

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И МЕХАНИЗАЦИЯ

УДК 626.86: 624.136.2

ОСУШЕНИЕ В ПРИДАМБОВОЙ ПОЛОСЕ ПРИ БОКОВОМ ФИЛЬТРАЦИОННОМ И ИНФИЛЬТРАЦИОННОМ ПИТАНИИ

А.П. Русецкий, ведущий научный сотрудник
Институт мелиорации и луговодства НАН Беларуси

Земляные оградительные дамбы на польдерных системах устраиваются без противофильтрационных экранов, поэтому через их основание и тело происходит фильтрация воды в придамбовую зону в периоды весенних половодий и летне-осенних паводков с высоким положением уровней воды на поймах. Аналогичная фильтрация наблюдается и через плотины наливных прудов и водохранилищ осушительно-увлажнительных систем.

Всего в Беларуси для защиты земель от притока поверхностных вод построено 3980 км дамб, создано 723 пруда и водохранилища для увлажнения. В ряде случаев, в результате фильтрации воды через тело и основание дамб и плотин, в прилегающей к ним полосе образуется переувлажнение почвы. Обследование объектов «24 съезд КПСС» Пинского, «Ракитно» и «Хвоецкое» Лунинецкого районов и др. показало, что полоса земли вдоль дамб и плотин переувлажнена вследствие недостаточного осушительного действия запроектированной на этой полосе регулирующей сети. Как правило, на этих участках устраивается один ловчий канал или придамбовая дрена с равномерно расположенными осушителями, которых оказывается недостаточно для перехвата грунтового потока, поступающего со стороны незащищенной поймы.

Для предотвращения подтопления придамбовой зоны имеется ряд приближенных теоретических разработок с различными упрощениями [1-5].

Влияние наливного водохранилища на прилегающую территорию при отсутствии вблизи дамб регулирующей сети в условиях Житомирского Полесья распространялось до 350-400 м [6].

Задачей устройства осушителей на прилегающей к дамбам территории является расположение их в плане на таких расстояниях, при которых с приближением к дамбам положение уровней грунтовых вод было бы одинаковым. При определении расстояния между осушителями следует рассчитывать на боковое фильтрационное и инфильтрационное питания. Если способы определения инфильтрационного питания хорошо разработаны, то бокового фильтрационного питания – недостаточно. В целях получения экспериментальных данных по распределению бокового фильтрационного питания с удалением от дамбы, при условии сохранения постоянным положения уровней грунтовых вод, выполнены исследования с использованием моделирования процесса установив-

шейся фильтрации в однородных грунтах на интеграторе БУСЭ-70. Моделировалась фильтрация воды из затопленной поймы (ложа пруда) через основание и тело дамбы на осушенную прилегающую территорию (рис. 1).

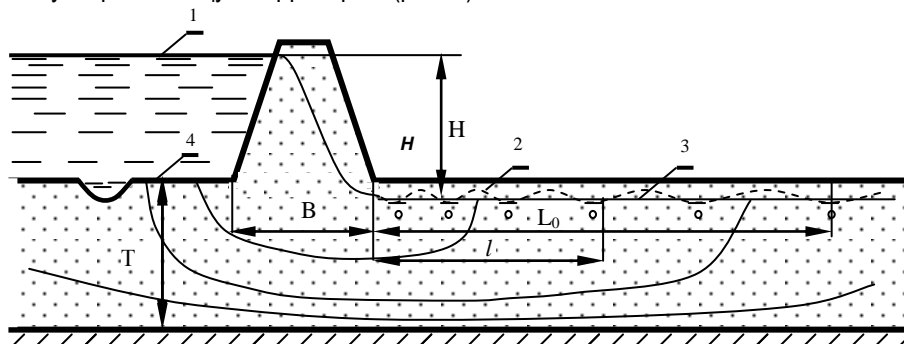


Рис. 1. Схема области боковой фильтрации.

1 – уровень воды на пойме; 2 – уровень грунтовых вод;
3 – линия, осредняющая уровень грунтовых вод; 4 – напорная линия в верхнем бьефе

Характерной особенностью рассматриваемой задачи является значительная ширина затопленной полосы перед дамбой, откуда осуществляется питание. Ее размер при моделировании принят 150 м. Рассмотрены варианты фильтрации при расположении водоупора на глубинах $T = 10, 20, 30, 40$ и 50 м при коэффициентах фильтрации грунтов тела и основания дамб $0,4, 1,0, 5,0$ и 20 м/сут. Глубина воды в верхнем бьефе принималась $2-4$ м, а уровни грунтовых вод в нижнем бьефе – на глубине $1-1,5$ м от поверхности.

На осушаемой территории регулирующая сеть должна обеспечивать одинаковое осушение, как возле дамбы, так и на удалении от нее. Поэтому в расчетной схеме уровни грунтовых вод приняты расположенными горизонтально по линии 3 (рис. 1) и в узлах электрической модели по этой линии задавался постоянный потенциал. В верхнем бьефе также принимался постоянный потенциал электрического тока по линии 4, а разность его между узлами по линиям 4 и 3 соответствовала напору H (рис.1). При таких параметрах моделей, которые отражают условия фильтрации воды с пойм и наливных прудов на прилегающую территорию, характерных для Белорусского Полесья, решались задачи определения ширины зоны подпитки придамбовой полосы и распределения модуля стока боковой подпитки в зависимости от расстояния до оградительных дамб. При этом, как отмечено выше, в задачу исследований входило определение модуля стока от боковой фильтрации, при котором будет обеспечиваться одинаковое осушение на придамбовой полосе. Исследования такой задачи при коэффициенте фильтрации $k = 1,0$ м/сут приведены в работе [7].

Зона подпитки определялась как расстояние от подошвы низового откоса дамбы до узла модели, в котором не фиксировалось течение электрического тока. Результаты определения зоны подпитки (L_0) показали, что ее параметры зависят от мощности водопроницаемого слоя до водоупора и коэффициента фильтрации грунтов (рис. 2).

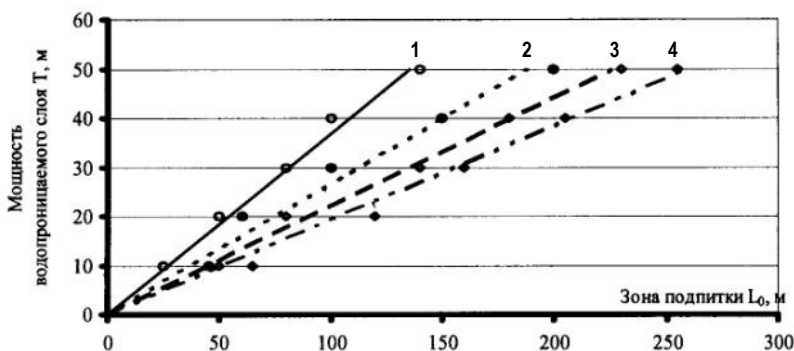


Рис. 2. Зависимость зоны подпитки от мощности водопроницаемого слоя и коэффициента фильтрации.

1-4 – коэффициент фильтрации соответственно равен 0,4; 1,0; 5,0 и 20 м/сут.

Зависимость зоны подпитки от этих факторов выражается уравнением:

$$L_0 = 3.472 \cdot T \cdot K^{0.176}, \quad (1)$$

где L_0 – ширина зоны подпитки в придамбовой полосе, м;

T – мощность водопроницаемого слоя до водоупора, м;

K – коэффициент фильтрации грунта водопроницаемого слоя, м/сут.

Экспериментальные материалы изучения распределения модуля стока по ширине зоны боковой подпитки представлены на рис. 3 в виде функции:

$$\bar{q} = f(\bar{x}), \quad (2)$$

где $\bar{q} = q / q_0$ – относительный модуль стока;

$\bar{x} = x / L_0$ – относительное расстояние до дамбы;

q – модуль стока, м³/сут·м²;

q_0 – средний модуль стока на ширине зоны боковой подпитки, м³/сут·м²;

x – расстояние до дамбы, м.

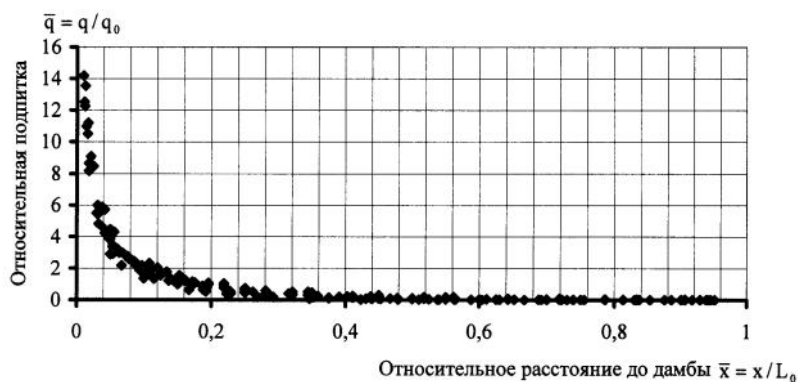


Рис. 3. Зависимость модуля стока при боковой фильтрации от относительного расстояния до ограждающей дамбы

Средний модуль стока по ширине зоны боковой подпитки вычисляется по уравнению:

$$q_0 = \frac{Q_0}{L_0}, \quad (3)$$

где Q_0 – расход фильтрации через тело и основание дамбы, приходящийся на один метр ее длины, м³/сут·м.

Для более ясного представления зависимости (2), удобства пользования и повышения точности аппроксимации графика, рис. 3 разделен на два (рис. 4 и 5).

Уравнение зависимости модуля стока от расстояния до ограждающей дамбы, показанной на рис. 4, имеет вид:

$$\bar{q} = 0.1278 \cdot \bar{x}^{-1.1059}. \quad (4)$$

Это уравнение применимо в пределах $0,01 < \bar{x} \leq 0,3$.

Зависимость, представленная на рис. 5, относится к пределам $0,3 < \bar{x} \leq 0,95$ и выражается уравнением:

$$\bar{q} = 0,0022 \cdot \bar{x}^{-4,4987}. \quad (5)$$

Приведенные на рис. 4 и 5 графики модуля стока при боковой фильтрации, с учетом которого должен рассчитываться дренаж в придамбовой зоне для обеспечения равного осушения на всей прилегающей к дамбе территории, показывают на существенную неравномерность стока. В этой связи и осушители в придамбовой зоне необходимо располагать с дифференцированием расстояний между ними с учетом требуемого перехвата и отвода стока от боковой фильтрации и инфильтрационного питания.

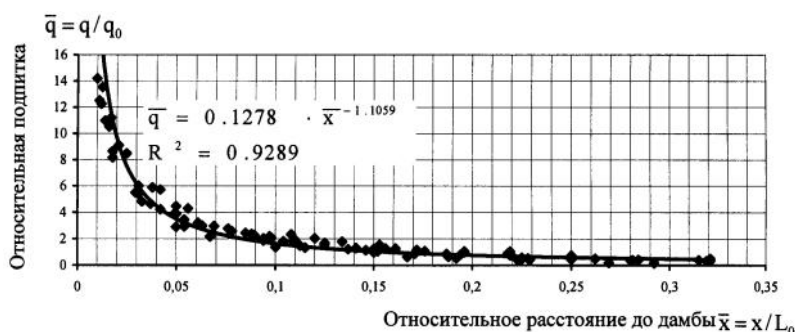


Рис. 4. Зависимость модуля стока при боковой фильтрации от относительного расстояния до ограждающей дамбы в пределах $0,01 < \bar{x} < 0,3$

В этих целях предлагается использовать известные способы и формулы для расчета дренажа [8, 9], но с добавлением в них к интенсивности инфильтрационного питания интенсивности притока от боковой фильтрации. Суммарная расчетная интенсивность питания q_c (м/сут) в таком случае будет определяться выражением:

$$q_c = q + q_i, \quad (6)$$

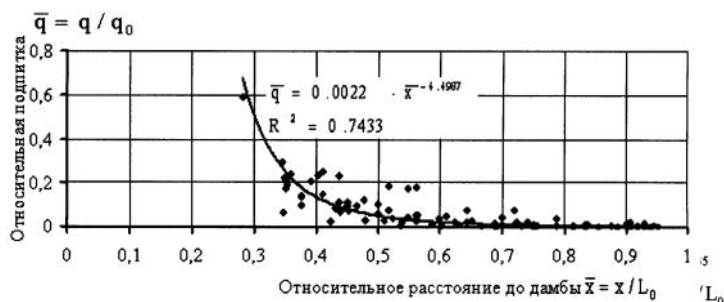


Рис. 5. Зависимость модуля стока при боковой фильтрации от относительного расстояния до ограждающей дамбы в пределах $0,3 < x < 0,95$

q – интенсивность питания от боковой фильтрации, м/сут;

q_i – интенсивность инфильтрационного питания, м/сут.

Интенсивность питания от боковой фильтрации определяется по уравнению:

$$q = \bar{q} \cdot q_0. \quad (7)$$

В связи с тем, что интенсивность питания от боковой фильтрации зависит от расстояния между осушителем и дамбой и это расстояние входит в определение q , то междуренное расстояние не может быть выражено из существующих формул в явном виде. Поэтому определение места положения каждого осушителя относительно дамбы следует выполнять последовательно способом подбора.

Методика расчета положения осушителей в придамбовой зоне состоит в выполнении следующих определений.

1. Определяется расстояние между осушителями E для условий придамбовой зоны при отсутствии бокового подпитывания по существующим рекомендациям [9].

2. Определяется ширина полосы бокового подпитывания L_0 по формуле (1).

3. Определяется расход боковой фильтрации Q_0 через тело и основание дамбы в зависимости от гидрогеологических условий, параметров и конструкции дамбы, расчетного напора по известным способам, например, изложенным в [10] и др.

4. Вычисляется средняя интенсивность бокового питания на полосе подпитывания по (3).

5. По границе полосы бокового подпитывания (на расстоянии L_0 от дамбы) располагается осушитель, на который не распространяется влияние боковой фильтрации. От этого осушителя в сторону дамбы определяется расстояние, на котором следует расположить первый осушитель в полосе подпитывания. Это расстояние (E_1) должно быть меньше полученного без учета бокового питания E , т.е. $E_1 < E$. Определение расстояния E_1 выполняется подбором.

5.1. Принимается $E_1 < E$.

5.2. Определяется расстояние от подошвы низового откоса дамбы до места положения первого осушителя:

$$x_1 = L_0 - E_1. \quad (8)$$

5.3. Определяется относительное расстояние $\bar{x}_1 = x_1 / L_0$ и по нему из рис. 4, 5 или по формулам (4), (5) определяется \bar{q} .

5.4. Вычисляется интенсивность питания q от боковой фильтрации первого осушителя по (7).

5.5. Вычисляется суммарная интенсивность питания по (6), интенсивность инфильтрационного питания q_i определяется по рекомендациям [10].

5.6. Проверяется правильность принятого в п. 5.1. расстояния E_1 . Для этого по зависимости, использованной в п. 1 для определения E , вычисляется расстояние E'_1 с учетом суммарной интенсивности питания, найденной в п. 5.5. Если окажется, что $E'_1 \neq E_1$, то принимается новое значение E_1 и расчеты повторяются до тех пор, пока не станет $E'_1 = E_1$.

6. После этого переходят к определению места расположения следующего осушителя по аналогичной методике.

Последний осушитель располагается на расстоянии от подошвы откоса дамбы, позволяющем произвести работы по его строительству, или совмещается с приоткосной дренажной, если она предусмотрена в конструкции дамбы.

Литература

1. Михальцевич А.И. Приближенный расчет установившейся фильтрации к системе ловчих каналов. // Мелиорация и использование осушенных земель. Тр. БелНИИМиВХ. Т. 18. – 1970. – С. 38-55.
2. Михальцевич А.И. Расчет дренажа в трехслойном грунте при боковом и инфильтрационном питании. // Мелиорация переувлажненных земель. Тр. БелНИИМиВХ. Т. 25. – 1977. – С. 17-29.
3. Дубовик Г.И. Защита площадей, расположенных ниже дамб водохранилищ, от подтопления фильтрационными водами. // Мелиорация и водное хозяйство. НТИ. – Мн.: Ураджай, 1990. – Вып. 11. – С. 21-24.
4. Круглов Г.Г., Сурма Н.В. Борьба с подтоплениями территорий в нижних бьефах плотин и ограждающих дамб. // Мелиорация и водное хозяйство. НТИ. Вып. 12. – 1990. – С. 27-30.
5. Круглов Г.Г. Влияние участка нависания грунтового потока на работу придамбовой несовершенной дрены. // Водное хозяйство Беларуси. – Мн.: Вышэйшая школа, 1977. – Вып. 7. – С. 125-130.
6. Зусанский Н.Б., Лазаренко А.Н. Влияние наливных водохранилищ мелиоративных систем Житомирского Полесья на прилегающую территорию. // Охрана природы при мелиорации земель. Сб. науч. тр. УкрНИИГиМ. – Киев, 1991. – С. 93-101.
7. Русецкий А.П., Козляковская С.П. Результаты исследований фильтрации через тело и основание дамб для обоснования параметров дренажа в придамбовой зоне. // Мелиорация и луговое хозяйство на пойменных землях. Сб. работ ПОПЛ БелНИИМиЛ. – Мн., 1996. – С. 35-40.

8. Мурашко А.И., Сапожников Е.Г. Фильтрационные расчеты горизонтального трубчатого дренажа. // Конструкции и расчеты осушительно-увлажнительных систем. – Сб. науч. работ БелНИИМивХ. – Мн., 1976. – Вып. 2. – С. 22-55.
9. Мелиоративные системы и сооружения. СНИП 2.06.03–85. – 1985. – 199 с.
10. Руководство по проектированию и изысканиям объектов мелиоративного и водохозяйственного строительства в Белорусской ССР (РПИ – 82). Ч. II. Осушительные и осушительно-увлажнительные системы. Кн. 2. Мелиоративные системы с механическим водоотводом. – Мн.: Белгипроводхоз, 1983. – 176 с.

Summary

Rusetskiy A. Draining the close-by-dam zone having side filtration and infiltration feeding

The outcomes of study of necessary flow disposal at a different distance from a dam for uniform draining in the close-by-dam zone of polders and filled ponds are indicated. The relations for determination of design flow rates are obtained in side filtration through a body and base of dam (weir) on different distance from those. The method of design of a location of draining arrangements in the close-by-dam zone with due account of side filtration and infiltration feeding is presented.