4].

Основываясь на значениях измеренных расходов в придамбовом канале и дренажных коллекторах можно утверждать то, что удельный фильтрационный расход (с одного погонного метра придамбового канала) на участке с защитой верхнего откоса был ниже, чем на участке без защиты. Эффективность действия противофильтрационной защиты можно оценить по снижению расхода воды в 2 раза по сравнению с тем участком, где защиты не было. По данным измерений за последние годы удельный расход в придамбовом канале на участке с защитой верхнего откоса составил 0,021 л/с, а без защиты – 0,041 л/с.

На основании определения общего объема фильтрации из водохранилища (по спаду уровней и площади зеркала воды) и объемом, который перехватывается придамбовым каналом видно, что два этих сооружения (канал и дренаж) перехватывают 85–90 % всего объема и только 10–15 % уходит за пределы водоема. Если же рассматривать их роль по перехвату воды каждого в отдельности, то на долю дренажа приходится 35–40 %, а остальные 50 % – на придамбовый канал.

Полученные итоговые значения по фильтрационным характеристикам соответствуют заполнению водохранилища до отметки НПУ, когда излишки воды переливаются через порог водосбросного сооружения. В данном случае выполнен водосброс ковшового типа и срабатывает только при превышении уровнем воды отметки НПУ (143 м).

Как видно из всего полученного материала, период стабилизации в объемах фильтрации для данного водохранилища наступил спустя 15 лет после сдачи его в эксплуатацию. Этот срок зависит, в первую очередь, от типа грунта в основании и теле ограждающих дамб.

Многолетние наблюдения на рассматриваемой мелиоративной системе в период средних по водности и маловодных лет (75 % обеспеченности по осадкам) показали, что за счет аккумуляции местного стока обеспечивается оптимальный водный режим почвы в течение вегетационного периода при заборе воды из водохранилища на увлажнение. Сброс воды в реку проходил только в течение пика весеннего половодья и достигал значений 22–40 мм в год, что в 4,6 раза меньше стока тех польдерных систем, где отсутствуют регулирующие емкости. Только за счет аккумуляции и многократного использования местного стока экономится 3–5 кг/га минеральных удобрений.

В течение года две насосные станции водохранилища перекачивают 12–15 млн. м³ воды (сток из системы и фильтрационный объем). Годовые затраты электроэнергии на проведение осушительных и оросительных мероприятий составляли в пределах 425–550 тыс. кВт/ч в год, а в расчете на 1 гектар – 120–150 кВт/ч.

Удельная стоимость водооборотной системы составила 2515 долл. США/га, в том числе стоимость водохранилища – 433 долл. США /га, дамб ограждения – 83 долл. США /га, насосных станций – 95 долл. США /га, открытой проводящей и регулирующей сети – 1154 долл. США/га, оросительной сети – 158 долл. США /га, регулирующих сооружений – 151 долл. США /га.

В первые годы эксплуатации на используемых в сельскохозяйственном производстве землях рассматриваемой мелиоративной системы получали озимых – 33,5 – 45,9 ц/га, яровых – 35,4 – 57,5 ц/га, сена многолетних трав – 64 – 75 ц/га, зеленой массы – 240 – 300 ц/га, сахарной свеклы – 250 – 280 ц/га. Годовой экономический эффект по хозяйству составлял 150–170 руб./га.

Наблюдения на водохранилище «Жидче» показали, что спустя 13–15 лет после ввода в эксплуатацию объемы фильтрации стабилизировались на уровне 12,1–12,6 тыс. м³/сут. (2,9 м³ / 1 погонный метр дамбы ограждения). На других водохранилищах Брестской области, таких как «Повить» Кобринского района и «Бобрик» Ганцевичского района спустя 5–7 лет с момента начала эксплуатации объем фильтрации снизился от 2 до 10 раз. Сумма затрат на устройство защиты из полиэтиленовой пленки для водохранилища по контуру дамб ограждения составляла около 567 – 630 тыс. долл. США, а этой суммы достаточно было на то, что бы откачивать профильтрованную воду в течение 100 лет.

Выводы. 1. Водоохранилище «Жидче» было создано в числе первых в зоне поймы Припяти, в основании ложа встречаются крупнозернистые пески и гравий, водоупор находится на глубине около 30 м. Водоохранилища «Бобрик» и «Повить», построенные позднее (1990–1991 гг.), имеют при сопоставимой площади более низкие объемы фильтрации.

2. Исследования, проведенные в течение длительного времени на наливных водохранилищах, выполненных с помощью средств гидромеханизации, показали, что даже на песчаных участках с высоким коэффициентом фильтрации грунтов и глубоким залеганием водоупора возможно устраивать регулирующие емкости с целью регулирования стока, т.к. профильтрованная вода остается в пределах объекта.

3. Объем фильтрации воды из водохранилища «Жидче» составлял в первые годы эксплуатации 5,0 – 5,5 млн м³, а стабилизация фильтрации из водохранилища произошла спустя 13–15 лет и снизилась до уровня 3 м³/сут. на погонный метр дамбы.

4. Затраты электроэнергии в первые годы эксплуатации объекта составляли 120 – 150 кВт/ч на 1 га осушенной площади (две осушительные насосные станции и одна оросительная), а в последние годы снизились на 20 % ввиду стабилизации фильтрации воды.

5. Возможно получение экономического эффекта при экономии затрат на укладку пленки в верховой откос водохранилища. Экономия затрат на укладку пленки в текущих ценах для водохранилища «Жидче» Пинского района составила 430 долл. США/га. В то же время затраты на электроэнергию при увеличении объемов откачки воды составили 187 долл. США/га. Также был увеличен износ оборудования насосных станций (агрегатов) ввиду увеличения объема фильтрации воды из водохранилища (агрегат состоит из насоса и электродвигателя). Данная статья расходов составила 128 долл. США/га. Итого экономический эффект равен 115 долл. США/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галковский, В.Ф. Водный баланс польдерных систем «Месяичи–Морозовичи» и «Выгонощи» / В.Ф. Галковский // Мелиорация переувлажненных земель: сб. науч. раб., выпуск XXVI; БелНИИМиВХ, под ред. В.М. Зубца [и др.]. – Минск, 1978. – С. 17–22.

2. Шебеко, В.Ф. Внутреннее распределение и обеспеченность осадков на территории Белорусской ССР: практическое пособие / В.Ф. Шебеко. – БелНИИМиВХ. – Минск: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы БССР, 1962. – 143 с.

3. Зубец, В.М. Указания по расчету поперечного профиля земляных плотин и дамб водоемов осушительно-увлажнительных систем / В.М. Зубец, Ф.В. Саплюков, Е.С. Ленартович. – Минск: БелНИИМиВХ. – 90 с.

4. Нестеров, В.М. Практикум по гидротехническим сооружениям: пособие / М.В. Нестеров [и др.]. – Горки: БГСХА, 2010. – 124 с.

TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS OF BULK WATER BASINS POLDER SYSTEMS IN A ZONE OF POLESYE

S.V. GALKOVSKY, V.F. GALKOVSKY, D.V. KUZEMKIN, V.V. PEKUN

Summary

Practice of creation of the bulk water basins executed in the hydroalluvial way in a zone of Polesye, shows, that the filtration of water from the water basins located on sandy soil within year can reach the size equal to volume of the water basin at pressures 4,5 – 6 m. Protection against filtration executed from a polyethylene cloth, laid on an internal slope in a kind screen, does not give desirable result. Intensity of recession decreases approximately in 2 times in relation to a similar site without protection. Supervision on a water basin «Zhidche» have shown, that later 13–15 years filtration volumes were stabilised in volume 3 m³/days on dam running metre. On other similar water basins filtration recession has occurred within 5–7 years from the beginning of their operation.

© Галковский С.В., Галковский В.Ф., Куземкин Д.В., Пекун В.В.

Поступила в редакцию 25 апреля 2012г.