

**ВЫБОР ВАРИАНТА ОГРАЖДЕНИЯ ДАМБАМИ ОБЪЕКТА «ОРЕЛ»  
В ПОЙМЕ Р. ПРИПЯТЬ**

**А.П. Русецкий**, доктор технических наук

**Л.А. Трухан**, кандидат сельскохозяйственных наук

Полесский государственный университет

**Н.М. Савульчик, Н.И. Невар, А.И. Ракицкий**

ОАО «Полесьегипроводхоз»

**Ключевые слова:** паводкоопасность, оградительные дамбы, Припять

**Введение**

Государственная программа «Инженерные водохозяйственные мероприятия по защите населенных пунктов и сельскохозяйственных земель от паводков наиболее паводкоопасных районов Полесья на 2011–2015 годы» [1] предусматривает снижение ежегодных ущербов и потерь от паводков, наносимых государственному и общественному секторам, личным подсобным хозяйствам граждан, а также стабилизацию экономической, социальной и экологической ситуации в Полесском регионе. В перечень объектов, для которых программой предусмотрены водохозяйственные мероприятия по защите от паводков, входит объект «Орел» ОАО «Оснежицкое» Пинского района Брестской области, расположенный в пойме р. Припяти.

Для разработки схем защиты земель от паводков в пойме р. Припяти необходим анализ гидрологических характеристик р. Припяти на современном этапе, так как в результате широкомасштабной мелиорации в Полесье и продолжительного хозяйственного использования мелиорированных земель изменились гидрологический режим территории, рельеф мелиорированной поверхности и характер затопления пойменных земель в весенние половодья.

**Краткая характеристика объекта**

Объект «Орел» расположен на правобережной пойме р. Припяти между существующим незатапливаемым польдером «Плецицы» и руслом реки. Площадь поймы, на которой предусматривается разместить объект «Орел», составляет около 2000 га. Она расположена между 496 и 509 км от устья р. Припять. Против впадения р. Пины в р. Припять на 502,6 км от устья располагается г. Пинск.

В настоящее время территория участка занята кустарником, тростником, влаголюбивыми травами и отдельно стоящими вдоль русла реки деревьями. На отдельных участках территории прорыты каналы, имеющие глубину 0,8–1,1 м. Часть территории ис-

пользовалась в маловодные годы под сенокосы. В многоводные годы территория затапливается водами весенних половодий и летне-осенних паводков, что не позволяет без защиты дамбами использовать с достаточной гарантией эти земли для растениеводства. Рельеф рассматриваемой поймы имеет равнинный характер с понижением по направлению течения реки Припяти и наличием небольших замкнутых блюдцев и мелких бугорков.

Почвообразующие породы представлены древнеаллювиальными песками и современными озерно-болотными отложениями. Органогенные породы представлены торфом осоковым, древесно-осоковым, сфагново-осоковым пойменного типа со степенью разложения 30–35 % и зольностью до 43,5 %. Подстилаются органогенные породы песками мелкозернистыми. Коэффициент фильтрации торфа составляет 0,38–0,7 м/сут, песков мелкозернистых – 1,5–2,5 м/сут.

Источником водного питания территории являются атмосферные осадки, грунтовые и поверхностные воды весенних половодий р. Припяти.

#### **Расположение оградительных дамб для защиты земель объекта «Орел»**

Территория, на которой намечено построить польдерную систему «Орел», ограничена руслом р. Припять до Любанского моста существующим незатапливаемым польдером «Плешицы» и сбросным каналом водохранилища «Горново» (рис. 1). На участке между объектом «Плешицы» и руслом реки Припяти находится урочище «Орел», которое выгорожено хозяйственным способом затапливаемой дамбой с улучшением водного режима в послепаводковый период. В урочище «Орел» в маловодные годы производилась заготовка травяных кормов ОАО «Оснежицкое». Использование непредсказуемо затапливаемых пойменных земель даже под сенокос достаточно затруднительно и очень неудобно в сельскохозяйственном производстве. Поэтому в Государственной программе [1] предусмотрена защита земель на рассматриваемой территории от затопления. Однако защита земель от затопления незатапливаемыми дамбами сжимает живое сечение паводкового потока, вызывает повышение уровней воды по сравнению с существующими горизонтами до устройства дамб.

Целью данных исследований является обоснование планового положения и параметров дамб, обеспечивающих защиту сельскохозяйственных земель от затопления, при которых уровни воды не поднимутся выше допустимой отметки для прибрежных строений г. Пинска.

Рассмотрено пять вариантов планового положения незатапливаемых дамб (см. рис. 1):

- 1 – при современном положении затапливаемых дамб;
- 2 – при расположении дамб на 500–1000 м от русла реки;
- 3 – при расположении дамб у русла реки;

4 – при смещении существующей затопляемой дамбы урочища «Орел» на 500 м (дальше от русла) и устройство вместо нее незатопляемой дамбы;

5 – при дополнении варианта 4 ограждением участка поймы (возле объекта «Плещицы»).

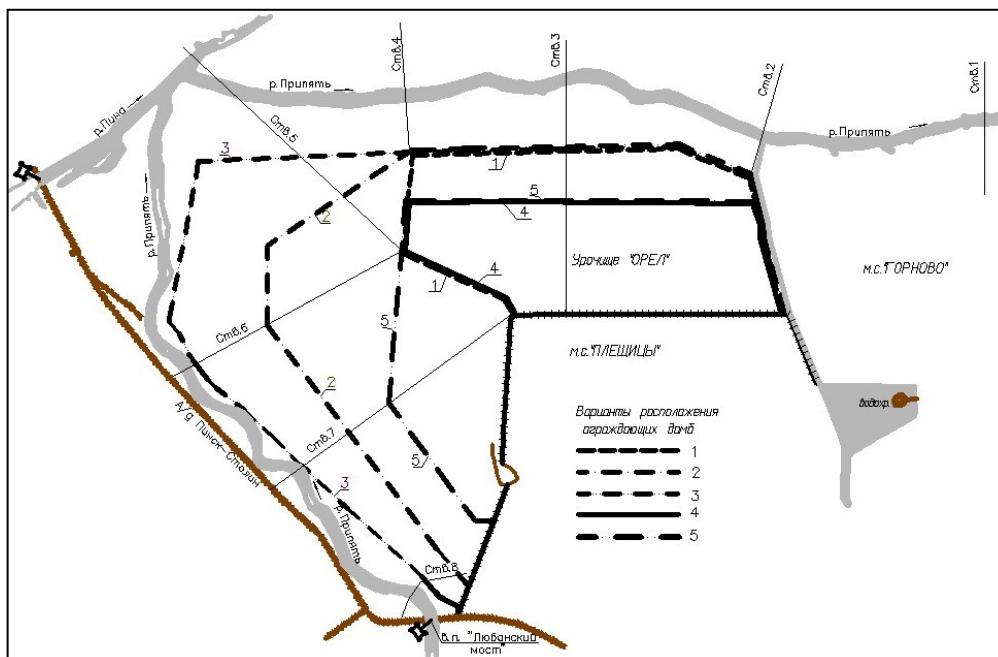


Рисунок 1 – Варианты расположения ограждающих дамб на объекте «Орел»

**Максимальные уровни воды и расходы весенних половодий р. Припяти в существующих условиях на участке расположения объекта «Орел»**

На формирование уровней и расходов воды в реках влияет состояние водного режима водосборной площади. В начале широкомасштабной мелиорации в Полесье болота и заболоченные земли занимали свыше 40 % всей площади, а в отдельных районах – до 65 % [2]. В период с 1966 по 1995 год только в Беларуси осушено около 2 млн. га земель [3]. Значительные площади осушены в водосборе р. Припять на Украине (планом предусматривалось 1,74 млн. га). На мелиорированных землях изменилась хозяйственная деятельность человека и водный режим осушаемой территории, оказывающие в некоторой мере влияние на речной сток [4]. Особенно существенное влияние оказывалось на сток и уровни воды в весенние половодья. Например, в период после 1980 года, по сравнению с периодом до 1970 года, на водпосту (в.п.) Любанский мост отмечено сокращение длительности весеннего затопления в многоводные годы на 18–50 суток и более, и снижение максимальных уровней весенних половодий на 0,25–0,5 м

[5]. Поэтому следует учитывать эти изменения в существующих в настоящее время условиях.

Об изменениях максимальных уровней весенних половодий можно судить по интегральной кривой, построенной для р. Припять (рис. 2). При её построении использованы данные непосредственных измерений уровней в 1980–2010 годах и определенные по корреляционной зависимости между уровнями в. п. Пина-Пинск и в.п. Припять-Любанский мост за 1945–1979 гг. Интегральная кривая связи максимальных уровней от времени показывает, что после 1980 г. наклон её к осям координат изменился (рис. 2), что говорит об изменениях в условиях формирования максимальных уровней весенних половодий. Поэтому для определения обеспеченных максимальных уровней весеннего половодья на водпосту Любанский мост, расположенном выше объекта «Орёл», использован ряд наблюдений за период 1980–2010 годы. По этому ряду определены значения модульных коэффициентов для трёхпараметрического гамма-распределения, которые составляют  $K_{P1\%} = 1,55$ ,  $K_{P5\%} = 1,34$ . Соответственно, отметки уровней 1 и 5 %-й обеспеченности на в.п. Любанский мост получены равными  $H_{1\%} = 136,56$  м и  $H_{5\%} = 136,1$  м.

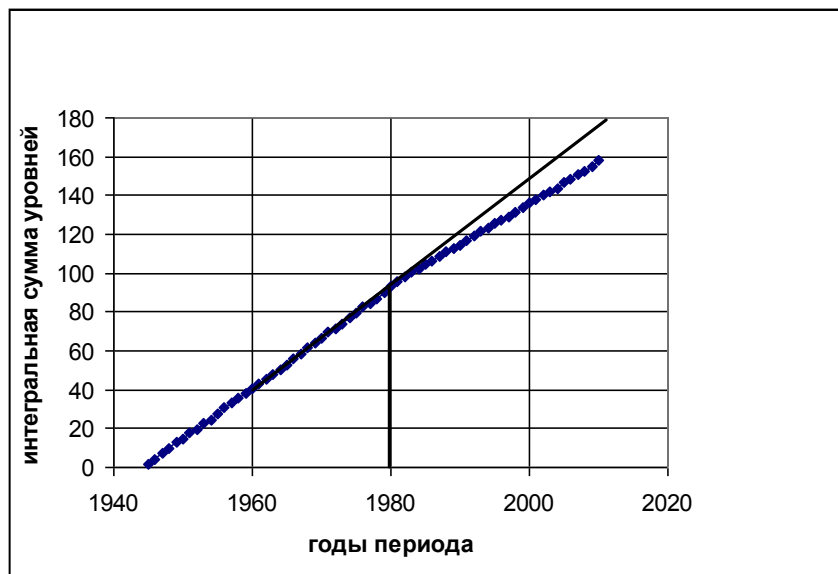


Рисунок 2 – Интегральная кривая максимальных уровней р. Припяти на в.п. Любанский мост.

**Максимальные уровни воды весеннего половодья 1 %-й и 5 %-й обеспеченности на в.п. Качановичи.**

Второй водпост, необходимый для определения отметок современных уровней для объекта «Орёл», расположен ниже по р.Припять у д. Качановичи в верхнем бьефе судоходного шлюза.

В период прохождения весеннего половодья водосброс открыт и уровни воды соответствуют естественному. На спаде половодья водосброс закрывается и в верхнем бьефе шлюза поддерживаются уровни, которые удовлетворяют условиям судоходства.

Максимальные уровни весенних половодий на в.п. Качановичи при открытом водосбросе взаимосвязаны с уровнями воды на в.п. Любанский мост (рис.3) зависимостью (при  $R^2 = 0,906$ ):

$$h_{\text{кач}} = 1,06 h_{\text{л.м.}} + 0,718, \text{ м,} \quad (1)$$

где  $h_{\text{кач}}$  – уровень на водпосту Качановичи, м;  $h_{\text{л.м.}}$  – уровень на водпосту Любанский мост, м.

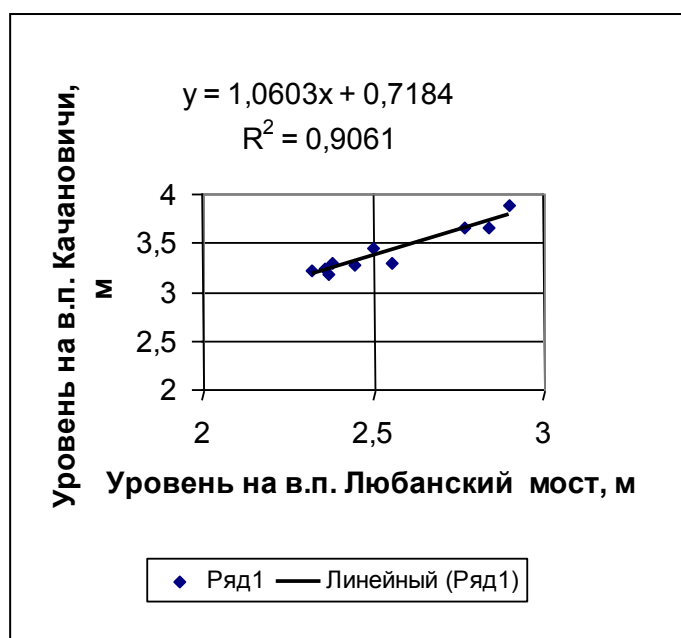


Рисунок 3 – Взаимосвязь максимальных уровней весеннего половодья на в.п. Качановичи с уровнями на в.п. Любанский мост.

Обеспеченные уровни на в.п. Качановичи от начала отсчета определяются по обеспеченным уровням на в.п. Любанский мост по уравнению (10) и их отметки составляют:  $H_{1\%} = 134,55$  м;  $H_{5\%} = 134,07$  м.

По обеспеченным отметкам максимальных уровней весеннего половодья на водпостах Качановичи и Любанский мост определены отметки уровней 1 %-й и 5 %-й обеспеченности в створе 1 (см. рис. 1), соответствующего 495 км от устья р. Припяти с использованием продольных уклонов уровней воды. Отметки уровней в створе 1 составляют:  $H_{1\%} = 135,6$  м,  $H_{5\%} = 135,13$  м.

Продольные уклоны водной поверхности при высоком уровне воды получены путем нивелировки профилей водной поверхности весенних паводков 2010 и 2011 гг. (рис. 4).

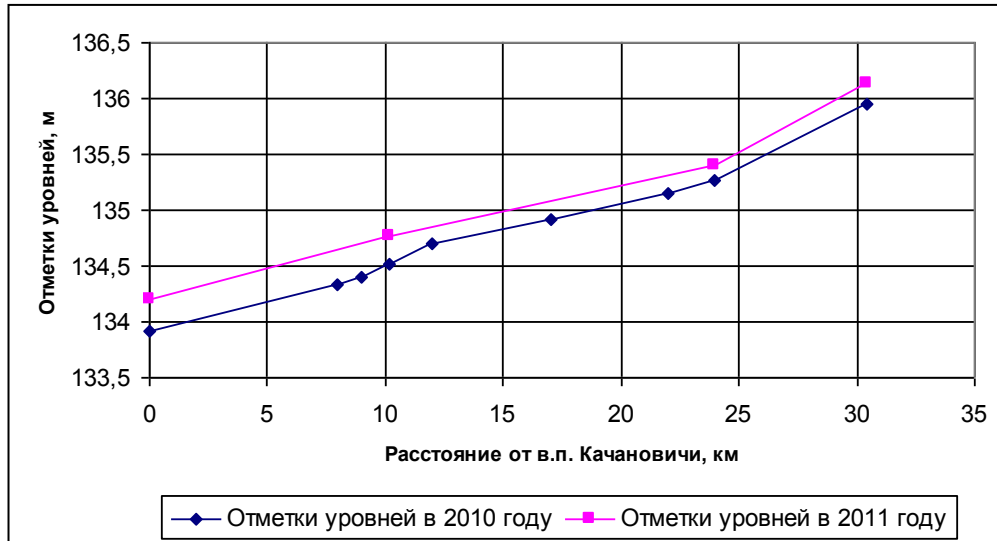


Рисунок 4 – Профили уровней р. Припять в половодье на участке от в.п. Качановичи до в.п. Любанский мост

**Уровни воды летне-осенних паводков 10 %-й обеспеченности**

К уровням воды летне-осенних паводков отнесены максимальные уровни, наблюдавшиеся в период с 1 июня по 30 ноября текущего года (I вариант) и с 1 мая по 30 ноября (II вариант).

Уровни воды летне-осенних паводков 10 %-й обеспеченности р. Припять в створах водомерных постов Любанский мост, Пинск, Качановичи рассчитаны по данным гидрометрических наблюдений за 1980–2010 гг. согласно требованиям Технического кодекса установившейся практики (ТКП) [6]. Выполнена статистическая обработка однородных рядов максимальных уровней дождевых паводков с построением аналитических кривых распределения вероятности превышения ежегодных наивысших уровней воды за многолетний период, по которым в створах водомерных постов получены уровни летне-осенних паводков 10 %-ой обеспеченности двух периодов (табл. 2).

Таблица 2 – Расчетные уровни воды, м БС

Наименование водотока	Створ	Уровни воды летне-осеннего паводка 10 %-й обеспеченности	
		Периоды VI – XI месяцы	Период V – XI месяцы
р. Припять	в.п. Качановичи	133,34	133,55
р. Припять	в.п. Пинск	134,56	135,12
р. Припять	в.п. Любанский мост	135,14	135,68

Из табл. 2 следует, что при определении горизонтов летне-осенних паводков (ЛОП) 10 %-й обеспеченности по второму периоду, значения уровней воды получены выше на 0,2–0,5 м. Поэтому этот период для ЛОП следует принимать за расчетный.

**Расходы воды расчетных обеспеченностей за период 1980–2010 гг.**

Расходы воды расчетных обеспеченностей определены согласно ТКП [6] и выполнены по данным гидрометрических наблюдений на водомерных постах р. Припять – Любанский мост, р. Пина – д. Дубой путем построения аналитических функций распределения ежегодных вероятностей превышения – кривых обеспеченностей. Для сглаживания и экстраполяции эмпирических кривых распределения ежегодных вероятностей превышения применено трехпараметрическое распределение Крицкого – Менкеля. Коэффициенты вариации  $C_v$  и асимметрии  $C_s$  для трехпараметрического гамма-распределения Крицкого-Менкеля определены методом наибольшего правдоподобия. Вычисленные расходы приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Расходы воды расчетных обеспеченностей, м³/с

Наименование водотока	Створ	Расходы воды обеспеченностью, %		
		Максимальные ВП		ЛОП
		1	5	10
р. Пина	д. Дубой	121	100	57,1
р. Припять	Любанский мост	594	385	137
р. Припять	створ 1	720	490	198
р. Припять	створ 2 – створ 5	715	485	194
р. Припять	створ 6 – створ 8	594	385	137

**Математические модели пропуска половодий для вариантов защиты земель. Теоретические основы и методика расчета**

Пропуск половодья в реках характеризуется периодами подъема и спада уровней. В эти периоды движение потока относится к неустановившемуся. В момент перехода от подъема уровней к спаду наступает установившееся движение. В это время наблюдается максимальный уровень воды в половодье.

При проектировании оградительных дамб в поймах рек необходимо определение положения максимальных уровней воды, которые возникнут после строительства дамб. В этом случае следует произвести расчет кривой свободной поверхности воды по методике установившегося неравномерного движения для естественного русла.

Расчет установившегося неравномерного движения воды для участка между двумя створами выполняется с использованием уравнения [7,8]:

$$Z_{m+1} - Z_m = Q^2 \left[ (1 + \xi) \frac{\alpha}{2g} \left( \frac{1}{\omega_m^2} - \frac{1}{\omega_{m+1}^2} \right) + \frac{h}{K^2} \right], \quad (2)$$

где  $Z_m; Z_{m+1}$  – отметки уровня воды в створе, с которого начинается расчет, и в конечном створе участка;

$\xi$  – коэффициент сопротивления;

$\alpha = 1,1$ ;

$\omega_m, \omega_{m+1}$  – площадь живого сечения потока в створах  $m$  и  $m+1$ ;

$l_n$  – длина расчетного участка по пойме;

$Q$  – расход воды;

$\bar{K}$  – средний модуль расхода;

В уравнении (2) не учитываются местные потери, т.к. принимается, что они составляют незначительную часть от потерь по длине. В общем случае естественное сечение водотока состоит из главного русла, левой поймы и правой поймы. При известной отметке уровня воды  $Z_m$  в нижнем створе « $m$ », с которого начинается расчет, назначается отметка  $Z_{m+1}$  в верхнем створе, определяются элементы живого сечения потока и по уравнению (2) проверяется равенство правой и левой частей этого уравнения. Если равенство не соблюдается, подбор отметки  $Z_{m+1}$  повторяется до его соблюдения.

#### **Модели и расчет профилей уровней воды различных вариантов обвалования**

Для расчета каждого из вариантов обвалования разрабатывали модели, включающие 7–9 створов с расстоянием 1,2–2,0 км между ними в зависимости от планового положения и параметров живого сечения потоков. Профили створов набирались по топографическим картам. Обследование состояния шероховатости по створам выполнено маршрутной съемкой. Наиболее приемлемым оказался коэффициент шероховатости  $n = 0,08–0,09$  для поймы и  $n = 0,030–0,035$  для русла реки Припяти.

Для вариантов 1–5 обвалования (рис. 1) определение уровней выполнено от нижнего створа 1 к створу 8. Отметка уровня воды в створе 1 для половодья 1 %-й обеспеченности составляет 135,6 м (п. 3). Отметка уровня воды в соседнем створе 2 ( $Z_{m+1}$ ) определялась подбором по вышеизложенной методике. При этом расход принимался в зависимости от расчетной обеспеченности и рассчитываемого участка по табл. 3. Для всех вариантов обвалования выполнены последовательно определения уровней на участках от створа 1 до створа 8.

Результаты определения кривых свободной поверхности воды вариантов обвалования при половодье 1 %-й обеспеченности приведены на рис. 5. Для половодья 5 %-й обеспеченности определение уровней выполнено по аналогичной методике, как для 1 %-й обеспеченности. При этом в нижнем створе 1 отметка уровня  $Z_m = 135,13$  м (см. п. 3), а в остальных створах отметки уровней определялись расчетом с использованием уравнения (2) для всех вариантов обвалования.



Результаты определения кривых свободной поверхности воды вариантов обвалования при 5 %-й обеспеченности приведены на рис. 6.

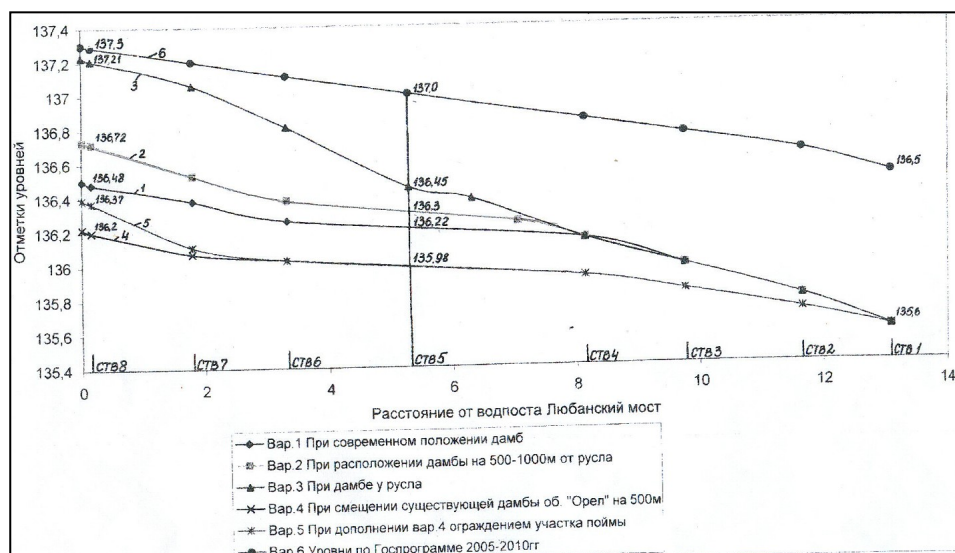


Рисунок 5 – Профили уровней воды в реке Припяти при паводке 1 %-й обеспеченности в вариантах ограждения дамбами

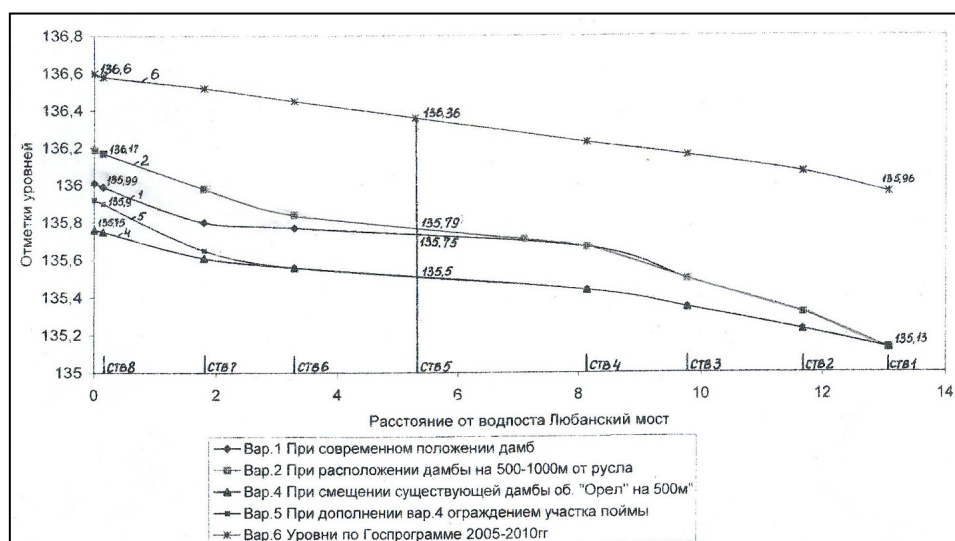


Рисунок 6 – Профили уровней воды в реке Припяти 5 %-й обеспеченности в вариантах ограждения дамбами

### **Заключение**

1. Определены отметки максимальных уровней и расходов весеннего половодья р. Припяти 1 %-й и 5 %-й обеспеченностей в современном состоянии одамбирования. Отметки уровней на водпосту Любанский мост  $H_{1\%} = 136,56$  м,  $H_{5\%} = 136,1$  м; в створе 1 (495 км от устья)  $H_{1\%} = 135,6$  м,  $H_{5\%} = 135,13$  м.

2. Исследовано влияние планового расположения вариантов дамб на формирование кривых свободной поверхности воды р. Припяти при половодьях 1 %-й и 5 %-й обеспеченности (см. рис. 5 и 6).

3. Рекомендуется за основной принять вариант 5 ограждения незатапливаемыми дамбами объекта «Орел», при котором расчетные уровни весеннего половодья (1 %-й обеспеченности) р. Припяти не окажут влияния на прибрежные сооружения в г. Пинске.

### **Литература**

1. Государственная программа «Инженерные водохозяйственные мероприятия по защите населенных пунктов и сельскохозяйственных земель от паводков наиболее паводкоопасных районах Полесья на 2011 – 2015 годы» (от 06.09.2010 года № 1230, Утв. СМ РБ).
2. Алексанкин, А.В., Будыка С.Х., Ермоленко В.В., Марков В.Е. Проблемы мелиорации и освоения земель. // Проблемы Полесья. Выпуск 1. – Минск, 1972 г. – С. 8–37.
3. Титов, И.В. Белорусское Полесье: стратегия и тактика комплексного освоения; 1966–2005. – Минск, 2006. – 432 с.
4. Шебеко, В.Ф. Гидрология речных водосборов // Проблемы Полесья Выпуск 1. – Минск, 1972 г. – С. 146–173.
5. Русецкий, А.П. Влияние мелиорации на гидрологические характеристики р. Припяти. // Мелиорация, научный журнал №2 (64). – 2010. – С. 27–35.
6. Расчетные гидрологические характеристики. Порядок определения. ТКП 45-3,04-168-2009. – Минск. – 2010. – 55 с.
7. Латышенков, А.М. Основы гидравлики. – Гидрометеиздат. – 8, 8. Ленинград. – 1971 г. – 248 с.
8. Чугаев, Р.Р. Гидравлика. – Ленинград, – 1982. – 672 с.

### **Summary**

**Rusetsky A., Truhan L., Savulchik N., Nevar N., Rakitsky A.**

#### **THE DEFINITION OF SECURED SPRING TIDE WATER LEVELS OF PRIPIAT RIVER ON THE SITE LOCATION OF THE OBJECT «EAGLE» IN DIFFERENT TYPES OF FENCING DAMS**

The article presents the change of provided water levels and discharges in Pripiat River in the current conditions prevailing after the melioration works on its water inlet. It is determined profiles of levels in Pripiat River at location of the object «Eagle» by flooding of taken provisions for different types of wetlands fencing. The results of profiles analysis allowed justifying the structure of not flooding polder instead of initially planned flooding polder.

Поступила 24 июля 2012