

ISSN 2070–4828

МЕЛИОРАЦИЯ

Научный журнал

№ 2(104)

Апрель – июнь 2023

Основан в 1951 году
Выходит 4 раза в год



Минск
2023

Журнал зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь,
свидетельство о регистрации № 411 от 25.05.2009 г.

УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА:

Республиканское научное дочернее унитарное предприятие «Институт мелиорации»

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

чл.-корр. НАН Беларуси, д-р техн. наук, проф. **А. П. Лихацевич**

РЕДКОЛЛЕГИЯ:

д-р с.-х. наук **П. Ф. Тиво** (зам. гл. редактора)
акад. РАН, д-р с.-х. наук, проф. **Н. Н. Дубенок**
д-р с.-х. наук, проф. **Ю. А. Мажайский**
д-р техн. наук, проф. **Э. И. Михневич**
д-р с.-х. наук, проф. **Н. Н. Цыбулько**
д-р с.-х. наук, проф. **В. И. Желязко**
канд. техн. наук, доцент **А. С. Анженков**
канд. с.-х. наук, доцент **А. Л. Бирюкович**
канд. техн. наук **Э. Н. Шкутов**

***Журнал «МЕЛИОРАЦИЯ» рецензируется;
включен в перечень научных изданий Республики Беларусь
для опубликования результатов диссертационных исследований.***

***Журнал включен в Перечень научных изданий ВАК Российской Федерации
для опубликования результатов диссертационных исследований
(распоряжение Министерства образования и науки Российской Федерации
от 12 февраля 2019 г. № 21-р) по следующим группам научных специальностей:
4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки),
4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика (сельскохозяйственные науки),
4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика (технические науки).***

Журнал включен в базу данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

Статьи и отдельные выдержки из журнала могут цитироваться при условии указания первоисточника.

Редакция не несет ответственности за возможные неточности по вине авторов.

Мнение редакции может не совпадать с мнением автора. Рукописи не возвращаются.

Фотоматериалы взяты из архива РУП «Институт мелиорации» и предоставлены авторами статей.

Подписные индексы: **74856 — для индивидуальных подписчиков, цена – 20,40 руб.;**

748562 — для предприятий и организаций, цена – 24,00 руб.

Подписку можно оформить во всех отделениях связи.

Редактор, корректор **Т. В. Мейкшане**

Компьютерная верстка **И. В. Скуратович**

Подписано к печати 16.06.2023 г. Формат 60 x 84 1/8.
Уч.-изд. л. 5,8. Усл. печ. л. 7,90. Заказ 228. Тираж 50 экз.

Адрес редакции: 220040, г. Минск, ул. Некрасова, 39-2;
тел. (017) 363-49-03;
e-mail: info@niimel.by, redaktor@niimel.by

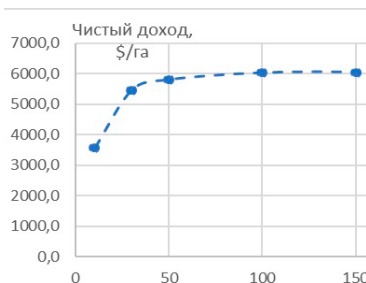
Отпечатано РУП «Информационно-вычислительный центр Министерства финансов».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 2/41 от 29.01.2014.

© РУП «Институт мелиорации», 2023

Содержание Contents

Мелиорация

Land improvement



*А. П. Лихачевич, Г. В. Латушкина, В. И. Желязко,
С. В. Набздоров, Е. А. Вчерашний, И. А. Романов*
**Эколого-экономическая оптимизация режима орошения
сельскохозяйственных культур**

5

*A. P. Likhatsevich, G. V. Latushkina, V. I. Zhelyazko,
S. V. Nabzdorov, E. A. Vcherashniy, I. A. Romanov*

**Ecological and economic optimization
of the crop irrigation regime**

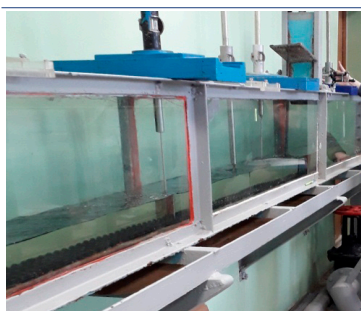


А. С. Анженков, Д. А. Емельяненко
**Фертигация в условиях сверхнизких концентраций
действующего вещества с применением шланговых
дождевальных машин**

12

A. S. Anzhenkov, D. A. Emelyanenko

**Fertigation under the conditions of super-low concentrations
of the active substance with the use of hose irrigation machines**



*А. И. Митрахович, И. М. Шаталов, И. Ч. Казьмирук,
А. П. Сергеева*

**Исследование гидравлических характеристик
дренажных геокомполитов**

17

*A. I. Mitrakhovich, I. M. Shatalov, I. Ch. Kazmiruk,
A. P. Sergeenya*

**Study of the hydraulic characteristics of drainage
geocomposites**



А. И. Ракицкий

**Влияние водной и околотоводной растительности
на уровень режим каналов осушительных систем
центральной и южной частей Беларуси**

24

A. I. Rakitsky

**Influence of aquatic and near-water vegetation
on the level regime of canals of drainage systems
in the central and southern parts of Belarus**



Т. Г. Свиридович

**Подбор травосмесей для укрепления русловой части
мелиоративных каналов**

35

T. G. Sviridovich

**Selection of grass mixtures to strengthen the channel part
of the reclamation channels**



*М. Г. Мустафаев, З. Р. Гурбанова, Э. А. Гурбанов,
Дж. Т. Мехтиева*
**Зависимость ирригационной эрозии серо-коричневых
почв от мезорельефа в Южной Мугани Азербайджана**
*M. G. Mustafae, Z. R. Gurbanova, E. A. Gurbanov,
J. T. Mehtiyev*
**Dependence of irrigational erosion of gray-brown soils
from the mesorelief in Southern Mugan Azerbaijan**

41

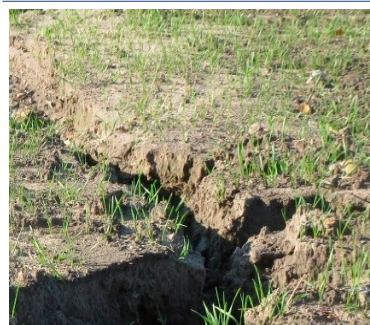


А. Г. Ибрагимов, В. Г. Вердиева
**Особенности развития эрозионных процессов
на хлопковых полях Кура-Араксинской низменности**
A. G. Ibragimov, V. G. Verdiyeva
**Features of the development of erosion processes in the
cotton fields in the Kura-Araz lowland**

47

Экология

Ecology



*Н. Н. Цыбулько, В. Б. Цырибко, А. М. Устинова,
И. И. Жукова, С. Д. Воронович*
**Влияние эродированности дерново-подзолистых почв
на урожайность сельскохозяйственных культур на скло-
нах разной экспозиции**
*M. M. Tsybulka, V. B. Tsyribko, A. M. Ustinova,
I. I. Zhukova, S. D. Voronovich*
**Influence of erosion of sod-podzolic soils on the productivity
of agricultural crops on the slopes of different exposures**

52

Наши юбиляры

Our Jubilees

Екатерина Михайловна Мишук (к 75-летию)

60

Валерий Александрович Болбышко (к 70-летию)

61

Чтобы помнили

To be remembered

Константин Яковлевич Кожанов (к 120-летию)

62

Василий Тихонович Климков (к 85-летию)

63

• МЕЛИОРАЦИЯ •

УДК 631.67

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

А. П. Лихацевич¹, доктор технических наук
Г. В. Латушкина¹, кандидат технических наук
В. И. Желязко², доктор сельскохозяйственных наук
С. В. Набздоров², кандидат сельскохозяйственных наук
Е. А. Вчерашний², старший преподаватель
И. А. Романов², ассистент

¹РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь

²Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки, Беларусь

Аннотация

Установлено, что экономически обоснованная норма полива прямо пропорциональна продуктивным влагозапасам почвы при насыщении до наименьшей влагоемкости, увеличиваясь при повышении затрат на полив и снижаясь при росте разницы между рыночной стоимостью орошаемой культуры и ее себестоимостью. Особенность задачи эколого-экономической оптимизации состоит в учете технологических и экологических ограничений режима орошения. Помимо учета дополнительного чистого дохода, получаемого от орошения, величина оптимальной поливной нормы должна быть больше технологического минимума, связанного с суммарными затратами времени на техническое обслуживание оросительной системы и холостые перебазировки оросительной техники в процессе полива, и не превышать экологически допустимый предел, исключая потери поливной воды на поверхностный и внутрипочвенный стоки. Соблюдение данных условий позволяет делать выбор между такими способами орошения культур, как капельный полив и дождевание.

Ключевые слова: режим орошения, поливная норма, затраты на полив, себестоимость растениеводческой продукции, дополнительный чистый доход.

Abstract

A. P. Likhachevich, G. V. Latushkina, V. I. Zhelyazko, S. V. Nabzdorov, E. A. Vcherashniy, I. A. Romanov

ECOLOGICAL AND ECONOMIC OPTIMIZATION OF THE CROP IRRIGATION REGIME

It is established that economically justified irrigation rate is directly proportional to productive soil moisture content at saturation to the lowest moisture capacity, and it rises with the increase of irrigation costs and decreases at the increase of difference between market value of irrigated crop and its cost. Specific feature of the ecological-economic optimization task is to take into account technological and ecological limitations of irrigation regime. Besides additional net income received from irrigation, the value of optimal irrigation rate should be higher than the technological minimum connected with the total time spent on the maintenance of irrigation system and on idle relocation of irrigation equipment in the process of watering and should not exceed the environmentally acceptable limit, excluding irrigation water losses due to surface and subsurface runoff. Compliance with these conditions allows to make a choice between drip irrigation or sprinkling as the methods of crop irrigation.

Keywords: irrigation mode, irrigation rate, irrigation costs, cost of crop production, additional net income.

Введение

Принято считать, что границы, в которых следует поддерживать почвенные влагозапасы с помощью орошения в течение вегетационного периода, зависят только от водо-

удерживающей способности корнеобитаемого слоя почвы и не требуют особого экономического обоснования [1–2]. С этих позиций была разработана достаточно простая модель

оптимизации, позволившая установить величину нормы полива, при которой расходуется минимум ресурсов на полив [1].

Вместе с тем, как показали результаты анализа полученного решения, предложенный вариант оптимизации режима поливов никак не увязан с экономикой возделывания орошаемой сельскохозяйственной культуры, а ориентирован только на экономию эксплуатационных затрат на полив. Поэтому следующим этапом оптимизации стали исследования, позволившие получить теоретическую зависимость величины поливной нормы от комплекса показателей, включая себестоимость

Основная часть

Идея совершенствования методики эколого-экономической оптимизации режима орошения ориентирована на максимизацию дополнительного чистого дохода, полученного от орошения. Ясно, что при орошении разных культур дополнительный чистый доход будет различным. Задача состоит в том, чтобы установить тот режим орошения, при котором этот доход для конкретной культуры будет максимальным.

Стандартная методика расчета дополнительного чистого дохода основана на определении разности между стоимостью дополнительной продукции растениеводства от орошения и ее себестоимостью [5]. Стоимость дополнительной продукции растениеводства, получаемой благодаря орошению, принято определять на основе среднегодовых прибавок урожая от орошения. При этом денежная оценка тех видов дополнительной продукции орошаемого земледелия, на которые установлены государственные закупочные цены и которые в значительной части используются для продажи государству или на рынке непосредственно в своей натуральной форме (зерно, картофель, овощи и т. п.), выполняется по государственным закупочным ценам (при определении плановой либо проектной себестоимости) и по фактическим среднереализационным ценам (при определении фактической экономической эффективности). Те виды дополнительной продукции растениеводства, которые используются либо полностью, либо преобладающей частью на корм животным (сено, сенаж, силос, кормовые корнеплоды и

возделывания орошаемой культуры [3, 4]. Однако напрямую, без сбора дополнительной информации, полученную формулу нельзя использовать в практике орошения: она требует дальнейшего совершенствования с целью максимального упрощения.

Главная цель доработки состоит в согласовании перечня исходных экономических данных, входящих в расчетную формулу, с информацией любого хозяйства, содержащейся в стандартной бухгалтерской отчетности. Это позволит учесть экономические показатели производства орошаемой растениеводческой продукции при оптимизации поливной нормы.

т. п.), оцениваются по расчетным ценам, определяемым исходя из оплаты кормов доходами, получаемыми от реализации продукции животноводства [5].

Результатом теоретического анализа взаимосвязи всех показателей, определяющих экономику орошения, стала формула [3]:

$$m_{oj} = \frac{b(W_{HBj} - W_{B3j})^2}{2a^2 \eta (c_j - r_j) Y_{mj}} \left(c_w + \frac{c_{\Pi}}{Q} \right), \quad (1)$$

где m_{oj} – экономически обоснованная норма полива, соответствующая максимальному дополнительному чистому доходу, который может быть получен от орошения конкретной культуры, м³/га полив;

b – эмпирический коэффициент, учитывающий водоудерживающую способность почвы и имеющий размерность «полив» (для овощных культур, возделываемых на песчаных почвах, равен 3,2; на супесчаных почвах – 2,5; на суглинистых почвах – 2,3);

W_{HBj} – оптимальные влагозапасы, соответствующие наименьшей влагоемкости почвы, на которой возделывается j -я сельскохозяйственная культура, м³/га;

W_{B3j} – влагозапасы завядания, характеризующие отсутствие притока влаги к корням растений из-за низкой влагопроводности почвы, на которой возделывается j -я сельскохозяйственная культура, м³/га;

$(W_{HBj} - W_{B3j})$ – оптимальные продуктивные влагозапасы почвы;

a – коэффициент, зависящий от режима и технологии орошения и имеющий размер-

ность «полив». При дождевании по общепринятой технологии коэффициент $\alpha = 1,0$;

η – коэффициент полезного действия оросительной системы, учитывающий потери поливной воды при проведении поливов. При поливе дождеванием потери воды в зависимости от условий проведения полива составляют 0,94–0,85 %;

c_j – цена реализации j -й сельскохозяйственной культуры, руб./т;

r_j – осредненные затраты на уборку, доработку, транспортировку, хранение и реализацию прибавки урожая j -й сельскохозяйственной культуры, руб./т;

Y_{mj} – максимальная урожайность j -й сельскохозяйственной культуры, которую можно получить при оптимальных влагозапасах почвы, т/га;

c_W – стоимость воды, забираемой из водоемистика для проведения орошения при платном водопользовании, руб./м³ (в Беларуси в настоящее время плата за воду в хозяйствах отсутствует, и $c_W = 0$);

c_{Π} – суммарные затраты за 1 час работы всей оросительной системы (электроэнергия, топливно-смазочные материалы, обслуживание механизмов, заработная плата обслуживающего персонала, техническое обслуживание системы, ремонты, накладные расходы и плановые накопления), руб./ч;

Q – расход воды, подаваемый насосной станцией в напорный трубопровод, м³/ч.

В формулу (1) входят пять показателей, которые присутствуют в справочных пособиях и бухгалтерской отчетности хозяйства, проводящего орошение сельскохозяйственных культур [5–7]:

1) водно-физические свойства в корнеобитаемом слое почвы, увлажняемом при поливе (наименьшая влагоемкость и влагозапасы завядания), которые определяют по стандартным методикам или справочной литературе;

2) цены реализации каждой культуры, выращиваемой на орошаемом поле (руб./т);

3) затраты на уборку, транспортировку, хранение, доработку и реализацию каждой орошаемой сельскохозяйственной культуры, которые вычисляют на основе нормативных материалов, содержащихся в типовых технологических картах или на основе соответству-

ющих средних затрат, фактически складывающихся в хозяйстве (руб./т);

4) прогнозный максимальный урожай каждой орошаемой сельскохозяйственной культуры, который может быть получен при оптимальном водном режиме с учетом всех факторов сельхозпроизводства (потенциал семенного материала, дозы удобрений, техника и технология возделывания, плодородия почвы и т. д.), т/га;

5) коэффициент полезного действия (КПД) оросительной системы (по проекту или справочной литературе).

Вместе с тем определение трех показателей, завершающих формулу (1), может вызвать затруднение. Например, стоимость воды, забираемой из водоемистика для проведения орошения, может либо отсутствовать, либо устанавливаться государственными органами охраны природных ресурсов и экологии. Кроме того, неясно, как вычислять суммарные затраты средств за 1 час работы всей оросительной системы (электроэнергию, топливно-смазочные материалы, заработную плату обслуживающему персоналу, включая насосную станцию и оросительную технику, затраты на ремонты, техническое обслуживание оросительной системы во время полива, причем со всеми налогами). Также сложно определить среднегодовую норму орошения сельскохозяйственной культуры для хозяйства, которое только начинает практиковать орошение.

Очевидно, что необходимо приблизить результат теоретических исследований (1) к практике сельскохозяйственного производства. С этой целью используем известные зависимости:

$$\frac{c_{\Pi} T}{F} = Z, \quad (2)$$

$$\frac{QT}{F} = M_{\text{БР}}. \quad (3)$$

где T – продолжительность работы насосной станции, подающей воду для орошения в течение сезона, ч;

F – орошаемая площадь, га;

Z – суммарные затраты средств на работу всей оросительной системы в течение сезона, руб./га;

$M_{\text{БР}}$ – норма орошения, брутто, м³/га.

С учетом (2) и (3) отношение суммарных затрат за 1 час работы всей оросительной системы к расходу воды, подаваемой насосной станцией в напорный трубопровод, трансформируется в соотношение

$$\frac{c_{\Pi}}{Q} = \frac{c_{\Pi}TF}{QTF} = \frac{Z}{M_{\text{БР}}}. \quad (4)$$

В бухгалтерской отчетности хозяйства затраты на орошение по культурам обычно не разделяются, а учитываются общие затраты, как в формуле (4).

Согласно (4), оптимальная норма полива (1) конкретной культуры в хозяйстве будет зависеть от общих затрат на орошение:

$$m_{oj} = \frac{b(W_{\text{HBj}} - W_{\text{B3j}})^2}{2a^2 \eta (c_j - r_j) Y_{mj}} \left(c_w + \frac{Z}{M_{\text{БР}}} \right). \quad (5)$$

В первом приближении можно считать, что в течение многолетия в конкретном хозяйстве отношение общих затрат на полив к оросительной норме брутто будет примерно одинаковым, то есть:

$$\frac{Z}{M_{\text{БР}}} \approx \text{const}. \quad (6)$$

Следовательно, справедливо приближенное равенство:

$$c_w + \frac{Z}{M_{\text{БР}}} \approx \text{const}. \quad (7)$$

Формулы (5)–(7) позволяют существенно упростить методику определения оптимальной поливной нормы в конкретном хозяйстве в двух случаях.

В первом случае, когда выполняется орошение одного поля, на котором поочередно, согласно севообороту, в разные годы возделываются различные культуры, в соответствии с (5) и (7) оптимальные нормы полива для двух культур, возделываемых на данном поле в предыдущем году (m_{01}) и в текущем году (m_{02}), будут соотноситься как

$$\frac{m_{02}}{m_{01}} = \frac{(c_1 - r_1) Y_{m1}}{(c_2 - r_2) Y_{m2}}, \quad (8)$$

где c_1 и c_2 – цена реализации соответственно 1-й и 2-й сельскохозяйственных культур, руб./т;

r_1 и r_2 – осредненные затраты на уборку, доработку, транспортировку, хранение и ре-

ализацию прибавки урожая 1-й и 2-й сельскохозяйственных культур, руб./т;

Y_{m1} и Y_{m2} – максимальные урожайности 1-й и 2-й сельскохозяйственных культур, которые можно получить при оптимальном водном режиме почвы, т/га.

Из формулы (8) следует:

$$m_{02} = m_{01} \frac{(c_1 - r_1) Y_{m1}}{(c_2 - r_2) Y_{m2}}. \quad (9)$$

Во втором случае, когда выполняется орошение одной сельскохозяйственной культуры, которая в разные годы располагается на разных полях,

$$\frac{m_{02}}{m_{01}} = \frac{(W_{\text{HB2}} - W_{\text{B32}})^2}{(W_{\text{HB1}} - W_{\text{B31}})^2}, \quad (10)$$

где W_{HB1} и W_{HB2} – оптимальные влагозапасы, соответствующие наименьшей влагоемкости 1-й и 2-й почв, на которых поочередно возделывается сельскохозяйственная культура, м³/га;

W_{B31} и W_{B32} – влагозапасы завядания почв (1-й и 2-й), на которых возделывается сельскохозяйственная культура, м³/га.

Из (10) получим

$$m_{02} = m_{01} \frac{(W_{\text{HB2}} - W_{\text{B32}})^2}{(W_{\text{HB1}} - W_{\text{B31}})^2}. \quad (11)$$

Таким образом, зная величину оптимальной поливной нормы для одной сельскохозяйственной культуры, можно без привлечения обширной дополнительной информации определять величину оптимальной поливной нормы для другой сельскохозяйственной культуры.

Особенность решения задачи эколого-экономической оптимизации режима орошения состоит в учете технологических и экологических ограничений. Поэтому, помимо требования максимизации дополнительного чистого дохода, получаемого от орошения, величина поливной нормы должна удовлетворять еще двум условиям [7]:

1) быть больше технологического минимума, связанного с суммарными затратами времени в процессе полива на техническое обслуживание оросительной системы и на холостые перебазировки оросительной техники,

если таковые необходимы по технологии орошения;

2) не превышать экологически допустимый предел, исключать потери поливной воды на поверхностный и внутрипочвенный стоки.

Указанные пределы можно выразить в виде ограничения

$$m_{\min} < m_o \leq m_3, \quad (12)$$

где $m_{\min}$ – заданный в инструкции по обслуживанию оросительной техники технологический минимум, зависящий от суммарных затрат времени на техническое обслуживание оросительной системы и холостые перебазировки оросительной техники в процессе полива, если таковые необходимы по технологии орошения, м³/га;

m_3 – экологически обоснованный верхний предел величины поливной нормы, м³/га.

При проектировании оросительной системы необходимо проверять, соответствует ли полученная экономически оптимальная норма полива (1, 5, 9, 11) указанным ограничениям (12) или находится за их рамками. Если величина экономически обоснованной поливной нормы меньше технологического минимума, то можно констатировать, что данная

оросительная техника не может обеспечить экономически оптимальный полив. Если же полученное значение экономически обоснованной поливной нормы выходит за рамки, соответствующие экологической безопасности полива, то при поливе необходимо ориентироваться на установленный предел экологических ограничений.

Зависимость чистого дохода от поливной нормы, стоимости реализации прибавки урожая и затрат на проведение орошения показана в таблице на примере капусты, возделываемой на хорошо окультуренной супесчаной почве и орошаемой барабанно-шланговой дождевальнаяй машиной ПДМ-2500 (производство Гомельского радиозавода).

Расчет выполнен для среднемноголетнего года с дефицитом водопотребления 1150 м³/га на основе производственных данных, полученных В. А. Попковым [8]. При этом использована известная зависимость нормы орошения от дефицита водопотребления [9]:

$$M = D + \frac{m}{2}, \quad (13)$$

где M – норма орошения (нетто), м³/га; D – дефицит водопотребления, м³/га; m – поливная норма, м³/га.

Таблица. Расчет чистого дохода, получаемого при разных режимах орошения капусты

Норма полива, м ³ /га	Норма орошения, м ³ /га	Кратность поливов	Урожай, т/га	Прибавка урожая, т/га	Стоимость прибавки, \$/га	Эксплуат. затраты на полив, \$/га	Чистый доход, \$/га	Снижение чистого дохода, \$/га
350	1325	3,8	73,5	23,5	4865	119,6	4744,9	1298,1
300	1300	4,3	76,0	26,0	5382	133,3	5248,7	794,3
250	1275	5,1	78,0	28,0	5796	152,5	5643,5	399,4
200	1250	6,3	79,4	29,4	6086	181,3	5904,6	138,4
150	1225	8,2	80,3	30,3	6272	229,2	6042,9	0,0
100	1200	12,0	80,7	30,7	6355	325,0	6029,9	13,0
50	1175	23,5	81,0	31,0	6417	612,5	5804,5	238,4
30	1165	38,8	81,2	31,2	6458	995,8	5462,6	580,4
10	1155	115,5	81,3	31,3	6479	2912,5	3566,6	2476,3

На рис. 1 приведена зависимость от нормы полива чистого дохода, получаемого от орошения капусты. Как видим, максимальный чистый доход около 6 тыс. \$/га может быть получен при норме полива 150 м³/га.

При увеличении и уменьшении величины поливной нормы от 150 м³/га чистый доход от орошения снижается, что наглядно демонстрирует рис. 2.

При проведении орошения сельскохозяйственных культур с высокой прибавочной стоимостью норма полива может быть меньше минимальной технологической нормы в ограничении (12). В этом случае наиболее технологически целесообразным может оказаться капельный полив.

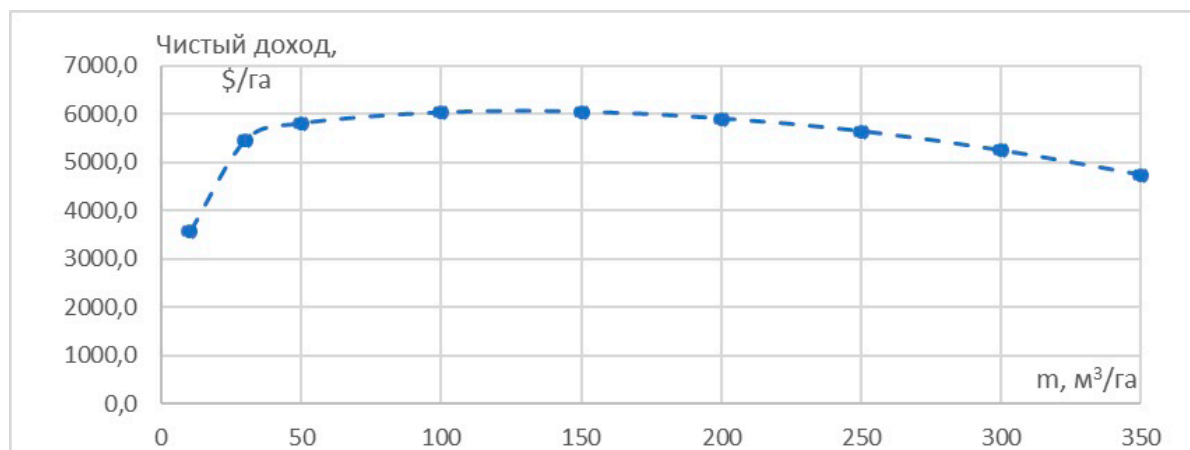


Рис. 1. Зависимость чистого дохода, получаемого при орошении капусты, от нормы полива

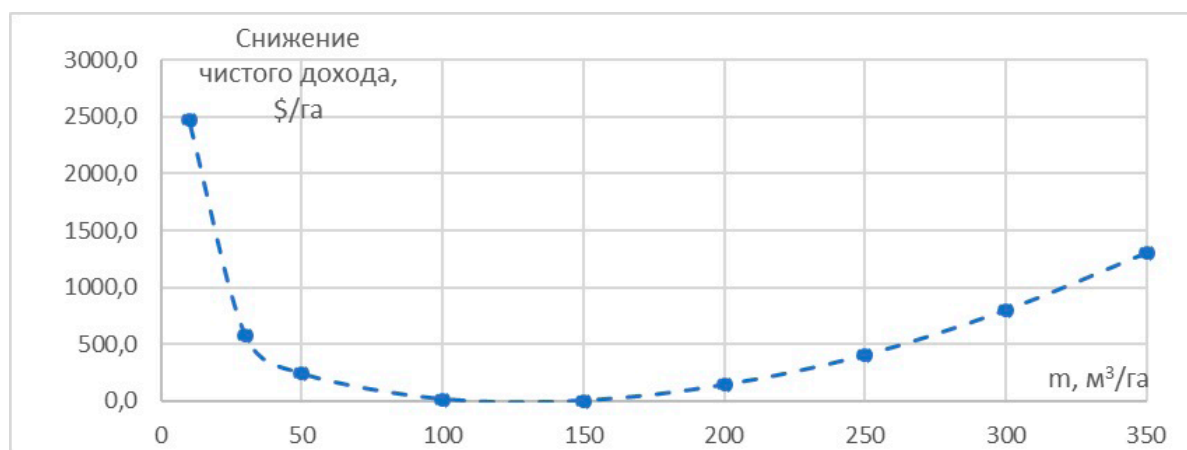


Рис. 2. Влияние величины поливной нормы на снижение чистой прибыли от орошения капусты

Заключение

Особенность задачи эколого-экономической оптимизации режима орошения состоит в учете технологических и экологических ограничений. Помимо учета дополнительного чистого дохода, получаемого от орошения, величина поливной нормы должна быть больше технологического минимума, связанного с суммарными затратами времени на техническое обслуживание оросительной системы и холостые перебазировки оросительной техники в процессе полива, и не превышать экологически допустимый предел, исключая потери поливной воды на поверхностный и внутрипочвенный стоки.

Анализ составляющих дополнительного чистого дохода, полученного от орошения, показал, что экономически обоснованная норма полива прямо пропорциональна продуктивным влагозапасам почвы, увеличиваясь при повышении затрат на полив и снижаясь при росте стоимости продукции орошаемой культуры, полученной при оптимальном водном режиме, за вычетом затрат на уборку, доработку, транспортировку, хранение и реализацию выращенной продукции.

Библиографический список

1. Лихацевич, А. П. Дождевание сельскохозяйственных культур: основы режима при неустойчивой естественной влагообеспеченности / А. П. Лихацевич. – Минск : Белорус. наука, 2005. – 278 с.
2. Оросительные системы. Правила проектирования : ТКП 45.3.04–178–2009 (02250). – Введ. 29.12. 2009 г. – Минск : М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2010. – 72 с.
3. Лихацевич, А. П. Оптимизация режима орошения сельскохозяйственных культур / А. П. Лихацевич // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2014. – № 4. – С. 46–51.
4. Методические рекомендации по определению оптимальных поливных и оросительных норм для сельскохозяйственных культур / А. С. Анженков [и др.]; РУП «Институт мелиорации. – Минск : ИВЦ Минфина, 2022. – 24 с.
5. Методические указания по определению экономической эффективности капитальных вложений в орошение земель в Нечерноземной зоне / Г. М. Лыч, Р. А. Мышко, А. Е. Жуков. – Минск : БелНИИМивХ, 1974. – 57 с.
6. Методические указания по определению водно-физических свойств почвогрунтов мелиорируемых земель / Г. И. Афанасик, К. П. Лундин. – Минск : БелНИИМивХ, 1973. – 82 с.
7. Механизация полива : справочник / Б. Г. Штепа [и др.]. – Москва : Агропромиздат, 1990. – С. 31–37.
8. Попков, В. А. Овощеводство Беларуси / В. А. Попков. – Минск : Наша идея, 2011. – 1088 с.
9. Лихацевич, А. П. Оросительная норма и ее соответствие дефициту водопотребления / А. П. Лихацевич // Мелиорация переувлажненных земель : сб. науч. работ / БелНИИМивХ ; рекол.: В. Ф. Карловский [и др.]. – Минск, 1988. – Т. 36. – С. 65–69.

Поступила 8 июня 2023 г.

ФЕРТИГАЦИЯ В УСЛОВИЯХ СВЕРХНИЗКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ШЛАНГОВЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН

А. С. Анженков¹, кандидат технических наук

Д. А. Емельяненко², аспирант

¹РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь

²Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки, , Беларусь

Аннотация

Проанализированы характеристики шланговых дождевальных машин и гидроподкормщиков. Предложена зависимость для расчета расхода подачи дозирующего устройства с целью фертигации. Приведен пример расчета подачи микроудобрений для шланговых дождевальных машин при удельной дозе 1 л/га вносимого препарата. На основании расчета подобран вариант гидроподкормщика. Проанализирована техническая эффективность стандартного решения гидроподкормки, и предложен способ ее реализации с большей технологичностью.

Ключевые слова: орошение, фертигация, гидроподкормщик, параметры подачи, выбор гидроподкормщика.

Abstract

A. S. Anzhenkov, D. A. Emelyanenko

FERTIGATION UNDER THE CONDITIONS OF SUPER-LOW CONCENTRATIONS OF THE ACTIVE SUB- STANCE WITH THE USE OF HOSE IRRIGATION MA- CHINES

The characteristics of hose sprinkling machines and hydraulic feeders are analyzed. A dependence is proposed for calculating the flow rate of the dosing device for the purpose of fertigation. An example is given of calculating the supply of microfertilizers for hose sprinkling machines at a specific dose of 1 l/ha of the applied preparation. Based on the calculation, a variant of the hydraulic feeder was selected. The technical efficiency of a standard hydro-feeding solution is analyzed and a method for its implementation with greater manufacturability is proposed.

Keywords: irrigation, fertigation, hydrofeeder, feed parameters, choice of hydrofeeder.

Введение

Динамика погодных явлений (прежде всего, участвовавшие бездождевые периоды, сопровождающиеся температурами, превышающими климатическую норму) повышает актуальность регулирования водного режима в сторону увлажнения, в том числе орошения. Возникновение и расширение четвертой агроклиматической зоны на юге Беларуси указывают на объективную необходимость как орошения при производстве овощных культур, ягод и фруктов в этом регионе, так и проработки вопросов орошения кукурузы, зерновых, луговых культур с учетом перспектив дальнейшего смещения зон на север и возникновения пятой агроклиматической зоны.

Эффективным способом орошения является дождевание, которое увеличивает влаж-

ность не только корнеобитаемого слоя, но и приземного слоя воздуха, понижает их температуру, потери на испарение с поверхности почвы. При дождевании с растений смывается пыль, что усиливает ассимиляцию углерода, развитие и накопление органического вещества. Дождевание дает возможность проведения фертигации [1] – внесения жидких либо растворимых удобрений, микроэлементов, регуляторов роста, средств защиты растений вместе с поливной водой.

Рынок дождевальной техники Беларуси собственного производства представлен достаточно широкой номенклатурой [2], включая мобильные шланговые машины для орошения относительно небольших участков, например: УД-2500, ПДМ-2500, ПДМ-3000 с

сезонной нагрузкой 25–40 га. Также производятся широкозахватные дождевальные машины кругового действия: МДК-5 – МДК-9 с сезонной нагрузкой 40–90 га. Для внесения удобрений и средств химизации вместе с поливной водой производится оборудование для гидроподкормки к дождевальным установкам ОГД-50. На рынке также присутствует достаточно широкий спектр дождевальной техники иностранного производства.

Как при поверхностных способах полива, так и при дождевании техника внесения жидких удобрений существенно снижает их непродуктивные потери за счет повышения усвояемости растениями и количество проходов техники, увеличивает общее плодородие земель и в целом способствует применению интенсивной технологии возделывания сельскохозяйственных культур.

Современные высокоэффективные средства химизации отличаются мизерными доза-

ми внесения препаратов на гектар сельхозугодий. Хелатные микроудобрения вносятся в объеме 0,66–2,0 л/га [3], наименьшие показатели заявлены для микроудобрений Наноплант – 0,1 л/га [4], в то время как гидроподкормщики ориентированы на подачу от 0,2 л/ч и более.

Обычно процесс орошения дождеванием длится от 1 до нескольких десятков часов, и применяемый препарат должен быть равномерно распределен по всей увлажняемой территории, то есть продолжительность внесения должна соответствовать продолжительности орошения.

Таким образом, очевидна необходимость расчета характеристик гидроподкормщиков с учетом современных разработок в сфере микроудобрений, стимуляторов роста и защиты растений для формирования потребных характеристик дозирующих устройств.

Основная часть

На территории Республики Беларусь наибольшее распространение получило дождевание шланговыми дождевальными машинами (далее – ДМ) барабанного типа белорусского и зарубежного производства. Данные ДМ предназначены для орошения овощных и кормовых культур, однолетних и многолетних трав, питомников и ягодных культур.

Орошение шланговыми дождевальными машинами барабанного типа выполняется полосами. За один проход тележка поливает участок поля, равный по длине метражу полиэтиленового шланга (ПЭ-трубы), по ширине – рабочему захвату дальнеструйного аппарата (дождевателя) или ширине консоли, если машина укомплектована консольной тележкой дождевателем [5].

Дождевание можно проводить широким диапазоном поливных норм, начиная с самых малых – 30 м³/га. Это позволяет поддерживать оптимальную для растений влажность почвы на землях со сложным рельефом, на участках с маломощными почвами, расположенными на сильно водопроницаемых породах, – более 600 м³/га. Технические характеристики актуальных шланговых мобильных дождевальных машин представлены в табл. 1.

Движение мобильных шланговых дождевальных машин барабанного типа, независимо от производителя, осуществляется при помощи регулировки штифтов на гидротурбине; включение втягивания полиэтиленовой трубы – при помощи коробки передач. Заводом-изготовителем на машину наклеиваются таблички, где указаны расходы м³/ч, скорость сматывания шланга на барабан м/ч и положение регулирующих штифтов.

Для проведения фертигации совместно с мобильными шланговыми дождевальными машинами необходимо применять специальное оборудование: гидроподкормщики, предназначенные для введения в поливную воду растворов удобрений и препаратов, подразделяющиеся по способу приготовления раствора и подачи его в поток [6–8]:

- гидроподкормщики с прямым использованием энергии водяной струи для получения раствора удобрений и введения его в поток поливной воды за счет использования скоростного напора и перепада давления, создаваемых специальными устройствами;
- гидроподкормщики с отдельным приготовлением растворов высокой концентрации и последующей подачей в напорную или всасывающую линии насосной станции.

Таблица 1. Технические характеристики шланговых дождевальных машин

Показатели	УД-2500	ПДМ-2500	ПДМ-3000	Агромаш <i>Monsun</i>	<i>Bauer Rainstar</i>	<i>Irriland Raptor</i>
Страна-производитель	Беларусь	Беларусь	Беларусь	Россия – Германия	Австрия	Италия
Расход, м³/ч	до 60	до 60	до 85	до 120	до 69	до 41
Диаметр шланга, мм	110	110	110	120–125	90	110
Рабочее давление, атм	до 12	до 12	до 12	до 8	до 11	до 9
Ширина захвата, м	до 90	до 90	до 90	до 120	до 86	до 90
Длина захвата, м	350–400	350	700	500–640	350	350
Максимальная площадь полива с одной позиции, га	3,15–3,6	2,8	6,3	6,0–7,8	3,0	3,15

Таблица 2. Технические характеристики различных типов дозаторов

Показатели		Оборудование для гидро-подкормки ОГД-50	Инжектор 1 " 1–2	Дозирующий насос <i>Seko Invikta KCS 630</i>	Дозирующее устройство <i>Dosatron D 20 S VF</i>
Производительность, л/ч	min	100	49	0,0	1 000
	max	1 000	680	0,6	20 000
Рабочее давление, bar	min	0,3	0,7	0,0	0,12
	max	10,0	8,0	7,0	10,0
Пропускная способность, м³/ч	min	4,0	4,3	–	–
	max	50	12,7	–	–
Диапазон дозирования, %	min	0,2	–	–	0,2
	max	2,0	–	–	2,0

Производители комплексных удобрительных препаратов («Кристалон», «Нутривант», отечественные «Микростим», «Наноплант» и др.) предлагают широкий спектр их использования для различных культур. Фертигация с применением микроудобрений и биопрепаратов обычно проводится в следующей последовательности: в емкость для маточного раствора заливают микроудобрения, на дозирующем устройстве устанавливают заданную концентрацию. Затем проводится удобрительный полив с заданной концентрацией и поливной нормой. При удобрительных поливах нормой 300 м³/га концентрация препаратов в поливной воде не должна превышать 0,01–0,1 %, или 0,1–1,0 г/л, а при норме полива 600–900 м³/га – 0,2–0,3 %, или 2–3 г/л.

Концентрация удобрительных растворов контролируется по электропроводности с при-

менением приборов pH-метра или солемера. Концентрация удобрений в поливной воде не должна превышать 0,2–0,3 % в сухой и жаркий период; при прохладной или дождливой погоде концентрацию повышают до 0,5 % [9].

В современной мировой практике наиболее популярно оборудование для гидроподкормки, функционирующее на принципе эжекции (инжектор *Venturi*), дозирующие насосы (*Seko Invikta* и др.), дозирующее устройство (*Dosatron* и др.). В табл. 2 представлены характеристики данных устройств.

Потребную подачу дозирующего устройства гидроподкормщика определим по зависимости:

$$q_d = d_n / t_n, \text{ л/мин}, \quad (1)$$

где d_n – доза вносимого за полив препарата, л;

t_n – время полива, мин;

Для удобства расчетов размерности в формулах представлены в величинах, приводимых в документации к дождевальной технике и гидроподкормщикам.

Доза вносимого за полив препарата определяется как произведение площади полива (S_n , га) на удельную дозу на один гектар, устанавливаемую производителем препарата: (d_1 , л/га): $d_n = S_n \cdot d_1$.

Время одного полива для шланговой дождевальной машины можно определить по выведенной нами зависимости:

$$t_n = 0,06 \cdot L_n \cdot B_n \cdot m_i / Q_{dm}, \text{ мин}, \quad (2)$$

где L_n – длина захвата дождевальной машиной (длина шланга), м;

B_n – ширина захвата дождевальной машины, м;

m_i – норма полива, мм;

Q_{dm} – расход дождевальной машины, м³/ч.

Обобщенная расчетная зависимость примет вид:

$$q_d = 1,67 \cdot Q_{dm} \cdot d_1 / m_i, \text{ мл/мин}. \quad (3)$$

Для примера проведем расчет внесения микроудобрений с удельной дозой 1 л/га при орошении участка дождевальной машиной ПДМ-2500 с максимально возможным расходом 60 м³/ч (табл. 1) и нормой полива 25 мм. В результате получим:

$$q_d = 1,67 \cdot 60 \cdot 1 / 25 = 4,01 \text{ мл/мин (0,24 л/ч.)}.$$

Результаты расчета для других дождевальных машин при аналогичных условиях фертигации приведены в табл. 3.

Если сравнить результаты расчета с техническими характеристиками гидроподкормщиков (табл. 2), то по параметрам подходит только дозирующий насос мембранного типа *Seko Invikta KCS 630*. Однако, несмотря на то что эта модель имеет максимальное допустимое давление в своей серии (7 бар), этого недостаточно для работы с допустимым давлением дождевальной машины (12 атм). Кроме того, для работы дозирующего насоса необходим подвод электричества, что технически затруднительно для шланговых дождевальных машин. Поэтому рационально рассмотреть варианты фертигации с использованием конструкций, не требующих электропитания и не зависящих от давления воды в трубопроводе.

В качестве варианта исполнения гидроподкормщика, оперирующего сверхмалыми дозами внесения препаратов, можно рассмотреть инжекторный ввод (поскольку он почти не зависит от давления воды в трубопроводе), а дозирование проводить капельным путем, так как обычные размеры капель 0,03–0,05 мл позволяют регулировать подачу в широком диапазоне.

Для рассматриваемого режима работы ПДМ-2500, необходима капельница с расходом 4,0 мл/мин, а частота капель составит $n_k = 4,0 \text{ мл/мин} / 0,05 \text{ мл} = 80 \text{ капель/мин}$.

При снижении рабочего давления дождевальной машины для струйных дождевальных аппаратов уменьшаются расход воды и площадь орошения за один проход, для консольных дождевальных устройств уменьшается только расход.

Таблица 3. Потребная подача дозирующего устройства гидроподкормщика

Показатели	УД-2500	ПДМ-2500	ПДМ-3000	Агропаш Monsun	Bauer Rainstar	Irrilland Raptor
Расход, м ³ /ч	60	60	85	120	69	41
Ширина захвата, м	90	90	90	120	86	90
Длина захвата (max), м	400	350	700	640	350	350
Максимальная площадь полива с одной позиции, га	3,6	2,8	6,3	7,8	3	3,15
Норма полива, m , мм	25	25	25	25	25	25
Время полива,	t_n , мин	900,0	787,5	1111,8	960,0	654,3
	t_n , ч	15,0	13,1	18,5	16,0	10,9
Удельная доза, d_1 , л/га	1	1	1	1	1	1
Доза за 1 полив, d_n , л	3,6	2,8	6,3	7,8	3	3,15
Подача дозирующего устройства q_n , мл/мин	4,0	4,0	5,7	8,0	4,6	2,7

Закключение

1. Предложена зависимость для расчета расхода подачи дозирующего устройства с целью фертигации.

2. Проведены расчеты подачи микроудобрений для шланговых дождевальнх машины при удельной дозе 1 л/га вносимого препара-

та, подобран вариант гидроподкормщика для реализации расчетной подачи.

3. Проанализирована техническая эффективность стандартного решения гидроподкормки; предложен способ ее реализации с большей технологичностью.

Библиографический список

1. Налойченко, А. О. Удобрительное орошение посредством внесения жидких минеральных удобрений с поливной водой (фертигация) / А. О. Налойченко, А. Ж. Атаканов // Ассоциация НИЦ – ИВМИ. Проект повышения продуктивности воды на уровне поля (ППВ). – Бишкек : КыргызНИИ ирригации, 2009. – 24 с.

2. Анженков, А. С. Дождевальная техника для условий Республики Беларусь / А.С. Анженков, М. Г. Голченко, Д. А. Емельяненко // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2013. – № 3. – С. 102–105.

3. Рак, М. В. Эффективность микроудобрений микростим при возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах / М. В. Рак, Е. Н. Пукалова // Почвоведение и агрохимия. – 2022. – № 1 (68). – С. 174–183.

4. Как применять наноплант [Электронный ресурс] // Наноплант. Микроудобрение нового поколения. – Режим доступа: <http://www.nanoplant.by/polezniye-sovety/kak-primeniat-nanoplant.html>. – Дата доступа: 22.03.2023.

5. Методические рекомендации по определению оптимальных поливных и оросительных норм для сельскохозяйственных культур / А. С. Анженков [и др.]. – Минск : Институт мелиорации, 2022. – 24 с.

6. Екатеринина, Г. И. Агрохимическое обоснование внесения минеральных удобрений с поливной водой при дождевании в луговой зоне Заволынья / Г. И. Екатеринина, Ю. А. Москвичев // Тр. ВНИИ механизации и техники полива. – Москва : Колос, 1972. – С. 170–182.

7. Москвичев, Ю. А. К вопросу о внесении минеральных удобрений с поливной водой при дождевании / Ю. А. Москвичев, С. Н. Никулин, В. И. Ивашкин / Тр. ВНИИ механизации и техники полива. – Москва : Колос, 1972. – С. 189–206.

8. Шепелевич, П. С. Гидроподкормщик для ввода растворов минеральных удобрений и их жидких форм в трубопровод / П. С. Шепелевич // Мелиорация и водное хозяйство. Научно-техническая информация. – 1981. – Вып. 1. – С. 23–27.

9. Голченко, М. Г. Технология удобрительно-увлажнительного дождевания / М. Г. Голченко, А. Н. Басаревский, Д. А. Емельяненко // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2017. – № 4. – С. 141–146.

Поступила 16 июня 2023 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДРЕНАЖНЫХ ГЕОКОМПЗИТОВ

А. И. Митрахович¹, кандидат технических наук

И. М. Шаталов², старший преподаватель

И. Ч. Казьмирук², кандидат технических наук

А. П. Сергееня¹, ведущий инженер

¹РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь,

²Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь

Аннотация

Приводится обоснование необходимости разработки перспективных, более эффективных конструктивных решений при осушении пониженных элементов рельефа на слабопроницаемых грунтах с учетом динамики движения поверхностных и грунтовых вод по пахотному и подпахотному горизонтам. С этой целью предлагается использовать в водопоглощающих элементах мелиоративных систем дренажный геокомпозит в виде профилированной мембраны; указываются их гидравлические характеристики. Описаны методика и результаты испытания мембраны в гидравлическом лотке. Отмечено существенное влияние выступов мембраны на увеличение потерь напора и снижение расхода по сравнению с гладкой поверхностью. Приводятся значения коэффициента шероховатости, вычисленного по различным формулам. Обосновывается возможность применения геомембран в водопоглощающих устройствах – колонках-поглотителях.

Ключевые слова: дренажная система, геотекстиль, геомембрана, геокомпозит, коэффициент шероховатости.

Abstract

A. I. Mitrakhovich, I. M. Shatalov, I. Ch. Kazmiruk, A. P. Sergeenya

STUDY OF THE HYDRAULIC CHARACTERISTICS OF DRAINAGE GEOCOMPOSITES

The rationale is given for the need to develop promising, more effective design solutions for draining low relief elements on poorly permeable soils, taking into account the dynamics of the movement of surface and ground waters along the arable and subsurface horizon. It is proposed to use a drainage geocomposite in the form of a profiled membrane in the water-absorbing elements of reclamation systems for this purpose. Their hydraulic characteristics are noted. The technique and results of testing the membrane in a hydraulic flume are presented. It is indicated that the membrane protrusions have a significant effect on the increase in pressure losses and the reduction in flow compared to a smooth surface. The values of the roughness coefficient calculated by various formulas are given. The possibility of using geomembranes in water-absorbing devices - absorber columns is substantiated.

Keywords: drainage system, geotextile, geomembrane, geocomposite, roughness coefficient.

Введение

Повышение эффективности осушительного действия мелиоративных систем особенно на переувлажненных минеральных слабопроницаемых почвах является актуальной задачей. Традиционный способ отвода поверхностных и грунтовых вод из почвенного слоя – горизонтальный дренаж, эффективность работы которого зависит от комплекса инженерных, агротехнических и агромелиоративных мероприятий. Исследования последних лет показали, что он не всегда может обеспечить водный режим почв, требуемый для ведения интенсивного сельскохозяйственного производства.

Основные причины переувлажнения минеральных почв обусловлены неблагоприятными водно-физическими свойствами почвенного профиля, наличием замкнутых микро- и макропонижений, в которых застаиваются талые воды и атмосферные осадки. Наиболее важные из мероприятий в таких природных условиях – ускорение поверхностного стока и отвод избыточной воды из корнеобитаемого слоя почвы путем обеспечения надежной гидравлической связи осушаемого слоя почвы с дренажной трубой [1]. Это достигается путем устройства траншейных засыпок с высокой водопроницаемостью, а также применением

точечных или линейных водопоглощающих устройств на дренах.

Реконструкция осушительных систем требует тщательного учета опыта проектирования и эксплуатации мелиоративных систем в предшествующие периоды и разработки новых конструктивных решений. При этом следует учитывать, что в слабоводопроницаемых грунтах вода поступает в дрены преимущественно по контакту пахотного и подпахотного горизонтов через фильтрующую засыпку; также присутствует эффект «пристенной» боковой фильтрации [1] вдоль стенок дренажной траншеи.

Принимая в расчет процесс поступления воды в дрены, а также эффект «пристенной» фильтрации, специалисты разрабатывают конструкции колонок-поглотителей, принцип действия которых заключается в перехвате и удалении воды, поступающей из пахотного горизонта на контакте его с подпахотным слабаводопроницаемым грунтом. Достигается это путем закладки на контакте полимерных материалов, по которым вода может отводиться в траншейную засыпку дрен. Такую функцию могут выполнять дренажные геокомпози́ты и, в частности, профилированные мембраны с

выступами на плоской поверхности и свободными промежутками между ними. Поступающая на мембрану из пахотного слоя вода удаляется в фильтрующую засыпку дренажной траншеи или в заложенный в ней вертикальный геокомпозит. Это несколько увеличивает интенсивность удаления воды. С учетом этого разрабатываются водопоглощающие устройства с использованием новых полимерных дренажных композитов.

Опыт применения дренажных геокомпозитов в дорожном и промышленном строительстве позволяет рассматривать их как перспективные материалы в мелиоративной отрасли. Они используются для отвода поверхностных и грунтовых вод и ускорения процесса консолидации [2].

Однако фильтрационные и гидравлические характеристики дренажных геокомпозитов изучены недостаточно, поэтому требуется проведение детальных исследований в лабораторных условиях для определения возможности их применения в мелиоративной отрасли, гидротехническом и гражданском строительстве.

Результаты исследований и их обсуждение

Сейчас выпускается большое разнообразие геокомпозитных материалов, область применения которых может быть довольно широкой. Геокомпозит может состоять из 2 или 3 конструктивных слоев, которые обеспечивают его необходимые свойства. На рис. 1 приведена дренажная мембрана с фильтрующим покрытием; высота выступов 8 мм, расстояние между ними ≈ 10 мм. По верху выступов уложен фильтрующий геотекстиль (Тайпар SF27).

Такой дренажный геомат был испытан в гидравлическом лотке при равномерном движении воды для определения его коэффициента шероховатости, необходимого для решения гидравлических задач.

Коэффициент шероховатости – это условный параметр, который показывает влияние материала на величину гидравлического сопротивления. При проектировании сооружений пользуются табличными значениями коэффициента шероховатости, зависящего от материала (пластмасса, стекло, керамика и

др.). Однако табличные значения составлены для ровной поверхности, они не учитывают влияние искусственных неровностей на геомембрану и других влияющих на него факторов (например, изменений, происходящих в процессе эксплуатации).

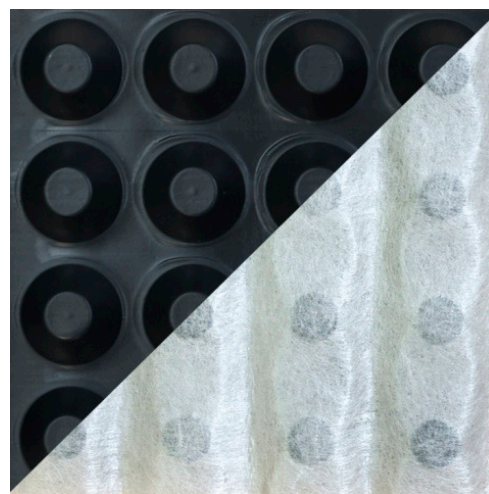


Рис. 1. Дренажная мембрана

Гидравлический расчет каналов и трубопроводов выполняется по формуле Шези [3, с. 321], в которую входит скоростной коэффициент Шези C . В инженерных расчетах для определения коэффициента C применяют ряд формул, содержащих коэффициент шероховатости n :

$$V = C\sqrt{R \cdot i}, \quad (1)$$

$$Q = \omega C\sqrt{R \cdot i}, \quad (2)$$

где ω – площадь живого сечения потока, м²;

i – гидравлический уклон;

R – гидравлический радиус, $R = \frac{\omega}{\chi}$, где χ – смоченный периметр.

Исследование в гидравлическом лотке при равномерном движении потока жидкости является наиболее распространенной методикой определения коэффициента шероховатости [4], который вычисляется из формулы Шези:

$$C = \frac{V}{\sqrt{R \cdot i}}. \quad (3)$$

В гидравлических расчетах коэффициент Шези рассчитывается по формуле Н. Н. Павловского:

$$C = \frac{1}{n} R^y, \quad (4)$$

где $y = f(n, R)$ – показатель степени, вычисляется по эмпирической формуле:

$$y \approx 1,5\sqrt{n} \text{ при } R < 1,0 \text{ м}, \quad (5)$$

$$y \approx 1,3\sqrt{n} \text{ при } R > 1,0 \text{ м};$$

по формуле Р. Маннинга:

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6}, \quad (6)$$

$$\text{откуда } n = \frac{1}{C} R^{1/6};$$

по формуле И. И. Агроскина:

$$C = \frac{1}{n} + 17,72 \lg R, \quad (7)$$

$$\text{откуда } n = \frac{1}{C - 17,72 \lg R}.$$

Исследования проводились в гидравлическом лотке БНТУ. Установка выполнена по принципу водооборотной системы, включающей центробежный насос, накопительный резервуар и водосброс (нижний бак) с треугольным водосливом (водослив Томпсона) для замера расхода воды, установленный в конце лотка. Длина лотка 4,5 м, ширина 0,15 м;

в него укладывался исследуемый дренажный геоккомпозит. Лоток оборудован в головной и сливной частях плоскими затворами для регулирования глубины потока и тремя мерными иглами для измерения отметки дна и свободной поверхности потока.

Регулирование расхода воды, подаваемой в лоток, осуществлялось задвижкой, установленной на трубопроводе, соединяющем насос с напорным баком. Измерение отметок дна и свободной поверхности потока производили в трех сечениях лотка: в центре и на расстоянии 125 см от него с двух сторон к краям. В расчете применялась длина 125 см. Общий вид лотка и фрагменты проведения замеров представлены на рис. 2 и 3.

Опыты заключались в определении коэффициента шероховатости уложенного на дно лотка оргстекла с гладкой поверхностью, который был контрольным материалом для сравнения шероховатости профилированной мембраны двух видов – без покрытия фильтрующим геотекстилем и с покрытием.

Результаты замеров приведены в таблице.

Проходящий по лотку расход изменяется в пределах от 4,0 до 10,7 л/с (0,5–5,4 м³/ч). При этих значениях расхода гидравлический уклон определен как отношение разности отметок в двух сечениях к расстоянию между ними:

для оргстекла 0,0024–0,0064 при расходах 3,99–10,24 л/с;

мембраны без геотекстиля 0,099–0,016 при расходах 4,0–10,6 л/с;

мембраны с геотекстилем 0,01–0,022 при расходах 4,1–10,75 л/с.

Анализ полученных данных позволяет констатировать:

1) потери напора в мембране без геотекстиля в 2–3 раза больше, чем в опытах с оргстеклом;

2) потери напора в мембране с фильтрующим покрытием, в зависимости от величины расхода, больше в 3–4 раза, чем в опытах с оргстеклом; при расходе до 8 л/с наблюдаются одинаковые потери напора в мембране с покрытием и без него; при расходе более 9 л/с потери в мембране с фильтрующим покрытием возросли на 30 %.

Полученные результаты проиллюстрированы на графике (рис. 4).



Рис. 2. Проведение замеров уровня воды в гидравлическом лотке (исследуемый материал – оргстекло)



Рис. 3. Проведение замеров уровня воды в гидравлическом лотке (исследуемый материал – профилированная мембрана без покрытия фильтрующим геотекстилем слева, с покрытием – справа)

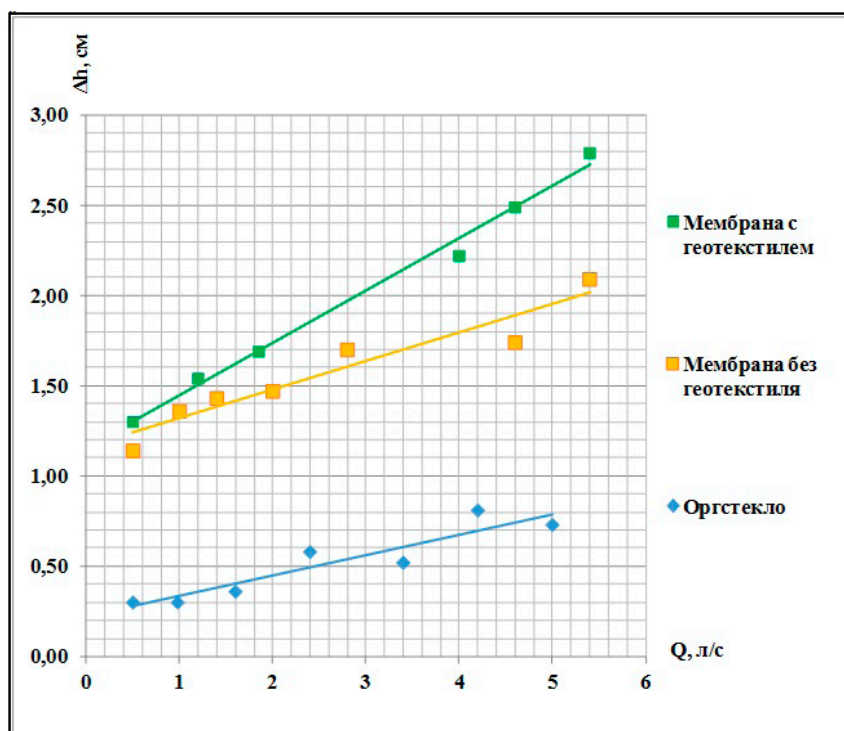


Рис. 4. Потери напора по длине на различных материалах при равномерном движении над ними потока воды

Таблица. Результаты расчетов коэффициента шероховатости

Расход Q , л/с	Потери напора Δh , см	Уклон, i	Коэффициент Шези, C	Коэффициент шероховатости, n		
				Маннинга	Агроскина	Павловского
1	2	3	4	5	6	7
Оргстекло						
5,00	0,73	0,00584	33,96615	0,016891	0,028237	0,015371
4,20	0,81	0,00648	30,57738	0,018603	0,031204	0,016362
3,40	0,52	0,00416	36,55465	0,015371	0,026276	0,014378
2,40	0,58	0,00464	30,94389	0,017830	0,030775	0,015814
1,60	0,36	0,00288	35,66541	0,015083	0,026823	0,014130
0,98	0,30	0,0024	33,68433	0,015503	0,028267	0,014335
0,50	0,30	0,0024	27,45673	0,018218	0,034174	0,015700
Среднее значение коэффициента шероховатости n оргстекла				0,016786	0,029394	0,015156
Геомембрана без фильтрующего покрытия						
5,40	2,09	0,01672	15,21139	0,038602	0,060246	0,025643
4,60	1,74	0,01392	17,17903	0,033769	0,053769	0,023653
2,80	1,70	0,0136	12,60468	0,045482	0,071152	0,027270
2,00	1,47	0,01176	11,32029	0,050083	0,078131	0,028168
1,40	1,43	0,01144	9,672426	0,057811	0,089388	0,029388
1,00	1,36	0,01088	8,067401	0,068620	0,104077	0,030747
Среднее значение коэффициента шероховатости n геомембраны без фильтрующего покрытия				0,049061	0,076127	0,027929

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7
Геомембрана с фильтрующим покрытием						
5,40	2,79	0,02232	14,69205	0,039692	0,062122	0,025880
4,60	2,49	0,01992	14,71497	0,039360	0,061965	0,025629
4,00	2,22	0,01776	14,99593	0,038360	0,060839	0,025160
3,20	1,67	0,01336	16,42806	0,034596	0,055865	0,023639
2,60	1,58	0,01264	15,77335	0,035665	0,057896	0,023848
1,85	1,69	0,01352	12,67514	0,043862	0,070398	0,026090
1,20	1,54	0,01232	11,26808	0,048291	0,077798	0,026635
Среднее значение коэффициента шероховатости n геомембраны с фильтрующим покрытием				0,0104	0,067000	0,025392

По полученным опытным данным выполнен расчет коэффициента шероховатости профилированных мембран по формулам А. Агроскина, Р. Маннинга и Н. Павловского.

Из таблицы видно, что наиболее нестабильные результаты коэффициента шероховатости получены по формуле Агроскина (7), и они существенно отличаются от значений, полученных по формулам (4) и (6). Данные коэффициенты справедливы только для исследованной геомембраны и не будут универсальными для большого количества геоматов с различными техническими характеристиками – это требует проведения дополнительных исследований.

Значение (величина коэффициента шероховатости) профилированной мембраны превышает коэффициент шероховатости керамических дренажных труб, чугунных труб, бетонных покрытий и других материалов в 3–4 раза за счет выступов на самой мембране. Это следует иметь в виду при ее использовании в конструкциях колонок-поглотителей, на дренаже, в гидротехническом, дорожном и гражданском строительстве. Здесь на эффективность работы мембраны будут оказывать влияние другие факторы – как непосредственно грунты основания, так и песчаные засыпки, грунтовые и поверхностные воды, требующие специфичной методики расчета их параметров: в частности, при расчете дрена с применением геокомпозитов происходит движение воды по длине дрена с переменным расходом, имеющим минимальное значение в истоке и максимальное – при впадении в сбрасывающий коллектор. Расход будет опре-

делять интенсивность поступления воды на поверхность мембраны, транспортирование ее вдоль мембраны с некоторым уклоном; он не будет зависеть от разницы уровней поверхностных и грунтовых вод.

Следует отметить, что полученные данные были бы более достоверны при уточнении их работы в конкретных конструкциях, расположенных в условиях, приближенных к натурным: для колонок-поглотителей – при взаимодействии грунта основания с песчаной засыпкой. Целесообразно провести такие исследования в лабораторных условиях с различными грунтами.

Результаты проведенной работы позволяют сделать вывод, что исследованная марка профилированной мембраны может применяться в колонках-поглотителях, так как ее поверхность будет обладать большей пропускной способностью, чем ложе поверхности почвогрунта под пахотным слоем почвы, и она препятствует вертикальному движению поверхностных и почвенно-грунтовых вод через местный грунт. Исследованная мембрана также может использоваться в промышленном и гражданском строительстве для защиты фундаментной части здания, расположенной ниже УГВ (уровня грунтовых вод), от агрессивного действия (по отношению к бетону) грунтовых вод и вод спорадического распространения.

Мембрана может располагаться как непосредственно на вертикальной части фундамента, соприкасающейся с грунтом, так и при устройстве кольцевого дренажа городской застройки, располагающегося на некотором

расстоянии от фундамента, имеющего в своей конструкции дренажную трубу, фильтрующую засыпку и смотровые колодцы, при этом профилированная мембрана препятствует избыточному переувлажнению заглубленной ниже УГВ фундаментной части здания.

Профилированные геомембраны могут применяться в гидротехническом строитель-

стве в конструкции дренажных устройств земляных плотин для предотвращения выхода кривой депрессии на низовой откос.

Мембрану можно использовать в качестве экрана земляной дамбы, что будет препятствовать попаданию воды в защищаемые сооружения и способствовать организованному сбору и отводу воды.

Основные выводы

1. Результаты расчета коэффициента шероховатости профилированной мембраны, вычисленные по формулам Маннинга, Агроскина и Павловского, показали, что формула Агроскина дает нестабильные значения, значительно отличающиеся от значений, полученных по другим формулам, и ее не рекомендуется применять при гидравлическом расчете водопоглощающих элементов.

2. Предлагаются области применения профилированной мембраны в конструктивных элементах гидротехнических сооружений,

гидромелиоративном, промышленном и гражданском строительстве.

3. Рекомендуется определять водоприемную способность конструктивных элементов с установленным по формулам Павловского коэффициентом шероховатости исследованных мембран:

для мембраны с фильтрующим покрытием $n = 0,025392$;

для мембраны без фильтрующего покрытия $n = 0,027929$.

Библиографический список

1. Дренажное осушительное устройство : патент на полезную модель № 12894 ВУ / А. И. Митрахович, В. М. Макоед, С. М. Лавушев, А. П. Сергеева. Оpubл. 01.04.2022.
2. Применение дренажных геокомполитов на мелиоративных системах / А. И. Митрахович, В. М. Макоед, С. М. Лавушев, А. П. Сергеева // Мелиорация. – 2022. – № 1 (99). – С. 13–21.
3. Чугаев, Р. Р. Гидравлика : учебник для вузов / Р. Р. Чугаев. – 4-е изд., доп. и перераб. – Ленинград : Энергоиздат, 1982. – 672 с.
4. Лабораторный практикум по гидравлике, гидромашинам и гидроприводу : учеб. пособие для вузов / Я. М. Вильнер [и др.] ; под ред. Я. М. Вильнера. – Минск : Выш. школа, 1980. – 224 с.

Поступила 15 июня 2023 г.

ВЛИЯНИЕ ВОДНОЙ И ОКОЛОВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА УРОВЕННЫЙ РЕЖИМ КАНАЛОВ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ЮЖНОЙ ЧАСТЕЙ БЕЛАРУСИ

А. И. Ракицкий, инженер-исследователь

г. Пинск, Беларусь

Аннотация

Рассмотрены данные исследований по влиянию водной и околотоводной растительности на уровеньный режим канала в период минимального стока. Подобраны имитационные модели на основании полевых исследований в среде HEC-RAS с применением формулы Шези. Проведены численные эксперименты с использованием имитационной модели для получения новых данных о влиянии водной растительности на параметры водного потока. Полученные результаты позволяют сделать выводы, что существующие водные ассоциации в период минимального стока способны создать значительные гидравлические сопротивления по руслу канала и повысить уровни стока более чем в два раза.

Ключевые слова: канал, водная растительность, уровни водотока, минимальный сток, модель потока.

Abstract

A. I. Rakitsky

INFLUENCE OF AQUATIC AND NEAR-WATER VEGETATION ON THE LEVEL REGIME OF CANALS OF DRAINAGE SYSTEMS IN THE CENTRAL AND SOUTHERN PARTS OF BELARUS

The article considers empirical data on the influence of aquatic and near-water vegetation on the level regime of the canal during the period of minimum flow. Based on field studies in the HEC-RAS environment and the Chezy formula, simulation models were selected. Using a simulation model, numerical experiments were carried out to obtain new knowledge in the field of understanding the influence of aquatic vegetation on the parameters of a watercourse. The results obtained allow us to conclude that the existing water associations during the period of minimum flow are capable of creating significant hydraulic resistance along the canal bed and more than doubling the flow levels.

Keywords: canal, aquatic vegetation, watercourse levels, minimum flow, flow model.

Введение

Природно-климатические условия Беларуси сложились таким образом, что сельское хозяйство находится в зоне рискованного земледелия. Неблагоприятные погодные условия в стране приводят к уменьшению валового продукта на 15–20 %, производства мяса и молока – на 10–15 % и колебанию валового сбора зерновых в диапазоне от 5,5 до 9,5 млн т. Доля ущерба сельского хозяйства от климатических изменений в общей структуре ущерба составляет более 40 % [1].

Исследования последних лет в области прогнозирования изменения климата в Беларуси до 2099 г. указывают на повышение температуры воздуха, перераспределение осадков в пользу холодного периода, теплых зим, на увеличение количество «волн жары» и изменение агроклиматических зон с вытес-

нением первой зоны и преобладанием 4- и 3-й зон [2]. Оценка прогноза биологической продуктивности в баллах (Бк) показал, что он прирастет на 15–30 баллов [3].

В природно-климатических условиях Беларуси выделены следующие основные факторы, влияющие на урожайность: питание, почвенная влага, тепло (перечислены по мере убывания значимости) [4]. Повлиять на количество осадков и сумму положительных температур в вегетативный период на больших площадях очень сложно и затратно. Общая площадь мелиорированных земель – около 3454,8 тыс. га, в том числе осушенных сельскохозяйственных земель – 2846,1 тыс. га (82,4 %), осушительно-увлажнительных систем – 752,9 тыс. га (21,8 %) и оросительных – 30,3 тыс. га (0,9 %). Более 60 % осушенных сельскохозяйственных

земель приходится на Брестскую и Гомельскую области. Половина мелиорируемых сельскохозяйственных угодий занимают земли с песчаными и супесчаными почвами [5].

Климатические условия Беларуси в течение периода инструментальных наблюдений неоднородны, и это смещает сельскохозяй-

ственную отрасль в зону рискованного земледелия. Зная тренды климатических изменений, можно предусмотреть ряд технических мероприятий, которые адаптируют осушительные системы под погодные условия, что снизит неблагоприятное влияние климата на урожайность сельскохозяйственных культур.

Методы исследований

Представляем результаты экспериментальных полевых исследований по влиянию водной растительности на уровенный режим водного потока и замедление его стока с целью подъема уровня воды для подпочвенного увлажнения осушенных сельскохозяйственных земель.

На первом этапе изучалось влияние жесткостебельных растений – тростника (*Phragmites*) и кубышки желтой (*Nuphar lutea*) [6]. Затем исследовались возможности в замедлении стока мягкостебельных урути колосистой (*Myriophyllum spicatum* L.), разновидности рдеста (*Potamogeton*), ряски малой (*Lemna minor* L.), сусака (*Butomus*) и других представителей водной растительности.

Исследования проводились с мая по июль 2022 г. на канале Я-6 осушительной системы «Путь к коммунизму» Пинского р-на Брестской обл. Протяженность исследуемого канала составила 1,66 км от устья канала и до трубы-переезда на автомобильной дороге Р-6.

Канал Я-6 является проводящим каналом, его трасса проходит по минеральным грунтам (пески), средняя глубина канала – 1,57 м, средняя ширина по верху – 6,28 м. Высотные отметки по створам получены путем нивелирования с закреплением пикета на бровке канала. На исследуемом участке канала выде-

лены шесть створов, расстояние между которыми от 205 до 295 м. Уровень воды в канале вычислен путем измерения горизонтального и вертикального расстояний от пикета до уреза воды. Отметки пикетов определены по ходу нивелирования сечений канала.

На основании данных полевых исследований получена эмпирическая модель уровенного режима водотока. С использованием формулы Шези и пакета HEC-RAS для гидравлического расчета открытого водотока сформированы имитационные модели, которые с достаточным для практики приближением позволяют моделировать процессы перемещения воды в каналах и рассчитать параметры потока. Возможности и адекватность моделей гидравлических потоков, реализованных в среде HEC-RAS, а также точность расчетов, обсуждались ранее [7]. С применением имитационной модели проведены численные эксперименты для получения данных о влиянии водной растительности на параметры водотока. Результаты численных экспериментов позволяют говорить о производственных возможностях управления уровенным режимом в каналах осушительной системы с помощью и мягкостебельных водных, и околотоводных травянистых растений.

Основная часть

Расходы воды по руслу канала в расчетные периоды представлены в табл. 1. Расходы воды расчетных периодов определены по методике, изложенной в [8].

Фактический расход воды в створе канала определен по формуле:

$$Q = w \cdot v, \quad (1)$$

где Q – расход воды в створе, м³/с;

w – площадь поперечного сечения потока в створе, м²;

v – скорость потока в створе, м/с;

Фактическая площадь поперечного сечения потока для каждого створа вычислена как сумма площадей геометрических фигур (треугольник, трапеция); глубина вертикали и горизонтальное положение уреза определены инструментально.

Скорость потока воды для каждого створа вычислялась по формуле:

$$v = \frac{S}{t}, \quad (2)$$

где v – скорость потока, м/с;

S – путь, м;

t – время, с.

Определение скорости потока выполнено путем фиксации на видеокамеру перемещения

подкрашенного пятна в водном потоке вдоль нивелирной рейки, время в пути – как разность времени начального и конечного видеокadra.

Фактические расходы воды за весь период исследования, определенные по формуле (1), представлены в табл. 2.

Состояние канала Я-6 за период исследования отображено на рис. 1–3.

Наиболее часто встречающиеся виды водных растений отображены на рис. 4.

Таблица 1. Расчетные расхода воды по каналу Я-6

Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км ²	Расход, м ³ /с			
		Весенний паводок, Р = 10 %	Предпосевной период, Р = 10 %	Летне-осенний паводок, Р = 10 %	Среднемеженный, Р = 50 %
0	9,5	2,05	0,17	0,78	0,017
2,0	8,15	1,81	0,15	0,69	0,015

Таблица 2. Гидравлические показатели потока по каналу Я-6

Дата	Створ	Живая площадь потока, м ²	Скорость потока, м/с	Расход, м ³ /с
28 мая 2022 г.	1	1,264	0,157	0,199
	2	1,228	0,1	0,123
	3	1,233	0,08	0,099
	4	1,02	0,089	0,091
	5	1,52	0,084	0,128
	6	1,405	0,056	0,084
	Среднее	1,278	0,094	0,121
19 июня 2022 г.	1	0,737	0,056	0,041
	2	0,969	0,034	0,033
	3	0,885	0,015	0,013
	4	0,725	0,04	0,029
	5	1,266	0,017	0,022
	6	1,213	0,029	0,035
	Среднее	0,966	0,032	0,029
09 июля 2022 г.	1	0,435	0,069	0,03
	2	0,602	0,042	0,025
	3	0,552	0,036	0,02
	4	0,456	0,05	0,023
	5	0,953	0,022	0,021
	6	0,93	0,031	0,029
	Среднее	0,655	0,042	0,025



Рис. 1. Вид канала Я-6 на исследуемом участке (28 мая 2022 г.):
а) устье канала; б) створ 1; в) створ 2; г) створ 4; д) створ 5; е) вид с дороги Р-6



Рис. 2. Вид канала Я-6 на исследуемом участке (19 июня 2022 г.):
а) вид с дороги Р-6; б) створ 6; в) створ 4; г) створ 2 (вверх по течению); д) створ 2; е) створ 1

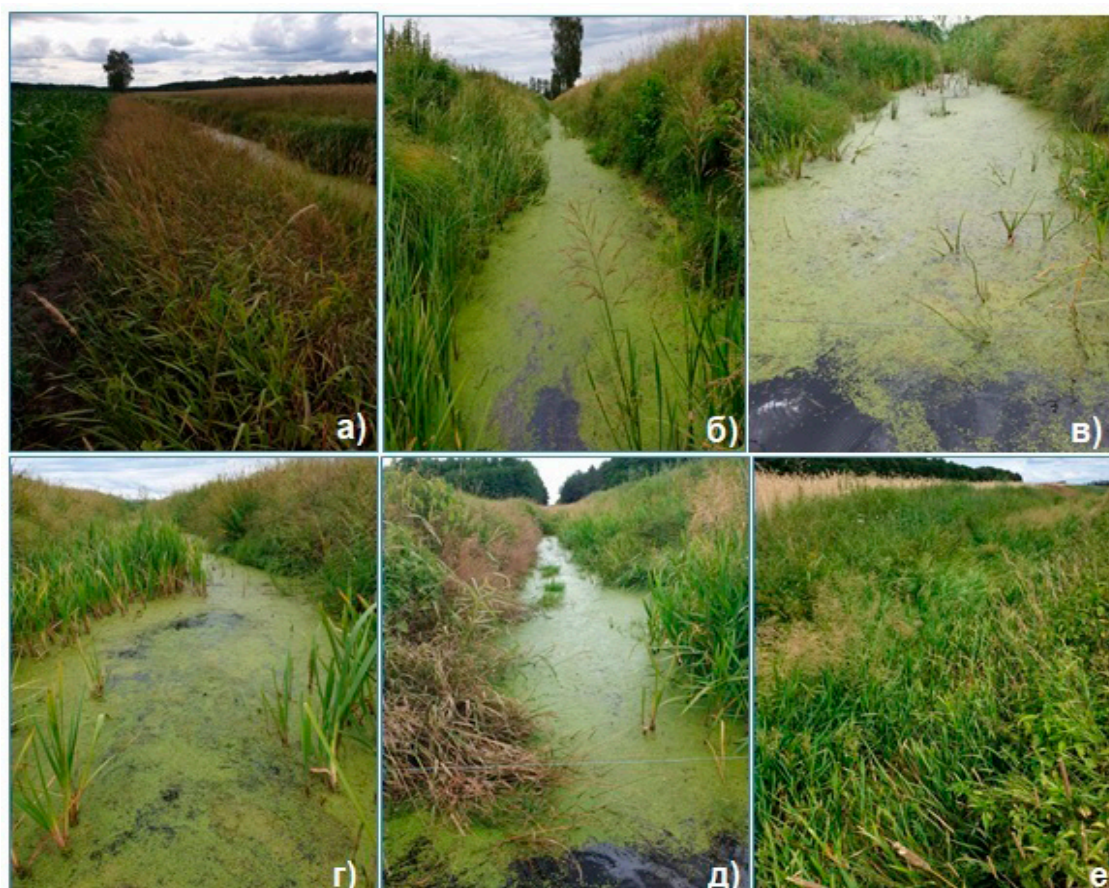


Рис. 3. Вид канала Я-6 на исследуемом участке (9 июля 2022 г.):
а) устье канала; б) створ 2; в) створ 4; г) створ 5; д) створ 6; е) вид с дороги Р-6



Рис. 4. Водная растительность по руслу канала Я-6 на исследуемом участке (9 июля 2022 г.):
а) группа рдеста курчавого; б) группа рдеста плавающего и ряски; в) рдест курчавый;
г) рдест плавающий; д) длина стебля рдеста плавающего; е) длина стебля урути колосистой

Ассоциации водной растительности по каналу Я- 6 на исследуемом участке описаны в табл. 3.

Таблица 3. Ассоциации водной растительности канал Я-6 (по створам)

Створ	Расстояние от устья, м	Правый берег	Дно	Левый берег
1	205	Осока береговая	Ряска малая, рдест курчавый, рдест плавающий,	Осока береговая
2	445	Осока береговая, камыш у воды, хвощ у бровки	Ряска малая, рдест курчавый,	Осока береговая, камыш у воды
3	740	Осока береговая	Ряска малая, рдест курчавый	Осока береговая, крапива
4	1034	Осока береговая	Ряска малая, рдест курчавый	Осока береговая
5	1252	Осока береговая, разнотравье	Ряска малая, рдест курчавый, камыш, хвощ речной	Осока береговая, разнотравье
6	1427	Осока береговая, разнотравье	Ряска малая, рдест курчавый, камыш, хвощ речной	Осока береговая, разнотравье

Из рис. 1–4 можно грубо оценить рост водных растений в канале. Нарастание происходило достаточно активно, и за 42 дня произошло снижение расхода стока с 0,121 до 0,025 м³/с на фоне увеличения степени зарастания сечения и поверхности водного потока. Наиболее распространенным видом растительности оказались ряска малая (*Lemna minor* L.), рдест курчавый (*Potamogeton crispus* L.), рдест плавающий (*Potamogeton natans* L.), уруть колосистая (*Myriophyllum spicatum* L.). Периодически встречались тростник обыкновенный (*Phragmites Australis*), сусак зонтичный (*Butomus umbellatus*), хвощ речной (*Equisetum fluviatile*), осока береговая (*Carex riparia* Curt.) и другие виды водных ассоциаций.

Видовой состав водной растительности, распространенный на канале Я-6, разнообразен, что естественно и типично для региона. В снижении пропускной способности русла принимает участие каждый вид водных растений, поэтому важно рассматривать совокупное влияние травянистых зарослей на расходный и уровенный режимы водотока как многофакторное обобщенное влияние всех ассоциаций, произрастающих в зоне канала. Особый интерес представляют физические размеры и плотность произрастания водных растений на квадратный метр как факторы, определяющие гидравлическое сопротивление потоку в

русле канала. К таким растениям на исследуемом участке канала были отнесены ряска малая, рдест курчавый, рдест плавающий, уруть колосистая.

Ряска малая относится к водным растениям; семейство – рясковые, род – ряска, вид – маленькая. Растет в стоячих или медленно текущих водах (на болотах, озерах, прудах, каналах). Ряска малая распространена по всей территории Беларуси [9]. В осенний период погружается на дно водоема, где взрослые части отмирают, а молодые остаются жизнеспособными. Весной всплывают на поверхность воды и активно развиваются. В естественных условиях вегетация ряски имеет сезонный характер, ее наибольшее значение приходится на середину лета, минимальные – на весну и осень. Скорость ее размножения с мая по июль увеличивается почти в 3 раза, в сентябре не превышает значения весеннего периода роста. Длина листеца 3–4,5 мм, ширина 2–3 мм, форма округло-эллиптическая.

Рдест курчавый относится к водным растениям, семейство – рдестовые, род – рдест, вид – курчавый. Растет в медленно текущих водах (на озерах, прудах, каналах, заливах, редко в реках). Рдест курчавый распространен по всей территории нашей страны. Стебель длиной от 30 до 100 см, сильноветвистый, корневище тонкое. Все листья, погруженные в воду,

имеют форму широколинейную, линейно-ланцетовидную и ланцетовидную, их длина 4–9 см, ширина 0,7–1,3 см [9].

Рдест плавающий относится к водным растениям, семейство – рдестовые, род – рдест, вид – плавающий. Растет в озерах, прудах, каналах и заводях, реже в ручьях и реках. Рдест плавающий распространен по всей территории Беларуси. Цветет с июня по август. Длина стебля от 30 до 120 см, сильноветвистый; корневище длинно-ползучее. Погруженные листья – линейные, полуцилиндрические, их длина – до 5 см, ширина – до 1 см. Плавающие листья продолговатые, эллиптические или яйцевидные длиной до 12 см и шириной 5,5 см [9].

Уруть колосистая относится к водным растениям, семейство – сланягодниковые, род – уруть, вид – колосистая. Растет в стоячих или медленно текущих водах. Распространена по всей территории Беларуси. Цветет в июне – августе. Длина стебля от 40 до 200 см. Листья погружены в воду, их длина от 1,5 до 3,5 см, они собраны в мутовки по 4 штуки [10].

У названных видов водной растительности можно выделить следующие особенности: ряска малая способна на больших участках покрывать водную гладь водотока (до 100 %), что приводит к переходу течения потока с поверхности в глубину; рдест плавающий /курчавый и уруть колосистая так же, как и ряска, покрывают водную гладь, что трансформирует поверхностное течение в глубинное, поскольку их листья практически находятся наверху, что создает условия для задержания ряски. Стебли рдеста и урути колосистой имеют большую длину, которая кратно превышает глубину воды в русле (в нашем случае в 3–5 раза); они создают сплошные заросли не только на поверхности, но и в глубине потока. Такое расположение стеблей и листьев водной растительности по руслу создает гидравлическое сопротивление, что приводит к уменьшению пропускной способности и повышению уровня стока. Пик накопления биомассы у ряски, рдеста и урути приходится преимущественно на июнь – июль. В этот период года сток по каналу снижается до минимальных значений [11], следовательно, в эти месяцы будут наблюдаться максимальные значения гидравлического сопротивления от водных растений.

Все вышерассмотренные растения пригодны к использованию для торможения местного стока и увлажнению площадей осушительных систем. Их биологические особенности и сроки накопления максимальной биомассы (а значит, и максимального гидравлического сопротивления) приходится на время, когда вероятность потребности в увлажнительных мероприятиях на осушительных системах максимальная [6].

Гидравлический расчет открытого канала с множеством расчетных вариантов, где форма поперечного сечения в каждом створе криволинейная и отличается между собой по длине водотока, – сложная и трудоемкая задача. С целью экономии времени и исключения ошибок в расчете гидравлический расчет выполнен в среде *Hydrologic Engineering Center's – River Analysis System* (HEC-RAS). Методология и точность расчета в среде HEC-RAS рассмотрена ранее [7]. За расчетную формулу принята формула Шези, приведенная в [7]:

$$Q = C \cdot w \cdot \sqrt{R \cdot i}, \quad (3)$$

где Q – расход, м³/с;

C – коэффициент Шези, м^{0,5}/с;

w – площадь поперечного сечения, м²;

R – гидравлический радиус, м;

i – гидравлический уклон.

В формуле (3) все переменные известны (расход и параметры русла определены эмпирически), за исключением коэффициента Шези, который определен по формуле Р. Маннинга (4):

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6}, \text{ м}^{0,5}/\text{с}, \quad (4)$$

где n – коэффициент шероховатости.

В формуле (4) присутствует переменная n , которая характеризует гидравлическое сопротивление русла. В справочниках, научных публикациях отсутствуют значения коэффициента шероховатости для состояния русла, наблюдаемого в период наших исследований. Для определения коэффициента шероховатости n по данным, полученным в период исследования, исходя из формулы (3), выразим C . Из правой части формулы (4) получим следующее выражение:

$$\frac{R^{1/6}}{n} = \frac{Q}{w \cdot \sqrt{R \cdot i}}. \quad (5)$$

Выразив неизвестный параметр n путем математического преобразования и заменив R на w/x , так как

$$R = \frac{w}{X}, \text{ м}, \quad (6)$$

где X – смоченный периметр, м, получим формулу следующего вида:

$$n = \frac{w^{1,667} \cdot \sqrt{i}}{X^{0,667} \cdot Q}. \quad (7)$$

Коэффициент шероховатости n , вычисленный по формуле (7), отражает фактическое гидравлическое сопротивление по руслу канала.

Результаты рассчитанного коэффициента шероховатости по формуле (7) и определенного в среде HEC-RAS для трех периодов и шести створов, сведены в табл. 4.

Количественное отклонение n , вычисленных по (7), достигает следующих значений: в 59,8 раза (май); в 5,3 раза (июнь); в 4,3 раза (июль); для HEC-RAS: в 2,7 раза (май); в 2,4 раза (июнь); в 3,1 раза (июль). Также наблюдается отклонение значений n между (7) и

средой HEC-RAS, только в створе 1 и створе 5 для всех периодов минимальное отклонение: в 1,1 и 2,5 раза (май); 1,1 и 1,1 раза (июнь); 1,1 и 1,4 раза (июль).

Если разбежка значений n по створам имеет отклонение, отличающиеся в разы, то средние значения n близки между собой и имеют небольшие отклонения. Так, для мая – в 1,7 раза, для июня – в 1,1 раза, для июля – в 1,4 раза.

Основным фактором, влияющим на такой большой разброс значений n , является водная растительность по руслу, так как в каждом створе она имеет разную площадь зарастания и отличается самым своим строением. Судить о влиянии водной растительности по створам сложно ввиду того, что значения по створам отличаются между собой в десятки раз, что не скажешь о средних значений n на исследуемом участке канала. Разница значений n , вычисленных по формуле (7) и среде HEC-RAS, связана со структурой формул, используемых в расчетах.

Таблица 4. Рассчитанные коэффициенты шероховатости

Параметр	Створ						Среднее значение
	1	2	3	4	5	6	
28 мая 2022 г.							
Уклон дна, i	0,00024	0,00075	0,00105	0,00017*	0,00009	0,0012	0,00058
Расход, Q	0,199	0,123	0,099	0,091	0,128	0,084	0,121
Живая площадь потока, w	1,264	1,228	1,233	1,02	1,52	1,405	1,278
Смоченный периметр, X	3,57	3,34	3,53	3,39	3,9	3,79	3,59
Гидравлический радиус, R	0,354	0,368	0,349	0,301	0,39	0,371	0,355
Коэф. шероховатости, n (7)	0,050	0,140	0,200	0,060	0,061	0,299	0,136
Коэф. шероховатости, n (HEC-RAS)	0,055	0,6**	0,04	0,1	0,15	0,06	0,081***
19 июня 2022 г.							
Уклон дна, i	0,00024	0,00075	0,00105	0,00017*	0,00009	0,0012	0,00058
Расход, Q	0,041	0,0325	0,0131	0,029	0,0219	0,0351	0,029
Живая площадь потока, w	0,737	0,969	0,885	0,725	1,266	1,213	0,966
Смоченный периметр, X	3,061	2,895	3,175	3,463	3,817	3,639	3,34
Гидравлический радиус, R	0,241	0,335	0,279	0,209	0,332	0,333	0,288
Коэф. шероховатости, n (7)	0,109	0,393	0,934**	0,115	0,265	0,575	0,221***
Коэф. шероховатости, n (HEC-RAS)	0,12	20**	0,17	20**	0,29	0,25	0,208***

9 июля 2022 г.							
Уклон дна, i	0,00024	0,00075	0,00105	0,00014*	0,00009	0,0012	0,00058
Расход, Q	0,03	0,025	0,02	0,023	0,021	0,029	0,025
Живая площадь потока, W	0,435	0,602	0,552	0,456	0,953	0,93	0,655
Смоченный периметр, X	2,53	2,45	2,796	2,757	3,646	3,364	2,924
Гидравлический радиус, R	0,172	0,246	0,197	0,165	0,261	0,276	0,22
Коэф. шероховатости, n (7)	0,070	0,259	0,303	0,070	0,178	0,471**	0,176
Коэф. шероховатости, n (HEC-RAS)	0,08	15**	0,06	1**	0,25	0,12	0,128***

Примечания: * принят уклон водной поверхности, так как уклон дна на этом участке отрицательный; ** значения исключены из определения среднего значения, так как они аномальны; ***среднее значение определено без учета аномальных.

Полученные значения коэффициента шероховатости отображают гидравлическое сопротивление в русле канала. В течение года сток по мелиоративным каналам неоднороден и имеет как максимальные, так и минимальные значения. К минимальному стоку для мелиоративных каналов отнесен расход среднемеженный, обеспеченностью $P = 50\%$ (далее – СМ 50 %) [12]. Зная расчетные расходы и коэффициенты шероховатости, можно определить уровни воды в канале при пропуске стока (СМ 50 %), используя коэффициенты

шероховатости естественные (определенные опытным путем) и эксплуатационные. За эксплуатационные коэффициенты шероховатости приняты следующие значения: откос канала $n = 0,033$, дно канала $n = 0,025$ [12].

Расчет выполнен с использованием HEC-RAS для состояния канала в период вегетации водной растительности (июль); результаты расчеты показаны в табл. 5.

По данным табл. 5 построен график уровней стока по каналу (рис. 5).

Таблица 5. Естественные и эксплуатационные уровни воды

Наименование		Створ						Среднее
		1	2	3	4	5	6	
Расход СМ 50 %, м ³ /с		0,0168	0,0165	0,0163	0,016	0,0158	0,0155	0,0162
Отметка, м	Берег канала	138,23	138,15	137,95	138,3	138,27	138,17	138,18
	Дно канала	136,33	136,38	136,56	136,87	136,76	136,78	136,95
	СМ 50 % (естественные)	136,52	136,76	136,81	137,05	137,11	137,13	136,90
	СМ 50 % (эксплуатационные)	136,45	136,52	136,65	136,95	136,96	136,97	136,75

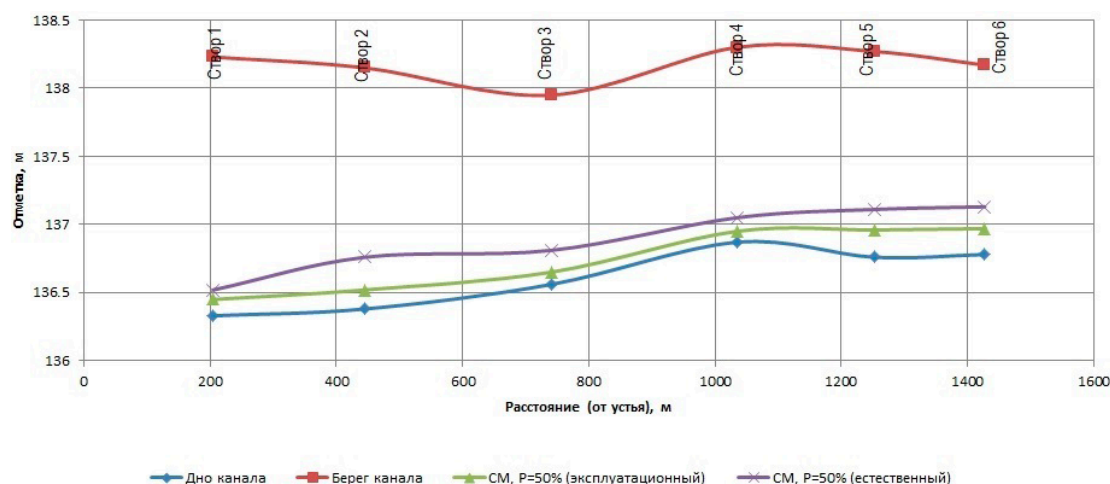


Рис. 5. Естественные и эксплуатационные уровни стока (СМ 50 %) по каналу Я-6

Для количественной оценки влияния водной растительности на уровенный режим водотока на основании данных табл. 6 построим график глубины уровня СМ 50 % для естественных и эксплуатационных уровней и покажем разницу (Δ) между ними (рис. 6).

Анализируя обобщенные данные табл. 6 и рис. 6, можно сделать вывод о том, что водные

ассоциации по каналу Я-6 оказывают влияние на уровенный режим водотока СМ 50 % от 58 до 177,8 % (1,6–2,3 раза). Данные значения указывают на существенное влияние водной растительности на пропускную способность водотока для среднемеженного стока 50 %-й обеспеченности.

Таблица 6. Глубина воды расхода СМ 50 %

Наименование	Створ						Среднее значение
	1	2	3	4	5	6	
Глубина СМ 50 % (естественный), м	0,19	0,38	0,25	0,18	0,35	0,35	0,28
Глубина СМ 50 % (эксплуатационный), м	0,12	0,14	0,09	0,08	0,20	0,19	0,14
Δ СМ 50%-й обеспеченности, м	0,07	0,24	0,16	0,10	0,15	0,16	0,15
Δ СМ 50%-й обеспеченности, %	58,3	171,4	177,8	125	75	84,2	107,3

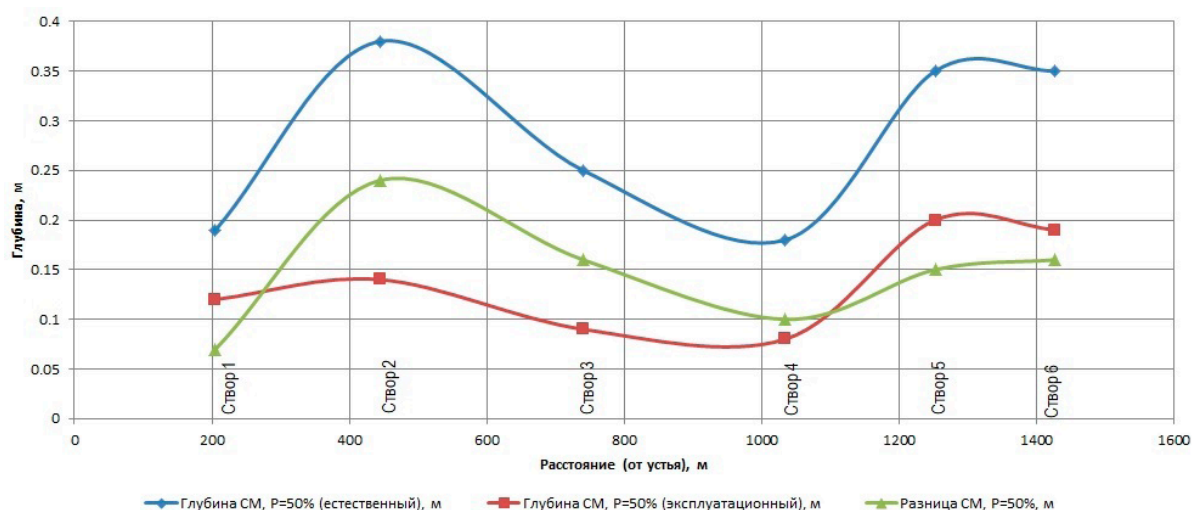


Рис. 6. Глубина стока СМ 50 % в условиях естественного и эксплуатационного состояния канала

Заключение

Существующие водные ассоциации на исследуемом участке канала Я-6 вполне пригодны к использованию для торможения местного стока и его пропуска при повышенных уровнях воды.

Сообщество трав, типичное для мелиоративных каналов центрального Полесья, в

русле водотока могут создавать гидравлические сопротивления, которые в период минимального стока (СМ 50 %), способны повысить уровни воды в среднем в 2 раза по сравнению с окошенным каналом.

Библиографический список

1. Стратегия адаптации сельского хозяйства Республики Беларусь к изменению климата [Электронный ресурс] / М-во природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://minpriroda.gov.by/uploads/files/4-Minselxozprod-Strategija-adaptatsii-s-x.pdf/>. – Дата доступа: 03.04.2023.

2. Логинов, В. Ф. Современные изменения климата Беларуси / В. Ф. Логинов // Фундамент. и приклад. климатология. – 2022. – Т. 8, № 1. – С. 51–74. <https://doi.org/10.21513/2410-8758-2022-1-51-74>
3. Хитриков, М. А. Оценка изменений и прогноз биоклиматического потенциала территории Беларуси : автореф. дис. ... канд. географ. наук : 25.03.08 / М. А. Хитриков ; Ин-т природопользования НАН Беларуси. – Минск, 2021. – 21 с.
4. Лихацевич, А. П. Математическая модель урожая сельскохозяйственных культур / А. П. Лихацевич // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2021. – Т. 59, № 3. – С. 304–318. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2021-59-3-304-318>
5. Анженков, А. С. Состояние мелиоративных систем в Беларуси: задачи и перспективы / А. С. Анженков, Н. Н. Линкевич // Мелиорация. – 2022. – № 1 (99). – С. 5–12.
6. Шкутов, Э. Н. Оценка возможности проведения подпочвенного увлажнения на площадях осушительных систем южной и центральной части Беларуси / Э. Н. Шкутов, В. П. Иванов, А. И. Ракицкий // Мелиорация. – 2017. – № 2 (80). – С. 10–22.
7. Ракицкий, А. И. Гидравлический расчет открытого канала в среде HEC-RAS / А. И. Ракицкий // Мелиорация. – 2022. – № 4 (102). – С. 30–38.
8. Расчетные гидрологические характеристики. Порядок определения. = Разліковыя гідралагічныя характарыстыкі. Парадак вызначэння : ТКП 45-3.04-168-2009 (02250). – Введ. 30.12.09. – Минск : Минстройархитектуры, 2010. – 55 с.
9. Флора БССР : в 5 т. / Ботан. сад Акад. наук БССР ; ред.: Б. К. Шишкин [и др.]. – Москва : Сельхозгиз, 1949. – Т. 1. – 432 с.
10. Флора БССР : в 5 т. / Ботан. сад Акад. наук БССР ; ред.: Н. А. Дорожкин [и др.]. – Минск : Изд-во Акад. наук БССР, 1950. – Т. 3. – 490 с.
11. Волчек, А. А. Минимальный сток рек Беларуси : монография / А. А. Волчек, О. И. Грядунова. – Брест : Брест. гос. ун-т им. А.С. Пушкина, 2010. – 300 с.
12. Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования. = Меліарацыйныя сістэмы і збудаванне. Нормы праектавання : ТКП 45-3.04-8-2005 (02250). – Введ. 01.11.05. – Минск : Минстройархитектуры, 2006. – 105 с.

Поступила 7 июня 2023 г.

ПОДБОР ТРАВОСМЕСЕЙ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ РУСЛОВОЙ ЧАСТИ МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛОВ

Т. Г. Свиридович, кандидат технических наук

РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь

Аннотация

Для нормального функционирования современных мелиоративных систем большое значение имеет повышение устойчивости откосов каналов и дамб от разрушений под действием ряда причин естественного и искусственного характера. Приведен подбор травосмесей для укрепления откосов мелиоративных каналов на основе многолетних корневищных трав и быстроразвивающихся рыхлокустовых злаковых и бобовых трав. Даны нормы высева семян с учетом особенностей откоса, обеспечивающих надежную устойчивость и долговечность мелиоративных систем.

Ключевые слова: травосмеси многолетних видов трав, нормы высева семян, откос земельных сооружений, мелиоративный канал.

Abstract

T. G. Sviridovich

SELECTION OF GRASS MIXTURES TO STRENGTHEN THE CHANNEL PART OF THE RECLAMATION CHANNELS

For the normal functioning of modern reclamation systems, it is of great importance to increase the stability of channel slopes and dams from destruction under the influence of a number of natural and artificial causes. The selection of grass mixtures for strengthening the slopes of reclamation channels, based on perennial rhizomatous grasses and rapidly developing loose-leaf cereals and legumes, is given. The norms of seeding are given, taking into account the features of the slope, providing reliable stability and durability of reclamation systems.

Keywords: grass mixtures of perennial grass species, seed seeding rates, slope of land structures, reclamation channel.

Введение

Надежная защита откоса от эрозийных процессов достигается созданием мощного растительного покрова, обладающего достаточной скоростью развития и образующего на откосах прочный, долговечный дерновый покров. В связи с этим правильный подбор травосмеси имеет решающее значение при биологическом способе укрепления мелиоративных каналов. Геологические условия на откосах земельных сооружений отличаются сложностью; в верхней части откоса наблюдается дефицит влаги, в нижней – переувлажнение. В почвах отмечается недостаток питательных веществ. Резкие колебания температуры почвы, опасность эрозийных процессов требуют включения в травосмесь таких видов трав, которые развивали бы мощную корневую систему и были устойчивы к отрицательным факторам окружающей среды.

Поэтому проблему защиты откосов каналов от разрушений невозможно решить без совокупности поисковых и экспериментальных работ.

Быстрый рост, способность образовывать плотную дернину, приживаемость в условиях неравномерного увлажнения и освещения откосов являются определяющими свойствами при подборе трав. Для создания прочной дернины, выдерживающей длительное затопление или недостаток влаги, в травосмеси необходимо включать 40–60 % влаголюбивых трав и 30–50 % засухоустойчивых. Всхожесть семян должна соответствовать установленным требованиям к сортовым и посевным качествам семян согласно постановлению Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь № 37 от 29 октября 2015 г. (с изменениями и дополнениями).

Общая часть

Экспериментальные исследования проводились на мелиоративном объекте Логойского р-на Минской обл. Мелиоративный объект был частью рекультивированных торфяников, земли которого осушались открытой регулирующей сетью самотечным способом. Подстилающие породы канала представлены песками различного гранулометрического состава. Дно и откосы каналов крепились каменным мощением на слое щебня, сплошной одерновкой.

Цель исследований – подбор компонентов травосмеси, позволяющих заменить одерновку укладкой торфо-травяной смеси, создающей травяной ковер. Для этого были выбраны составные элементы травяных непроросших ковров, то есть арматура (материал ковра), торфосмесь с семенами многолетних трав и минеральные удобрения.

Норма высева семян трав и видовой состав травосмеси была установлена на основании анализа научной литературы, касающейся во-

просов обоснования количественного состава компонентов. Выбранный состав травосмеси был сориентирован на виды трав, устойчивых к условиям периодического затопления и способных произрастать в нижней части откосов каналов (табл. 1).

Из приведенного состава были выбраны наиболее распространенные виды трав, и проведен полевой опыт с высевом четырехкомпонентной смеси, включающей тимopheевку луговую – 10 кг/га, овсяницу луговую – 14, мятлик луговой – 10, райграс пастбищный – 6 кг/га. Толщина ковров принималась 2–3 см из условия максимальной глубины заделки семян в почву.

После укладки ковров на откосы каналов, в результате обследования уложенных ковров, было отмечено быстрое развитие корневой системы и надземной части трав: количество побегов на коврах достигло 0,9–1,4 тыс. шт./м² (табл. 2).

Таблица 1. Травосмеси и нормы высева семян с учетом особенностей откоса [2]

Травосмесь	Особенности откоса	Состав травостоя	Норма высева семян, кг/га
1	Затапливается водой во время весеннего паводка	Мятлик луговой	10
		Тимофеевка луговая	10
		Овсяница луговая	18
		Райграс пастбищный	6
		Всего	44
2	Не затапливается водой; летом – дефицит влаги	Овсяница красная	18
		Тимофеевка луговая	10
		Овсяница луговая	14
		Райграс пастбищный	6
		Всего	48
3	Периодическое или постоянное переувлажнение	Мятлик луговой	10
		Лисохвост луговой	18
		Райграс пастбищный	8
		Тимофеевка луговая	10
		Всего	46
4	Каналы двухстороннего регулирования. Затопление откосов во время вегетации свыше 30 суток	Двукосточник тростниковый	25
		Мятлик луговой	7
		Райграс пастбищный	6
		Всего	38

Таблица 2. Характеристики торфодерновых ковров к моменту съема

Вид торфа	Густота травостоя, тыс. шт./м ²	Масса корней (воздушно-сухой массы), кг/м ²	Усилие на разрыв, кПа
Низинный	7,8	1,2	15
	6,9	1,4	18
	6,2	0,9	14
Верховой	5,6	0,6	24
	5,1	0,8	21
	5,2	0,4	19
Низинный	6,4	0,9	12
	5,9	1,1	11
	6,9	1,2	8
Верховой	4,8	0,7	16
	4,6	1,0	23
	4,0	0,6	19

Установлено, что характеристики полученных травяных ковров соответствуют показателям дернового покрова хорошего качества. Следовательно, выбранный видовой состав травосмеси можно использовать в дальнейших исследованиях, но с корректировкой нормы высева семян.

Наиболее эффективно включать в травосмесь многолетние корневищные и корневищно-рыхлокустовые злаковые травы, такие как кострец безостый, овсяница красная, двукосточник тростниковый, полевица белая, лисохвост луговой, мятлик луговой. Но поскольку многолетние травы в первые годы жизни развиваются в основном медленно, обязательно включение в состав травосмеси быстро развивающихся рыхлокустовых злаковых (райграса, тимофеевки, овсяницы луговой) и бобовых трав (клевера) [1–3].

Ученые РУП «Институт мелиорации» рекомендуют при периодическом или постоянном переувлажнении следующий состав травосмеси и нормы высева (при 100%-й хозяйственной годности, кг/га): лисохвост луговой – 18; полевица белая – 8; тимофеевка луговая – 10. Однако норма высева высока и требует сегодня больших материальных затрат.

Также в результате проведенных нами исследований и наблюдений в полевых условиях определено, что при включении видов трав в травосмесь и установлении соотношения между ними необходимо учитывать гидрогеологические условия откосов. Травосмеси должны состоять из 3–4 компонентов (табл. 1, 2).

Нормы высева семян трав, приведенные в табл. 1, в зависимости от конкретных условий (технологии укрепления, плодородия почвы, условий агротехники и др.), могут быть снижены или повышены. В случае отсутствия какого-либо из видов трав, указанных в табл. 1, возможна замена его другими из аналогичной биологической группы (табл. 3).

Ведущими видами в травосмеси должны быть долголетние корневищные травы: кострец безостый, овсяница красная, двукосточник тростниковый, лисохвост луговой, мятлик луговой. Эти растения увеличивают упругость дернового покрова за счет образования горизонтального переплетения корневищ. Для создания прочной дернины уже в год посева (или укладки травяных ковров) в травосмесь необходимо включать быстрорастущие рыхлокустовые злаки, которые дают разветвленную корневую систему (тимофеевку луговую, овсяницу луговую, райграс однолетний); бобовые травы – лядвенец рогатый, клевер луговой и клевер ползучий.

При изготовлении травяных ковров рекомендуется следующий видовой состав травосмеси: овсяница красная, лисохвост луговой (или мятлик луговой), райграс пастбищный, тимофеевка луговая.

Для укрепления откосов каналов, переувлажняемых периодически или постоянно, рекомендуется следующая травосмесь: мятлик луговой, лисохвост луговой, полевица белая, тимофеевка луговая. При этом следует повышать качество травосмеси добавлением в ее

состав двукисточника тростникового, овсяницы красной, лисохвоста лугового [4].

В РУП «Институт мелиорации» разработаны рекомендации по производству биологических ковров для газонов и крепления откосов земляных инженерных сооружений. Дёрн, выращенный промышленным способом, предназначается для озеленения городских территорий, газонов, спортивных площадок, для борьбы с эрозией посевов на склонах естественных и искусственных возвышений, для крепления откосов дамб и других инженерных сооружений. Как правило, необходимо высевать 80–100 кг/га травосмеси [5, с. 6].

Следует отметить, что создание на откосе мелиоративного канала упругой плотной дер-

нины предполагает соответствующий уход за ней: необходимо либо окашивание канала, либо уплотнение травостоя подсевом трав. Согласно правилам эксплуатации (обслуживания) проводящих, регулирующих и ограждающих каналов, пользователи мелиоративных систем и организации по строительству и эксплуатации мелиоративных систем должны обеспечивать как посев трав на откосах и бермах, так и отсутствие на них сорной растительности [6]. Ненадлежащий уход за откосом канала чреват его обрушением и препятствует своевременному отводу избыточных поверхностных и грунтовых вод с мелиорированных земель, что и приводит к обрушению откоса (рисунок).

Таблица 3. Агробиологические свойства трав, применяемых для укрепления русловой части каналов

Вид трав	Тип кущения	Зимостойкость	Засухоустойчивость	Выносит затопление, сутки	Продолжительность жизни, лет
1	2	4	5	6	7
Тимофеевка луговая	Рыхлокустовой	Морозоустойчивая	Слабо засухоустойчивая	До 30	Свыше 10
Овсяница луговая	Рыхлокустовой	Морозоустойчивая	Засухоустойчивая	До 30	Свыше 10
Райграс однолетний	Рыхлокустовой	Не морозоустойчив	Не засухоустойчив	Не выносит	1
Райграс пастбищный	Рыхлокустовой	Не морозоустойчив	Не засухоустойчив	До 30	6–8
Лисохвост луговой	Корневищно-рыхлокустовой	Морозоустойчив	Не засухоустойчив	40...45	Неопределенно долго
Мятлик болотный	Рыхлокустовой	Морозоустойчив	Не засухоустойчив	До 30	Неопределенно долго
Мятлик луговой	Корневищно-рыхлокустовой	Морозоустойчив	Не засухоустойчив	До 30	Неопределенно долго
Овсяница красная	Корневищно-рыхлокустовой	Морозоустойчив	Не засухоустойчивая	До 45	Неопределенно долго
Костер безостый	Длинно-корневищный	Морозоустойчив	Наиболее засухоустойчив	Более 45	Свыше 10

Таблица 4. Смеси семян трав для биологических ковров, % по массе [5, с. 9]

Виды трав	Смесь 1	Смесь 2
Мятлик луговой	20	20
Райграс пастбищный	80	–
Овсяница красная	–	40
Овсяница луговая	–	40



Рисунок. Деформация и обрушение откосов канала магистрального канала мелиоративной системы (Смолевичский р-н Минской обл.)

Заключение

Установлено, что основными факторами, влияющими на технико-экономические показатели процесса укрепления русловой и нижней частей откосов каналов, являются технология их укрепления, композиционные составы травосмеси, применяемые в зависимости от плодородия и вида почвогрунтов.

При укреплении откосов каналов, периодически или постоянно переувлажняемых, рекомендуется использовать следующий состав травосмеси: мятлик луговой, лисохвост луговой, полевицу белую, тимофеевку луго-

вую. При этом можно повышать устойчивость травосмеси добавлением в ее состав двукисточника тростникового, овсяницы красной, лисохвоста лугового.

Полученные результаты внедрены на мелиоративных системах Гомельской, Брестской и Витебской областей. Использование биологических способов в практике мелиоративного строительства и реконструкции своевременного, надежного укрепления каналов – главное средство повышения технико-экономической эффективности мелиоративных систем.

Библиографический список

1. Шнип, С. А. Биологические способы крепления откосов каналов, плотин и дамб / С. А. Шнип. – Минск : Ураджай, 1980. – 94 с.
2. Эффективное сельскохозяйственное использование пойменных земель Припятского Полесья : метод. рекомендации / Э. Н. Шкутов [и др.]. – Минск : РУП «Институт мелиорации», 2015. – 48 с.
3. Производство и применение торфодерновых ковров для крепления откосов каналов, плотин и дамб : пособие к Руководству по креплению откосов земляных сооружений на мелиоративных объектах гидропосевом трав ВТР–С–11–77 / С. А. Шнип [и др.]. – Москва : М-во мелиорации и вод. х-ва СССР, 1988. – 19 с.
4. Свиридович, Т. Г. Технология укрепления русловой части каналов армированными коврами : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Т. Г. Свиридович ; Акад. аграр. наук Респ. Беларусь, Бел. аграр. техн. ун-т. – Минск, 1998. – 23 с.
5. Кондратьев, В. Н. Промышленное производство биологических ковров для газонов и крепления откосов земляных инженерных сооружений (временные рекомендации) /

В. Н. Кондратьев, Н. Г. Райкевич, В. Н. Титов. – Минск : РУП «Институт мелиорации и луговодства НАН Беларуси», 2004. – 36 с.

6. Эксплуатация (обслуживание) и ведение государственного учета мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 10 июля 2009 г. № 920 «О некоторых вопросах эксплуатации (обслуживания) и ведения государственного учета мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений» (в редакции постановлений Совета Министров Респ. Беларусь от 23 окт. 2012 г., № 962; от 29 сент. 2016 г., № 787 / Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://etalonline.by/document/?regnum=c20900920>. – Дата доступа: 16.06.2023 г.

Поступила 16 июня 2023 г.

ЗАВИСИМОСТЬ ИРРИГАЦИОННОЙ ЭРОЗИИ СЕРО-КОРИЧНЕВЫХ ПОЧВ ОТ МЕЗОРЕЛЬЕФА В ЮЖНОЙ МУГАНИ АЗЕРБАЙДЖАНА

М. Г. Мустафаев¹, доктор аграрных наук
З. Р. Гурбанова², кандидат технических наук
Э. А. Гурбанов³, доктор аграрных наук
Дж. Т. Мехтиева³, старший преподаватель

¹Институт почвоведения и агрохимии Министерства науки и образования Азербайджана

г. Баку, Азербайджан

²Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности,

г. Баку, Азербайджан

³Азербайджанский университет архитектуры и строительства

г. Баку, Азербайджан

Аннотация

Изучено проявление ирригационной эрозии на посевах хлопчатника, расположенных на серо-коричневых почвах южной предгорной части Муганской степи. Установлено, что уклон и мезорельеф участка оказывают более сильное воздействие на размыв борозды, чем величина поливной струи. В результате ирригационной эрозии происходит обеднение почвы гумусом и валовыми формами питательных элементов, которые в зоне размыва снижаются на 15–20 % от исходного до полива. Более сильное влияние на рост, развитие и урожайность хлопчатника оказывает уклон поверхности почвы, чем элементы техники полива. Установлены связи показателей урожайности между степенью неравномерности рельефа и развитием хлопчатника.

Ключевые слова: ирригационная эрозия, мезорельеф, серо-коричневые почвы, биогенные элементы, хлопчатник, урожайность.

Abstract

M. G. Mustafae, Z. R. Gurbanova, E. A. Gurbanov, J. T. Mehtiyev

DEPENDENCE OF IRRIGATIONAL EROSION OF GRAY-BROWN SOILS FROM THE MESORELIEF IN SOUTHERN MUGAN AZERBAIJAN

On the gray-brown soils of the southern foothill part of the Mugan steppe, the manifestation of irrigation erosion on cotton crops was studied. It has been established that the slope and mesorelief of the plot have a great influence on the erosion of the furrow, than the magnitude of the irrigation jet. As a result of irrigation erosion, the soil is depleted of humus and gross forms of nutrients, which in the erosion zone are reduced by 15–20 % from the initial level before irrigation. The elements of the slope have a stronger influence on the growth, development and yield of cotton than the elements of the irrigation technique. Relationships between yield indicators between the degree of unevenness of the relief and the development of cotton have been established.

Keywords: irrigation erosion, mesorelief, gray-brown soils, biogenic elements, cotton, productivity.

Введение

Значительная часть площади орошаемых земель (35 %) Азербайджана расположена в предгорных районах с очень сложным мезо- и микрорельефом местности, характеризующейся крутыми и покатыми склонами, сильной расчлененностью ручьями, оврагами и другими естественными преградами [1].

Частая изменчивость крутизны склонов и сильная пересеченность местности обуслови-

ли образование многочисленных обособленных мелких поливных участков. Мощность степени эродированности, гранулометрический и химический составы, водно-физические и другие свойства почвенного покрова изменяются в строгом соответствии с трансформацией элементов рельефа и крутизны склонов мощности [1–3]. Изучению вопросов ирригационной эрозии и разработки противоэро-

зионной техники полива посвящены исследования М. С. Кузнецова [4, 5], Э. К. Мирзаева [6], Э. А. Гурбанова [1, 3], Р. П. Моргана [7] и других исследователей.

В условиях Южной Мугани ирригационная эрозия на хлопковых полях зачастую наблюдается в виде глубоких промоев дна борозд на повышенных элементах рельефа. В пониженных местах эрозия проявляется в виде выносов

Объект и методика исследования

Исследуемая территория составляет около 250 тыс. га. Абсолютные отметки почвы колеблются от 0 до 110 м над уровнем моря.

В геоморфологическом отношении данная зона относится к аллювиальным равнинам и предгорьям. Рельеф местности широковолнистый; представлен овражно-балочной сетью, равнинами и холмисто-платообразными повышениями. Южная Мугань имеет уклон поверхности в пределах 0,0005–0,060 и более, поэтому опытные участки выбирались с различными уклонами.

Климат здесь умеренно-теплый, субтропический, с сухим жарким летом. Среднегодовая температура воздуха колеблется в пределах +13... +14 °С, количество выпадающих осадков – 250–300 мм в год [8]. В большинстве случаев осадки выпадают в виде ливней, которые способствуют интенсивному развитию эрозионных процессов [9–11].

Участки для исследований определялись на территории серо-коричневых (каштановых) почв. Объект исследований выбирался с учетом соответствия почвенного покрова, мезорельефа местности и мелиоративного состояния территории в основной зоне распространения ирригационной эрозии почв на предгорной части Южной Мугани [1, 3].

При проведении опытов в Южной Мугани были поставлены следующие задачи:

Результаты исследований и их обсуждение

Как показывают результаты наших исследований, в условиях Южного Мугана, в зависимости от мезорельефа, опасность ирригационной эрозии почвы состоит в смыве ее значительного количества вместе с питательными веществами, что приводит к снижению урожаев возделываемых культур.

почвы, которые происходят в основном из-за нарушения правил режима полива сельскохозяйственных культур и слишком большой поливной струи. Поливные борозды нарезаются по направлению большого уклона, что приводит к потере огромного количества гумуса, азота, фосфора, калия и других полезных элементов питания растений [2, 3].

1) определить размеры ирригационной эрозии на полях с разным характером выраженности мезорельефа;

2) исследовать влияние ирригационной эрозии на размер потерь питательных элементов почвы (гумус, азот, фосфор);

3) выяснить степень влияния ирригационной эрозии на пестроту роста, развитие и потери урожая хлопчатника.

Наблюдения велись на почвах с. Агайры (Биласуварский р-н).

Почва опытного участка – орошаемая, светло-серо-коричневая; глубина залегания грунтовых вод 8–15 м.

Три выбранных поливных участка отличались между собой по выраженности рельефа:

1) участок со средним равномерным уклоном по всей длине борозды (0,005–0,007);

2) участок с большим однообразным уклоном (0,056–0,055);

3) участок с беспокойным волнистым мезорельефом и замкнутыми понижениями с общим большим уклоном (0,025–0,035).

Поступление и сброс поливной воды измерялись в начале и в конце поливных борозд малыми водосливами Томсона-450 [3, 4]. Фенологические наблюдения и сбор урожая хлопчатника на опытных участках проводились по методике СоюзНИХИ. При анализе физико-химических свойств серо-коричневых почв использовались традиционные методы [12].

За всеми растениями учетного ряда без исключения велись наблюдения по 10-метровым отрезкам (табл. 1).

Чтобы определить изменения продольного и поперечного сечений борозд, появившихся в результате эрозии, на всех участках проводилась нивелирная съемка продольного

и поперечного профилей до и после полива (продольные профили борозд – через 1 метр, поперечные – через каждые 10 метров).

При сравнительно однообразном, ровном уклоне (0,005–0,007) и величине поливной струи 0,1 л/сек поперечное сечение борозды не изменялось – выявлена только незначительная усадка почвы (около 1 см). На участках же с большим уклоном (0,050–0,055), а также на бороздах с волнистым рельефом профиль менялся за счет смыва или намыва почвы. Такие трансформации больше всего отмечены на участке с большим однообразным уклоном (при повышенных струях воды) и отчасти на участке с волнистым рельефом.

При поливе участков, расположенных на волнистом рельефе и на замкнутых понижениях, эти места наполняются продуктами смыва и рельеф уравнивается.

Анализ проб воды и твердого стока, взятых на различных точках поливных участков, позволил выявить изменения в химическом составе воды и объемах смыва и намыва почвы.

При поливах на концевых частях борозды наблюдалось помутнение воды. По мере продвижения поливной воды по борозде количество взвешенных частиц постепенно нарастало, а затем наблюдался его спад. Это объясняется тем, что в начале борозды скорость

продвижения воды большая, что обуславливает ее смыв, а когда скорость постепенно уменьшается, происходит откладывание смытых частиц, то есть образуется намыв.

С увеличением уклона возрастали величина твердого стока и мутность воды (за счет смыва). Наибольшее количество взвешенных наносов обнаружено в сбросных водах; по сравнению с поступающей водой здесь мутность возрастает в десятки раз (табл. 2).

Данные о содержании гумуса, валового азота и фосфора в твердом стоке представлены в табл. 3.

Как видно из табл. 3, в твердом стоке сбросных вод процентное содержание азота и фосфора увеличивается по сравнению с их содержанием в поступающей воде. Это объясняется тем, что поливная вода, продвигаясь по сухой борозде, уносит частицы фракций, в которых содержится большое количество фосфора. Вынос азота сбросной водой обусловлен большой растворимостью как его нитратных, так и аммиачных форм.

Уменьшение содержания гумуса в твердом стоке объясняется тем, что по мере продвижения воды в борозде определенное количество гумуса задерживается между крупными частицами почвы, то есть происходит его физическое поглощение [13, 14].

Таблица 1. Развитие и рост хлопчатника на опытных участках

№	Название уклонов	Показатели	Среднее по 10-метровым отрезкам							Среднее $M \pm$
			1	2	3	4	5	6	7	
1	Уклон ровный, малый однообразный (0,005–0,007)	Высота, см	41,2	35,3	39,2	41,1	43,5	39,7	42,2	40,3 $\pm$ 0,7
		Кол-во симподиальных ветвей, шт.	6,9	6,1	6,4	6,2	6,5	5,5	5,9	6,2 $\pm$ 0,13
		Кол-во коробочек, шт.	6,2	5,6	4,9	4,4	5,2	4,1	5,2	5,1 $\pm$ 0,3
2	Уклон большой, однообразный (0,050–0,055)	Высота, см	51,6	52,9	48,5	46,1	43,2	46,8	47,4	48,1 $\pm$ 1,25
		Кол-во симподиальных ветвей, шт.	8,4	7,6	7,7	7,5	6,8	8,3	7,7	7, $\pm$ 0,06
		Кол-во коробочек, шт.	7,7	10,0	6,9	8,4	5,7	7,4	7,7	7, $\pm$ 0,52
3	Уклон большой, волнистый, с наличием замкнутых понижений (0,030–0,035)	Высота, см	57,2	64,9	63,1	49,1	57,7	42,6	–	56 $\pm$ 3,2
		Кол-во симподиальных ветвей, шт.	8,4	10,2	9,5	8,5	9,1	6,3	–	8,7 $\pm$ 0,5
		Кол-во коробочек, шт.	8,4	9,8	10,9	7,5	8,4	7,2	–	8,7 $\pm$ 0,5

Таблица 2. **Содержание взвешенных частиц в воде на различных местах борозды**

№	Характеристика рельефа с указанием воздействия полива	Величина струи, л/сек	1-й полив	2-й полив
1	Ровный уклон – поступающая вода	0,1	0,282	0,408
2	Ровный уклон – сбрасываемая вода	0,07	2,202	3,753
3	Волнистый мезорельеф – замкнутое положение	0,08	5,43	3,44
4	Волнистый мезорельеф – на водоразделе	0,07	34,7	18,4
5	Волнистый мезорельеф – сбрасываемая вода	0,06	32,32	31,5
6	Уклон большой – сбрасываемая вода	0,12	42,6	70,82

Таблица 3. **Содержание гумуса, валовых форм азота и фосфора в твердом стоке, %**

№	Место отбора образцов твердого стока	Гумус	Азот	Фосфор
1	В поступающей воде	1,412	0,071	0,245
2	В сбрасываемой воде на ровном уклоне	2,118	0,188	0,255
3	На волнистом мезорельефе в замкнутом понижении	2,098	0,171	0,270
4	Волнистый мезорельеф на водоразделе	1,950	0,181	0,295
5	Волнистый мезорельеф, сбрасываемая вода	2,029	0,126	0,295
6	Большой уклон сбрасываемой воды	2,386	0,181	0,260

Таблица 4. **Содержание воднорастворимых солей в пробах, взятой на различных мест борозд (мг/л)**

№	Название образцов	рН	Азотная кислота, мг/л	Хлориды	Сульфаты, мг/л	Кальций, мг/л	Магний, мг/л	Натрий, калий, мг/л	Гидрокарбонаты, мг/л	Плотный осадок
1	Ровный уклон – поступающая вода	7,8	не обнаружена	4,0	63,1	42,2	22,1	13,3	189,1	269,0
2	Ровный уклон – сбросная вода	7,7	0,3	5,0	61,5	40,2	13,9	30,8	189,1	250,0
3	Уклон мезорельефа – намытая часть	7,6	0,3	4,0	56,6	40,2	16,4	16,5	170,8	233,0
4	Уклон мезорельефа – водораздел	7,5	не обнаружена	4,0	48,5	49,8	12,8	8,74	170,8	231,5
5	Уклон мезорельефа – сбросная вода	8,1	не обнаружена	4,0	50,8	42,2	13,9	9,36	152,5	229,5
6	Большой уклон – сбросная вода	7,8	0,15	3,0	52,6	44,0	16,4	2,7	152,5	215,5

При анализе вод на содержание водно-растворимых солей получены данные, сведенные в табл. 4. Так, зафиксировано различное содержание водорастворимых солей в зависимости от места взятия образцов.

Азот в формах аммиака и азотной кислоты в образцах не обнаружен. Значительное присутствие азотной кислоты наблюдается в сбросной воде ровного и большого уклонов, а также в намытой части уклона мезорельефа.

По пути движения заметно поглощаются почвой сульфаты и гидрокарбонаты из группы

анионов, а из группы катионов магний, кальций остаются без изменения. Натрий и калий отмечаются в больших количествах в сбросной воде ровного уклона и в намытой части мезорельефа, а в остальных случаях наблюдается их уменьшение.

В целом изменение химического анализа воды по пути ее движения выразилось в уменьшении величины плотного остатка, что происходит, видимо, за счет поглощения магния и сульфатов.

Выводы

Чем резче выражен мезорельеф участка, чем больше уклон и поливная струя, тем сильнее проявляется ирригационная эрозия.

При одинаковых величинах поливной струи в борозде на участках с минимальным уклоном (0,004–0,006) ирригационная эрозия незначительна. Смыв и вынос почвенных частиц за пределы участка в 20–30 раз меньше,

чем на участках с волнистым мезорельефом и большим уклоном.

В результате ирригационной эрозии элементы плодородия смываются и перемещаются из верхних отрезков борозд в концевые, а иногда и за пределы участка. Это, в свою очередь, приводит к снижению плодородия и увеличению пестроты орошаемого поля, то есть в итоге к потерям урожая.

Библиографический список

1. Gurbanov, E. A. Soil degradation due to erosion under furrow irrigation / E. A. Gurbanov // Eurasian Soil Science. – 2010. – Vol. 43, № 12. – P. 1387–1393.
2. Гурбанов, Э. А. Деградация почв в результате эрозии при поливе по бороздам / Э. А. Гурбанов. – Почвоведение. – 2010. – № 12. – С. 1494–1500.
3. Гурбанов, Э. А. Гидрологическая основа ирригационной эрозии и ее влияние на деградацию почв / Э. А. Гурбанов // Изв. аграр. науки. – 2006. – № 4. – С. 33–36.
4. Кузнецов, М. С. Противоэрозионная стойкость почв / М. С. Кузнецов. – Москва : МГУ, 1981. – 135 с.
5. Кузнецов, М. С. Эрозия и их охрана почв / М. С. Кузнецов, Г. П. Глазунов. – Москва : МГУ, 2017. – 346 с.
6. Мирзакеев, Э. К. Ирригационная эрозия почв предгорий Казахстанского Тянь-Шаня и меры борьбы с ней : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук : 03.00.27 / Э. К. Мирзакеев ; Ин-т почвоведения НАН Респ. Казахстан. – Алматы, 2007. – 51 с.
7. Morgan, R. P. C. Soil erosion and conservation / R. P. C. Morgan. – Oxford : Blackwell Publishing, 2005. – 3rd edition. – 304 p. Doi:10.1111/j.1365-2389.2005.0756f.x
8. Мусеибов, М. А. Физическая география Азербайджана / М. А. Мусеибов. – Баку : Маариф, 1998. – 400 с.
9. Бабаев, М. Р. Основные виды деградации почв в Кура-Аразской низменности Азербайджана / М. Р. Бабаев, Э. А. Гурбанов, Ф. М. Рамазанова // Почвоведение. – 2015. – № 4. – С. 501–512.
10. Бабажанов, А. Р. Организация использования орошаемых земель Узбекистана на основе противоэрозионных мероприятий / А. Р. Бабажанов, Р. Д. Абдираманов // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2020. – № 3. – С. 20.

11. Mustafayev, M. G. Criteria for the evaluation of reclamation status of soils in the Mugan-Salyan massif / M. G. Mustafayev // Journ. of Water and Land Development. – 2015. – № 24. – P. 21–26. Doi: 10.1515/jwld-2015-0003
12. Аринушкина, Е. В. Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – Москва : МГУ, 1970. – 476 с.
13. Mustafayev, M. G. Change of the salt's quantity and type in the irrigated soils of the Mughan Plain and their impact on plants productivity / M. G. Mustafayev // Internat. Journ. of Food Science and Agriculture. – 2020. – № 4 (2). – P. 101–108. Doi: <http://dx.doi.org/10.26855/ijfsa.2020.06.001>
14. Mustafayev, M. G. Diagnostic parameters of irrigated meadow-serozemic and alluvial meadow soils of the Mughan-Salyan massif of Azerbaijan / M. G. Mustafayev, Yu. A. Mazhaysky, D. V. Vinogradov // Russian Agricult. Sciences. – 2018. – Vol. 44, № 6. – P. 551–558.

Поступила 23 мая 2023 г.

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ХЛОПКОВЫХ ПОЛЯХ КУРА-АРАКСИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

А. Г. Ибрагимов, кандидат сельскохозяйственных наук

В. Г. Вердиева, PhD по аграрным наукам

Азербайджанский государственный аграрный университет,
г. Гянджа, Азербайджан

Аннотация

Изучены некоторые особенности эрозии почв Кура-Араксинской низменности, выявлены основные площади и направления эрозии, в том числе под хлопчатником. Предотвращение ирригационной эрозии представляет собой очень сложную практическую задачу. По мере увеличения расхода воды вымывание почвы усиливается. Поэтому для предупреждения этого процесса необходимы дополнительные меры, многие из которых способствуют повышению устойчивости почв к эрозии: применение севооборота, предварительное увлажнение и использование мелиорантов, полимерных и иономерных материалов для повышения устойчивости почвы к эрозии.

Ключевые слова: эрозия, почва, ирригация, полив по бороздам, хлопчатник.

Abstract

A. G. Ibragimov, V. G. Verdiyeva

FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF EROSION PROCESSES IN THE COTTON FIELDS IN THE KURA- ARAZ LOWLAND

Some features of soil erosion in the Kura-Araz lowland have been studied, the main areas and directions of erosion, including those under cotton, have been identified. Prevention of irrigation erosion is a very difficult task in practice. As the flow of water increases, the washing out of the soil increases. Therefore, additional measures are needed to prevent this process, many of these activities serve to increase soil resistance to erosion: the application of crop rotation, pre-wetting and the use of ameliorants, polymeric and ionomer materials to increase soil resistance to erosion.

Keywords: erosion, soil, irrigation, furrow irrigation, cotton.

Введение

Почва как природно-исторический объект является бесценным природным ресурсом человечества, имеющим большое значение в жизни человека и других живых существ. Глобальное изменение климата, деградация почв и сокращение биоразнообразия привели к ухудшению качества природных ресурсов. Однако в условиях высокого развития науки и техники охрана земельных ресурсов на национальном и региональном уровнях в полной мере не обеспечена. Это серьезная угроза эффективному использованию земель. Исследования показывают, что развитие хлопководства зависит от плодородия почв.

Хлопководство чувствительно к изменениям климата и погоды. Известно, что эрозия выступает основным фактором деградации почвы, по-разному влияя на ее плодородие и продуктивность. В результате дождевой и

ирригационной эрозии, возникающей на некоторых территориях, эрозионно-аккумуляционный процесс уничтожает продуктивную способность и деградирует почву.

Почвы засушливой субтропической зоны Азербайджана существенно влияют на развитие аграрного сектора. Для засушливой субтропической области страны, почти полностью охватывающей Кура-Араксинскую низменность, характерна древняя земледельческая культура. Почвы этой зоны в настоящее время подвержены деградации: засолению, ирригационной и ветровой эрозии, пастбищной эрозии, уплотнению, вымыванию гумусового слоя, недостатку питательных веществ, подъему уровня грунтовых вод, опустыниванию и другим неблагоприятным явлениям. Каждый процесс в почве проявляется в его морфогенетической диагностике.

По мере роста населения в мире повышается спрос на продукты питания и одежду, что увеличивает риск деградации почв за счет расширения землепользования. В любом случае на аридные и семиаридные экосистемы сильно влияют климатические и антропогенные факторы, которые приводят к ухудшению почвенных характеристик, нарушению функций экосистемы и снижению плодородия за счет нарушения гидрологического режима почвы [1].

Проведенные исследования показывают, что на почвах хлопковых полей, расположенных в полупустынном и засушливом степном ландшафте, развивались процессы дождевой, ирригационной, овражной и ветровой эрозии (дефляции) [2].

Объект и цель исследования. Основную часть зоны сухих субтропиков составляет Кура-Араксинская низменность, где находятся основные хлопководческие районы. Общая площадь низменности – 2,3 млн га, или 35,7 % всей территории страны. Это основной хлопководческий район, состоящий из 5 основных равнин: Ширванской, Карабахской, Мильской, Муганской, Сальянской.

Ширванская, Мильская, Муганская, Сальянская равнины в основном имеют гладко-аллювиальное и морское аллювиальное про-

исхождение, уклон поверхности здесь близок к самой низкой поверхности. На их поверхности наблюдаются эрозионно-аккумулятивные формы рельефа с наименьшей вертикальной амплитудой [3]. По гранулометрическому составу почвы определяются как светло-серо-бурые, тяжелоглинистые и глинистые. Состав природной растительности изучаемой территории многообразный; полыни и эфемеры в основном распространены на необработанных почвах и пастбищах, не используемых для возделывания.

Хлопководство в Азербайджане распространено в зоне субтропического климата, этот район получает большое количество солнечной энергии, что создает благоприятные условия для выращивания хлопчатника.

Основные цели нашего исследования – выявить актуальные диагностические показатели почв, распространенных в сухой субтропической области; определить факторы, вызывающие деградацию почв; изучить процессы антропогенной деградации, вызванные интенсивным сельскохозяйственным использованием сухих субтропических почв (зимние пастбища, распашка и др.), а также особенности деградации, обусловленные природными факторами (дождь, ветер, засоление и др.).

Основная часть

Большая часть хлопковых полей расположена в Кура-Араксинской низменности между горами Большого и Малого Кавказа и прилегающими районами. Здесь часть серо-бурых и серых, а также лугово-серых почв формируется на наклонных и фрагментарных участках

[4]. Потенциальная опасность развития на них эрозии высока, особенно на речных террасах и конусах выноса.

Установлено, что 131,2 тыс. га общей площади Мугано-Сальянского массива подвержены эрозии разной степени и разных видов (табл. 1).

Таблица 1. Показатели эрозии почв Кура-Араксинской низменности

На равнинах	Общая площадь, тыс./га	Зона эрозии	Виды эрозии				
			Дождевая эрозия			Ирригационная эрозия	Ветровая эрозия (дефляция)
			слабая	средняя	сильная		
Мугано-Сальянский массив	213,2	131,2	1,7	11,7	–	36,2	61,6
Ширванская равнина	231,2	116,9	6,0	0,3	8,6	41,5	42,5
Мильская равнина	192,2	29,7	0,9	0,6	–	24,5	2,7
Карабахская равнина	217,8	55,8	8,1	3,8	6,7	24,9	16,3
Всего	854,4	333,6	7,7	4,4	5,3	127,1	123,1

На равнинах этот массив более эродирован: здесь 21,7 тыс. га земель слабо эродированы дождями, а 11,7 тыс. га умеренно эродированы. Большая часть этих земель, на которых развита водная эрозия, не орошается и занимает юго-восточные склоны Ширванской равнины.

Мугано-Сальянский массив отличается степенью развития ветровой эрозии, которой подвержено 61,6 % всей площади. В отличие от ирригационной эрозии площадь ветровой эрозии в этом массиве шире, так как она может развиваться на орошаемых территориях, в том числе и на пастбищах. Ветровая эрозия интенсивно распространена на юго-востоке Ширванской и Сальянской равнин [5].

Распространение ветровой эрозии протекает более интенсивно в хлопковых полях Сальянской равнины, что наносит большой ущерб плодородию почв. Во время распашки и культивации при скорости ветра выше 3,5 м/с эрозия усиливается, мелкие частицы почвы переносятся с полей и часто накапливаются в каналах.

Склоновые орошаемые земли в Мугано-Сальянском массиве, Южной Мугани и в юго-восточном Ширване вокруг р. Куры имеют высокий риск ирригационной эрозии. Согласно результатам исследований, за вегетационный период в пределах поля с гектара смывается и дифференцируется 8–15 тонн плодородной почвы. Вместе со смываемой почвенной массой теряются или мигрируют в более глубокие слои гумус, азот и фосфор, что приводит к потере плодородия и структуры почвы. В зависимости от скорости потока воды мелкие частицы переносятся из верхней части поля в нижнюю часть [6]. В результате гранулометрический состав почвы в верхнем слое изменяется, что в итоге ухудшает физические и водно-физические свойства почвы. Так, вследствие развития ирригационной эрозии почва подвергается деградации.

На втором месте по степени развития эрозии стоит *Ширванская равнина*, где 116,0 тыс. га общей площади подвержено разным видам эрозии. Из них 16,0 тыс. га относятся к слабым, 8,3 тыс. – к средним и 8,6 тыс. – к сильным. Важно отметить, что дождевая эрозия преобладает на пастбищах.

Площадь земель, где отмечается ирригационная эрозия, достигает 41,5 тыс.га, а это означает, что на 25 % орошаемых земель в той или иной степени распространен этот вид эрозии. Она в основном формируется на речных террасах и конусах выноса, что неблагоприятно влияет на продуктивность хлопчатника [7].

Ветровая эрозия на Ширванской равнине охватывает 42,5 тыс. га земли, что по общей площади уступает лишь Мугано-Сальянскому массиву. Ветровая эрозия развита в относительно ровной части равнины: там она более интенсивна на пастбищах и культурных посевах, поверхность которых относительно слабо покрыта растительностью.

Ветровая эрозия на равнине также отрицательно влияет на плодородие и способствует засолению почвы, что необходимо учитывать при подготовке и проведении противозасоленных работ.

Площадь водной эрозии на *Мильской равнине* незначительна, что объясняется отсутствием здесь больших уклонов поверхности почв. Ветровая эрозия на этой равнине охватывает площадь всего в 2,7 тыс. га. Результаты исследований на данной территории показывают, что под хлопчатником большую площадь занимают земли, находящиеся под ирригационной эрозией (24,5 тыс. га орошаемых земель подвергнуто ею в различной степени).

Карабахская равнина отличается наличием сильноуклонных орошаемых земель. Здесь на 55,8 тыс. га площади равнины зафиксированы различные виды эрозии. Общая площадь, на которой развивается дождевая эрозия, составляет 28,6 тыс. га, из них 18,1 тыс. га – слабосмытые; 3,8 тыс. га – среднесмытые; 6,7 тыс. га – сильносмытые почвы.

Ирригационной эрозии подвержены 24,9 тыс. га орошаемых почв Карабахской равнины под хлопчатник – они расположены в предгорьях равнины, дельте и террасе р. Тартар, а также р. Хачинчай. В целом такой вид эрозии представляет серьезную угрозу плодородию и продуктивности почвы. При выявлении таких почв необходимы разработка и осуществление мер борьбы с эрозией, имеющих важное экономическое и экологическое значение.

На Карабахской равнине 16,3 тыс. га обшей площади подвержены ветровой эрозии – к ней относятся пашня и пастбища Евлахского района, а также расположенные вокруг автодороги Евлах – Гянджа [8].

Результаты исследований показывают, при поливе по бороздам уменьшение скорости

Результаты исследований и их обсуждение

Почвы в Кура-Араксинской низменности, используемые под хлопчатник на склоновых землях, в разной степени подвергаются водной эрозии, основными видами которой являются ирригационная и дождевая эрозия.

Из-за ирригационной эрозии исследователи характеризуют Кура-Араксинскую низменность как зону потенциальной опасности [10]. Здесь степень смыва почвы зависит от типа почв.

Для земель Кура-Араксинской низменности существуют следующие пределы водопотребления. На табл. 2 показаны границы смываемости почвы в темно-серо-бурых, обыкновенных серо-бурых, светло-серо-бу-

воды приводит к более раннему осаждению более крупных частиц [9].

В полях под хлопчатником, где развита ирригационная эрозия, в нижней части поля образуется аккумулятивная зона, причем ее протяженность непостоянна и меняется в зависимости от уклона и расхода поливной воды.

рых, серых, лугово-серых и серо-коричневых почвах, а также различные приемы эрозионного орошения для каждого типа почв.

Как следует из данных табл. 2, затраты на водопотребление увеличиваются по мере повышения устойчивости почвы к эрозии. Увеличение наклона приводит к уменьшению расхода воды. Если в этих условиях почву орошать, промывка хлопковых почв будет сведена к минимуму, а плодородие будет сохранено. При таких поливах равномерно увлажняется необходимый слой почвы и создаются условия для предотвращения водных потерь.

Таблица 2. Рекомендуемое водопотребление, л/с

Тип почвы	Устойчивость почвы к эрозии	Уклон				
		> 0,04	0,04–0,02	0,02–0,01	0,01–0,005	0,005–0,002
Темные и обыкновенно серо-бурые	0,076–0,065	0,12	0,25	0,45	0,80	1,00
Светло-серо-бурые	0,055–0,045	0,10	0,20	0,35	0,65	0,85
Лугово-серо-бурые	0,050–0,045	0,09	0,18	0,30	0,55	0,75
Серые	0,045–0,040	0,08	0,16	0,28	0,50	0,65
Серо-коричневые	0,042–0,038	0,08	0,15	0,25	0,45	0,60

Выводы

Под орошаемым хлопчатником почвы большей частью смыты. Для предотвращения эрозии существуют различные меры борьбы – почвозащитные приемы полива в зависимости от уклона, эрозионной стойкости и водопоглощающей способности почвы.

Рыхление почвы при бороздковом поливе ослабляет ее устойчивость к эрозии. Поэтому эти факторы следует учитывать при подготовке почвы. Для предотвращения ирригационной эрозии почв важно определить оптималь-

ную длину борозд с учетом их впитывающей способности [11].

Необходимо укреплять боковые стенки каналов и осуществлять противосмывные мероприятия. Для предотвращения развития оврагов следует устанавливать гидротехнические сооружения. В опасных зонах водопотребление должно регулироваться специальными плотинами. Для укрепления поверхности почвы важно проводить фитомелиоративные мероприятия.

Библиографический список

1. Мамедов, Г. Ш. Плодородная способность почвы / Г. Ш. Мамедов, М. Я. Халилов. – Баку : Елм, 2005. – 48 с.
2. Вердиева, В. Г. Экологическая оценка деградированных почв зимних пастбищ Джейранчельского массива / В. Г. Вердиева, М. Туркоглу // Eastern European Scientific Journal. – 2020. – № 7 (59), р. 4. – С. 29–32.
3. Мамедов, Г. Ш. Деградация почвенного покрова Азербайджана и пути его восстановления / Г. Ш. Мамедов // Экология и биология почв : материалы Междунар. науч. конф., Ростов-н/Д., 21–25 апр. 2005 г. / Ростов. гос. ун-т ; отв. ред.: К. Ш. Казеев, С. И. Колесников. – Ростов-н/Д., 2005. – С. 288–293.
4. Ибрагимов, А. Г. Сероземно-луговые почвы аридных зон Азербайджана и их классификация / А. Г. Ибрагимов // Науч. журнал Рос. НИИ проблем мелиорации. – 2017. – № 4. – С. 170–180.
5. Türkoğlu, M. Effect of stubble drift on fertility and soil erosion / M. Türkoğlu, V. Q. Verdiyeva // 3th International Icontech Symposium on Innovative Surveys in Positive Sciences, Oujda, 28–29 Jan. 2021 / Mohammed First University ; ed.: D. Bria. – Oujda, 2021. – P. 46.
6. Ибрагимов, А. Г. Эффективность воздействия микроэлементов на кормовые культуры в условиях равнинных почв Карабаха / А. Г. Ибрагимов, А. Азимов, В. Г. Вердиева // The Scientific Heritage. – 2021. – Vol. 2, № 77. – С. 11–14.
7. Мустафаев, М. Г. Мелиоративное состояние орошаемых засоленных почв Мугано-Сальянского массива Кура-Араксинской низменности / М. Г. Мустафаев // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2014. – № 1. – С. 127–131.
8. Ковда, В. А. Проблемы борьбы с опустыниванием и засолением орошаемых почв / В. А. Ковда. – Москва : Колос, 1984. – 304 с.
9. Бабаев, М. П. Восстановление и сохранение плодородия орошаемых земель / М. П. Бабаев, Ф. Х. Исаева, С. Ф. Джафарова. – Баку : Элм, 2010. – 220 с.
10. Lal, R. Soil degradation by erosion / R. Lal // Land Degradation & Development. – 2001. – № 12. – P. 519–539. <http://dx.doi.org/10.1002/ldr.472>
11. Changes in the properties of a Vertisol and responses of wheat after compaction with harvester traffic / B. J. Radford, B. J. Bridge, R. J. Davis, D. McGarry, U. P. Pillai, J. F. Rickman, P. A. Walsh, D. F. Yule // 2000. – Vol. 54, iss. 3–4. – P. 155–170. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(00\)00091-X](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(00)00091-X)

Поступила 20 апреля 2023 г.

ВЛИЯНИЕ ЭРОДИРОВАННОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ НА УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА СКЛОНАХ РАЗНОЙ ЭКСПОЗИЦИИ

Н. Н. Цыбулько¹, доктор сельскохозяйственных наук

В. Б. Цырибко², кандидат сельскохозяйственных наук

А. М. Устинова², кандидат сельскохозяйственных наук

И. И. Жукова³, кандидат сельскохозяйственных наук

С. Д. Воронович³, аспирант

¹Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Беларусь

²РУП «Институт почвоведения и агрохимии», г. Минск, Беларусь

³Белорусский государственный педагогический университет имени М. Танка,
г. Минск, Беларусь

Аннотация

Обобщены результаты длительных стационарных полевых опытов по изучению продуктивности сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах, подверженных водной эрозии, расположенных на склонах южной и северной экспозиций. Установлено, что озимые зерновые культуры снижают урожайность на слабосмытых почвах от 0,21 до 0,75 т/га (на 3–12 %), на средне- и сильносмытых почвах – 1,04 и 1,93 т/га (17–21 %) соответственно. На почвах с одинаковой степенью смытости снижение урожайности на склоне северной экспозиции более существенно по сравнению с южным склоном. Снижение урожайности яровых зерновых культур и ярового рапса на слабосмытых почвах колеблется от 0,05 до 0,46 т/га, или от 1 до 9 %. Недобор урожайности яровой пшеницы и ярового рапса на сильносмытых почвах достигает 21–22 %. Продуктивность яровой пшеницы, ячменя и ярового рапса на склоне северной экспозиции ниже, чем на склоне южной экспозиции. Недоборы урожая картофеля колеблются в зависимости от эродированности почвы в пределах 1,29–2,30 т/га (5–8 %). Влияние экспозиции склона проявляется не так существенно, как по другим культурам. Горох посевной и люцерна посевная в наибольшей мере реагируют на эродированность почв. Снижение урожайности гороха на средне- и сильносмытых почвах составляет 0,69–0,73 т/га зерна, или 27 %; люцерны – 15,42–18,50 т/га зеленой массы, или 22–30 %. Влияние эродированности почвы зависит также от экспозиции склона; на склоне северной экспозиции отрицательное влияние усиливается.

Ключевые слова: эродированные почвы, экспозиция склона, урожайность, сельскохозяйственные культуры.

Abstract

**M. M. Tsybulka, V. B. Tsyribko, A. M. Ustinova,
I. I. Zhukova, S. D. Voronovich**

INFLUENCE OF EROSION OF SOD-PODZOLIC SOILS ON THE PRODUCTIVITY OF AGRICULTURAL CROPS ON THE SLOPES OF DIFFERENT EXPOSURES

The results of long-term stationary field experiments on the study of crop productivity on sod-podzolic light loamy soils subject to water erosion located on the slopes of the southern and northern exposures are summarized. It has been established that winter grain crops reduce the yield on slightly washed soils from 0.21 to 0.75 t/ha (by 3–12 %), on medium and heavily washed soils it reaches 1.04 and 1.93 t/ha (17–21 %) respectively. On soils with the same degree of washout, the yield reduction on the slope of the northern exposure is more significant compared to the southern slope. The decrease in the yield of spring grain crops and spring rapeseed on slightly washed soils ranges from 0.05 to 0.46 t/ha or from 1 to 9 %. The shortage of yield of spring wheat and spring rapeseed on heavily washed soils reaches 21–22 %. The productivity of spring wheat, barley and spring rapeseed on the slope of the northern exposure is lower than on the slope of the southern exposure. Potato crop shortages vary depending on soil erosion in the range of 1.29–2.30 t/ha (5–8 %). The influence of the slope exposure is not as significant as in other cultures. Seed peas and alfalfa are most responsive to soil erosion. The decrease in the yield of peas on medium - and heavily washed soils is 0.69–0.73 t/ha of grain or 27 %, alfalfa – 15.42–18.50 t/ha of green mass or 22–30 %. The influence of soil erosion also depends on the slope exposure – on the slope of the northern exposure, the negative influence increases..

Keywords: eroded soils, slope exposure, yield, agricultural crops.

Введение

Рельеф – один из ведущих факторов проявления водной эрозии почв. Основные морфологические параметры склонов, влияющие на интенсивность смыва почвы, – это крутизна, длина, форма и экспозиция склона. Влияние экспозиции склона на развитие эрозии проявляется опосредованно, в связи с различиями микроклимата, влажности, запасов влаги и водопроницаемости почв, теплового баланса поверхности. В условиях Беларуси количество смытых почв на склонах южных и западных экспозиций на 30 % больше, чем на северных и восточных. На склонах с крутизной 4–5° средне- и сильносмытые почвы на юго-западных экспозициях составляют 75 % от смытых почв, на северных и восточных – не более 30 % [1].

Влияние экспозиции склона на интенсивность водной эрозии особенно сильно проявляется при стоке талых вод, что связано с неравномерностью распределения снега на склонах разных экспозиций. Сумма активных температур на южных склонах на 20–30 % выше, чем на склонах северных экспозиций. Почвенный покров склонов южной и западной экспозиций более эродирован, чем северной и восточной. При дождевой эрозии влияние экспозиции склона выражается через разную увлажненность почвы [2]. Приводятся данные, что среднесуточная температура пахотного слоя почвы на склоне юго-западной экспозиции на 3–7° выше, чем на склоне северо-восточной экспозиции [3].

Отмечается следующее снижение урожайности сельскохозяйственных культур на эродированных почвах по отношению к неэродированным: на слабоэродированных почвах

она снижается на 10–30 %; среднеэродированных – на 30–60; сильноэродированных почвах – на 60–80 %. В наибольшей мере снижают продуктивность пропашные культуры, а в меньшей – многолетние травы [4].

Различия гидротермических и почвенных условий на склонах разных экспозиций влияют на продукционный процесс растений и формирование урожайности сельскохозяйственных культур. Установлено воздействие экспозиции склона на вегетационный индекс посевов (NDVI). Заметное превышение этого показателя отмечено на озимых культурах в весенний период: так, в апреле разница между значениями индекса на склонах северо-восточной, северо-западной и южной экспозиций достигала 40–50 %. Для яровых культур также характерен рост NDVI на склонах, прилегающих к южной экспозиции [5].

За три года исследований урожайность яровой пшеницы на северном склоне была выше на 0,42 т/га по сравнению с южным склоном [6]. В благоприятные по увлажнению вегетационные периоды урожайность зерновых культур выше на более теплом и освещенном склоне юго-восточной экспозиции, а при засушливых условиях – на склоне северо-западной экспозиции [7].

Цель работы – обобщение многолетних данных, полученных в стационарных полевых опытах, по урожайности сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах, подверженных водной эрозии, расположенных на склонах южной и северной экспозиций.

Материалы и методы исследований

Экспериментальная основа работы – результаты длительных полевых опытов (1998–2021 гг.), осуществляемых на стационаре «Стоковые площадки» Института почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. Исследования проводились на склоне южной экспозиции (крутизна 5–7°) и на склоне северной экспозиции (крутизна 3–5°). Почвы стационара – в разной степени смытые

дерново-подзолистые легкосуглинистые, сформированные на лессовидных суглинках.

Продуктивность сельскохозяйственных культур изучалась в плодосменных, зернотравяных и травяно-зерновых севооборотах. Все культуры возделывали в соответствии с организационно-технологическими регламентами [8–10].

Результаты исследований и их обсуждение

Зерновые культуры (озимая пшеница, озимая тритикале, озимая рожь, яровая пшеница, ячмень, овес). Как свидетельствуют на-

учные источники, в производственных посевах данные культуры снижают урожайность

на слабо-, средне- и сильноэродированных почвах соответственно на 12, 28 и 40 %.

В наших исследованиях, проведенных на склоне южной экспозиции крутизной 5–7°, урожайность озимой пшеницы как культуры, наиболее требовательной к почвенным условиям, составила в среднем за 9 лет опытов на несмытой почве 5,69 т/га; на среднесмытой – 5,05; на сильносмытой – 4,50 т/га. Урожайность на среднесмытой почве была ниже по сравнению с несмытой в среднем на 0,63 т/га (11 %), на сильносмытой почве – на 1,19 т/га (21 %).

Озимая тритикале отличалась более высокой урожайностью, которая за годы исследований составила на несмытой почве южного склона 9,43 т/га. На средне- и сильносмытой почвах она снизилась соответственно на 0,76 и 1,93 т/га, или на 8 и 20 %.

Озимая рожь в меньшей степени реагировала на эродированность почвы: при средней урожайности за 4 года исследований на несмытой почве обеспечивала 5,27 т/га зерна; на среднесмытой она была ниже только на 0,03 т/га (1 %); на сильносмытой – на 0,58 т/га (11 %) (табл. 1).

На почвах, расположенных на склоне северной экспозиции крутизной 3–5°, получены 5-летние данные по урожайности озимой пшеницы, 4-летние – по озимой ржи и 3-летние – по урожайности озимой тритикале на несмытой, слабо- и среднесмытой почвах. Продуктивность озимой пшеницы на несмытой почве сформирована в среднем 6,29 т/га, на слабо- и среднесмытой почвах соответственно ниже на 0,75 и 1,04 т/га зерна, или 12 и 17 %.

Как видно из полученных данных, урожайность озимой пшеницы незначительно различалась на склонах южной и северной экспозиций на почвах с одинаковой степенью эродированности. В то же время на склоне северной экспозиции наблюдалось более существенное снижение урожайности относительно неэродированной почвы.

За 3 года исследований озимая тритикале обеспечивала продуктивность на несмытой почве в среднем 7,95 т/га зерна. На слабосмытой почве снижение урожайности было незначительным – 0,21 т/га (3 %), тогда как на среднесмытой почве – 1,00 т/га (12 %).

Урожайность озимой ржи была значительно ниже по сравнению с озимой пшеницей и

озимой тритикале: на неэродированной почве в среднем за 4 года опытов она составила 4,43 т/га, а на слабо- и среднесмытой почвах уменьшилась соответственно на 0,33 и 0,54 т/га (7–12 %).

На почвах с одинаковой степенью эродированности (на среднесмытых почвах) продуктивность озимой пшеницы на склонах южной и северной экспозиций была примерно одинаковой. Озимая тритикале и озимая рожь снижали урожайность на склоне северной экспозиции по сравнению с южным склоном соответственно на 1,72 и 1,35 т/га, или на 11 и 26 %. На склоне северной экспозиции более существенно проявлялось отрицательное влияние эродированности почвы. Если на южном склоне на среднесмытой почве по отношению к несмытой снижение урожайности озимой пшеницы, озимой тритикале и озимой ржи составило соответственно 11, 8 и 1 %, то на северном склоне – 17, 12 и 12 %.

Из яровых зерновых культур в полевых опытах на почвах разной эродированности, расположенных на склонах южной и северной экспозиций, возделывали яровую пшеницу, ячмень и овес. Продуктивность их в среднем за годы исследований на несмытых почвах на склоне южной экспозиции колебалась от 3,25 т/га (овес) до 4,70 т/га (яровая пшеница); на склоне северной экспозиции – от 3,67 (овес) до 4,44 т/га (ячмень).

На среднесмытой почве, расположенной на южном склоне, снижение урожайности составило: у яровой пшеницы 0,57 т/га (12 %), ячменя – 0,35 т/га (8 %), овса – 0,10 т/га (3 %). На сильносмытой почве наиболее существенно уменьшилась продуктивность яровой пшеницы (на 1,02 т/га, или на 22 %).

На слабо- и среднесмытой почвах на склоне северной экспозиции яровая пшеница снизила урожайность на 0,46 и 0,69 т/га (9 и 13 %); ячмень – на 0,25 и 0,58 т/га (6 и 13 %); овес – на 0,05 и 0,34 т/га (1 и 9 %).

На почвах с одинаковой степенью эродированности (среднесмытые почвы) продуктивность яровой пшеницы на склоне северной экспозиции была ниже по сравнению со склоном южной экспозиции на 0,88 т/га (21 %), ячменя – на 0,28 т/га (7 %), а овса, наоборот, выше на 0,18 т/га (6 %) (табл. 2).

Таблица 1. Влияние экспозиции склона и степени смытости почв на урожайность озимых зерновых культур (средние многолетние данные)

Культура и количество лет опытов	Степень смытости почвы	Урожайность зерна, т/га	Снижение урожайности к несмытой почве	
			т/га	%
Склон южной экспозиции, 5–7°				
Озимая пшеница, 9	Несмытая	5,69	–	–
	Среднесмытая	5,05	0,63	11
	Сильносмытая	4,50	1,19	21
Озимая тритикале, 3	Несмытая	9,43	–	–
	Среднесмытая	8,67	0,76	8
	Сильносмытая	7,50	1,93	20
Озимая рожь, 4	Несмытая	5,27	–	–
	Среднесмытая	5,24	0,03	1
	Сильносмытая	4,69	0,58	11
Склон северной экспозиции, 3–5°				
Озимая пшеница, 5	Несмытая	6,29	–	–
	Слабосмытая	5,54	0,75	12
	Среднесмытая	5,25	1,04	17
Озимая тритикале, 3	Несмытая	7,95	–	–
	Слабосмытая	7,74	0,21	3
	Среднесмытая	6,95	1,00	12
Озимая рожь, 4	Несмытая	4,43	–	–
	Слабосмытая	4,10	0,33	7
	Среднесмытая	3,89	0,54	12

Таблица 2. Влияние экспозиции склона и степени смытости почв на урожайность яровых зерновых культур (средние многолетние данные)

Культура и количество лет опытов	Степень смытости почвы	Урожайность зерна, т/га	Снижение урожайности к несмытой почве	
			т/га	%
Склон южной экспозиции, 5–7°				
Яровая пшеница, 6	Несмытая	4,70	–	–
	Среднесмытая	4,13	0,57	12
	Сильносмытая	3,69	1,02	22
Ячмень, 5	Несмытая	4,49	–	–
	Среднесмытая	4,14	0,35	8
	Сильносмытая	3,95	0,54	12
Овес, 3	Несмытая	3,25	–	–
	Среднесмытая	3,15	0,10	3
	Сильносмытая	2,91	0,34	10
Склон северной экспозиции, 3–5°				
Яровая пшеница, 2	Несмытая	3,94	–	–
	Слабосмытая	3,48	0,46	9
	Среднесмытая	3,25	0,69	13
Ячмень, 4	Несмытая	4,44	–	–
	Слабосмытая	4,19	0,25	6
	Среднесмытая	3,86	0,58	13
Овес, 2	Несмытая	3,67	–	–
	Слабосмытая	3,62	0,05	1
	Среднесмытая	3,33	0,34	9

Горох посевной, рапс яровой, картофель. При возделывании гороха посевного на дерново-подзолистых незэродированных почвах на склонах южной и северной экспозиций урожайность была близкой – соответственно 2,65 и 2,52 т/га. В то же время степень влияния эродированности почвы на снижение продуктивности культуры в значительной степени определялась экспозицией склона. Так, на склоне южной экспозиции на среднесмытой почве она уменьшилась только на 0,16 т/га (6 %), а на слабосмытой, на склоне северной экспозиции, – на 0,48 т/га (19 %). На сильносмытой почве южного склона и среднесмытой почве северного склона недобор урожайности гороха был примерно одинаковым – соответственно 0,73 и 0,69 т/га зерна, или 27 % (табл. 3).

Согласно результатам шестилетних исследований продуктивность ярового рапса на незэродированной почве на южном склоне составила в среднем 2,81 т/га маслосемян. Снижение урожайности на среднесмытой почве составило 0,34 т/га (12 %), на сильносмытой почве – 0,59 т/га (21 %). На склоне северной экспозиции на незэродированной почве получена урожайность маслосемян ярового рапса 2,48 т/га, на слабосмытой почве снижение ее было незначительным 0,10 т/га (4 %), на среднесмытой почве – 0,20 т/га (8 %).

По данным производственных опытов, пропашные культуры в наибольшей степени реагируют на эродированность почвы. Средние недоборы их урожаев составляют 20 % на слабоэродированных почвах, 40 % – на среднеэродированных, 60 % – на сильноэродированных.

Результаты исследований на картофеле, полученные в стационарных полевых опытах на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, показывают, что с увеличением эродированности почвы продуктивность этой культуры существенно снижается. Однако это снижение в условиях опыта было не так сильно выражено, как в производственных посевах. Урожайность картофеля на несмытых почвах в среднем за три года составила 29,30 т/га клубней на склоне южной экспозиции и 24,58 т/га клубней – на склоне северной экспозиции.

На слабосмытой почве она снижалась на 1,29 т/га (5 %), на среднесмытых почвах – на 1,42–1,54 т/га (5–7 %), на сильносмытой почве – на 2,30 т/га (8 %).

В целом как на незэродированных, так и на эродированных почвах южного склона картофель формировал урожайность на 1,46–1,65 т/га клубней (или на 15–26 %) выше, чем на северном склоне.

Однолетние бобово-злаковые и многолетние бобовые травы. Эродированность почв существенно влияет на урожайность однолетних бобово-злаковых трав – горохо-овсяных и пелюшко-овсяных травосмесей. В результате 11-летних полевых опытов на дерново-подзолистых почвах на лессовидных суглинках, расположенных на склоне южной экспозиции с крутизной 5–7°, получены данные по продуктивности горохо-овсяной травосмеси на несмытой, среднесмытой и сильносмытой почвах. Ее урожайность в среднем за годы исследований составила соответственно 34,10, 29,52 и 26,93 т/га. Урожайность однолетних трав на среднесмытой почве была ниже по сравнению с несмытой в среднем на 4,58 т/га зеленой массы (13 %), на сильносмытой – на 7,17 т/га (21 %). На почвах, расположенных на склоне северной экспозиции с крутизной 3–5°, продуктивность однолетних трав в целом была выше, чем на склоне южной экспозиции, что обусловлено лучшей влагообеспеченностью растений.

В среднем за 5-летний период исследований урожайность горохо-овсяной травосмеси составила на несмытой почве 43,34 т/га зеленой массы, слабосмытой – 39,18, среднесмытой – 34,19 т/га. Урожайность на слабо- и среднесмытой почвах была ниже по сравнению с несмытой соответственно на 4,17 и 9,15 т/га, или на 10 и 21 % (табл. 4).

Принято считать, что из сельскохозяйственных культур многолетние травы в наименьшей степени реагируют на эродированность почв. Обзор литературы показывает, что их урожайность составляет на слабоэродированных почвах 90–95 %, среднеэродированных – 85–90, сильноэродированных – 60–75 % от урожайности на несмытых почвах [11].

Таблица 3. Влияние экспозиции склона и степени смытости почв на урожайность зерна гороха и маслосемян ярового рапса (средние многолетние данные)

Культура и количество лет опытов	Степень смытости почвы	Урожайность зерна, т/га	Снижение урожайности к несмытой почве	
			т/га	%
Склон южной экспозиции, 5–7°				
Горох посевной, 2	Несмытая	2,65	–	–
	Среднесмытая	2,49	0,16	6
	Сильносмытая	1,92	0,73	27
Рапс яровой, 6	Несмытая	2,81	–	–
	Среднесмытая	2,48	0,34	12
	Сильносмытая	2,23	0,59	21
Картофель, 3	Несмытая	29,30	-	-
	Среднесмытая	27,88	-1,42	5
	Сильносмытая	27,00	-2,30	8
Склон северной экспозиции, 3–5°				
Горох посевной, 2	Несмытая	2,52	–	–
	Слабосмытая	2,04	0,48	19
	Среднесмытая	1,83	0,69	27
Рапс яровой, 6	Несмытая	2,48	–	–
	Слабосмытая	2,38	0,10	4
	Среднесмытая	2,28	0,20	8
Картофель, 3	Несмытая	24,58	-	-
	Слабосмытая	23,29	-1,29	5
	Среднесмытая	23,04	-1,54	7

Таблица 4. Влияние экспозиции склона и степени смытости почв на урожайность однолетних трав и люцерны посевной (средние многолетние данные)

Культура и количество лет опытов	Степень смытости почвы	Урожайность зерна, т/га	Снижение урожайности к несмытой почве	
			т/га	%
Склон южной экспозиции, 5–7°				
Однолетние травы (горох с овсом), 11	Несмытая	34,10	–	–
	Среднесмытая	29,52	4,58	13
	Сильносмытая	26,93	7,17	21
Люцерна посевная, 11	Несмытая	69,88	–	–
	Среднесмытая	60,35	9,53	14
	Сильносмытая	54,46	15,42	22
Склон северной экспозиции, 3–5°				
Однолетние травы (горох с овсом), 5	Несмытая	43,34	–	–
	Слабосмытая	39,18	4,17	10
	Среднесмытая	34,19	9,15	21
Люцерна посевная, 5	Несмытая	61,47	–	–
	Слабосмытая	52,35	9,12	15
	Среднесмытая	42,97	18,50	30

На дерново-подзолистых почвах, сформированных на лессовидных суглинках, расположенных на склоне южной экспозиции с крутизной 5–7°, получены 11-летние данные по продуктивности люцерны посевной на несмытой, среднесмытой и сильносмытой почвах. Урожайность ее зеленой массы в среднем составила соответственно 69,88, 60,35 и 54,46 т/га. Урожайность культуры на среднесмытой почве была ниже по сравнению с несмытой почвой в среднем на 9,53 т/га зеленой массы (14 %), на сильносмытой – на 15,42 т/га (22 %). На почвах, расположенных на склоне северной экспозиции, получены 5-летние

данные по продуктивности люцерны, урожайность которой на несмытой почве в среднем составила 61,47 т/га, на слабо- и среднесмытой почвах 52,35 и 42,97 т/га, или ниже соответственно на 15 и 30 %.

Анализ результатов показал, что, во-первых, на почвах с одинаковой эродированностью урожайность люцерны на склоне южной экспозиции была в среднем на 17,38 т/га зеленой массы, или на 29 %, выше, чем на склоне северной экспозиции; во-вторых, на склоне северной экспозиции влияние степени эродированности почвы на снижение продуктивности культуры проявлялось более существенно.

Выводы

1. Влияние эродированности почв и экспозиции склона на продуктивность сельскохозяйственных культур зависит от биологических особенностей последних. Озимые зерновые культуры снижают урожайность на слабосмытых почвах от 0,21 до 0,75 т/га, или на 3–12 %, а на средне- и сильносмытых почвах достигает 1,04 т/га (17 %) и 1,93 т/га (21 %) соответственно. Более существенно реагирует на эродированность почвы озимая пшеница. На почвах с одинаковой степенью смытости снижение урожайности на склоне северной экспозиции более существенно по сравнению с южным склоном.

2. Снижение урожайности яровых зерновых культур и ярового рапса на слабосмытых почвах колеблется от 0,05 до 0,46 т/га, или от 1 до 9 % к неэродированной почве. Недобор урожайности яровой пшеницы и ярового рапса на сильносмытых почвах достигает соответственно 1,02 т/га зерна и 0,59 т/га маслосемян, или соответственно 22 и 21 %. Продук-

тивность яровой пшеницы, ячменя и ярового рапса на склоне северной экспозиции ниже по сравнению со склоном южной экспозиции, а овса, наоборот, выше.

3. Недоборы урожаев картофеля колеблются в зависимости от эродированности почвы в пределах 1,29–2,30 т/га клубней, или 5–8 % от неэродированной почвы. Влияние экспозиции склона проявляется не так существенно, как по другим культурам.

4. Горох посевной и люцерна посевная в наибольшей мере из возделываемых сельскохозяйственных культур реагируют на эродированность почвы. Снижение урожайности гороха на средне- и сильносмытых почвах составило 0,69–0,73 т/га зерна, или 27 %; люцерны 15,42–18,50 т/га зеленой массы, или 22–30 %. Влияние эродированности почвы зависело также от экспозиции склона – на склоне северной экспозиции отрицательное влияние усиливалось.

Библиографический список

1. Морфометрия склонов сельскохозяйственных земель Беларуси : практ. пособие / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т почвоведения и агрохимии ; под общ. ред. Н. Н. Цыбулько. – Минск : ИВЦ Минфина, 2020. – 92 с.
2. Заславский, М. Н. Механизм и закономерности проявления процесса / М. Н. Заславский, Г. А. Ларионов, Л. Ф. Литвин // Эрозионные процессы (географическая наука – практике) / М. Ю. Белоцерковский [и др.] ; под ред. Н. И. Маккавеева и Р. С. Чалова. – Москва : Мысль, 1984. – С. 31–44.
3. Тишук, Л. А. Гидротермический режим эродированных дерново-палево-подзолистых легкосуглинистых почв БССР : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 06.01.03 / Л. А. Тишук ; Гос. гидролог. ин-т. – Ленинград, 1981. – 24 с.

4. Ванин, Д. Е. Научные основы природоохранных ресурсосберегающих интенсивных систем земледелия / Д. Е. Ванин // Земледелие. – 1986. – № 11. – С. 26–30.
5. Шинкаренко, С. С. Влияние экспозиции склонов на сезонную динамику вегетационного индекса NDVI посевных площадей / С. С. Шинкаренко, В. Н. Бодрова, Н. В. Сидорова // Изв. Нижневолж. агроуниверситет. комплекса : наука и высш. проф. образование. – 2019. – № 1 (53). – С. 1–9.
6. Алтаева, О. А. Влияние склоновых агроландшафтов на урожайность яровой пшеницы на каштановых почвах в условиях сухостепной зоны Бурятии : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.03 / О. А. Алтаева ; Бурят. гос. с.-х. акад. им. В. Р. Филиппова. – Улан-Удэ, 2009. – 16 с.
7. Бегайкин, С. В. Плодородие почвы и урожайность зерновых культур на склонах Алтайского Приобья : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 / С. В. Бегайкин ; Алт. гос. аграр. ун-т. – Барнаул, 2004. – 19 с.
8. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур : сб. отрасл. регламентов. – Минск : Ин-т аграр. экономики НАН Беларуси, 2005. – 460 с.
9. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур : сб. отрасл. регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию; рук. Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2012. – 288 с.
10. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур : сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по земледелию; рук. Ф. И. Привалов [и др.] ; под общ. ред. В. Г. Гусакова, Ф. И. Привалова. – Минск : Беларус. навука, 2012. – 469 с.
11. Кирюшин, В. И. Экологические основы земледелия / В. И. Кирюшин. – Москва : Колос, 1996. – 367 с.

Поступила 12 апреля 2023 г.

• НАШИ ЮБИЛЯРЫ •



ЕКАТЕРИНА МИХАЙЛОВНА МИШУК (к 75-летию)

Екатерина Михайловна Мишук родилась 20 апреля 1948 г. в дер. Голи Слонимского р-на Гродненской обл.

В 1972 г. окончила агрономический факультет Белорусской сельскохозяйственной академии и получила квалификацию ученого агронома. Работала в Полесском отделе пойменного луговодства Белорусского НИИ мелиорации и луговодства агрономом, младшим, старшим научным сотрудником (1972–1996). С 1978 по 1980 гг. обучалась в аспирантуре БелНИИМВХ.

В 1989 г. Екатерина Михайловна успешно защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук на тему «Приемы выращивания овсяницы тростниковой на торфяно-болотных почвах». Она автор 30 научных публикаций по вопросам луговодства и семеноводства многолетних трав. К числу наиболее значимых работ, где Екатерина Михайловна выступала как соавтор, относятся: практическое руководство «Пастбища Беларуси: создание, эксплуатация» (2003), «Организация системы ведения лугового хозяйства на основе комбинированного использования травостоев: отраслевой регламент» (2011), «Методика крупномасштабного агрохимического и радиационного обследования почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь» (2020).

С 1996 г. работала на Полесской опытной станции мелиоративного земледелия и луговодства заведующей сектором семеноводства многолетних трав, заведующей лабораторией луговодства, с 2004 г. – заместителем директора станции по научной работе. В течение 2014–2019 гг. трудилась в Институте мелиорации ведущим научным сотрудником лаборатории сенокосов и пастбищ на мелиорированных землях.

Е. М. Мишук получила свидетельство селекционера № 0006468 (приказ ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений» 31.12.2020 № 79) как соавтор сорта новой бобовой культуры – чины многолетней Журавушка.

За многолетний добросовестный труд награждена Почетными грамотами Института мелиорации.

Сотрудники лаборатории луговодства благодарят Екатерину Михайловну за многолетнюю продуктивную работу и желают ей крепкого здоровья на многие годы. Весь коллектив РУП «Институт мелиорации» высоко ценит вклад Е. М. Мишук в науку, поздравляет ее со знаменательной датой и желает всяческого благополучия.



ВАЛЕРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ БОЛБЫШКО (к 70-летию)

Валерий Александрович Болбышко родился 15 июня 1953 г. в дер. Ясевичи Глубокского р-на Витебской обл.

В 1975 г. окончил Белорусский политехнический институт по специальности «Автомобили и тракторы» и получил специальность инженера-механика.

Трудовую деятельность начал инженером-конструктором в Минском конструкторско-технологическом экспериментальном институте автомобильной промышленности, где работал в 1975–1978 гг. В 1978 г. перешел на работу в Экспериментальное производственное предприятие Белорусского НИИ мелиорации и водного хозяйства, где трудился инженером-конструктором, с 1987 г. – начальником конструкторского отдела. С 2004 г. он старший, затем ведущий научный сотрудник лаборатории эксплуатации мелиоративных систем Белорусского НИИ мелиорации и луговодства.

В 1990 г. защитил кандидатскую диссертацию в Белорусской сельскохозяйственной академии по специальности «Механизация сельскохозяйственного производства».

Деятельность В. А. Болбышко как конструктора связана преимущественно с разработкой мелиоративных машин, в том числе планировщиков, рыхлителей, установок промывки дренажа и др. В конструкторском отделе Валерий Александрович разрабатывал ряд машин и механизмов, многие из которых выпускались серийно: в частности, планировщик ПЛМ–4.6, созданный под его руководством и при его непосредственном участии. Он участвовал в изготовлении более 120 машин, которые эксплуатируются до настоящего времени в мелиоративных организациях Беларуси.

В лаборатории эксплуатации мелиоративных систем Института мелиорации В. А. Болбышко возглавляет актуальное направление исследований, связанное с разработкой оборудования и технологий малой механизации для ресурсосберегающего технического обслуживания и ремонта закрытой мелиоративной сети.

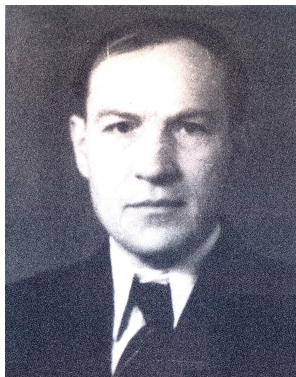
Большинство разработок Валерия Александровича защищены свидетельствами на изобретения и патентами СССР и Беларуси. Он автор 49 из них. Им также опубликованы 43 научные работы, в том числе монография, 6 нормативно-технологических документов.

За плодотворную производственную и научную работу, активное участие в общественной деятельности В. А. Болбышко награжден двумя серебряными и бронзовой медалями ВДНХ СССР, дипломами ВДНХ БССР, Почетными грамотами Государственного объединения «Белводхоз», РУП «Институт мелиорации».

Разработка комплекса технологий и технических средств сохранения и поддержания работоспособности закрытых мелиоративных сетей, в которой участвовал юбиляр, вошла в число победителей конкурса «ТОП-10» лучших результатов деятельности ученых Национальной академии наук Беларуси за 2022 г.

В день Вашего юбилея, уважаемый Валерий Александрович, желаем Вам крепкого здоровья, благополучия, дальнейших творческих успехов в научной деятельности.

• ЧТОБЫ ПОМНИЛИ •



КОНСТАНТИН ЯКОВЛЕВИЧ КОЖАНОВ (к 120-летию)

Константин Яковлевич Кожанов родился 20 мая 1903 г. в г. Кричеве Могилевской обл.

В 1926 г. окончил Горецкий сельскохозяйственный институт по специальности «Гидромелиорация». Работал гидротехником, старшим гидротехником, заведующим мелиоративно-гидротехнической станции Белорусского научно-исследовательского института сельского хозяйства.

В 1929–1940 гг. – старший научный сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института болотного хозяйства, 1940–1947 гг. – начальник сектора гидрологии в Московском отделении Гидроэнергoproекта.

В 1947 г. возвращается в Минск, в Институт мелиорации, водного и болотного хозяйства, где работал в разное время (до 1969 г.) старшим научным сотрудником, заведующим отделом эксплуатации осушительных систем.

В 1952 г. Константин Яковлевич защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук по теме «Исследование расстояний между осушителями при сельскохозяйственном использовании болот в БССР».

Результаты исследований Константина Яковлевича Кожанова стали основой формирования нескольких научных направлений в Белорусском НИИ мелиорации и водного хозяйства (ныне – РУП «Институт мелиорации»), таких как конструкции и эксплуатация мелиоративных систем, использование мелиорированных земель и кормопроизводство.

Опубликовал 30 научных работ, 2 монографии по вопросам эксплуатации систем и регулирования водного режима торфяных почв; он также автор публикаций «Рэжым грунтовых вод на Мар'інскіх балотах» (1932), «Гидротехническая мелиорация торфяных почв» (1953), «Кормовые угодья БССР и их улучшение» (1956).

Награжден медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне».

В наших сердцах навсегда останется благодарность К. Я. Кожанову за большой вклад в развитие белорусской мелиоративной науки.



ВАСИЛИЙ ТИХОНОВИЧ КЛИМКОВ (к 85-летию)

Василий Тихонович Климков родился 18 мая 1938 г. на хуторе Затище Круглянского р-на Могилевской обл. в семье служащего. В 1939 г. вместе с семьей переехал на постоянное местожительство в г. Толочин Витебской обл.

В 1956 г. поступил в Белорусскую сельскохозяйственную академию на гидромелиоративный факультет. Во время учебы в БСХА брал годичный отпуск, во время которого работал в строительных организациях Бешенковичского района в должности мастера, начальника участка. В 1962 г. окончил вуз с отличием и был направлен по распределению в Белорусский научно-исследовательский институт мелиорации и водного хозяйства, где проявил себя как талантливый исследователь, пройдя путь профессионального роста – от младшего научного сотрудника до крупного ученого, заведующего научно-исследовательской лабораторией. Кандидатскую диссертацию на тему «Исследование конструктивных особенностей пластмассового дренажа» Василий Тихонович защитил в 1969 г., а в 1997 г. успешно защитил докторскую диссертацию, которая была посвящена проблеме совершенствования конструкций мелиоративных систем на основе полимерных материалов. В 2008 г. В. Т. Климкову было присвоено ученое звание профессора.

Лауреат Всесоюзной выставки научно-технического творчества молодежи. За участие в различных выставках награждался серебряной и бронзовыми медалями, дипломами и грамотами ВДНХ СССР и БССР.

Избирался на руководящие посты общественных организаций. В течение 17 лет был ученым секретарем совета института по защите диссертаций.

Участвовал в научной конференции в Чехословакии (1984); в 1989 г. был командирован в составе делегации ученых в Китайскую Народную Республику. В 2002–2017 гг. работал в Белорусском национальном техническом университете профессором кафедры водоснабжения и водоотведения. Помимо преподавательской работы, трудился над выполнением НИР в соответствии с госзаказом, вел хоздоговорную научно-исследовательскую работу. Академик Белорусской инженерной академии с 2004 г.

Научная деятельность В. Т. Климкова связана преимущественно с совершенствованием конструкций мелиоративных систем (главным образом, сельскохозяйственного дренажа и водоснабжения). Результаты его научных исследований отражены в 8 нормативных документах, 150 публикациях, 18 патентных документах на изобретения. Подготовил двух кандидатов технических наук. Сотрудничал со многими исследовательскими институтами, вузами, специалистами-практиками мелиоративной отрасли СССР, а позднее – России и Беларуси.

В. Т. Климков всегда пользовался заслуженным авторитетом у коллег, которые ценили его за высокий профессионализм, порядочность, интеллигентность, доброжелательность. Добрая память о нашем коллеге, одаренном исследователе В. Т. Климкове, навсегда сохранится в наших сердцах.

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Журнал «Мелиорация» представляет результаты научных исследований, опытно-технологических, опытно-конструкторских работ, проводимых по актуальным проблемам современной мелиорации, рекультивации, охраны и сельскохозяйственного использования мелиорированных земель, мелиоративного образования, политики мелиоративного обустройства, экологии в Республике Беларусь и странах СНГ, а также публикует иные разнообразные материалы по указанным направлениям.

Приглашаем опытных и начинающих ученых, разработчиков, инженеров, производителей мелиоративного оборудования и систем управления, а также практиков стать нашими авторами. Мы уверены, что публикуемые статьи помогут специалистам быть в курсе технологических решений в сфере мелиорации и сопутствующих процессов.

Мы готовы публиковать рекламу продукции соответствующих предприятий.

В том случае, когда присланный в редакцию материал не соответствует тематике журнала, мы стараемся рекомендовать автору более подходящие по профилю издания и по возможности оказываем посильную координационную помощь в публикации.

При подготовке статьи следует соблюдать технические требования, предъявляемые нашей редакцией к оформлению материалов. С ними можно ознакомиться на сайте niimel.by: раздел «Журнал "Мелиорация"» – блок «Авторам» – Правила для авторов.

С уважением,

редакция журнала «Мелиорация»

Тел.: 8 (017) 363-49-03
Факс: 8 (017) 392-64-96
e-mail: redaktor@niimel.by,
info@niimel.by

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. В журнале печатаются оригинальные материалы, не опубликованные ранее в других печатных изданиях.
2. Статья должна быть направлена в редакцию журнала «Мелиорация» в соответствии с **Порядком представления рукописей статей** (см.: <https://niimel.by>, сайт РУП «Институт мелиорации», Журнал «Мелиорация»).
3. Статья должна быть написана на русском языке, а аннотация – на русском и английском языках.
4. Объем статьи должен составлять не менее 0,35 авторского листа (14 тыс. печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и др.), но не более 0,5 авторского листа (20 тыс. печатных знаков), включая текст, иллюстрации, таблицы, библиографический список.
5. Представляемые материалы должны иметь следующую структуру:
индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК);
аннотацию на указанных языках (500 знаков);
ключевые слова на русском и английском языках;
введение;
основную часть, где излагается методика исследования, обсуждаются полученные результаты, представляются графики и рисунки;
заключение, завершаемое четко сформулированными выводами;
библиографический список.
6. В разделе «Введение» должен быть дан краткий обзор литературы по исследуемой проблеме, указаны не решенные ранее вопросы, сформулирована и обоснована цель работы.
7. В Основной части статьи должны содержаться: описание объекта/-ов и метода/-ов исследования, подробное освещение содержания исследований, проведенных автором/-ами. Полученные результаты должны быть обсуждены с точки зрения их научной новизны и сопоставлены с соответствующими известными данными.
8. В разделе «Заключение» должны быть в сжатом виде сформулированы основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения.
9. Библиографический список оформляется в соответствии с приказом ВАК Республики Беларусь от 08.09.2016 №206, располагается в конце статьи, источники нумеруются согласно порядку цитирования и заключаются в квадратные скобки (например: [1], [2]). Обязательно указывается общее количество страниц в книге или номера страниц в статье от ее начала до окончания. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.
10. Иллюстрации, формулы, уравнения и сноски, встречающиеся в статье, должны быть пронумерованы в соответствии с порядком цитирования в тексте.
11. Тексты статей набираются кеглем 11, шрифт – Arial Narrow, междустрочный интервал – 1,2, отступ – 1. Обязательно прилагаются распечатанные на бумажных листах 2 экземпляра статьи, подписанные авторами.
12. Электронный вариант следует набирать в *Microsoft Word*, формулы – в формульном редакторе *Office*. Вставку символов выполнять через меню «Вставка\Символ». Выключку вверх и вниз (H2, H1) выполнять через меню «Формат\Шрифт\Верхний индекс», «Формат\Шрифт\Нижний индекс». Латинские буквы набираются курсивом. Греческие буквы и другие математические знаки следует брать из гарнитуры *Symbol*. Математические формулы (lim, sum, ln, sin, Re, Im и т. д.) и цифры набираются прямым начертанием.
13. Рисунки представляются в виде отдельных файлов в формате TIFF или JPEG 300—600 точек на дюйм. Текст на рисунках должен быть набран гарнитурой *Arial*, курсив. Размер кегля соизмерим с размером рисунка (желательно кегль 8). Площадь простых рисунков не должна превышать 100–150 см², размер сложных – не более 130–160 см².
14. Размерность всех величин, используемых в статьях, должна соответствовать Международной системе единиц измерения (СИ).
15. Редакция оставляет за собой право сокращать текст и вносить в него редакционные правки.

Международная научно-практическая конференция

«Перспективы и потенциал использования мелиорированных земель» (Скоропановские чтения)

2–3 ноября 2023 г.

Уважаемые коллеги!

Приглашаем принять участие в работе конференции учёных, специалистов, аспирантов из Республики Беларусь, стран ближнего и дальнего зарубежья.

Научные направления:

- мелиорация (осушение, орошение) земель;
- сельскохозяйственное использование мелиорированных земель;
- гидротехнические сооружения, надёжность и безопасность;
- технологии и технические средства механизации мелиоративных работ;
- экономика и управление в мелиоративной отрасли;
- информационные технологии в мелиорации;
- луговое хозяйство и кормопроизводство;
- экология, природообустройство и водопользование.

Рабочие языки конференции: русский, белорусский, английский.

Форма участия: очно-заочная.

Участие в конференции **бесплатное**.

Адрес проведения конференции: г. Минск, ул. Некрасова, 39-2, РУП «Институт мелиорации».

По итогам работы конференции будет издан сборник материалов. Оргкомитетом осуществляется техническая редакция представленных статей, которые будут печататься на основе электронных версий авторских рукописей. Оргкомитет оставляет за собой право отклонить материал, не соответствующий тематике и проблематике конференции.

От одного автора принимаются не более 3 статей (в том числе в соавторстве).

Порядок подачи заявок на участие и регистрации в конференции

Проезд, проживание и питание – за счет направляющей стороны или самих участников. Информация о бронировании мест в гостинице/-ах может быть предоставлена контактными лицами организационного комитета.

Для участия в конференции необходимо выслать на электронную почту redaktor@niimel.by анкету-заявку (см.: <https://niimel.by/novosti/1091-konf-2023-invite>), текст статьи, оформленной согласно требованиям с пометкой «Конференция» **до 1 сентября 2023 г.** (включительно).

Телефоны для справок: +375 (017) 363-49-03, +375 (017) 251-98-24.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ МАТЕРИАЛОВ

Структура статьи:

1. **Индекс УДК** (универсальной десятичной классификации) слева сверху.
2. **Название доклада** набирается ЗАГЛАВНЫМИ БУКВАМИ.
Название должно отражать его содержание и состоять не более чем из 10 слов. Не допускается использовать в названии аббревиатуры и формулы.
3. **ФИО автора (-ов)** набираются *курсивом*.
4. **Название организации** (-ий), в которых работает (-ют) автор (-ы), а также город, страна, электронный адрес.
5. **Введение**
6. **Цель статьи.**
7. **Материалы и методики.**
8. **Результаты исследования и их обсуждение.**
9. **Библиографический список** оформляется в соответствии с требованиями Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь (*Образец*), приводится общим списком по мере упоминания, ссылки в тексте даются порядковым номером в квадратных скобках (напр., [1]); ссылки на неопубликованные работы не допускаются.
10. Текст материалов на **любом из рабочих языков конференции** – до 5 страниц в формате A4. Редактор *Microsoft Word*, шрифт – *Times New Roman*, размер шрифта – 12 pt, междустрочный интервал – 1,5. Основной текст выравнивается по ширине, абзацный отступ – 1,25 см. Поля: слева – 30 мм; справа – 15 мм; снизу и сверху – 20 мм.

Таблицы и рисунки – не более 2.

Формулы даются в редакторе *MathType*.

Вставку символов выполняется через меню «Вставка\Символ», выключку вверх и вниз (C2, C4) – через меню «Формат\Шрифт\Верхний индекс», «Формат\Шрифт\Нижний индекс».

Латинские буквы набирать курсивом, греческие – прямо (для набора греческих символов используется гарнитура *Symbol*).

Обозначения математических функций ($\lim$, $\sup$, $\ln$, $\sin$, Re , Im и т. п.), символы химических элементов (N, K, Cl) набираются прямым латинским шрифтом.

11. **Черно-белые рисунки** вставляются в текст статьи (*Word*), даются в виде отдельных файлов в форматах *tif* или *jpg*.

Текст на рисунках набирается основной гарнитурой, причем начертание символов греческое, латинское) должно соответствовать их начертанию в тексте. Размер кегля должен быть соизмерим с размером рисунка.

Авторы несут полную ответственность за достоверность излагаемых сведений.

Образец

УДК 631.6 (476)

МЕЛИОРАЦИЯ БЕЛАРУСИ

А. С. Анженков

РУП «Институт мелиорации», Минск, Беларусь, anzhenkov@mail.ru

Текст (...)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Водные ресурсы Национального парка «Припятский», их влияние на состояние лесных экосистем / А. В. Углынец [и др.] ; ред. Г. И. Марцинкевич. – Минск : БГПУ, 2007. – 163 с.
2. Материалы инвентаризации осушенных систем в Гослесфонде Гомельского ГПЛХО. – Кн. 1. Свод. поясн. записка с приложениями, 98-300-ОС-ПЗ. – Т. 1. – Минск, 1998. – 98 с.

