

ISSN 2070–4828

МЕЛИОРАЦИЯ

Научный журнал

№ 1(91)

Январь – март, 2020

Основан в 1951 году
Выходит 4 раза в год



Минск, 2020

СВИДЕТЕЛЬСТВО № 411

УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА:

Республиканское научное дочернее унитарное предприятие «Институт мелиорации»

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

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

РЕДКОЛЛЕГИЯ:

д-р с.-х. наук, проф. **А. С. Мееровский** (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, доцент **В. И. Желязко**

д-р с.-х. наук **П. Ф. Тиво**

канд. техн. наук **А. С. Анженков**

канд. техн. наук **Н. К. Вахонин**

канд. техн. наук **Э. Н. Шкутов**

Журнал рецензируется.

Журнал 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:

06.01.02 – мелиорация, рекультивация и охрана земель;

06.01.06 – луговое хозяйство и лекарственные эфирно-масличные культуры

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.

Журнал «МЕЛИОРАЦИЯ»

Подписной индекс: **74856** — для индивидуальных подписчиков

748562 — для предприятий и организаций

Подписку можно оформить во всех отделениях связи.

Редактор, корректор **А. И. Дмитрук**

Компьютерная верстка **Е. А. Титовой**

Подписано к печати 23.03.2020 г. Формат 60x84 1/8.

Уч.-изд. л. 6,33. Усл. печ. л. 11,16. Заказ № 115. Тираж 100 экз.

Адрес редакции: 220040, г. Минск, ул. Некрасова, 39-2

тел. (017) 331-49-03

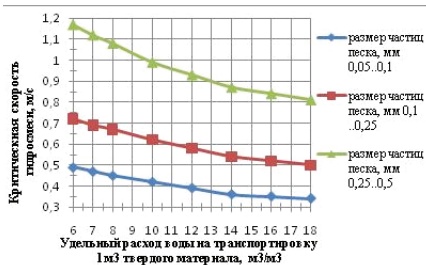
E-mail: info@niimel.basnet.by <http://niimel.by>

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», 2020

Содержание Contents

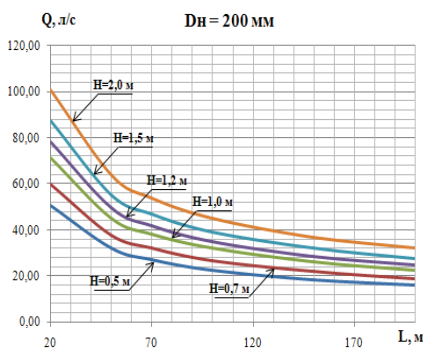
Мелиорация • Land improvement



Н. Н. Погодин, А. С. Анженков, В. А. Болбышко
Исследование скоростного режима транспортировки гидросмеси размытых отложений (пульпы) в дренажных трубопроводах

5

N. N. Pogodin, A. S. Anzhenkov, V. A. Bolbyshko
The study of the speed regime of transportation of slurry of blurred sediments (pulp) in drainage pipelines



А. И. Митрахович, В. М. Макоед, С. М. Лавушев, А. П. Сергееня
Условия применения двухслойных гофрированных полиэтиленовых труб «КОРСИС» на мелиоративных объектах

15

A. I. Mitrakhovich, V. M. Makoeed, S. M. Lavushev, A. P. Sergeenya
Conditions of application of two-layer corrugated polyethylene pipes "CORSIS" on meliorative objects



Э. Н. Шкутов, Д. В. Лодыга
Легковосстановимое дренажное устьевое сооружение
E. N. Shkutov, D. V. Lodyha
Easy-recoverable drainage wellhead structure type edw. Construct. Technical and economic substantiation of application

24



К. А. Глушко, Н. Н. Шпендик
Особенности формирования водонепроницаемого слоя в бороздах и гребнях при промерзании торфяных почв
K. A. Glushko, N. N. Shpendic
Features of waterproof layer formation in furrows and ridges for peat soil freezing

36

Земледелие и растениеводство • Agriculture and plant growing



П. Ф. Тиво, Л. А. Саскевич, Е. А. Бут, Д. А. Постникова
Особенности возделывания люцерны посевной на минеральных почвах
P. Ph. Tivo, I. A. Saskevich, E. A. But, D. A. Postnikova
Features of the cultivation of alfalfa sowing on mineral soils

44



- Н. Н. Цыбулько, Е. Б. Евсеев, И. И. Жукова*
Влияние калийных удобрений на продуктивность многолетних злаковых трав на торфянисто-глеевой почве **56**
- N. N. Tsybulka, E. B. Evseev, I. I. Zhukova*
Effect of potassium fertilizers on the productivity of perennial cereal grasses on peat-gley soil



- Г. Н. Куркина*
Эффективность доз, способов и сроков внесения азотных удобрений под кукурузу **61**
- G. N. Kurkina*
Efficiency of rates, methods and timing of the application of nitrogen fertilizers for maize



- Д. А. Дрозд*
Организация сырьевого конвейера из различных по скороспелости сортов клевера лугового **71**
- D. A. Drozd*
Organization of the raw material conveyor of clover varieties various in maturity



- В. М. Макаро, Л. С. Рутковская, С. В. Гавриков, Б. И. Бабич*
Динамика видового состава и продуктивность агроценозов многолетних трав с яровыми крестоцветными культурами **78**
- V. Makaro, I. Rutkovskaya, S. Gavrikov, B. Babich*
Dynamics of species composition and productivity of agrocenoses of perennial grasses with spring cruciferous crops



- А. В. Сорока, Н. Н. Костюченко, А. Н. Гапонюк*
Оценка продуктивности однолетних и многолетних травостоев на дерново-глеевых осушенных почвах Белорусского Полесья **84**
- A. V. Soroka, N. N. Kostuchenco, A. N. Gaponiuk*
Assessment of productivity of one-year-old and long-term etchings on dern-clay drained soils of Belarusian Polesye

Наши юбиляры ● Our Jubilees

- 110-летняя история Института мелиорация началась с Минской болотной опытной станции** **89**
- Лыч Геннадий Михайлович (к 85-летию со дня рождения)** **92**
- Дробот Георгий Сергеевич (к 90-летию со дня рождения)** **94**

Чтобы помнили ● To be remembered

- Афанасик Григорий Иванович (к 85-летию со дня рождения)** **95**

• МЕЛИОРАЦИЯ •

УДК 631.3:626:862.91

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТНОГО РЕЖИМА ТРАНСПОРТИРОВКИ ГИДРОСМЕСИ РАЗМЫТЫХ ОТЛОЖЕНИЙ (ПУЛЬПЫ) В ДРЕНАЖНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ

Н. Н. Погодин, кандидат технических наук, доцент
А. С. Анженков, кандидат технических наук, доцент
В. А. Болбышко, кандидат технических наук

*РУП «Институт мелиорации»,
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация

Проанализированы наиболее распространенные формулы по расчету критической скорости транспортировки размытых отложений (пульпы) в коммунальных и промышленных трубопроводах. Выполнены расчеты по определению объемной концентрации, плотности гидросмеси, а также критической скорости транспортировки гидросмеси песчаных отложений в дренажных трубопроводах диаметром 75...125 мм.

Ключевые слова: дренажные трубопроводы, гидросмесь (пульпа), плотность, объемная концентрация гидросмеси, критическая скорость, формулы расчета.

Abstrakt

N. N. Pogodin, A. S. Anzhenkov, V. A. Bolbyshko

THE STUDY OF THE SPEED REGIME OF TRANSPORTATION OF SLURRY OF BLURRED SEDIMENTS (PULP) IN DRAINAGE PIPELINES

The most common formulas for calculating the critical speed of pulp transportation in communal and industrial pipelines are analyzed. Calculations were carried out to determine the volume concentration, density of the slurry, as well as the critical speed of transportation of slurry of sand deposits in drainage pipelines with a diameter of 75...125 mm.

Keywords: drainage pipelines, slurry (pulp), density, volume concentration of slurry, critical velocity calculation formulas.

Введение

При размыве отложений грунта, находящихся в полости дренажного трубопровода, струями воды, исходящими из насадки дренажно-промывочного устройства, образуется так называемая пульпа – смесь воды и частиц грунта. Перемещение пульпы по дренажному трубопроводу под действием водяного потока можно представить как безнапорное и напорное гидротранспортирование двух разных потоков. Двухфазные потоки характеризуются тем, что в воде находятся во взвешенном состоянии твердые частички грунта.

При определенных малых скоростях размытые частички отложений оседают на дно и образуют слой осадка. При увеличении ско-

рости осадок приходит в движение, образуя форму непрерывных гряд, которые движутся в направлении потока. Переход движения частиц во взвешенное состояние сопровождается исчезновением гряд. Скорость движения смеси воды и частиц грунта (пульпы), соответствующая этому состоянию, называется критической. При критической скорости весь грунт, содержащийся в потоке, полностью перемещается, не осаждаясь на дно трубопровода. Таким образом, транспортирование частиц грунта в дренажных трубопроводах при гидродинамическом способе очистки будет происходить при критических скоростях движения пульпы.

Обсуждение и результаты

При проектировании сетей в коммунальном хозяйстве критические скорости называются также самоочищающимися или незаилающими и являются минимально допустимыми.

Профессор А. Ф. Федоров для определения минимальной незаилающей скорости предложил следующую формулу [1]

$$v_n = A \sqrt[n]{R}, \quad (1)$$

где $A = 1,57$; $n = 3,5 + 0,5R$;
 R – гидравлический радиус, м.

В таблице 1 приведены значения минимальной незаилающей скорости, определенной по формуле А. Ф. Федорова, в полностью заполненных водой дренажных трубопроводах при расположении в них промывочного рукава диаметром 28 мм и расчетных значениях гидравлического радиуса.

Таблица 1 – Значения минимальной незаилающей скорости в дренажных трубопроводах диаметром 75...125 мм при их наполнении $h/d = 1$ и расположении напорного рукава диаметром 28 мм

Диаметр трубопровода, мм		
75	100	125
Гидравлический радиус, м		
0,012	0,018	0,024
Минимальная незаилающая скорость, м/с		
0,44	0,50	0,54

Таблица 2 – Расчетные значения минимальной незаилающей скорости в дренажных трубопроводах диаметром 75...125 мм при их наполнении $h/d = 1$ и расположении напорного рукава диаметром 28 мм

Диаметр частиц, мм	Гидравлическая крупность, м/с	Диаметр трубопровода, мм		
		75	100	125
		Гидравлический радиус, м		
		0,012	0,018	0,024
Минимальная скорость, м/с				
0,25	0,027	0,14	0,15	0,16
0,65	0,073	0,37	0,41	0,43
1,75	0,139	0,71	0,78	0,82

Выше приведенные формулы предназначены для расчета наружных канализационных сетей. Диаметр данных сетей обычно составляет от 150 мм и более. Определение минимальной незаилающей скорости

Определить минимальную незаилающую скорость возможно также по формуле С. В. Яковлева [1]

$$v_{min} = 12,5 \omega_0 \cdot R^{0,2}, \quad (2)$$

где ω_0 – гидравлическая крупность частиц песка, м/с;

R – гидравлический радиус, м.

В данной формуле приведен такой показатель, как гидравлическая крупность частиц песка, которая в свою очередь зависит от их диаметра [2].

Минимальная незаилающая скорость согласно формуле (2) для трубопроводов диаметром 75...125 мм при условии расположения в них напорного промывочного рукава диаметром 28 мм приведена в таблице 2.

по формуле (1) при диаметре трубопровода 150 мм составит:

$$v_n = 1,57 \sqrt[3,52]{0,0375} = 0,62 \text{ м/с.}$$

Минимальная незаилающая скорость, определенная по формуле (2), при диаметре трубопровода 150 мм для фракций песка среднего составит

$$v_{\min} = 12,5 \cdot 0,073 \cdot 0,0375^{0,2} = 0,47 \text{ м/с.}$$

Во избежание заилиения канализационных сетей минимальная расчетная скорость бытовых и дождевых сточных вод при наполнении труб $h/d = 0,6$ и их диаметре 150–250 мм принимается 0,7 м/с [3].

Анализируя вышеизложенные расчеты, можно сделать вывод, что и для транспортировки размытых отложений в дренажных трубопроводах, в зависимости от их диаметров, минимальная критическая скорость движения пульпы должна составлять не менее 0,45–0,55 м/с.

Интенсивность размыва и скорость перемещения наносов в дренажных трубопроводах определяется, с одной стороны – величиной скорости потока, которая зависит от уклонов дренажных линий, внутренней шероховатости труб и степени их наполнения, с другой – крупностью частиц отложившихся наносов. Детальные исследования по оценке критических размывающих и транспортирующих скоростей потока размытых отложений (пульпы) в дренажных трубопроводах при гидродинамическом способе их очистки в настоящее время отсутствуют.

Для определения критических средних скоростей потока в гончарных трубах К.Ф. Алеканд предложил эмпирическую зависимость размыва песчаных фракций диаметром 0,1...0,25 мм [4].

$$v_{\text{кр}} = \frac{0,208d^{0,05}}{0,68\left(\frac{h}{D}\right) - \frac{h}{D} + 1}, \quad (3)$$

где D – внутренний диаметр труб, м;
 h – высота наполнения, м;
 d – диаметр частиц песка, м.

В данной формуле скорость ($v_{\text{кр}}$) соответствует началу перемещения песчаных гряд и, при наполнении трубопровода $h/d = 1$, диаметре фракции песчаных частиц 0,1 мм, составляет:

$$v_{\text{кр}} = \frac{0,208 \cdot 0,0001^{0,05}}{0,68 - 1 + 1} = 0,19 \text{ м/с.}$$

При диаметре фракции песчаных частиц 0,25 мм:

$$v_{\text{кр}} = \frac{0,208 \cdot 0,00025^{0,25}}{0,68 - 1 + 1} = 0,20 \text{ м/с.}$$

По мнению ряда авторов [2, 5] при скорости потока 0,2 м/с наблюдается движение мелкозернистых частиц, преобладающих в отложениях дренажных трубопроводов. При движении данных отложений по трубопроводу образуются крупные песчаные гряды, что приводит к увеличению гидравлических сопротивлений и уменьшению транспортирующих способности потока. Исследованиями Б. И. Блажиса установлено, что удаление песчаных отложений из дренажных трубопроводов диаметром 100 мм при скорости потока 0,2 м/с и расчётных или близких к ним весенних расходов осуществляется на протяжении 22–27 суток [6]. Следовательно, формула К. Ф. Алеканда не может быть использована для расчёта критических скоростей при гидродинамическом способе очистки.

В формулах профессора К. Ф. Фёдорова и С. В. Яковлева отсутствует такой важный показатель как объемная концентрация (консистенция) пульпы, которая определяет содержание размытых частиц в объеме транспортируемой воды. В связи с данным положением, для расчёта критических скоростей в дренажных трубопроводах наиболее соответствуют формулы, используемые при гидротранспортировке грунтовых смесей.

Для расчёта критической скорости при напорном гидротранспорте различных материалов применяются формулы В. Дюрана, А. М. Царевского, Н. А. Силина и др. [5]. Однако данные формулы каждый автор выводил применительно к тем или иным конкретным условиям (диаметр трубопровода, вид грунта или иных материалов, размер фракции и пр.), в связи с чем и результаты расчёта скоростей существенно отличаются между собой. Так Б. Е. Романенко, приведший сравнительные расчёты определения критической скорости, установил, что её значения, полученные по формулам различных авторов, отличаются до 5 раз [5].

Для установления формулы, которую возможно использовать при расчёте критической скорости в дренажных трубопроводах, провели сравнительный расчёт критической

скорости по формуле Р. Дюрана, которая приведена в инструкции по гидравлическому расчету напорного гидротранспорта грунтов и применяется для расчета гидравлического транспорта грунтов средневзвешенной крупностью $d_0 = 0,25...70$ мм при $d_0/D \leq 0,15$ [7]; по формуле А. М. Царевского, используемой для расчета гидротранспорта грунта по пульпопроводам малых и средних диаметров [5], а также по формуле, приведенной в пособии по проектированию гидравлического транспорта и предназначенной для гидротранспорта грунтов и нерудных материалов крупностью 0,03...0,3 мм, а также золы и шлака тепловых электростанций крупностью 0,025...10 мм [8].

Достаточно обширные экспериментальные исследования по гидротранспортированию однородных материалов были приведены Р. Дюраном в Гренобле. В качестве транспортируемых материалов использовался в основном однородный песок крупностью 0,2, 0,44 и 2,0 мм при диаметре трубопроводов 104, 150, 253 и более мм. Критическая скорость для транспортировки данных фракций песка была представлена в следующем виде [7]:

$$v_{кр} = 8,3\sqrt[3]{D} \sqrt[6]{C_o \Psi}, \quad (4)$$

где D – диаметр трубопровода, м;
 C_o – объемная концентрация гидросмеси;
 Ψ – коэффициент транспортабельности.

Объемная концентрация гидросмеси определяется по формуле

$$C_o = \frac{\gamma_{см} - \gamma_в}{\gamma_т - \gamma_в}, \quad (5)$$

Таблица 3 – Расчётные значения основных показателей гидротранспорта песчаных отложений

Вид отложений	Удельный вес, т/м ³	Плотность, т/м ³	Пористость	Плотность гидросмеси, т/м ³	Объемная концентрация
Песчаные	2,66	1,32	0,50	1,11	0,066

Коэффициент транспортабельности Ψ , приведенный в формуле (4), зависит от ги-

где $\gamma_{см}$ – плотность гидросмеси (пульпы), т/м³;
 $\gamma_в$ – удельный вес воды, т/м³;
 $\gamma_т$ – удельный вес грунта, т/м³.

Плотность гидросмеси (пульпы) определяется по формуле

$$\gamma_{см} = \frac{n \cdot \gamma_в + \gamma_т(1-m)}{n + (1-m)}, \quad (6)$$

где n – удельный расход воды на транспортирование 1 м³ твёрдого материала в массиве, м³/м³;
 m – пористость грунта.

В свою очередь пористость грунта определяется по следующей формуле

$$m = \frac{\gamma_т - \gamma_e}{\gamma_т}, \quad (7)$$

где γ_e – плотность грунта в естественном сложении (объемный вес скелета грунта), т/м³.

В дальнейших сравнительных расчетах критическая скорость определялась для транспортировки гидросмеси песчаных отложений. Плотность песчаных отложений принята 1,32 т/м³ (в ранее выполненных исследованиях плотность песчаных отложений в дренажных трубопроводах составляла 1,19...1,35 т/м³ [9]).

При вычислении плотности гидросмеси удельный расход воды на транспортировку 1 м³ твердого материала принят 7 м³. Расчётные значения основных показателей гидротранспорта песчаных отложений, определённые по формулам (5...7), приведены в таблице 3.

Таблица 4 – Коэффициент транспортабельности Ψ в зависимости от фракций частиц грунта

Фракция грунта, мм	0,05÷0,10	0,10÷0,25	0,25÷0,50	0,50÷1,0	1,0÷2,0	2,0÷3,0	3,0÷5,0
Ψ	0,02	0,20	0,40	0,80	1,2	1,5	1,8

Критические скорости транспортировки пульпы при фракциях песчаных частиц

0,05...0,10 и 0,1...0,25 мм, определенные по формуле (4), приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Критическая скорость транспортировки гидросмеси песчаных отложений в дренажных трубопроводах диаметром 75...125 мм

Вид отложений	Диаметр трубопровода, мм					
	75		100		125	
	Фракции грунта, мм					
	0,05÷0,10	0,10÷0,25	0,05÷0,10	0,10÷0,25	0,05÷0,10	0,10÷0,25
Критическая скорость, м/с						
Песчаные	1,15	1,71	1,26	1,87	1,37	2,03

Для расчёта критической скорости гидротранспорта грунта по пульпопроводам малых и средних диаметров используют формулу А. М. Царевского [5]

$$v_{кр} = 32\sqrt{D} \sqrt[3]{(\gamma_n - 1)\omega_o \alpha}, \quad (8)$$

где D – диаметр трубопровода, м;
 ω_o – осредненная гидравлическая крупность частиц, м/с;
 γ_n – плотность пульпы, т/м³;
 α – осредненная крупность фракций от 0 до 80 % состава грунта, мм.

В свою очередь значение (α) определяется по формуле:

$$\alpha = \left[\frac{d_{0-80}}{(0,5d_{cp} + 0,8)d_{cp}} \right]^{0,2}$$

Для расчёта примем исходные данные: фракция частиц песка 0,1...0,25 мм при среднем значении $d_{cp} = 0,18$ мм; гидравлическая крупность частиц $\omega_o = 0,017$ м/с, плотность гидросмеси – 1,11 т/м³; диаметр трубопровода 75 мм.

$$\alpha = \left[\frac{0,14}{(0,5 \cdot 0,18 + 0,8)0,18} \right]^{0,2} = 0,97.$$

Определим критическую скорость по формуле (8)

$$v_{кр} = 32\sqrt{0,075} \sqrt[3]{(1,11 - 1) \cdot 0,017 \cdot 0,97} = 1,07 \text{ м/с.}$$

Как следует из вышеизложенного, критическая скорость, вычисленная по формуле Р. Дюрана, в 1,6 раза превышает скорость, определенную по формуле А. М. Царевского.

В пособии по проектированию гидравлического транспорта формула расчёта критической скорости приведена в следующем виде [8]:

$$v_{кр} = 4,9 \cdot S^{0,36} \left(\sqrt{gD} / \sqrt[4]{C_\phi} \right), \quad (9)$$

где S – объемная концентрация гидросмеси;
 g – ускорение свободного падения м/с;
 D – диаметр трубопровода, м;
 C_ϕ – коэффициент лобового сопротивления (коэффициент сопротивления частиц разнородного грунта при свободном падении в воде).

Гидравлические расчёты в данном пособии проводятся в следующем порядке. По заданному гранулометрическому составу материала определяется значение коэффициента транспортабельности Ψ_i для каждой фракции грунта (таблица 6).

Таблица 6 – Коэффициент транспортабельности Ψ_i в зависимости от фракции частиц грунта

Размер фракций, мм	Ψ_i	Размер фракций, мм	Ψ_i	Размер фракций, мм	Ψ_i
40 – 80	1,7	5 – 7	1,9	0,5 – 1	0,75
20 – 40	1,8	3 – 5	1,75	0,25 – 0,5	0,40
10 – 20	2	2 – 3	1,5	0,1 – 0,25	0,10
7 – 10	1,95	1 – 2	1,2	0,1	0,02

По найденному значению Ψ_i определяется величина C_ϕ . Так для Ψ_i равным 0,1 значение C_ϕ составляет 21,7, а при $\Psi_i = 0,4$ значение $C_\phi = 3,41$.

Для расчета критической скорости, определяемой по формуле (9), применимы исходные данные, используемые в таблицах 3 и 6, а именно: объемная концентрация гидросмеси $S = 0,066$; диаметр трубопровода $D = 0,075$ м; размер фракций 0,1–0,25 ($\Psi_i = 0,1$; $C_\phi = 21,7$); размер фракций 0,25–0,5 ($\Psi_i = 0,4$; $C_\phi = 3,41$). Критическая скорость транспортировки пульпы по дренажному трубопроводу диаметром 75 мм, вычисленная по формуле (9), составляет:

при размере фракций 0,1–0,25:

$$v_{кр} = 4,9 \cdot 0,066^{0,36} \left(\sqrt{9,81 \cdot 0,075} / \sqrt[4]{21,7} \right) = 0,73 \text{ м/с};$$

при размере фракций 0,25–0,5:

$$v_{кр} = 4,9 \cdot 0,066^{0,36} \left(\sqrt{9,81 \cdot 0,075} / \sqrt[4]{3,41} \right) = 1,87 \text{ м/с}.$$

В Пособии к СНиП [9] не приводятся данные значения C_ϕ при коэффициенте $\Psi_i = 0,02$. Учитывая выше приведенное соотношение коэффициента Ψ_i по фракциям 0,1–0,25 и 0,1 мм (таблица 6), которое составляет 5, можно предположить, что коэффициент C_ϕ при $\Psi_i = 0,02$ будет составлять 108,5.

Данное предположение подтверждается расчетами по формуле профессора Р. Дюрана при значениях коэффициента транспортируемости, приведенных в таблице 4. Критическая скорость, вычисленная по данной формуле, с уменьшением фракций грунта с 0,1–0,25 до 0,05–0,1 мм уменьшилась в 1,49 раз (таблица 5). Расчет по формуле (9) показывает, что критическая скорость, определенная при коэффициенте C_ϕ рав-

ным 108,5, по сравнению со скоростью, определенной с коэффициентом 21,7, уменьшилась в 1,49 раза, что совпадает со сравнительными данными, вычисленными по формуле (4), т.е. предположение об увеличении коэффициента C_ϕ в пять раз довольно верно.

Определим критическую скорость при значении фракций 0,05–0,1 мм и коэффициенте $C_\phi = 108,5$:

$$v_{кр} = 4,9 \cdot 0,066^{0,36} \left(\sqrt{9,81 \cdot 0,075} / \sqrt[4]{108,5} \right) = 0,50 \text{ м/с}.$$

Анализируя расчет критической скорости по выше приведенным формулам, можно сделать вывод, что скорость, приведенная в Пособии к СНиП, наиболее подходит для расчета дренажных трубопроводов, так как предназначена для гидравлического транспорта фракций материалов, в том числе при их размере 0,025...0,25 мм, которые наиболее часто встречаются в отложениях дренажных трубопроводов.

Рассчитаем критическую скорость транспортировки размытых песчаных отложений в дренажных трубопроводах диаметром 75...125 мм, при размере частиц грунта 0,05–0,1; 0,1–0,25 и 0,25–0,5 мм и удельном расходе воды 6–18 м³ по формуле (9):

Плотность песчаных отложений примем 1,27 т/м³ как среднее значение плотности песчаных отложений 1,19...1,35 т/м³, ранее установленное при очистке дренажных трубопроводов [9].

Расчетные значения основных показателей гидротранспорта песчаных отложений, определенные по формулам 5...7, при удельном расходе воды 6...18 м³ приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Значения плотности и объемной концентрации гидросмеси песчаных отложений при удельном расходе воды 6 – 18 м³

Вид отложения	Удельный вес, т/м ³	Плотность, т/м ³	Пористость	Удельный расход воды на транспортирование 1 м ³ твердого материала, м ³ /м ³							
				6	7	8	10	12	14	16	18
Песчаные	2,66	1,27	0,522	Плотность гидросмеси, т/м ³							
				1,122	1,106	1,094	1,076	1,064	1,055	1,048	1,043
				Объемная концентрация гидросмеси							
				0,073	0,064	0,057	0,046	0,038	0,033	0,029	0,026

Зависимости плотности и концентрации гидросмеси песчаных отложений от удельного расхода воды, а также зависимость плот-

ности гидросмеси от ее объемной концентрации приведены на рисунках 1–3.

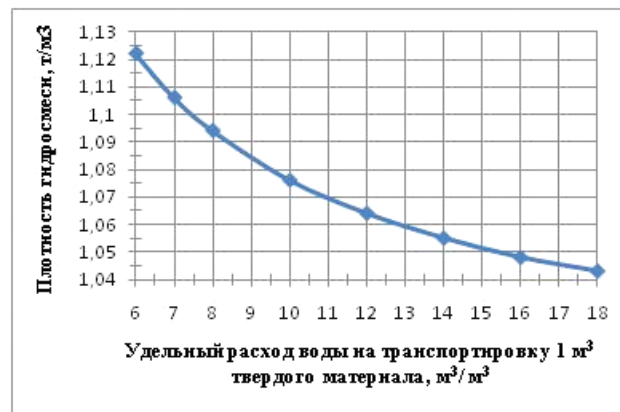


Рисунок 1 – Зависимость плотности гидросмеси песчаных отложений от удельного расхода воды

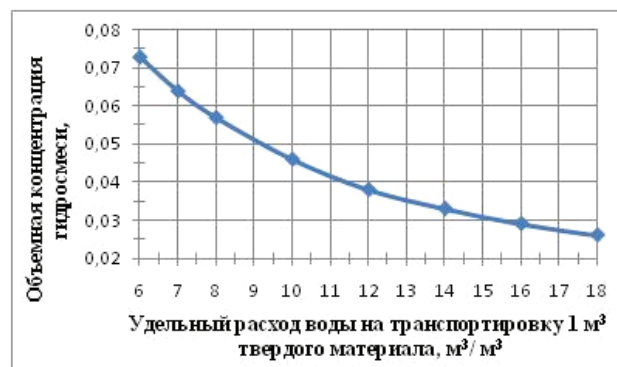


Рисунок 2 – Зависимость объемной концентрации гидросмеси песчаных отложений от удельного расхода воды

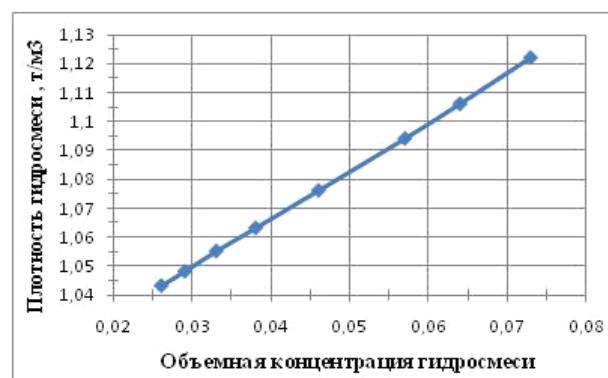


Рисунок 3 – Зависимость плотности транспортируемой по трубопроводу гидросмеси песчаных отложений от объемной концентрации

Движение гидросмеси отложений (пульпы) при промывке дренажных труб происходит в стесненном сечении дренажной трубы. Стеснение обусловлено наличием в трубопроводе напорного водоподающего рукава (d_p) диаметром 28 мм. С учетом расположения водоподающего рукава рас-

четный эквивалентный диаметр ($D_э$) трубопровода можно определить по следующей зависимости:

$$D_э = (D^2 - d_p^2)^{1/2}, \quad (11)$$

где D – диаметр трубопровода, м;
 d_p – диаметр водоподающего рукава, м.

При диаметре трубопроводов 75, 100 и 125 мм их эквивалентный диаметр соответственно составит 70, 96 и 122 мм. Поэтому ниже приведенные расчеты по определению критической скорости гидротранспорта размывших отложений выполнены с учетом эквивалентных диаметров трубопроводов.

Критическая скорость транспортировки гидросмеси песчаных отложений в трубопроводах диаметром 75...125 мм в зависимости от размера частиц песка и удельного расхода воды на их транспортировку, вычисленная по формуле (9), приведена в таблицах 8...10 и на рисунках 4–6.

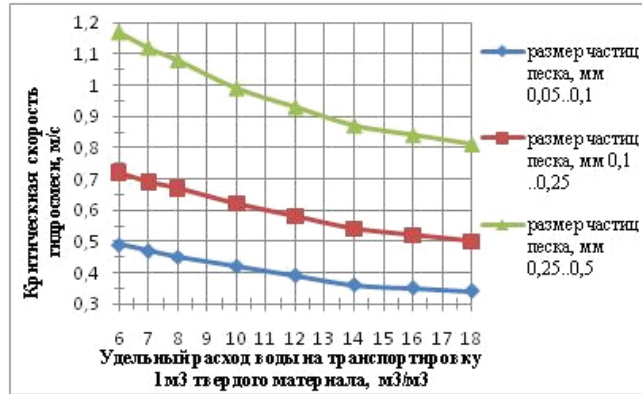


Рисунок 4 – Критическая скорость транспортировки гидросмеси песчаных отложений в трубопроводе диаметром 75 мм в зависимости от размера частиц песка и удельного расхода воды на их транспортировку

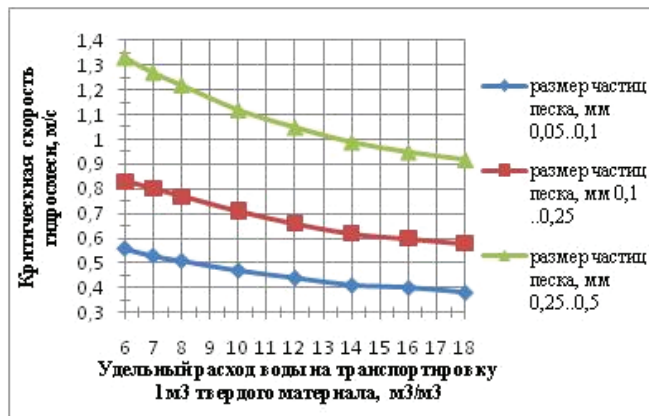


Рисунок 5 – Критическая скорость транспортировки гидросмеси песчаных отложений в трубопроводе диаметром 100 мм в зависимости от размера частиц песка и удельного расхода воды на их транспортировку

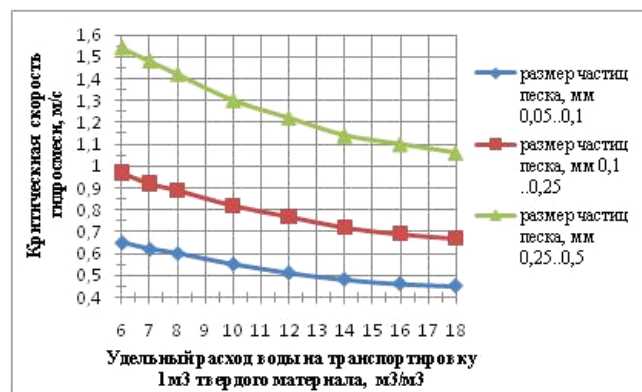


Рисунок 6 – Критическая скорость транспортировки гидросмеси песчаных отложений в трубопроводе диаметром 125 мм в зависимости от размера частиц песка и удельного расхода воды на их транспортировку

Таблица 8 – Критическая скорость транспортировки гидросмеси песчаных отложений в трубопроводе диаметром 75 мм в зависимости от размера частиц песка и удельного расхода воды на их транспортировку

Удельный вес, т/м ³	Плотность, т/м ³	Пористость	Размер частиц песка, мм	Удельный расход воды на транспортирование 1 м ³ твердого материала, м ³ /м ³							
				6	7	8	10	12	14	16	18
				Критическая скорость, м/с							
2,66	1,27	0,522	0,05-0,10	0,49	0,47	0,45	0,42	0,39	0,36	0,35	0,34
			0,10- 0,25	0,72	0,69	0,67	0,61	0,58	0,54	0,52	0,50
			0,25- 0,5	1,17	1,10	1,08	0,99	0,93	0,87	0,84	0,81

Таблица 9 – Критическая скорость транспортировки гидросмеси песчаных отложений в трубопроводе диаметром 100 мм в зависимости от размера частиц песка и удельного расхода воды на их транспортировку

Удельный вес, т/м ³	Плотность, т/м ³	Пористость	Размер частиц песка, мм	Удельный расход воды на транспортирование 1 м ³ твердого материала, м ³ /м ³							
				6	7	8	10	12	14	16	18
				Критическая скорость, м/с							
2,66	1,27	0,522	0,05-0,10	0,55	0,52	0,51	0,47	0,44	0,41	0,40	0,38
			0,10- 0,25	0,83	0,79	0,77	0,71	0,66	0,62	0,60	0,58
			0,25- 0,50	1,33	1,26	1,22	1,12	1,05	0,99	0,95	0,92

Таблица 10 – Критическая скорость транспортировки гидросмеси песчаных отложений в трубопроводе диаметром 125 мм в зависимости от размера частиц песка и удельного расхода воды на их транспортировку

Удельный вес, т/м ³	Плотность, т/м ³	Пористость	Размер частиц песка, мм	Удельный расход воды на транспортирование 1 м ³ твердого материала, м ³ /м ³							
				6	7	8	10	12	14	16	18
				Критическая скорость, м/с							
2,66	1,27	0,522	0,05-0,10	0,65	0,61	0,60	0,55	0,51	0,48	0,46	0,45
			0,10- 0,25	0,97	0,92	0,89	0,82	0,77	0,72	0,70	0,67
			0,25- 0,5	1,54	1,46	1,42	1,30	1,22	1,14	1,10	1,06

Лабораторными исследованиями, выполненными в БелНИИМиВХ, по гидротранспорту песчаных отложений с размером фракций более 0,20 мм в дренах диаметром 50 мм было установлено, что при плотности гидросмеси 1,05 критическая скорость составляет порядка 0,8 м/с [10].

Выполним расчет критической скорости гидросмеси песчаных отложений при ее плотности 1,05. Согласно рисунку 3 при плотности 1,05 объемная концентрация составляет 0,03. Расчет, выполняем по формуле (9), при размере фракций песчаных частиц 0,25...0,5 мм:

$$v_{кр} = 4,9 \cdot 0,03^{0,36} \left(\sqrt{9,81 \cdot 0,05} / \sqrt[4]{3,41} \right) = 0,73, \text{ м/с.}$$

Значения критической скорости, полученные в лабораторных условиях и рассчитанные по формуле (9), отличаются весьма незначительно. Следовательно, выбранная формула для расчета критической скорости транспортировки пульпы предварительно вполне подходит для расчета дренажных трубопроводов при гидродинамическом способе их очистки и в дальнейшем будет уточнена при проведении лабораторных и полевых исследований.

Выводы

1. Проанализированы наиболее распространенные формулы по расчету критической скорости транспортировки размытых отложений (пульпы) и сделан вывод, что применительно к дренажным трубопроводам расчет критической скорости целесообразно выполнять по формуле, приведенной в СНиП 2.05.07-85 с уточнением по фракции частиц грунта.

2. Выполнен расчет по определению объемной концентрации, плотности гидросмеси, а также критической скорости транспор-

тировки гидросмеси песчаных отложений в дренажных трубопроводах диаметром 75...125 мм.

3. Выполненные исследования дают возможность по данным объемной концентрации гидросмеси (пульпы), полученным в процессе промывки дренажного трубопровода, устанавливать оптимальный скоростной режим продвижения промывочной насадки с учетом расхода воды и оценивать эффективность применения промывочных насадок.

Библиографический список

1. Вакулин, П. Д. Гидравлика систем водоснабжения и водоотведения : учеб. / П. Д. Вакулин, В. Б. Вакулина ; М-во образования и науки РФ. – 2-е изд. – М. : Госстройиздат, 2015. – 248 с.
2. Гончаров, В. Н. Динамика русловых потоков / В. Н. Гончаров. – Л. : Гидрометеоиздат, 1962. – 211 с.
3. Канализация. Наружные сети и сооружения. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-4.01-321-2018 (33020). – Введ. 01.10.2018. – Минск, 2018. – 89 с.
4. Алеканд, К. Ф. Исследования заиления гончарного дренажа в минеральных грунтах : автореф. дис. ... канд. техн. наук / К. Ф. Алеканд. – Тарту, 1965. – 27 с.
5. Меламут, Д. Л. Гидромеханизация в мелиоративном строительстве / Д. Л. Меламут. – М. : Стройиздат, 1981. – 302 с.
6. Блажис, Б. И. Определение минимальных уклонов дренажных коллекторов / Б. И. Блажис, В. В. Бурклис // Мелиорация и водное хозяйство. – 1988. – № 6. – С. 37–38.
7. Инструкция по гидравлическому расчету систем напорного гидротранспорта грунтов : П 59-72. – Ленинградское отделение : Энергия, 1972. – С. 1–8.
8. Пособие по проектированию гидравлического транспорта : Пособие к СНиП 2.05.07-85. – Введ. 28.03.1986. – М. : Стройиздат, 1988. – С. 3–7.
9. Погодин, Н. Н. Очистка дренажных коллекторов от заиления механическим способом с применением устройства ОД-100 / Н. Н. Погодин, А. С. Анженков, В. А. Болбышко // Мелиорация. – 2018. – № 1(83). – С. 5–13.
10. Создание и внедрение технологического процесса и организации механизированной очистки и ремонта закрытой коллекторно-дренажной сети : отчет от НИР (промежут.) / БелНИИМиВХ ; рук. В. Ф. Карловский. – Минск, 1982. – С. 7–23.

Поступила 27.02.2020

УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ДВУХСЛОЙНЫХ ГОФРИРОВАННЫХ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБ «КОРСИС» НА МЕЛИОРАТИВНЫХ ОБЪЕКТАХ

А. И. Митрахович, кандидат технических наук, доцент

В. М. Макоед, ведущий научный сотрудник

С. М. Лавушев, младший научный сотрудник

А. П. Сергееня, инженер

*РУП «Институт мелиорации»,
Минск, Беларусь*

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы, связанные с применением в мелиоративной отрасли полиэтиленовых двухслойных гофрированных труб «КОРСИС» большого диаметра в качестве сбросных и проводящих коллекторов вместо некоторых проводящих каналов. Это позволяет уменьшить контурность обрабатываемых полей. Отмечены наиболее существенные факторы – длина гона, конфигурация или рельеф полевых участков, влияющие на производительность с/х машин. Рекомендуются наиболее рациональные размеры обрабатываемых полей. Приводятся данные гидравлических характеристик исследованных труб «КОРСИС» диаметром 200, 315, 400 и 500 мм и возможные площади осушения их дренажем с применением полиэтиленовых двухслойных гофрированных труб «КОРСИС» в качестве проводящих и дренажных коллекторов с частичной заменой некоторых каналов. Установлено, что при уклонах больше 0,001 и степени наполнения h/d больше 0,3 все трубопроводы обеспечивают незаиляющие скорости потока.

Ключевые слова: мелиоративный объект, контурность полей, дренаж, трубы большого диаметра, гидравлический расчет труб, канал, коллектор, широкозахватная сельскохозяйственная техника, длина гона.

Abstract

*A.I. Mitrakhovich, V.M. Makoed, S.M. Lavushev,
A.P. Sergeenya*

CONDITIONS OF APPLICATION OF TWO-LAYER CORRUGATED POLYETHYLENE PIPES “CORSIS” ON MELIORATIVE OBJECTS

The article discusses issues related to the use of polyethylene double-layer corrugated pipes “CORSIS” of large diameter in the reclamation industry as discharge and conducting manifolds instead of some conducting channels. This reduces the contours of the fields being processed. The most significant factors are noted – the length of the run, the configuration or relief of the field areas, affecting the productivity of agricultural machines. The most rational sizes of the fields to be processed are recommended. The hydraulic characteristics of the “CORSIS” pipes of 200, 315, 400 and 500 mm diameter examined and the possible drainage areas with the use of polyethylene double-layer corrugated “CORSIS” pipes as conducting and drainage manifolds with partial replacement of some channels are given. It has been found that if the slopes are greater than 0.001 and the fill degree h/d is greater than 0.3, all pipelines provide non-binding flow rates.

Keywords: reclamation object, contour of fields, drainage, large diameter pipes, hydraulic calculation of pipes, channel, collector, wide-grip agricultural machinery, length of the run.

Введение

Мелиорация – одно из главных средств интенсификации сельскохозяйственного производства и, кроме того, пожалуй, единственная возможность для наиболее рационального использования земельных угодий.

Актуальной задачей мелиоративной отрасли в Республике Беларусь в настоящее

время является повышение эффективности действия мелиоративных систем по регулированию водного режима почв и создание нормальных условий для работы широкозахватной сельскохозяйственной техники при обработке мелиорированных земель, особенно на системах с густой сетью каналов, создающих большую контурность по-

лей. Известно, что условия эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники являются следствием сочетания различных факторов, действия которых по-разному влияют на состав машинотракторного парка и границы эффективного использования машин.

Результаты исследований и обсуждение

В настоящее время имеются возможности автоматизации выполнения технологических расчетов и планирования производственной деятельности, которые позволяют обеспечивать сельскохозяйственных производителей необходимыми программами для принятия оперативных решений и более интенсивного использования на практике технологий точечного земледелия. Большинство применяемых алгоритмов со-

Из большого количества природных, агротехнических и биологических факторов, влияющих на производительность машинотракторных агрегатов, по заключению многих исследований, наиболее существенными являются длина гона и конфигурация или рельеф полевых участков.

держат ряд последовательных этапов расчета по выбору исходного контура полей, построение поворотных полос, генерация рабочих и холостых ходов (поворотов) формирование окончательной траектории движения и расчет производительности машинного агрегата [1]. В результате установлен характер изменения производительности агрегатов в зависимости от конфигурации полей (таблица 1).

Таблица 1 – Значение интервалов изменения анализируемых признаков

Признак	Интервал изменения	Характеристика условий
1	2	3
Длина гона	200–300 м (4–6 га)	Плохие
	400–500 м (12–15 га)	Средние
	600–700 м (25–30 га)	Хорошие
	800–1000 м (40–50 га)	Очень хорошие
	1300–1500 м (60–65 га)	Отличные
Тип конфигурации	Прямоугольник	Поле правильной формы
	Трапеция	Поле частично неправильной формы
	Треугольник	Сложный рельеф и конфигурация поля

Нормативные значения производительности в зависимости от условий эксплуатации приведены в таблице 2.

Наиболее высокие темпы роста производительности с увеличением длины гона имеют широкозахватные агрегаты, работающие по технологическому циклу: с 3,87–4,52 до 12,09–12,66 га /ч или в 1,67–2,27 раза (машины для внесения твердых минеральных удобрений); с 4,13–4,51 до 12,34–12,95 га /ч до 12,34–12,95 га /ч или в 1,74–2,13 раза (опрыскиватели).

Существенное влияние на производительность оказывает и конфигурация поля;

если для типа «прямоугольник» значение прироста производительности МТА принять за 100 % [1], то для типа «трапеция» оно составит в среднем 85–90 %, для типа «треугольник» – 75–88 %. Следует учитывать также, что каждой длине гона должна соответствовать оптимальная ширина загона, которую рекомендуется определять по формуле [2]:

$$C_{\text{опт}} = \sqrt{2(LB_p + 8R^2)}, \quad (1)$$

где L – длина гона;

R – наименьший радиус поворота;

B_p – рабочая ширина захвата.

Таблица 2 – Нормативные значения производительности для базовых агрегатов по материалам типовых норм выработки

Состав агрегата	Производительность га /смена при работе МТА на различных длинах гона				
	200–300 м	400–500 м	600–700 м	800–1000 м	1300–1500 м
Беларус 1523+ППО-(4Н)-4ОК	6,9	7,9	8,5	8,8	9,2
Беларус 3022+АПП-6Д	18,2	21,6	23,0	24,9	26,4
Беларус 3522+АК4-8	21,7	24,4	27,0	26,7	27,6
Беларус 1221+РУ7000*	59,2	68,1	70,0	71,7	73,6
Беларус 820+Мекосин 2500-24**	45,3	50,9	53,0	55,3	56,9

* Расстояние транспортировки – до 5 км, норма внесения – до 250 кг/га.

** Расстояние транспортировки – до 2 км, норма внесения – 200 л/га.

Целесообразная ширина загонов при работе машинотракторных агрегатов в сельскохозяйственном производстве приведена в таблице 3.

Данными таблицы с определенной точностью можно пользоваться при выборе параметров разбивки поля на загоны, однако надо принимать во внимание и отдавать предпочтение системе машин с более маневренными свойствами.

Чтобы выполнить вышеуказанные технологические требования обработки полей при проектировании мелиоративных си-

стем с применением полиэтиленовых гофрированных двухслойных труб, необходимо знать их гидравлические возможности и, в первую очередь, пропускную способность, которая зависит от диаметра трубопровода и уклона трубопровода. В расчетном отношении трубопроводы делятся на напорные, когда трубы работают полным сечением и давление внутри их больше атмосферного, и безнапорные, когда трубы работают неполным сечением и на поверхности уровня воды давление равно атмосферному.

Таблица 3 – Рекомендуемые минимальные расстояния между открытыми осушителями для работы широкозахватной сельскохозяйственной техники

Длина гона, м	Ширина загона для тракторов тягового класса, м				
	14кН	30кН	40кН	50кН	60кН
Более 1500	–	110–120	110–120	150–160	160–170
1300–1500	–	100–110	110–120	140–150	150–160
1000–1300	70–80	90–100	100–110	120–140	130–150
700–1000	60–70	80–90	90–100	100–120	115–130
500–700	50–60	70–80	80–90	85–110	95–115
400–500	45–50	60–70	70–80	70–85	75–95
300–400	40–45	50–60	60–70	–	–

Расчет дренажных труб ведется при сплошном их заполнении [3].

Гидравлический расчет трубопроводов устанавливает геометрические размеры трубы при заданном начальном напоре, расходе и длине, или даст необходимый начальный напор при прочих заданных величинах. Трубопроводы могут работать в напорном режиме при полном заполнении полости тру-

бы и частичном наполнении. В этом случае возникает опасность заиливания коллектора частицами грунта, попадающими из канала или дренажных труб. Следовательно, необходимо определить условия, исключающие возможность заиливания труб. Для предотвращения заиливания должны обеспечиваться соответствующие транспортирующие скорости потока воды в трубах, которые зависят от

уклона коллектора, внутренней шероховатости труб, степени их наполнения, а также от крупности частиц, попадающих в трубы. Минимально допустимые скорости в зависимости от грунтов рекомендуются в пределах 0,3–0,4 м/с. Размыв отложившихся наносов и самоочистка труб зависит от крупности наносов и диаметра труб. В трубах диаметром более 220 мм размыв наносов крупностью $0,1 < d < 0,25$ мм происходит при скоростях потока 0,4–0,5 м/с.

Самоочистка дрен обеспечивается только при уклонах более 0,05 и скоростях воды 1–2 м/с. Вероятность самоочистки труб от песчаных наносов при уклонах меньше 0,005 довольно низкая.

Интенсивность размыва и перемещение наносов в трубах определяется величиной донной скорости и практическое значение имеет вынос частиц во взвешенном состоянии. На эффективность самоочистки влияет степень наполнения труб. Установлено, что для выноса частиц диаметром $d \leq 0,3$ мм необходимы уклоны $i = 0,005–0,01$ при половинном наполнении труб, при полном наполнении $i = 0,003–0,006$. Для выноса частиц, диаметром больше 0,4 мм, нужны уклоны $i = 0,01–0,03$.

Ранее отмечалось, что наиболее экономически целесообразными трубами большого диаметра при использовании их на мелиоративных объектах являются двухслойные полиэтиленовые гофрированные трубы «КОРСИС» [4]. Исходя из вышеизложенного, необходимо определить гидравлические характеристики труб, диаметром от 160 до 500 мм, при их работе в безнапорном и напорном режиме движения воды.

Гидравлические расчеты напорных и безнапорных трубопроводов основываются на применении формулы Шези:

$$\sigma = C\sqrt{Ri} \text{ и } Q = \omega C\sqrt{Ri} = \sigma\omega, \quad (2)$$

где C – коэффициент, зависящий от состояния и шероховатости внутренней поверхности труб и их диаметра;

R – гидравлический радиус, равный:

- при полном наполнении труб:

$$R = D/4; \quad (3)$$

- при различной степени наполнения трубы (безнапорный режим):

$$R = \frac{\omega}{\chi}, \quad (4)$$

где D – внутренний диаметр трубопровода;

i – гидравлический уклон;

ω – площадь живого сечения потока;

χ – длина смоченного периметра трубы, изменяющаяся от $\frac{h}{D} = 0,1$ до 1.

В мелиоративной практике коэффициент Шези вычисляется по формулам Н. Н. Павловского, Маннинга, В. Р. Куттера и др. [5]:

- Н. Н. Павловского:

$$C = \frac{1}{n} R^y, \quad (5)$$

$$y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,10), \quad (6)$$

при $R < 1,0$ м

$$y = 1,5\sqrt{n}, \quad (7)$$

где n – коэффициент шероховатости.

- Маннинга:

$$C = \frac{R^{1/6}}{n} = \left(\frac{D}{4}\right)^{\frac{1}{6}}. \quad (8)$$

1) Гидравлический расчет труб «КОРСИС» в безнапорном режиме проведен по вышеуказанной методике с определением площади живого сечения при различной степени наполнения по формуле

$$\omega = \frac{1}{8(\varphi - \sin\varphi)d^2}; \quad (10)$$

где d – внутренний диаметр трубы;

φ – центральный угол в радианах:

$$\varphi = 2ar \cos\left(1 - \frac{h}{r}\right), \quad (11)$$

где r – радиус трубы;

R – гидравлический радиус, при полном наполнении:

$$R = \frac{d}{4}; \quad (12)$$

- при частичном наполнении:

$$R = \frac{1}{4}\left(1 - \frac{\sin\varphi}{\varphi}\right)d; \quad (13)$$

- смоченный периметр:

$$\chi = \frac{\varphi d}{2}. \quad (14)$$

По данной методике рассчитаны гидравлические характеристики двухслойных гофрированных полиэтиленовых труб «КОРСИС», диаметром (наружным) 200, 250, 315,

400 и 500 мм. Определены скорости и расходы труб при уклонах 0,001–0,006 с определением коэффициента C по формуле Павловского. Установлено, что при уклоне больше 0,001, все трубопроводы обеспечивают незаияющие скорости потока, а расход их с увеличением уклона от 0,001 до 0,005 возрастает более, чем в 2 раза (рисунок 1).

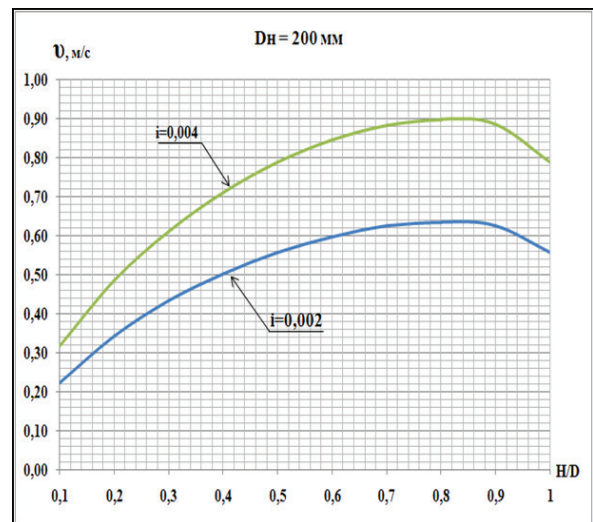
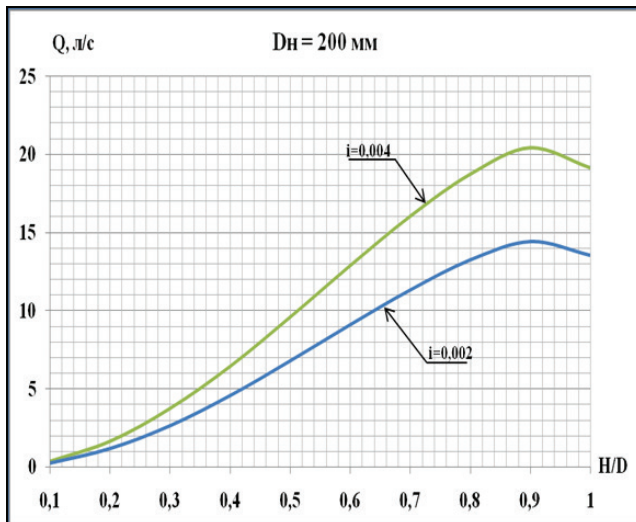


Рисунок 1 – Графики скоростей и пропускной способности отводящего трубопровода «КОРСИС» различного диаметра при безнапорном движении воды в зависимости от степени наполнения (H/D) и уклона i

На основании данных по пропускной способности полимерных труб при работе в безнапорном режиме при полном наполнении труб (таблица 4) определены площади возможного осушения дренажем с коллекторами заданного диаметра при определенном укло-

не и модуле дренажного стока (таблица 5) по формуле

$$F = \frac{Q}{q}, \quad (15)$$

где F – площадь осушения, га;
 Q – расход трубопровода, м³/сут;
 q – модуль дренажного стока, м³/сут·га.

Таблица 4 – Гидравлические характеристики гофрированных труб «КОРСИС» при полном наполнении (безнапорный режим)

Уклон	Диаметр, мм									
	200		250		315		400		500	
	Q, л/с	v, м/с	Q, л/с	v, м/с	Q, л/с	v, м/с	Q, л/с	v, м/с	Q, л/с	v, м/с
0,001	10,10	0,42	17,38	0,47	31,70	0,55	60,58	0,64	105,78	0,47
0,002	14,28	0,59	24,58	0,67	44,84	0,78	85,67	0,91	149,59	1,04
0,003	17,50	0,72	30,10	0,82	54,91	0,95	104,92	1,12	183,21	1,28
0,004	20,20	0,83	34,76	0,95	63,41	1,10	121,15	1,29	211,55	1,48
0,005	22,59	0,93	38,86	1,06	70,89	1,23	135,45	1,44	236,52	1,65
0,006	24,74	1,02	42,57	1,16	77,66	1,35	148,38	1,58	259,10	1,81

Таблица 5 – Осушаемая площадь, обслуживаемая трубопроводом «КОРСИС» при модулях стока 0,6; 1,0; 2,0; 4,0 л/с га

Уклон	Q, л/с	Модули стока, л/с·га			
		0,6	1,0	2,0	4,0
		Осушаемая площадь, га			
1	2	3	4	5	6
Диаметр трубопровода 200 мм					
0,001	10,50	17,5	10,5	5,2	2,6
0,002	14,28	23,8	14,28	7,14	3,57
0,003	17,50	29,16	17,5	8,75	4,37
0,004	20,20	33,66	20,20	10,10	5,05
0,005	22,59	37,65	22,59	11,29	5,6
0,006	24,74	41,23	24,74	12,37	6,17
Диаметр трубопровода 250 мм					
0,001	17,38	28,96	17,38	8,69	4,34
0,002	24,58	40,96	24,58	12,29	6,14
0,003	30,10	50,16	30,10	15,5	7,52
0,004	34,76	57,93	34,76	17,88	8,69
0,005	38,86	64,76	38,86	19,96	9,71
0,006	42,57	70,01	42,57	21,28	10,64
Диаметр трубопровода 315 мм					
0,001	31,70	52,83	31,70	15,85	7,92
0,002	44,84	74,73	44,84	22,42	11,21
0,003	54,91	91,15	54,91	27,95	13,72
0,004	63,41	105,68	63,41	31,70	15,85
0,005	70,89	111,15	70,99	59,07	17,72
0,006	77,66	129,43	77,66	38,83	19,41
Диаметр трубопровода 400 мм					
0,001	60,58	101,0	60,58	30,29	15,14
0,002	85,67	142,78	85,67	42,83	21,42
0,003	104,92	174,86	104,92	52,46	26,23
0,004	121,15	201,19	201,19	60,57	30,28
0,005	135,45	225,75	225,75	67,72	33,86
0,006	148,38	247,30	247,30	74,19	37,10

Как видим, при средних уклонах 0,003 и модуле дренажного стока 0,6 л/с·га коллектора, диаметром 200–315 мм, могут осушать площадь от 17 до 55 га, а с диаметром 400 мм, площадь составит 104 га, при этом имеется возможность существенно сократить длину каналов.

2) *Гидравлический расчет гофрированных труб «КОРСИС» в напорном режиме*

На мелиоративных системах трубы «КОРСИС» могут использоваться не только в качестве дренажных коллекторов, но и как трубопроводов, отводящих воду из каналов. В этом случае они в критические периоды работают

в напорном режиме. При их гидравлическом расчете необходимо учитывать длину трубопровода. Основными задачами при расчетах трубопроводов являются:

а) Определение необходимого диаметра трубы D для пропуска заданного расхода Q при длине трубопровода L и напоре H .

б) Определение расхода Q протекающего по трубопроводу при определенном напоре H , длине трубопровода L , диаметре трубопровода D с шероховатостью n .

Порядок расчета пропускной способности трубопровода при известных данных следующий [6].

I вариант

1. Определяем площадь сечения отводящего трубопровода:

$$F = \frac{\pi D^2}{4}. \quad (16)$$

2. Расход трубопровода определяем по формуле:

$$Q = \mu F \sqrt{2gH} = \mu \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{2gH}. \quad (17)$$

3. Коэффициент расхода μ :

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \Sigma \zeta + \lambda \frac{L}{D}}}, \quad (18)$$

где α – коэффициент Кориолиса, равный 1;
 $\zeta_{\text{вх}} = 0,5$ – коэффициент сопротивления на вход;
 L – длина трубопровода.

4. Определяем коэффициент гидравлического трения:

$$\lambda = 8gn^2 \left(\frac{4}{D}\right)^{3\sqrt{n}}, \quad (19)$$

где $n = 0,009-0,015$ – коэффициент шероховатости полиэтиленовых гофрированных труб с гладкой внутренней стенкой.

5. Определяем скорость в трубопроводе:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \Sigma \zeta + \lambda \frac{L}{D}}} \cdot \sqrt{2gH}. \quad (20)$$

6. Определяем расход в трубопроводе:

$$Q = \mu F \sqrt{2gH}. \quad (21)$$

II вариант

Порядок расчета такой же, но λ определяется по формуле Б. Л. Шифринсона:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta}{D}\right)^{0,25}, \quad (22)$$

где Δ – абсолютная (эквивалентная) шероховатость стенок трубопровода, мм; полиэтиленовые чистые трубы $\Delta = 0,003$ мм с учетом возможного налета при эксплуатации принимаем: $n = 0,01$.

III вариант (методика А. Н. Сидорова по модулю расхода K) [7]:

n – коэффициент шероховатости ($n = 0,01$).

1. Модуль расхода (K) – это расход при гидравлическом уклоне i равном единице – полная характеристика живого сечения потока – его пропускная способность. Определяем K по формуле:

$$K = \omega C \sqrt{R}; \quad (23)$$

$$C = \frac{1}{n} R^y = \frac{1}{n} \left(\frac{D}{4}\right)^y. \quad (24)$$

2. Находим гидравлический уклон:

$$i = \frac{H}{L}. \quad (25)$$

3. Определяем расход:

$$Q = K \sqrt{i}. \quad (26)$$

В таблице 6 и на рисунке 2 приведены значения пропускной способности отводящего трубопровода «КОРСИС» различного диаметра при напорном движении воды.

Таблица 6 – Пропускная способность отводящего трубопровода «КОРСИС» различного диаметра при напорном движении воды

Длина трубопровода, м	Пропускная способность, л/с						
	Напор, м						
	0,1	0,5	0,7	1	1,2	1,5	2
Диаметр 200 мм							
20	22,59	50,50	59,76	71,42	78,24	87,48	101,01
50	14,28	31,94	37,79	45,17	49,48	55,32	63,88
70	12,07	27,00	31,94	38,18	41,82	46,76	53,99
100	10,10	22,59	26,72	31,94	34,99	39,12	45,17
150	8,25	18,44	21,82	26,08	28,57	31,94	36,88
200	7,14	15,97	18,90	22,59	24,74	27,66	31,94

Длина трубопровода, м	Пропускная способность, л/с						
	Напор, м						
	0,1	0,5	0,7	1	1,2	1,5	2
Диаметр 315 мм							
20	70,89	158,52	187,57	224,18	245,58	274,57	317,04
50	44,84	100,26	118,63	141,79	155,32	173,65	200,52
70	37,89	84,73	100,26	119,83	131,27	146,76	169,47
100	31,70	70,89	83,88	100,26	109,83	122,79	141,79
150	25,89	57,88	68,49	81,86	89,67	100,26	115,77
200	22,42	50,13	59,31	70,89	77,66	86,83	100,26
Диаметр 400 мм							
20	135,45	302,88	358,37	428,34	469,22	524,61	605,76
50	85,67	191,56	226,66	270,91	296,76	331,79	383,12
70	72,40	161,90	191,56	228,96	250,81	280,41	323,79
100	60,58	135,45	160,27	191,56	209,84	234,61	270,91
150	49,46	110,60	130,86	156,41	171,34	191,56	221,19
200	42,83	95,78	113,33	135,45	148,38	165,89	191,56
Диаметр 500 мм							
20	236,52	528,88	625,78	747,95	819,33	916,04	1057,75
50	149,59	334,49	395,78	473,04	518,19	579,36	668,98
70	126,43	282,70	334,49	399,79	437,95	489,65	565,39
100	105,78	236,52	279,86	334,49	366,42	409,67	473,04
150	86,37	193,12	228,50	273,11	299,18	334,49	386,24
200	74,79	167,25	197,89	236,52	259,10	289,68	334,49

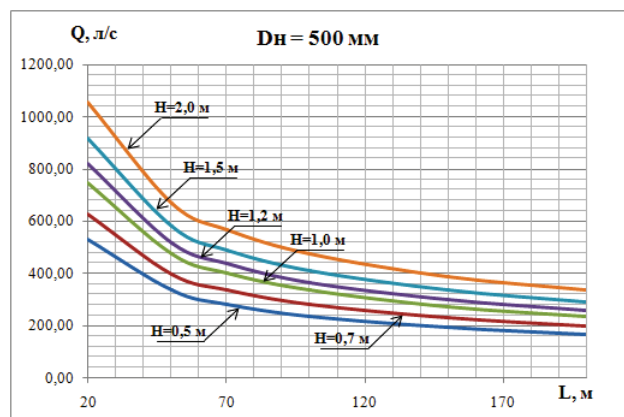
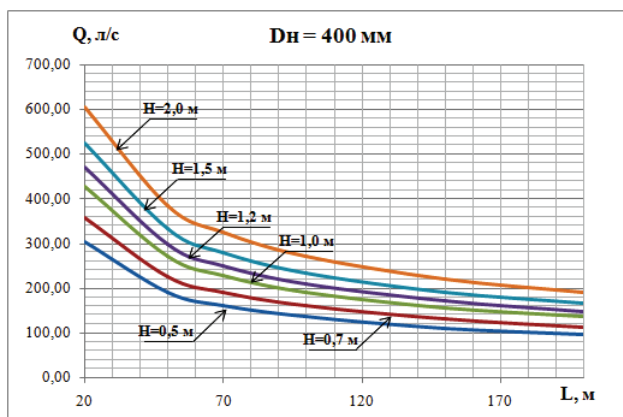
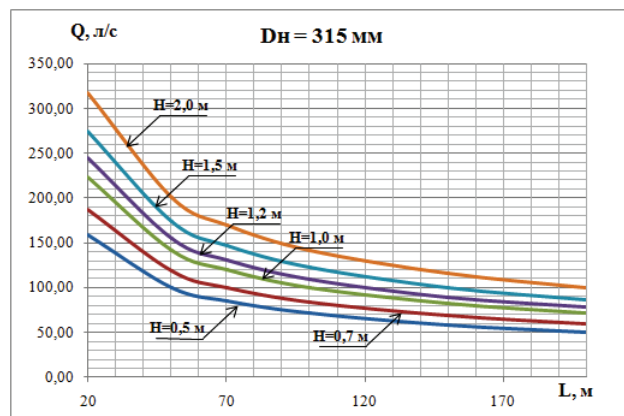
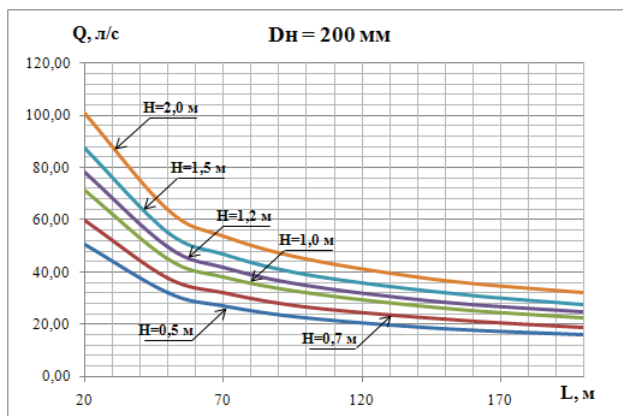


Рисунок 2 – Графики пропускной способности отводящего трубопровода «КОРСИС» различного диаметра при напорном движении воды в зависимости от его длины (L) и напора (H)

Приведенные данные показывают, что пропускная способность трубопроводов при работе в напорном режиме зависит как от величины напора в канале, так еще в большей степени от длины трубопровода. Если расход трубопровода диаметром 200 мм при напоре 1,0 м и длине 40 м со-

ставляет 60 л/с, то при длине 200 м расход будет 22 л/с. Трубопровод диаметром 315 мм при таких же условиях может обеспечивать пропуск расхода от 150 до 70 л/с. Это необходимо учитывать при проектировании отводящих воду из канала коллекторов из полимерных труб.

Выводы

1. Рассмотрены условия эксплуатации широкозахватной с/х техники и факторы, влияющие на состав машинотракторного парка и пределы эффективного использования машин.

2. Установлены (отмечены) наиболее важные характеристики обрабатываемых участков, их размеров, влияющих на производительность машин, которые следует учитывать при проектировании параметров и конструкций мелиоративных систем.

3. Выполнен гидравлический расчет полиэтиленовых двухслойных гофриро-

ванных труб «КОРСИС» в напорном и безнапорном режимах для применения их в качестве проводящих трубопроводов на мелиоративных системах с учетом возможного эффективного использования широкозахватной с/х техники.

4. По данным о пропускной способности полимерных труб «КОРСИС» большого диаметра определена возможная площадь осушения их дренажем при заданном уклоне и модуле дренажного стока.

Библиографический список

1. Ленский, А. В. Оптимизация маршрутов движения машинотракторных агрегатов по рабочим участкам простой конфигурации / А. В. Ленский, А. А. Жешко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межведомств. темат. сб. – Минск : Беларуская навука. – 2019. – С. 13–18.
2. Фортуна, В. И. Технология механизированных сельскохозяйственных работ / В. И. Фортуна, С. К. Миронюк. – М. : Агропромиздат, 1986. – 302 с.
3. Чугаев, Р. Р. Гидравлика: учеб. для вузов / Р. Р. Чугаев. – 4-е изд. – Л. : Энергоиздат, 1982. – 672 с.
4. Из опыта применения на осушительных системах коллекторов из труб большого диаметра / А. И. Митрахович, В. М. Макоед, А. П. Сергееня, С. М. Лавушев // Мелиорация. – 2019. – № 2 (88). – С. 13–17.
5. Киселев, П. Г. Справочник по гидравлическим расчетам / П. Г. Киселев. – Л. : Энергия, 1972. – 311 с.
6. Штеренлихт, Д. В. Гидравлические расчеты / Д. В. Штеренлихт, В. М. Алышев, Л. В. Яковлева. – М. : Колос, 1992. – 287 с.
7. Сидоров, Л. Н. Гидравлика и гидросиловые установки / Л. Н. Сидоров, М. Н. Ивановский. – М. : Сельхозгиз, 1959. – 487 с.

Поступила 21.01.2020

ЛЕГКОВОССТАНОВИМОЕ ДРЕНАЖНОЕ УСТЬЕВОЕ СООРУЖЕНИЕ

Э. Н. Шкутов, кандидат технических наук

РУП «Институт мелиорации»

Д. В. Лодыга, магистр технических наук, аспирант

РУП «Институт мелиорации», ведущий инженер РУП «РНТЦ по ценообразованию в строительстве»,
Минск, Беларусь

Аннотация

В статье изложены краткие сведения о конструкциях дренажных устьевых сооружений, применяемых в современной мелиоративной практике; представлена экспериментальная конструкция нового устьевого сооружения типа УДЛ; выполнен расчет стоимости единицы устройства устьевого сооружения для различных диаметров и типов в сопоставимых условиях. На основании полученных данных проведен технико-экономический анализ устройства устьевых сооружений различных типов и диаметров; обосновано применение устьевого сооружения типа УДЛ.

Ключевые слова: устьевое сооружение, коллекторно-дренажная сеть, устье дренажное легковосстановимое (УДЛ); умышленно ослабленный элемент.

Abstract

E. N. Shkutov, D. V. Lodyha

EASY-RECOVERABLE DRAINAGE WELLHEAD STRUCTURE TYPE EDW.

The article provides brief information about the designs of drainage wellhead structures used in modern reclamation practice; experimental design of a new wellhead structure of the type EDW is presented; the cost per unit of a wellhead structure device for various diameters and types was calculated under comparable conditions. Based on the data obtained, a feasibility study was conducted on the structure of wellhead structures of various types and diameters; justified the use of wellhead construction type EDW.

Keywords: pairing, wellhead structure; collector and drainage network; drain catchment; easy-recoverable drainage wellhead (EDW); intentionally weakened element; wellhead kit; software package «RSTC.smeta»; comparable conditions; technical and economic indicators; comparative analysis; material consumption; ice cork.

Введение

В мелиоративной практике в качестве основных сооружений для сопряжения открытой проводящей сети (или водоприемника) с коллекторно-дренажной сетью применяются дренажные устьевые сооружения различных конструкций, число конструкций применявшихся в мелиорации весьма велико. Даже перечислить их в рамках статьи затруднительно. Поэтому ограничимся несколькими примерами, наиболее распространенными в современной практике мелиоративного строительства, реконструкции и ремонтов.

Дренажные устьевые сооружения в настоящее время выполняются как сборные полиэтиленовые, хризотилцементные и железобетонные (рисунки 1–3) [1, 2].

Все приведенные конструкции широко используются на дренажных системах мелиоративных объектов Республики Беларусь и в большей или меньшей степени обеспечивают работоспособность дренажа. Условия применения и эксплуатации дренажных устьев очень разнятся по территории республики.

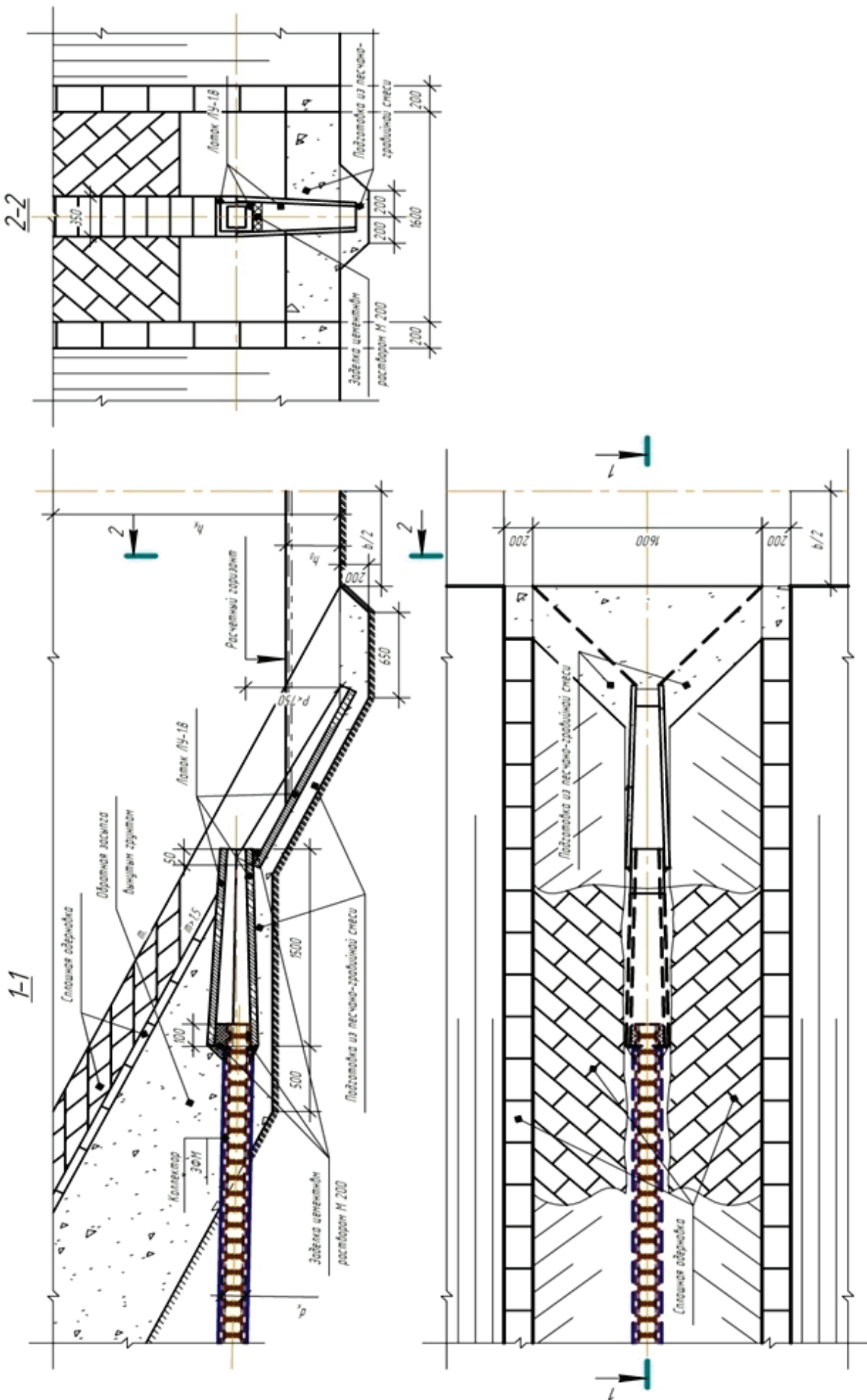


Рисунок 1 – Железобетонное дренажное устьевое сооружение УЛ-1-1.8-75 из корычатых блоков ЛУ-1,8

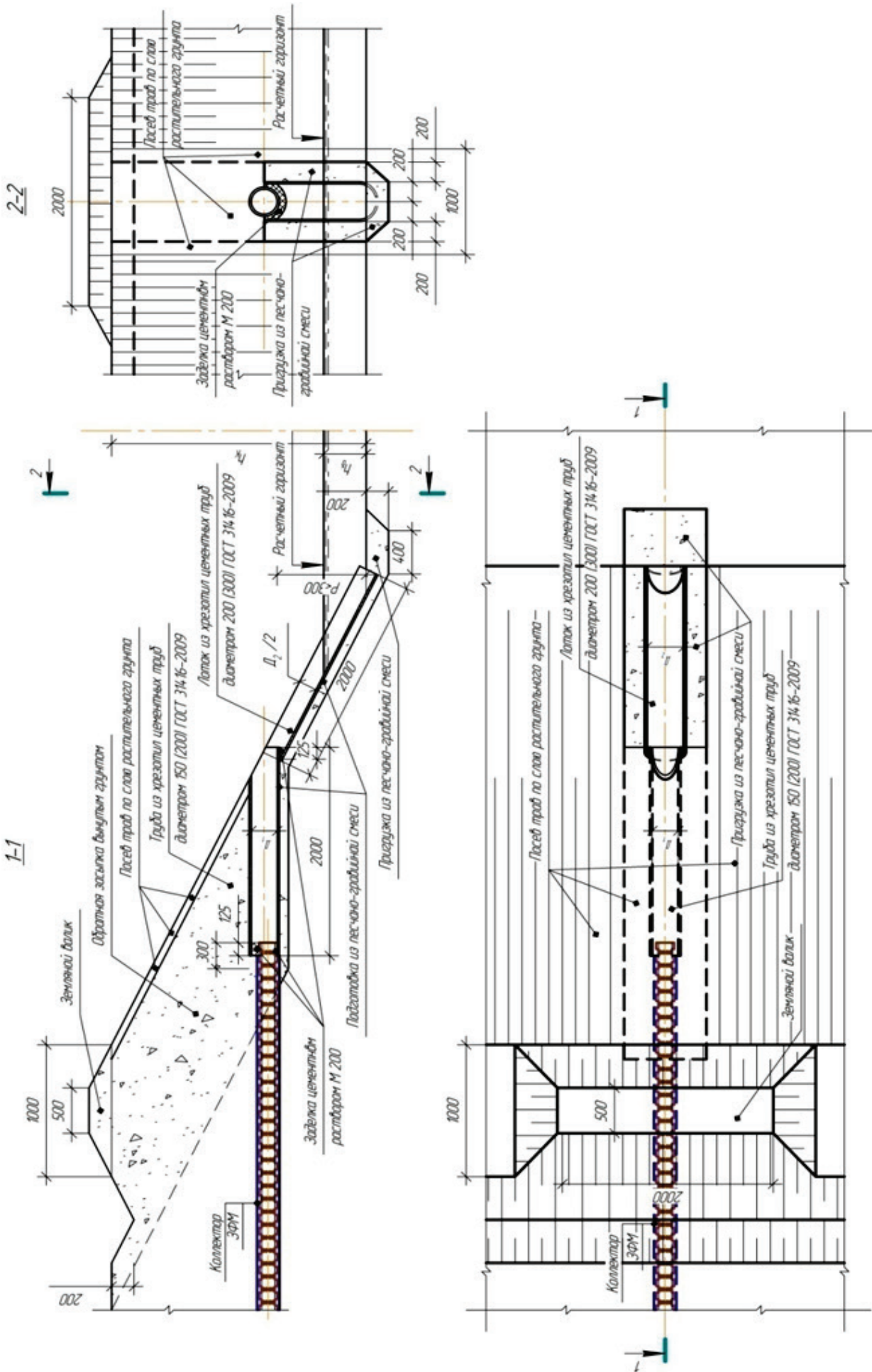


Рисунок 2 – Хризотилцементное дренажное устьевое сооружение

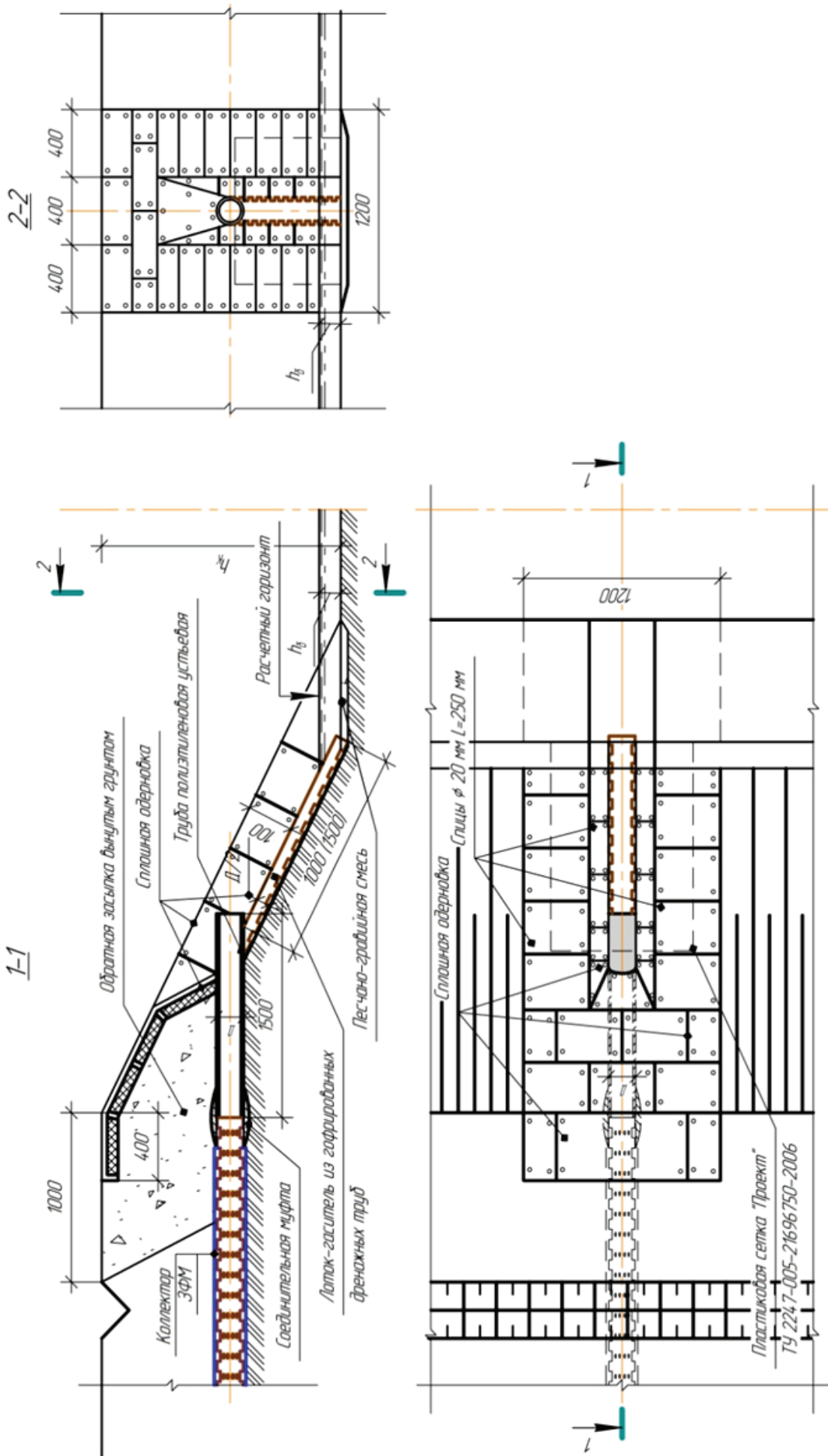


Рисунок 3 – Облегченные полиэтиленовые дренажные устья мелиоративных систем

Соответственно различается и длительность нормальной работы устьевых сооружений. Причины повреждений и выхода из строя дренажных устьев можно разделить на 2 типа:

- естественные, связанные с погодными воздействиями и гидрологическими условиями в каналах, на откосах которых установлены устья (заиливание канала, осадка откосов, соскальзывание по откосу элементов устьевого сооружения и др.);

- техногенные, которые обусловлены воздействиями на устья техники (при окашивании откосов, подчистке каналов от заиливания и др.).

Конструкция устьевого сооружения

В технике часто возникает задача минимизации повреждений от неизбежных в процессе эксплуатации разрушительных воздействий, конструктивно противостоять которым невозможно, либо экономически нецелесообразно. Устоявшимся решением таких задач является включение в конструкцию элементов, которые обеспечивают работоспособность в требуемых диапазонах и разрушаются при уровнях воздействий уже превышающих рабочие величины нагрузок, но еще не опасных для основных элементов технических систем (плавкие предохранители и разрядники в электрических сетях, ослабленные пластины в мостах, разрушающиеся при землетрясениях, плавкие предохранители в котлах высокого давления, разрывные мембраны в трубопроводах высокого давления и др.).

С учетом такого подхода и была разработана конструкция предлагаемого устьевого сооружения. Кроме того, при разработке конструкции мы попытались сделать конструкцию максимально технологичной и бюджетной в части изготовления, монтажа и ремонта.

Помимо этого, безусловно, основного посыла, при разработке конструкции, выбора материалов и размещения элементов устьевого сооружения на откосе канала был принят во внимание длительный опыт наблюдений авторов и эксплуатирующих мелиоративные системы организаций, за динами-

Причем, если естественные причины обычно ухудшают состояния устьев понемногу, в течение длительного времени и потому водный режим на осушенных площадях длительное время остается приемлемым, то при техногенном воздействии разрушение происходит мгновенно и, что самое главное, зачастую повреждается и труба коллектора, ремонт которой требует значительных затрат.

Данная статья посвящена вопросам разработки конструкции устьевого сооружения, которое будет снижать негативные последствия подобных повреждений и уменьшать затраты на восстановление работоспособности дренажа.

кой состояния дренажных устьев различных конструкций в производственных условиях при эксплуатации на всей территории Республики Беларусь. Рамки статьи не позволяют представить весь спектр вариантов фотоматериалов на тему устойчивости и разрушений устьев. Но один, пожалуй, самый яркий пример такой устойчивой конструкции мы приведем. На рисунке 4 представлено устьевое сооружение на объекте напорного питания (дренажный сток круглый год) «Осово», в Пуховичском районе Минской области. Оно было выполнено в единственном экземпляре (во всяком случае, нам не удалось обнаружить других таких вариантов), предполагаем, как временное решение, но оказалось самым устойчивым вариантом на данном объекте.

В течение 10 лет мы наблюдали, как данная конструкция противостояла погодным условиям, заиливанию канала и ежегодному окашиванию откосов канала различными механическими косилками, навешанными на тракторах МТЗ различных модификаций.

Устье обеспечивало устойчивость откоса и отвод дренажного стока круглый год. Ледяные пробки если и образовывались, то на короткое время (до 5 дней). Водный режим на участке дренажа из-за этого не нарушался. Как правило, теплые воды дренажного стока быстро растапливали ледяные пробки, образовывавшиеся в короткие периоды экстремальных морозов.



Рисунок 4 – Дренажное устьевое сооружение (временное упрощенное решение), представляет собой вывод коллекторной трубы на откос, лотком является продолжение коллекторной трубы, наполовину срезанной сверху

Весь период использования в месте падения струи дренажного стока наблюдалось наличие на дне канала воронки гашения, глубиной до 0,2 м, которая, впрочем, не нарушала устойчивость поперечного сечения канала.

Для сравнения остальные устьевые сооружения на данном объекте (их конструкция

приведена на рисунке 2) к моменту съёмки в 2018 г. были разрушены: хризотилцементные лотки, а иногда и устьевые трубы, сползли вниз по откосу и, в основном, были погребены под слоем ила (рисунок 5). Истечение дренажного стока происходит непосредственно из полиэтиленовых труб коллекторов в промоины, образовавшиеся на откосах каналов.



Рисунок 5 – Хризотилцементное дренажное устьевое сооружение со съехавшим по откосу устьевым лотком и трубой (труба погребена в иле ниже лотка, на фото не видна, но прощупывается зондом)

Откосы промоины выровнены для обеспечения визуального доступа к элементам устья. В естественном состоянии они нависают над промоиной и со временем обрушиваются, промоина будет расширяться и способствовать быстрому заилению канала.

С учетом вышеприведенных сооружений была разработана следующая конструкция легковосстановимого дренажного устьевое сооружения (рисунок 6).

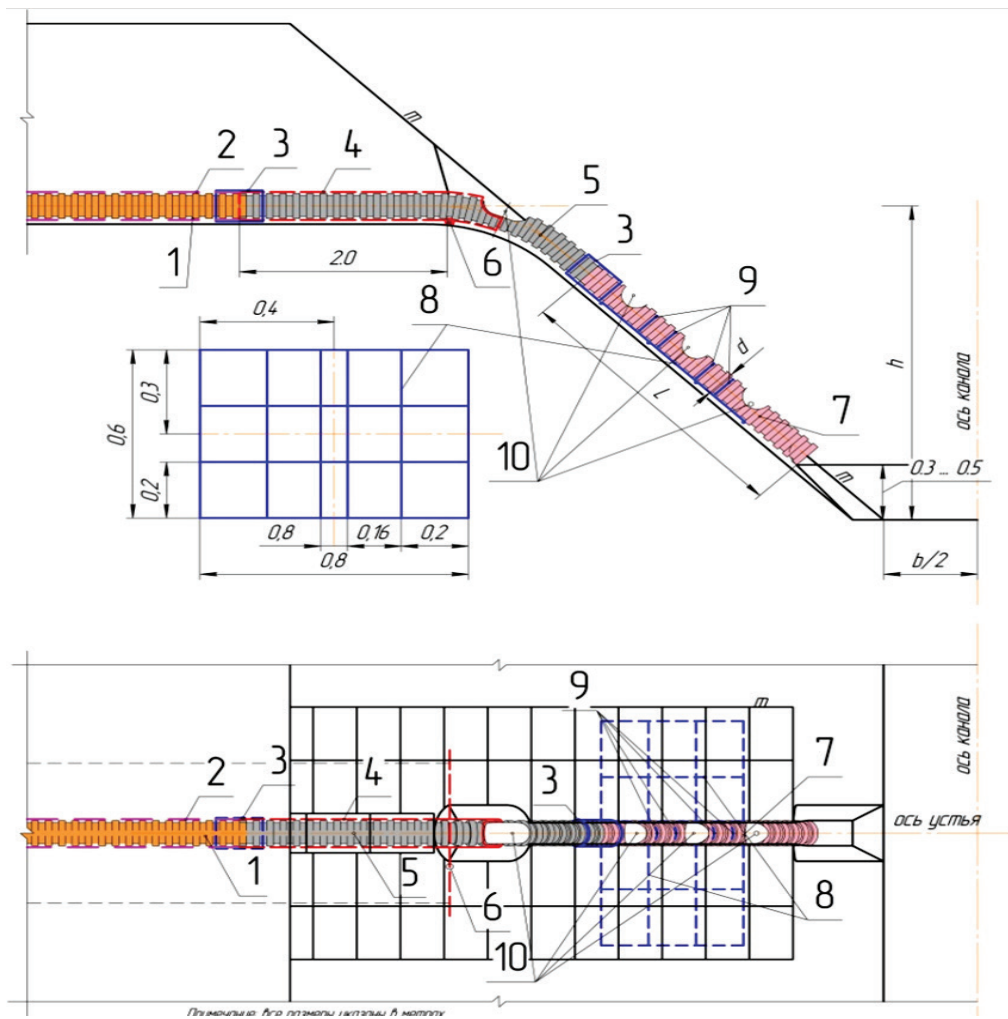


Рисунок 6 – Легковосстановимое дренажное устьевое сооружение (УДЛ):

1. Дренажный коллектор (полиэтиленовый, керамический и др.); 2. Защитно-фильтрующий материал; 3. Соединительная муфта из ПЭТ; 4. Полимерная плёнка; 5. Заготовка устьевое сооружения; 6. Ось изгиба заготовки; 7. Добор (доборный лоток); 8. «Фартук» крепления устья к откосу; 9. Хомут пластиковый; 10. Технические отверстия для эксплуатации сооружения

Устье дренажное легковосстановимое (УДЛ) предполагается выполнять из полиэтиленовых гофрированных дренажных труб того же диаметра что и коллектор или ближайшего большего (при сопряжении с существующими керамическими, бетонными или иными коллекторами, диаметры которых отсутствуют в современных сортаментах пластмассовых дренажных труб).

В конструкцию УДЛ введен умышленно ослабленный элемент, (3, рисунок 6) в месте подключения устья к коллекторно-дренажной сети. Он позволит отключить коллектор-

но-дренажную сеть от устьевое сооружения при его разрушении в ходе проведения ремонтно-эксплуатационных работ или реконструкции открытой проводящей сети (без повреждения трубы коллектора), вместе с тем умышленно ослабленный элемент, работая как соединительная муфта (3, рисунок 6) обеспечивает надежность соединения при штатной работе дренажа.

Более подробное описание конструкции и технологии его строительства предполагаем опубликовать после оформления патента на «полезную модель».

Методика технико-экономического обоснования применения устьевое сооружения УДЛ

Для технико-экономического обоснования применения устьевое сооружения УДЛ нами был проведен сравнительный ана-

лиз показателей устройства единицы каждого вида дренажного устьевое сооружения, с разбивкой по диаметрам. Для этих целей

были определены: вес устья (с учетом диаметров сопрягаемых коллекторов); объем основных материальных ресурсов; объёмы производства работ; затраты труда и проведен расчет стоимости устройства устьевого сооружения.

Расчет стоимости единицы устьевого сооружения выполнялся в сопоставимых условиях (регион устройства: Минская об-

Результаты исследования и их обсуждение

Железобетонное устьевое сооружение (рисунок 1) состоит из 3 коробчатых блоков марки ЛУ-1,8 и имеет общий вес 225 кг, включая 15 кг – арматура [1, 4]. Конструкция сооружения предполагает: укладку блоков на подготовку из ПГС, пригрузку лотка лежащего на откосе у дна канала ПГС, заделку стыков лотков и соединения лотков и коллектора цементным раствором, закрепление откоса вблизи сооружения сплошной одерновкой.

Хрезотилцементное устьевое сооружение (рисунок 2) состоит из устьевого трубы из хрезотилцементных труб марки БМТ длиной 2 м и диаметром 150, 200 или 300 мм и лотка из хрезотилцементной трубы диаметром 200, 300 или 400 мм распиленной вдоль. Вес такого устьевого сооружения составляет от 35 до 110 кг в зависимости от диаметра сопрягаемого коллектора [5]. Конструкция сооружения предполагает: укладку устьевого трубы и лотка на подготовку из ПГС, пригрузку лотка на откосе у дна канала ПГС, заделку стыков трубы и лотка и соединения трубы и коллектора цементным раствором, закрепление откоса вблизи сооружения посевом многолетних трав.

Полиэтиленовое облегченное дренажное устьевое сооружение (рисунок 3) состоит из: водосбросного лотка-гасителя марки УПС-1,0 или УПС-1,5 с приваренной к нему полимерной сеткой; трубы полиэтиленовой устьевого диаметром 90, 110, 125, 160 и 200 мм и длиной 1,5 м и соединительной муфты (устьевого комплект). Вес такого устьевого сооружения составляет от 7 до 12 кг в зависимости от диаметра сопрягаемого коллектора и длины лотка гасителя [2,

ласть; тип грунтов устройства: минеральные; дальность возки сыпучих материалов 20 км; глубина закладки коллектора 1,0 м; заложение откоса канала 2,0 и др.), с учетом различия по диаметрам сопрягаемых коллекторов, при помощи программного комплекса «RSTC.smeta» версия 9.1 с базой текущих цен по состоянию на 01 февраля 2020 года [3].

6]. Конструкция сооружения предполагает: установку полиэтиленового комплекта на откосе, подключение к коллектору соединительной муфтой и закреплением откоса вблизи сооружения сплошной одерновкой.

Легковосстановимое устьевое сооружение (УДЛ) состоит из устьевого трубы из гофрированных дренажных труб диаметром 90, 110, 160 или 200 мм длиной 2 м, добора из гофрированных дренажных труб диаметром 90, 110, 160 или 200 мм длиной 1 м, фартука (сетка) из полимерных стержней размером 0,8x0,6 м и 2 муфт из полиэтиленотерефталата (в зависимости от диаметра коллектора) диаметром 90, 110, 160 или 200 мм. Вес такого устьевого сооружения составляет от 2,1 до 6,6 кг [7, 8]. Конструкция сооружения предполагает: установку устья на откосе, подключение сооружения к коллектору соединительной муфтой (умышленно ослабленный элемент) и закреплением откоса вблизи сооружения сплошной одерновкой.

Для определения стоимости устройства дренажных устьевых сооружений различных типов и диаметров в сопоставимых условиях был определен перечень необходимых для устройства сооружений материальных ресурсов и видов работ (таблица 1) [3, 9].

Сравнение стоимости устройства устьевых сооружений различного диаметра и типа сооружения представлено на рисунке 7.

Расчет стоимости устройства устьевого сооружения показал, что стоимость устройства железобетонного устьевого сооружения

УЛ-1х1,8-75, как и ожидалось, оказалась наибольшей и для всех диаметров коллекторов составила 243 бел. руб. и общими затратами труда 7,88 чел.-ч. Далее по стоимости устройства идут хрезотилцементные устьевые сооружения со стоимостью 142 бел. руб. с общими затратами труда 5,96 чел.-ч (диаметром

до 150 мм) и 163 бел. руб. с общими затратами труда 5,99 чел.-ч (диаметром от 150 до 200 мм). Затем по стоимости идут устьевые сооружения типа УПС и составило от 116 до 141 бел. руб. в зависимости от диаметра сооружения с общими затратами труда от 3,66 до 4,39 чел.-ч.

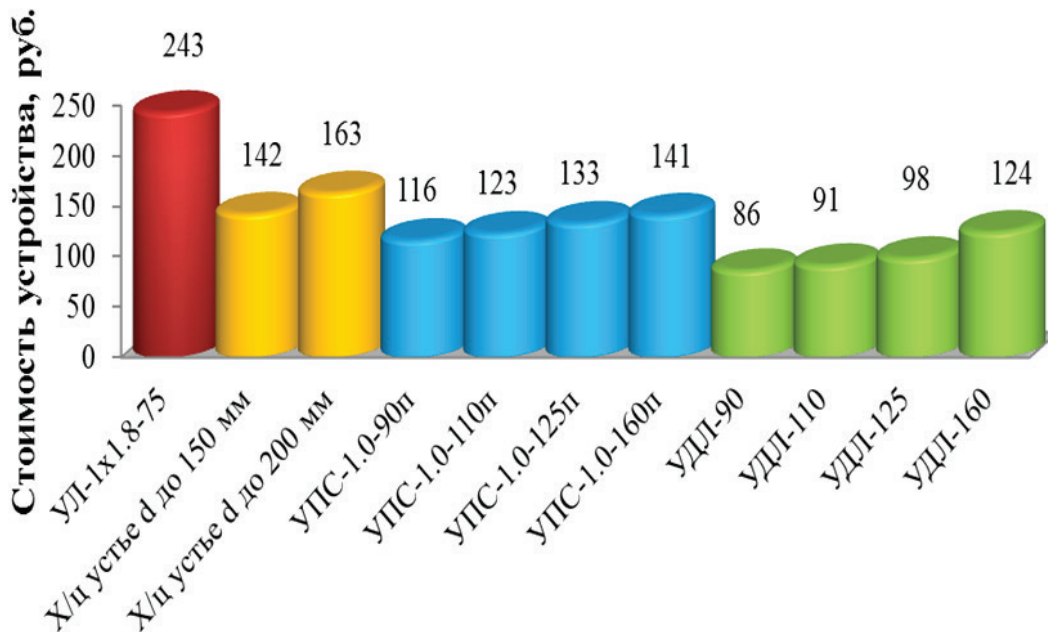


Рисунок 7 – Сравнение стоимости устройства различных типов устьевых сооружений

Как предполагалось, наименьшая стоимость устройства устьевого сооружения типа УДЛ – от 86 до 124 бел. руб. в зависимости от диаметра с общими затратами труда от 2,76 до 2,99 чел.-ч.

На основании полученных результатов был выполнен анализ технико-экономических показателей типов устьевых сооружений и диаметров их устройства. Для удобства данные сведены в таблицу 2.

Сравнительный анализ технико-экономических показателей показывает, что наиболее предпочтительным для применения в мелиоративной практике является легковосстановимое устьевое сооружение типа УДЛ всех представленных диаметров в расчете. Общая стоимость устройства устьевых сооружений ниже ближайших по показателю сооружений типа УПС на 26 % при диаметрах 90, 11 и 125 мм и составляет 86, 91 и 98 бел. руб. соответственно и на 12 % при устройстве коллектора диаметром 160 мм и составляет 124 бел. руб. Номинальный вес сооружений типа УДЛ ниже ближайших

по показателю сооружений на величину от 22 до 70 % в зависимости от диаметра сооружения. Затраты трудовых ресурсов на устройство единицы устьевого сооружения ниже ближайших по показателю сооружений типа УПС на 25–32 % и составляют 2,67 и 2,99 чел.-ч. В зависимости от диаметра сооружения. Затраты ресурсов на материалы, изделия и конструкции в зависимости от диаметра сопрягаемого сооружения ниже на 28, 31 и 25 % к ближайшему типу сооружения и составила 33, 38 и 41 бел. руб. Однако при устройстве устьевого сооружения диаметром 160 мм тип устьевого сооружения УПС показал более низкую материалоемкость в 60 бел. руб., что на 10 % ниже ближайшего типа УДЛ.

Но при этом УДЛ обеспечивает сохранность устьевой трубы при повреждениях устьевого сооружения, простоту и малозатратность восстановления работоспособности дренажных систем после подчистки каналов.

Таблица 1 – Объем основных видов работ и материальных ресурсов, необходимых для устройства

Наименование работы или материала	Вариант устьевского сооружения															
	УЛ-1х1,8-75			Хрезотилцементное устьевое сооружение			Облегченное устьевое сооружение типа УПС			Легковосстановимое устьевое сооружение типа УДУ						
	90	110	125	160	90	110	125	160	90	110	125	160	90	110	125	160
1. Разработка грунта (механизмами и вручную), м ³	8,45			0,98	0,98	0,98	0,98	1,1	1,1	1,1	1,65	1,65	1,1	1,1	1,3	1,3
2. Устройство подготовки из ПГС, м ³ (+ стоимость ПГС)	0,7			0,3	0,3	0,3	0,3	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	-	-	-	-
3. Устройство конструкций из железобетона, м ³ в том числе:	0,9			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- бетон тяжелый класса С18/22.5, м ³	0,87			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- сталь арматурная S 240, кг	13			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4. Заделка стыков цементным раствором М 200, м ³	0,003			0,008	0,008	0,008	0,008	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4. Установка хрезотилцементных труб, м в том числе:	-			3	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- хрезотилцементная труба d=150 мм, м	-			2	2	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- хрезотилцементная труба d=200 мм, м	-			1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- хрезотилцементная труба d=300 мм, м	-			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5. Установка полиэтиленового комплекта(+стоимость), шт.	-			-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6. Обратная засыпка механизмами и вручную), м ³	5			0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	1,2	1,2	0,8	0,8	1,0	1,0
7. Крепление откосов сплошной одерновкой, м ²	12,5			-	-	-	-	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	3,0	3,0	3,0	3,0
8. Крепление откосов посевом трав, м ²	-			8,3	8,3	8,3	8,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица 2 – Анализ технико-экономических показателей устройства устьевых сооружений

Шифр устьевого сооружения		Вес сооружения, кг	Общая стоимость устройства, руб.	Стоимость СМР, руб.	Расходы на материалы изделия и конструкции, руб.	Затраты труда рабочих / машинистов, чел.-ч
УЛ-1х1.8-75	90	225,0	243	169	94	7,38/0,5
Х/ц устье d до 150 мм		35,80	142	88	44	5,86/0,1
УПС-1,0-90п		7,0	116	81	46	3,34/0,32
УДЛ-90		2,1	86	59	33	2,45/0,31
УЛ-1х1.8-75	110	225,0	243	169	94	7,38/0,5
Х/ц устье d до 150 мм		35,80	142	88	44	5,86/0,1
УПС-1,0-110п		7,5	123	87	55	3,50/0,32
УДЛ-110		3,0	91	64	38	2,45/0,31
УЛ-1х1.8-75	125	225,0	243	169	94	7,38/0,75
Х/ц устье d до 150 мм		35,80	142	88	44	5,86/0,1
УПС-1,0-125п		8,0	133	93	55	3,88/0,33
УДЛ-125		3,4	98	69	41	2,67/0,32
УЛ-1х1.8-75	160	225,0	243	169	94	7,38/0,75
Х/ц устье d до 200 мм		66,40	142	108	63	5,89/1,0
УПС-1,0-160п		8,5	141	99	60	4,05/0,34
УДЛ-160		6,6	124	95	67	2,67/0,32

Выводы

На основании проведённых анализа и технико-экономических расчетов можно сделать вывод, что применение устьевого сооружения типа УДЛ экономически и технически оправдано, поскольку сооружение имеет:

1. Низкий номинальный вес (при $d = 90$ мм – 2,1 кг; при $d = 110$ мм – 3,0 кг; при $d = 125$ мм – 3,4 кг; при $d = 160$ мм – 6,6 кг).

2. Наиболее низкую из рассмотренных стоимость устройства единицы устьевого сооружения (при $d = 90$ мм – 86 бел. руб.; при $d = 110$ мм – 91 бел. руб.; при $d = 125$ мм – 98 бел. руб.; при $d = 160$ мм – 124 бел. руб.).

3. Низкие затраты трудовых ресурсов (при $d = 90$ мм – 2,46 чел.-ч; при $d = 110$ мм – 2,46. чел.-ч; при $d = 125$ мм – 2,99 чел.-ч; при $d = 160$ мм – 2,99 чел.-ч).

4. Низкую материалоемкость (при $d = 90$ мм – 33 бел. руб.; при $d = 110$ мм – 38 бел. руб.; при $d = 125$ мм – 41 бел. руб.).

5. Внедренный умышленно ослабленный элемент при соединении устьевого сооружения и коллекторно-дренажной сети, для предотвращения повреждения последней при

выполнении ремонтно-эксплуатационных работ и реконструкции открытой проводящей сети (или водоприемника).

6. Простоту и дешевизну производства устьевого комплекта (сооружения).

Несмотря на определенные преимущества типа сооружения УДЛ, пока мы можем рекомендовать к применению разработанную конструкцию только на объектах южной и центральной зон республики. В настоящее время ещё не исследован вопрос влияния на устойчивость устьевых сооружений типа УДЛ ледяных пробок, образующихся в зимний период. Конструкция (рисунок 3) с гладкой устьевой трубой вероятно лучше приспособлена для выталкивания ледяных пробок, чем гофрированная труба предлагаемого варианта. К тому же, из-за относительно небольшой продолжительности периода внедрения нет данных по повреждениям этих конструкций (рисунок 3). Поэтому для северной части республики по-прежнему можно рекомендовать облегченные полиэтиленовые дренажные устья.

Библиографический список

1. Дренажное устье УЛ-1-1.8-75. Вариант с устьевой трубой из лотков / Мелкие сооружения на мелиоративных системах : техно-рабочий проект. – Минск, 1976. – Альбом I. Мелкие сооружения на осушительной сети. Пояснительная записка, чертежи. – С. 45–46.
2. Дренажное устье полиэтиленовое сборное : Б.820-01-2.05. Типовые проектные решения. Альбом I. Пояснительная записка, чертежи. Альбом II. Сметы.
3. Программный комплекс «RSTC.smeta» : версия 9.1: разработ. Государственным предприятием «РНТЦ по ценообразованию в строительстве» (версия базы текущих цен по состоянию на 01 февраля 2020 года).
4. Мурашко, А. И. Новые конструкции дренажных устьев / А. И. Мурашко, В. Т. Климков, Ф. А. Лебедев // Мелиорация и использование осушенных земель : сб. ст. / Мин-во мелиорации и водного хозяйства СССР, Белорусский науч.-исслед. институт мелиорации и водного хозяйства ; редкол.: М. В. Зубец (отв. ред.) [и др.]. – Минск : Урожай, 1967. – Т. XV. – С. 54–59.
5. Трубы и муфты хризотилцементные. Технические условия : ГОСТ 31416-2009. – Взамен ГОСТ 539-80 и ГОСТ 1839-80 ; введ. РБ 01.01.2012. – Минск : Гос. комитет по стандартизации Республики Беларусь, 2012. – 24 с.
6. Облегченные полиэтиленовые дренажные устья мелиоративных систем [Электронный ресурс] / Продукция и услуги / Продукция / конструкции дренажных систем – Режим доступа: <https://niimel.by/>. – Дата доступ : 29.01.2020.
7. Легковосстановимое дренажное устье : заявка U 20200031 / Э. Н. Шкутов, Д. В. Лодыга. – Зарегистрирована 07.02.2020.
8. Муфта-переходник для соединения дренажных труб : пат. ВУ 11117 / Э. Н. Шкутов, В.П. Иванов, В. А. Деревянко. – Опубл. 15.04.2016.
9. Нормативы расхода ресурсов в натуральном выражении на строительные конструкции и работы : НРР 8.03.101-2017. – Введ. 31.10.2016. – Сборник 1. Земляные работы.

Поступила 10.03.2020

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОГО СЛОЯ В БОРОЗДАХ И ГРЕБНЯХ ПРИ ПРОМЕРЗАНИИ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ

К. А. Глушко, кандидат технических наук, доцент

Н. Н. Шпендик, кандидат географических наук, доцент

*УО «Брестский государственный технический университет»,
Брест, Беларусь*

Аннотация

Выявлены особенности и отличия формирования водонепроницаемого слоя на гребне и в борозде. Установлено, что микрорельеф существенно влияет на глубину водонепроницаемого слоя. Произведена оценка возможности его возникновения в условиях потепления климата. Даны рекомендации по предотвращению возникновения водонепроницаемого слоя.

Ключевые слова: критическая влажность, критическая температура, термический режим, снежный покров, инфильтрация. Особенности формирования водонепроницаемого слоя в бороздах и гребнях при промерзании торфяных почв

Annotation

K. A. Glushko, N. N. Shpendic

FEATURES OF WATERPROOF LAYER FORMATION IN FURROWS AND RIDGES FOR PEAT SOIL FREEZING

The features and differences of the formation of a waterproof layer on pens and in the furrow are revealed. It is established that the microrelief significantly affects the depth of the waterproof layer. An assessment was made of the possibility of its occurrence in a warming climate. Recommendations are given to prevent the formation of a waterproof layer

Key words: critical humidity, critical temperature, thermal regime, snow cover, infiltration.

Введение

Мелиорация переувлажненных земель направлена на сброс избытка влаги и улучшения воздушного режима почв. Технически это реализуется посредством устройства дренажных систем и открытой проводящей сети. Объективными критериями работы этих устройств в период прохождения паводков являются термический режим почв в зимний период, микрорельеф, занесенность каналов снегом. Наблюдениями установлено, что, несмотря на суровость зим, уровни воды в каналах и наблюдательных

колодцах начинают активно расти с началом снеготаяния и могут выходить из бровок каналов затапливая значительные площади сельскохозяйственных угодий. Занесенность снегом каналов препятствует отводу как поверхностного, так и дренажного стока, что в совокупности приводит к вымочкам сельскохозяйственных культур [1, 2]. Целью наших исследований является определение эмпирической зависимости мощности водонепроницаемого слоя в современных климатических условиях.

Основная часть

Термический режим почв определяется накопленным запасом холода за зимний период, осенней влажностью почв, высотой снежного покрова и реализуется в виде глубины промерзания. Известно, что при определенном соотношении влажности мерзлого слоя почвы и температуры, мерзлая почва в процессе инфильтрации талой воды становится водонепроницаемой [3]. Этот водоне-

проницаемый слой на основании многочисленных наблюдений может образоваться осенью до установления снежного покрова, во время зимних оттепелей и в период весеннего снеготаяния. Последнее возможно при большом запасе холода в почве. Ход весеннего половодья определяется не только мощностью водонепроницаемого слоя, но и продолжительностью его оттаивания.

Водонепроницаемый слой чаще всего образуется на тяжелых мало водонепроницаемых почвах: суглинки, глины [3], что характерно для северных областей Беларуси. Данные почвы относятся к тонкодисперсным и содержат много связанной влаги, участвующей в фазовых превращениях. В грубодисперсных грунтах процесс совершенно обратный. Возможность образования в них водонепроницаемого слоя мала. Для этого требуется, чтобы не менее 87-95% пор были заполнены влагой.

Какие-либо сведения о формировании водонепроницаемого слоя на осушенных торфяниках отсутствуют. В материалах полевых исследований, проводившихся на Ивацевиче-

ской опытной станции, указывается на частое (8 из 10 лет) формирование поверхностного стока, но вместе с тем указывается на параллельный быстрый подъем уровня грунтовых вод [2]. К сожалению, учет влияния микро-рельефа на формирование стока как поверхностного, так и грунтового авторами не проводился и эти процессы не освещены.

В тоже время известно, что микро-рельеф почвы, представленный западинами, бороздами, локальными участками почвы с нарушенной естественной структурой (кратовины, остатки пожнивных культур и др.) изменяют общий фон температурного поля почвы и влажности, способствуя повышению инфильтрации талых вод [4].

Физические основы формирования водонепроницаемого слоя на торфяниках

Уплотнение верхнего слоя почвы механизмами и его естественная минерализация, приводят к увеличению плотности почвы с одновременным уменьшением пористости. Чем выше плотность, тем при меньшем значении влажности образуется водонепроницаемый слой.

Структура почвенного профиля водосбора р. Бобрик, где проводились исследования [1], такова, что плотность почвы от поверхности до подошвы пахотного слоя возрастает в среднем от 0,2 до 0,27 г/см³ при последующем резком уменьшении плотности до 0,15–0,17 г/см³ (таблица 1).

Таблица 1 – Статистические характеристики плотности почвы по профилям в пределах водосбора

Тип почвы	Глубина отбора образца, см	Средняя плотность, г/см ³	Коэффициент вариации	Среднее квадратичное отклонение	Точность опыта, %
Торф осоко-тростниковый	0–10	0,22	0,159	0,03	1,9
	10–20	0,24	0,156	0,03	1,87
	20–30	0,26	0,155	0,03	1,62
	30–40	0,19	0,130	0,02	1,70

Для подстилающего слоя характерна более низкая интенсивность нарастания мерзлоты из-за нарастающего температурного сопротивления верхней мерзлой толщи, а это значит нарастание дополнительного объема влаги за счет ее миграции. Это является косвенной предпосылкой к формированию водонепроницаемого слоя в подпахотном слое.

В бороздах верхний слой вскрыт. Плотность почвы незначительно колеблется около средней величины 0,17 г/см³ до подстилающего песка.

Анализ влажности на гребне (пространстве между бороздами) и борозде можно провести по данным, приведенным в таблице 2 (при исследованиях отбор образцов производился по 6 точкам). Влажность определялась термостатно-весовым способом. Влажность по слоям в борозде, как следует из таблицы 2, как правило, наиболее высокая у поверхности, в то время как влажность на гребне наиболее высокая у подошвы пахотного слоя. Поэтому характер формирования водонепроницаемого слоя, в случае образования его в борозде иной, чем на гребне.

Таблица 2 – Средний запас почвенной влаги на гребне и в борозде

Слой	Годы					
	1985–1986		1986–1987		1987–1988	
	осенняя	весенняя	осенняя	весенняя	осенняя	весенняя
1	2	3	4	5	6	7
На гребне						
0–10	54,47	68,14	52,46	64,39	56,11	66,80
10–20	60,48	68,84	50,74	65,95	52,18	63,53
20–30	62,87	71,47	60,46	64,72	55,47	62,17
30–40	66,74	66,12	63,02	69,04	56,76	60,12
40–50	73,68	66,46	63,75	70,69	61,95	62,37
50–60	69,16	74,87	73,87	69,58	67,14	66,52
60–70	65,23	72,55	71,91	71,45	74,05	67,11
70–80	59,45	44,42	66,95	65,03	53,00	55,42
80–90	35,03	35,73	47,30	35,43	35,45	38,60
90–100	35,13	35,09	30,98	32,23	32,61	28,06
В борозде						
0–10	–	–	–	–	–	–
10–20	–	–	–	–	–	–
20–30	–	–	–	–	–	–
30–40	75,15	77,34	63,34	75,37	64,37	74,23
40–50	68,10	72,45	72,66	71,46	70,16	72,03
50–60	66,38	62,40	72,17	68,92	70,34	71,48
60–70	63,28	60,11	69,60	65,90	64,26	59,34
70–80	57,15	58,60	66,47	66,34	52,11	51,26
80–90	36,14	34,863	48,36	39,80	36,24	35,22
90–100	36,10	36,09	31,71	34,11	39,60	34,74

Тепловой режим почв в борозде существенно отличается от гребня. На этот признак указывал А. У. Рудой для минеральных почв [5]. Косвенным доказательством может служить глубина промерзания почвы на гребне и в борозде, измеряемые соответственно от поверхности почвы гребня и борозды. Фрагменты общей выборки полевых измерений, выполненных на Полесской опытно-мелиоративной, станции приведены в таблице 3.

Из них следует, что в осенний период, когда не сформировался устойчивый снежный покров или он еще отсутствует, глубины промерзания на гребне и в борозде сопоставимы по своей величине. В предвесенний период характер распределения глубин кардинально меняется – глубина промерзания на гребне в 1,5–2,0 раза больше глубины промерзания в борозде. Сказывается утепляющая роль снега.

Второй отличительной особенностью промерзания почвы является то, что поля промерзания, построенные в относительных

единицах, в виде отношения текущей глубины промерзания к максимальной глубине, являются устойчивыми во времени характеристиками, так как они повторяются из года в год и накладываются друг на друга с искажениями в пределах точности измерений.

Температура почвы в зимний период на участке измерялась на глубине 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 и 160 см вытяжными термометрами. Это позволило найти среднюю температуру мерзлого слоя почвы. Температура почвы с 10-и сантиметровой градацией определялась по формуле Ф.Н. Шехтера [6].

$$t_z = \frac{(h_m - h_z)t_{cp}}{h_m + \lambda_m(h_c / \lambda_c)}, \quad (1)$$

где h_m – глубина промерзания почвы;
 h_z – горизонт определения температуры мерзлого слоя почвы;
 t_{cp} – средняя температура почвы;
 λ_m – коэффициент теплопроводности почвы;
 λ_c – коэффициент теплопроводности снега;
 h_c – мощность снежного покрова почвы.

Таблица 3 – Результаты измерения глубины промерзания в борозде и на гребне за годы исследований, см

23.03.1986		10.12.1986		10.03.1987		11.12.1987		17.03.1988	
борозда	гребень	борозда	гребень	борозда	гребень	борозда	гребень	борозда	гребень
17,5	32,0	10,5	10,8	16,2	26,8	9,0	11,0	23,0	23,5
18,4	31,8	10,4	10,6	15,9	27,5	9,0	10,0	25,0	26,0
19,5	31,2	10,6	10,4	16,4	27,5	9,0	8,0	24,0	26,0
20,0	32,0	10,8	11,0	16,0	28,0	8,0	8,0	21,5	25,5
21,0	33,0	11,4	11,2	17,5	32,0	7,0	7,0	24,5	27,0
21,0	33,0	11,4	9,5	17,0	27,0	9,0	7,0	24,8	27,0
20,0	31,5	11,4	9,8	18,1	28,5	8,5	9,5	23,0	28,0
19,5	31,5	11,0	11,0	16,5	29,0	8,5	10,0	25,5	29,0
18,0	32,0	11,5	11,6	16,0	29,0	9,0	8,5	25,5	27,0
17,0	34,0	11,0	11,6	16,0	31,0	7,0	8,5	21,5	26,5

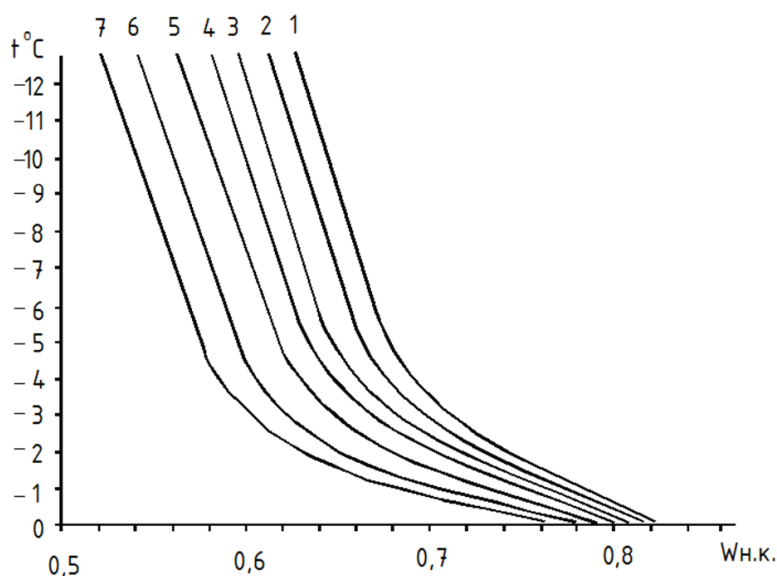


Рисунок 1 – Зависимость критической температуры от начальной влажности почвы и ее плотности. Плотность, г/см³: 1) 0,16; 2) 0,18; 3) 0,20; 4) 0,22; 5) 0,24; 6) 0,26; 7) 0,28

Возможность образования водонепроницаемого слоя почвы на гребне и борозде определялась по известной методике [3] путем сопоставления температуры почвы и критической температуры для заданной влажности и плотности. Начальная критическая влажность была определена по формуле (2), для каждого из заданных значений критической температуры и плотности почвы. По результатам расчетов была построена номограмма, представленная на рисунке 1.

$$W_{нк} = \frac{(L + c_b \cdot T_n) [P \cdot \rho_l + \rho \cdot W_{нз}(0) \cdot (1 - \rho_l / \rho_b)] + [c_n + W_{нз}(T_k) \cdot (c_b - c_l)] \rho \cdot T_k - L \cdot \rho [W_{нз}(0) - W_{нз}(T_k)]}{\rho(L + c_b \cdot T_n - c_n T_k)}, \quad (2)$$

где $W_{нк}$ – начальная объемная влажность в долях единицы;

L – удельная теплота плавления льда;

c_b, c_n, c_l – теплоемкость воды, почвы, льда;

$W_{нз}(0), W_{нз}(T_k)$ – количество незамерзшей воды при температуре 0 °C и T_k в г/г сухой почвы;

ρ_b, ρ_n, ρ_l – плотность, почвы, льда и воды;

P – общая пористость почвы;

T_k – критическая температура почвы;

T_n – начальная температура просачивающейся воды.

В соответствии с вышеизложенной методикой и данных полевых измерений графическим способом была определена мощность водонепроницаемого слоя на гребне и в борозде, которая может быть частью глубины промерзания или равна ей, и определяется точками пересечения изотерм наблюдаемой и критических температур. Результаты измерений приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Основные характеристики водонепроницаемого слоя по годам исследований

№ точки	Глубина промерзания, см	Мощность водонепроницаемого слоя, см	Глубина залегания водонепроницаемого слоя, см	Средняя объемная влажность, %	Средняя температура почвы, см
1	2	3	4	5	6
Гребень, 4 марта 1986 г.					
1	30,0	10,0	10,0	60,52	-1,0
2	34,0	12,0	4,0	73,11	-1,1
3	33,0	13,0	0,0	72,10	-1,7
4	33,0	11,0	4,0	72,30	-1,3
5	36,0	12,0	5,0	70,53	-1,2
6	35,0	13,0	6,0	68,50	-1,5
05 марта 1987 г.					
1	23,0	9,0	3,0	66,70	-2,5
2	29,0	10,80	0,0	68,50	-4,4
3	33,0	17,0	0,0	71,50	-4,3
4	258,0	14,	0,0	72,30	-3,5
5	26,0	16,5	0,0	72,15	-36,9
6	30,0	14	2,0	68,93	-3,5
15 марта 1988г.					
1	26,0	7,0	5	65,50	-3,3
1	26,0	0,0	-	-	-
3	22,0	0,0	-	-	-
4	28,0	0,0	-	-	-
5	26,0	0,0	-	-	-
6	26,0	0,0	-	-	-
Борозда , 04 марта 1986г.					
1	17,0	0,0	-	-	-
2	19,0	0,0	-	-	-
3	19,0	0,0	-	-	-
4	18,0	2,0	0,0	77,22	-0,8
5	19,0	3,0	0,0	79,0	-0,8
6	19,0	0,0	-	-	-
03 марта 1987г.					
1	14,0	0,0	-	-	-
2	12,5	2,0	0,0	79,00	-1,2
3	16,0	0,0	-	-	-
4	13,0	3,5	0,0	74,58	-1,3
5	13,5	2,0	0,0	79,00	-1,2
6	16,0	0,0	-	-	-3,8
15 марта 1988г.					
1	20,0	7,0	0,0	74,15	-3,8
2	19,0	-	-	-	-
3	16,0	-	-	-	-
4	21,0	-	-	-	-
5	17,0	-	-	-	-
6	19,0	-	-	-	-

Динамичная и контрастная зима 1986–1987 года с продолжительной девятидневной оттепелью способствовала формированию водонепроницаемого слоя преимущественно у поверхности почвы. Мощность слоя колебалась от 13 до 19 см. Образовался водонепроницаемый слой на всех точках наблюдения без исключения.

Год 1987–1988 был гораздо теплее предшествующих лет и явился предшественником общего потепления климата. Бесснежная зима способствовала более глубокому промерзанию почвы. Запас холода, оцениваемый по температуре почвы, был не ниже предшествующих лет. Это особенно характерно для предвесеннего состояния почвы. Это кратковременное наступление холода не обеспечило значительного влагонакопления в зоне промерзшего слоя почвы. В то же время длительные оттепели при положительной температуре осадков, приносили дополнительное количество тепла в мерзлый слой. Указанные факторы не способствовали сколь значительному перераспределению и накоплению влаги в мерзлом слое почвы. Водонепроницаемый слой образовался только в одной из шести точек наблюдения, где была локально повышена плотность почвы.

Как следует из таблицы, водонепроницаемый слой может формироваться в предпаводковый период на гребне в условиях суровых зим. Анализируя все варианты возникновения водонепроницаемого слоя на гребне, необходимо отметить, что его формирование происходило при влажности почвы не ниже $0,77W$ н.в и при температуре почвы от -1 °С и ниже. Особенностью формирования водонепроницаемого слоя в бороздах является то, что в них формируется в течение осенне-зимнего периода микроклимат отличный от гребня. Сказывается удвоенная и выше мощность снега в бороздах по отношению к гребню.

Из анализа таблицы 4 следует, что водонепроницаемый слой в бороздах в снежную зиму 1986–1987 г.г. формировался при крайне незначительной мощности от 2 до 3 см, при влажности этого слоя не менее $0,95-0,77W$ н.в. и температуре от нуля и

ниже. Бесснежная зима 1987–1988 годов не способствовала формированию водонепроницаемого слоя. При низкой влажности верхнего слоя почвы температура его была выше критической. Однако в эту зиму, в отличие от предыдущих, в наиболее пониженных участках борозд сформировалась корка льда толщиной 1,5–2,0 см.

Экспериментальная обработка полевых измерений (см. табл. 4) позволила получить эмпирическую зависимость мощности водонепроницаемого слоя от определяющих факторов

$$h_{в.с} = 0,125 \frac{\sum T \cdot W}{h_{сн}^2 + 1}, \quad (3)$$

где $\sum T$ – сумма отрицательных температур за зимний период; 0 °С;

W – объемная влажность почвы, %;

$h_{сн}$ – мощность снежного покрова на дату начала паводка, см.

Фактическое значение критерия хи-квадрат равно 6,577 меньше его теоретического значения 19,675 при числе степеней свободы $\nu = 11$ и уровне вероятности 95%, что свидетельствует о независимости переменных и достоверности полученной формулы.

Формула дает удовлетворительные результаты для условий при которых возможно образование водонепроницаемого слоя, т.е. влажности почвы не менее 60% и при наличии снежного покрова мощностью более 10,0 см.

Мощность водонепроницаемого слоя и глубина промерзания по данным результатов наблюдений связаны зависимостью, которая может быть использована в практической деятельности.

$$h_{в.с} = 0,4972 h_{пром}, \quad (4)$$

где $h_{пром}$ – глубина промерзания почвы, см; коэффициент корреляции связи 0,75.

По формуле (4) была произведена оценка прогнозной мощности водонепроницаемого слоя на осушенных торфяниках водосбора р. Бобрик для 2010–2018 гг. на месяц март. Результаты расчета приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Прогнозная мощность водонепроницаемого слоя на осушенных торфяниках водосбора р. Бобрин

Годы	2010–2011	2011–2012	2012–2013	2013–2014	2014–2015	2015–2016	2016–2017	2017–2018
Мощность водонепроницаемого слоя, см	9,5	6,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0

Зимы 2013–2017 годов характеризовались тем, что снежный покров сходил к середине концу февраля и на начало – середину марта почва была уже талая, хотя в течение декабря–февраля имелся устойчивый снежный покров мощностью 10–25 см, а глубина промерзания почвы достигала 22 см. Зимы 2010–2013, 2017–2018 годов характеризовались устойчивым снежным покровом глубиной 13–19 см, хотя продолжительные оттепели в середине зимы приводили к существенному снижению глубины снега и повышению влажности верхнего мерзлого слоя до состояния полного насыщения. Глубина промерзания почвы составляла 21–29 см. Глубины снега обеспечивали возможность проведения снежной мелиорации, нацеленной на предупреждение формирования водонепроницаемого слоя или разрушение существующего используя законы распределения тепла в борозде. Для этого рекомендуется в январе-феврале для Белорусского

Полесья производить валкование снега снегопахами-валкователями. В практике такие методы избирательного формирования глубины промерзания известны и применяются [7]. Технически это представляет собой валкование снега в виде параллельно чередующихся через определенное расстояние полос.

Для повышения эффективности этого процесса рекомендуется:

- в период устойчивого формирования мерзлого слоя почвы произвести площадное измерение глубины промерзания механическим или инструментальным способом;
- составить карту распределения глубин промерзания в относительных единицах;
- вынести трассы полей с минимальными глубинами промерзания в относительных единицах в натуру;
- произвести валкование снега по обозначенным трассам бульдозерами, колесными тракторами с навесным оборудованием.

Заключение

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1) микрорельеф почвы оказывает существенное влияние на формирование пространственной пестроты водонепроницаемого слоя. При наличии снежного покрова в борозде водонепроницаемый слой не формируется, глубокие западины, борозды являются очагами с повышенной инфильтрационной способностью почв;

2) глубина промерзания почвы в борозде в 1,5–2,0 раза меньше чем на гребне;

3) водонепроницаемый слой при частых и продолжительных оттепелях формируется у поверхности, а при их отсутствии на глубине 10–15 см;

4) характер распределения пространственной неравномерности промерзания почвы сохраняется по годам вне зависимости от климатических условий;

5) предложена техническая схема предотвращения формирования водонепроницаемого слоя на сельскохозяйственных угодьях.

Библиографический список

1. Глушко, К. А. Исследование инфильтрации талых вод на осушаемых торфяниках : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 06.01.02 / К. А. Глушко ; БелНИИМивХ. – Минск, 1996. – 21 с.

2. Киселева, А. И. Формирование грунтового и поверхностного стока на бассейнах Полесской низменности / А. И. Киселева, И. А. Чернова // Мелиорация и использование торфяников Полесья : сб. науч. статей. – Минск, 1975. – С. 9–16.
3. Калюжный, И. Л. Гидрофизические исследования при мелиорации переувлажненных земель / И. Л. Калюжный, К. К. Павлова, С. А. Лавров. – Л. : Гидрометеиздат, 1988. – 260 с.
4. Глушко, К. А. Полевые исследования гидротермического режима инфильтрации талых вод и аномальных процессов обуславливающих ее // Вестник БрГТУ. – 2015. – № 2 : Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика, экология. – С. 8–11.
5. Рудой, А. У. Промерзание и оттаивание дренированных дерново-подзолистых почв тяжелого механического состава / А. У. Рудой // Мелиорация переувлажненных земель. – Минск : Ураджай, 1976. – Т. XXIV. – С. 123–129.
6. Шехтер, Ф. Н. Расчет глубины промерзания почвы и температуры мерзлой почвы / Ф. Н. Шехтер // Труды ин-та ГГО. – Л., 1958. – Вып. 22. – С. 12–17.
7. Шульгин, А. М. Снежная мелиорация и климат почвы / А. М. Шульгин. – Л. : Гидрометеиздат, 1986. – 64 с.

Поступила 11.03.2020

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК 633.31:631.442

ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛЮЦЕРНЫ ПОСЕВНОЙ НА МИНЕРАЛЬНЫХ ПОЧВАХ

П. Ф. Тиво, доктор сельскохозяйственных наук

Л. А. Саскевич, старший научный сотрудник

Е. А. Бут, младший научный сотрудник

Д. А. Постникова, младший научный сотрудник

*РУП «Институт мелиорации»,
Минск, Беларусь*

Аннотация

Рассматривается требовательность люцерны посевной к водному режиму, обеспеченности почв элементами питания растений. Установлено, что необходимые уровни грунтовых вод (УГВ) при ее возделывании во многом определяются гранулометрическим составом почв. Показано, что при ее выращивании на легких почвах, подстилаемых песками, УГВ должны располагаться на глубине 0,6 м. Увеличение этого показателя в два раза снижает урожайность сухой массы люцерны на 26 %. Приводятся причины ухудшения качества травянистых кормов.

Ключевые слова: *многолетние бобовые травы, люцерна, сырой протеин, урожайность, структура потерь при заготовке кормов*

Abstract

*P. Ph. Tivo, L. A. Saskevich, E. A. But,
D. A. Postnikova*

FEATURES OF THE CULTIVATION OF ALFALFA SOWING ON MINERAL SOILS

Demand for alfalfa sowing to the water regime, the provision of soils with plant nutrients is considered. It has been established that the necessary levels of groundwater (LGW) during its cultivation are largely determined by the granulometric composition of soils. It is shown that when it is grown on light soils underlain by sand, LGW should be located at a depth of 0,6 m. A twofold increase in this indicator reduces the yield of dry mass of alfalfa by 26%. The causes of deterioration in the quality of grassy feeds are given.

Keywords: *perennial leguminous herbs, alfalfa, crude protein, yield, loss structure during fodder harvesting*

Введение

Главной причиной низкого использования потенциала продуктивности животных является недостаточная обеспеченность их полноценными кормами. Дефицит последних ощущается не только в зимне-стойловый, но иногда и в летне-пастбищный период. На протяжении ряда лет в среднем по республике животноводство недополучает по 40–45 % кормов в пересчете на кормовые единицы, белка – 35–40 и сахара – 50–55 %. Только из-за дефицита протеина перерасход кормов достигает 2,5 млн т к. ед., за счет которых можно бы было получить дополнительно

110 тыс. тонн говядины и более миллиона тонн молока [1].

В последние годы для покрытия дефицита протеина в республике за валюту закупается 380–420 тыс. т белкового сырья [2]. Между тем многолетние бобовые травы отличаются малозатратностью, высокой стабильной продуктивностью и повышенной обеспеченностью корма переваримым протеином. Широкое распространение таких трав позволит сбалансировать все травяные корма по этому показателю и ежегодно экономить около 100 тысяч тонн минерального азота. Кроме

того, с растительными остатками клевер и люцерна поставляют в почву 50–60 ц/га сухой органической массы, что эквивалентно 25–30 т подстилочного навоза. Однако, несмотря на то, что в полевых опытах многолетние травы обеспечивают более высокий урожай, чем кукуруза, в производственных же условиях прослеживается обратная тенденция. Последнее во многом обусловлено низкими дозами удобрений. Еще меньше попадает их на улучшенные сенокосы и пастбища, где преобладают пока злаковые травы.

Из многолетних трав особый интерес представляет люцерна – культура потенциально больших возможностей. Для нее характерно: длительное произрастание на одном месте, высокая зимостойкость и относительная засухоустойчивость, способность к быстрому ранневесеннему и послепосевному отрастанию. Люцерна обогащает почву органическим веществом и защищает от водной эрозии. В результате 7-летнего возделывания на одном и том же поле содержание гумуса в слабоэродированной дерново-подзолистой почве возросло почти на 0,28 %, что эквивалентно внесению 140 т/га подстилочного навоза [3]. В ее корнях и пожнивных остатках накапливается 100–150 кг/га азота и более. Она возделывается в чистом виде и в травосмеси. Не потеряли своей положительной роли в повышении продуктивности луговых угодий клевер луговой, люцерна рогатая и другие виды бобовых трав, хотя «королевой» кормовых культур все же называют люцерну. Тем более, что она без пересева может произрастать на одном и том же участке до 5–7 лет и более, в то время как клевер луговой – лишь 2 года. Преимущество люцерны имеет и в отношении продуктивности зеленой массы и сбора сырого протеина с каждого гектара посевной площади. Что касается злаковых трав, то даже при внесении 180 кг/га минерального азота они накапливали сырого протеина значительно меньше, чем бобовые травы на фоне РК [3].

Значение люцерны возрастает в нынешних условиях ограниченного ресурсного обеспечения АПК, а также потепления климата, когда востребованы культуры относительно устойчивые к засухе, хотя по этому признаку

люцерна посевная заметно уступает люцерне желтой и особенно эспарцету.

Поэтому предполагается довести до 909 тыс. га площадь под многолетними бобовыми и бобово-злаковыми травами на пашне, в том числе 286 тыс. га люцерны, оставив злаковые травы лишь в виде семенников [2].

Однако продуктивность многолетних трав остается пока не высокой, особенно в Витебской области, где много переувлажненных земель. Одна из причин низкой эффективности кормопроизводства – недостаточное внимание к научно обоснованной технологии возделывания многолетних трав и к конструированию высокопродуктивных агрофитоценозов в условиях сложного почвенного покрова и рельефа северной части республики.

В Поозерье, куда входит вся территория Витебской области, земли преимущественно представлены агроландшафтами с дерново-подзолистыми заболоченными почвами связного гранулометрического состава. Наличие здесь связных почв определяет специфику водного режима почв, проявляющуюся почти в повсеместном их переувлажнении в течение всего или части вегетационного периода. Избыточное увлажнение и связанные с ним явления в отдельные годы лишают область значительного количества растениеводческой продукции. Кроме того, пересеченность рельефа способствует развитию эрозионных процессов, особенно если учесть, что в Поозерье склоновые земли занимают 70 % всех сельскохозяйственных угодий. Наличие больших площадей эродированных, завалуненных пахотных земель и мелкоконтурность являются осложняющими факторами с.-х. производства.

В этих сложных условиях мелиорация земель приобретает в Витебской области особое значение для интенсификации земледелия. Возрастает здесь роль и окультуривания почв, поскольку по этому показателю она уступает другим регионам, особенно по наличию подвижных форм фосфора в глинистых и суглинистых почвах [4].

Распространение здесь склоновых земель приводит к тому, что на пониженных элементах рельефа растения страдают от переувлажнения, а на повышенных – от недо-

статка влаги. Это осложняет работу дренажа и требует дополнительных агромерелиоративных мероприятий и адаптивного размещения культур по площади: на нижней части склона предпочтительны многолетние влаголюбивые травы, на относительно повышенной – зерновые, рапс, зернобобовые, клевер луговой и люцерна, однолетние травы, кукуруза.

Пока же эффективность использования мелиорированных минеральных земель в регионе остается недостаточно высокой. То же касается и полевого кормопроизводства, что создает дефицит кормов для общественного животноводства при низком их качестве (избыточное содержание клетчатки при недостатке белка, неблагоприятное сахаропротеиновое соотношение, дисбаланс макро- и микроэлементов). Это приводит к перерасходу кормов на единицу продукции, ухудшению здоровья скота, что, в свою очередь, удорожает производство молока и мяса. Особенно беспокоит дефицит протеина, без устранения которого невозможно повысить продуктивность животных [5]. При этом требования к качеству кормов возрастают по мере увеличения годового надоя молока у коровы. Если он составляет 55-60 или 70–80 ц, то в 1 кг сухого вещества рациона должно содержаться сырого протеина соответственно 140–160 и 162–172 г [6]. Очень важно и то, что полноценное корм-

Требования люцерны к плодородию почв

В условиях нашей страны наиболее пригодны для возделывания люцерны автоморфные агродерново-карбонатные, агродерновые, агродерново-подзолистые, агроаллювиальные дерновые (в том числе контактно-оглеенные и оглеенные внизу) и полугидроморфные слабogleеватые почвы средне- и легкосуглинистого гранулометрического состава (мощные и подстилаемые песками), а также связносупесчаные, подстилаемые суглинком с глубины до 1,0 м, с кислотностью 6,01–7,50, содержанием P_2O_5 и K_2O более 220 мг/кг и гумуса более 2,2 %. К пригодным относятся такие же почвы по типовой принадлежности, степени увлажнения и гранулометрическому составу, но с кислот-

ление продлевает срок хозяйственного использования животных, что весьма актуально и для Беларуси [7].

Решить же проблему с белком во многом возможно за счет расширения посевных площадей многолетних бобовых трав, особенно люцерны, которая уже занимает в республике 220,9 тыс. га [8]. Предполагается, что в ближайшее время площадь под ней еще больше возрастет. Тем более, что люцерно-пригодных почв у нас 370 тыс. га [9]. Учитывая необходимость улучшения качества кормов, Минсельхозпрод Беларуси предлагает 2020 год назвать годом белка.

Интерес к этой культуре проявляется и за рубежом [10], за исключением, пожалуй, лишь Германии [11]. В мировом масштабе посевная площадь люцерны составляет порядка 34 млн га. В лидерах здесь – США, где тюкованное сено используется не только внутри этой страны, но и экспортируется, к примеру, в Японию и Южную Корею [12].

Несмотря на кажущуюся изученность основных приемов при возделывании люцерны посевной, все же остаются недостаточно исследованными частные вопросы, особенно применительно к склоновым землям Белорусского Поозерья, отличающимися неоднородным водным режимом и различным плодородием почв. Недоучет этих особенностей может неблагоприятно сказаться на продуктивности люцерны.

ностью 5,51–6,00 и 7,51–8,00, содержанием более 170 мг/кг P_2O_5 и K_2O и менее 2,2 % гумуса [9]. Лучше всего люцерна растет на высокоплодородных, хорошо дренированных среднесуглинистых разновидностях этих почв с кислотностью 6,5–7,5; плохо – на глинистых, каменистых и заболоченных почвах при высоком уровне стояния грунтовых вод (около 1,0–1,5 м).

Люцерна очень требовательная к фосфорному питанию. Последнее обусловлено тем, что при симбиотическом способе существования потребность бобовых растений в фосфоре всегда выше, чем в автотрофном. Считается, что для фиксации одной молекулы азота воздуха затрачивается 15 молекул

аденозинтрифосфата (АТФ) [13]. На эту её особенность обращают внимание многие исследователи [12,14,15,16]. При недостатке фосфора количество фиксированного азота снижается в 1,6 раза, что неблагоприятно сказывается на урожае. Нижним порогом оптимальной обеспеченности люцерны обменным калием является содержание в почве K_2O 160 мг/кг. С его дефицитом связано снижение площади листьев, накопление сухого вещества и сырого белка в растениях. Не выносит люцерна и кислую реакцию среды. Понижение pH_{KCl} до 5,6 вдвое снижает количество фиксированного азота воздуха, в 1,5 раза – высоту растений. Еще сильнее проявляют отрицательные последствия при дальнейшем подкислении почвы до pH 5,1, когда резко угнетаются процессы симбиоза и фотосинтеза [17]. Поэтому, прежде всего для люцерны необходимо подбирать участки с нейтральной реакцией среды, а кислые дерново-подзолистые почвы известкуют. Лучше это делать заблаговременно под предшественник бобовых культур. Люцерна хорошо отзывается и на применение молибдена [3].

Что касается подкормки люцерны минеральным азотом, то большинство ученых считают ее нецелесообразной. Но бывают случаи, когда дробное внесение азота обеспечивает прибавки урожайности зеленой массы и сбора сырого белка люцерной, возделываемой на дерново-подзолистой периодически переувлажняемой почве [18].

Диапазон оптимальной влажности для люцерны находится в пределах 70–80 % предельной полевой влагоемкости (ППВ). Уменьшение этого показателя до 50 % приводит к снижению массы активных клубеньков в 1,7 раза и фиксированного азота воздуха в 2,2 раза [17].

На дерново-подзолистой супесчаной почве в условиях Калужской области формирование 3-го укоса люцерны и травосмеси на ее основе нестабильно и зависит от количества осадков во второй половине вегетационного периода. Максимальный урожай при 2-укосном использовании получен в смесях люцерна + ежа сборная + кострец безостый и люцерна + ежа + кострец + тимофеевка, а при 3-укосном – соответственно люцерна + ежа + кострец и люцерна + кострец. Достоверных

различий между урожайностью одновидового посева люцерны и бобово-злаковых травосмесей не выявлено, хотя по сбору протеина преимущество было на стороне люцерны в чистом виде. Причем минимальным накоплением белка отличалась люцерна в смеси с ежой [19]. Поэтому у компонентов травосмеси укосная спелость должна наступать одновременно как у люцерны с кострцом безостым. К тому же они зимостойки и практически не различаются между собой по долговлетию и по отношению к плодородию почв [13]. Следует, однако, иметь в виду, что при низком содержании обменного калия в почве злаки могут вытеснить из травостоя бобовый компонент [20].

В отличие от клевера люцерна характеризуется вертикальным расположением почек на корневой шейке, или коронке, из которых образуются новые стебли. Поэтому она менее конкурентоспособна в бобово-злаковых травостоях [21]. Особенно это проявляется при совместном ее посеве с фестулолием [22], хотя по другим данным, люцерна, наоборот, вытесняет из травостоя названный гибрид [23]. Для выяснения протекторных утверждений необходимы дополнительные исследования с различными нормами высева каждого компонента.

Влияние гранулометрического состава дерново-подзолистых почв на продуктивность многолетних трав, включая люцерну, изучалось в условиях Беларуси. По этим данным, на легкосуглинистой почве продуктивность люцерны в сумме в среднем за 3 года находилась в пределах от 262,7 до 288,7 ц/га к. ед. и была примерно на уровне бобово-злаковой травосмеси. На рыхлосупесчаной почве она составляла 156,6–189,2 ц/га к. ед. и превосходила бобово-злаковую травостой в 1,1–1,3 раза [24].

По исследованиям Н. Н. Лазарева с сотрудниками, бобово-злаковые травосмеси на основе люцерны имеют преимущество по урожайности во влажные годы, а люцерна в чистом виде – в относительно засушливые [25], хотя при дефиците атмосферных осадков снижается и ее продуктивность [26]. Имеют значение и виды многолетних бобовых трав при 9-летнем их использовании на одном месте без пересева. В этом случае лю-

церна оказалась более продуктивной, чем галега восточная [27]. Уступает ей по урожайности и лядвенец рогатый [28].

По мнению латвийских ученых [29], наиболее подходят для успешного возделывания люцерны среднесуглинистые или карбонатные почвы с pH 6,5–7,2 с хорошо отрегулированным водно-воздушным режимом, особенно в весенний период. Эффективным оказался, здесь дренаж с глубиной закладки дрен 120–150 см. В этом случае на фоне РК в среднем за 4 года получено 85,5–91,3 ц/га сена. На недостаточно осушенном участке с (УГВ 90 см) урожайность составила 74,9–77 ц/га сена. На недренированных почвах, с уровнем грунтовых вод 50 см собрано сена 55,6–59,7 ц/га, в том числе люцерны – 13,5–17,0 ц/га. Выпадению ее из травосмеси способствовали поверхностные воды, а также повреждение корней (выпирание) весной при резких колебаниях суточных температур. Интересно и то, что на почве с высокопродуктивным травостоем люцерны УГВ опускались ниже 2 м. При этом дренажный сток составлял всего лишь 1–3 % от годового количества осадков, против 28–31 % на участке с кукурузой.

Хотя и в меньшей степени иссушающее действие люцерны при возделывании на

осушенных мелиорированных суглинистых почвах отмечалось и на территории нашей республики. Существенно увеличивался и коэффициент фильтрации в пахотном слое [30]. Причем уровни грунтовых вод рекомендуется поддерживать в пределах 80–110 см [31]. Нужно иметь в виду, что на тяжелых землях Поозерья растения больше страдают от поверхностного застаивания воды, особенно в замкнутых (бессточных) понижениях.

Совершенно иная закономерность в отношении уровней грунтовых вод наблюдается на дерново-глееватых супесчаных почвах, подстилаемых песками (таблица 1). В отличие от тяжелых суглинистых почв, здесь при УГВ 1,2 м урожайность сухой массы люцерны заметно снижалась. Более благоприятные условия для ее произрастания создавались, если уровни грунтовых вод располагались на глубине 60 см. В данном случае прибавка урожайности люцерны относительно лизиметров с УГВ 120 см достигла 26 %. Близкие показатели получены и при УГВ 30 см, хотя здесь не исключаются потери урожая, связанные с механизированной уборкой зеленой массы и повреждением дернины трав.

Таблица 1 – Урожайность сухой массы многолетних трав при различных уровнях грунтовых вод на дерново-глееватых супесчаных почвах подстилаемых песком (кг/м²) [32]

Многолетние травы	Укос	Уровни воды, см			
		30	60	90	120
Тимофеевка луговая	1	0,80	0,85	0,79	0,56
	2	0,66	0,66	0,57	0,45
	3	0,27	0,28	0,25	0,17
	Σ	1,73	1,79	1,61	1,18
Кострец безостый	1	1,02	1,08	0,99	0,85
	2	0,74	0,88	0,80	0,69
	3	0,33	0,40	0,37	0,24
	Σ	2,09	2,36	2,16	1,78
Клевер луговой	1	0,99	1,05	1,03	0,65
	2	0,80	0,86	0,78	0,58
	3	0,25	0,24	0,29	0,18
	Σ	2,04	2,15	2,10	1,41
Люцерна изменчивая	1	0,86	0,90	0,90	0,72
	2	0,83	0,88	0,80	0,70
	3	0,43	0,38	0,40	0,29
	Σ	2,12	2,16	2,10	1,71

Обращает на себя внимание отрицательная реакция клевера лугового на низкий уровень грунтовых вод (120 см от поверхности почвы), когда его урожайность по сравнению с УГВ 60 см уменьшилась на 52 %, или в 2 раза больше, чем у люцерны. Это связано с тем, что люцерна, благодаря мощной корневой системе, использует воду из более глубоких слоев почвы. Ее корни обладают почти в два раза большей сосущей силой, чем корни клевера [21]. Последнее подтверждает литературные данные [33] о том, что она легче переносит недостаток влаги, чем клевер луговой.

Полученные результаты и их обсуждение

Полевые опыты проводились на склоновых землях Витебской опытно-мелиоративной станции (ВОМС). Нами исследовалась травосмесь люцерны посевной (сорт Будучыня) с кострцом безостым (сорт Усходні) (таблица 2). Выбор такой травосмеси обусловлен тем, что люцерна посевная и кострец безостый предъявляют одинаковые требования к плодородию почв. Кроме того, у них

Сказанное, однако, не означает, что в условиях нашей республики орошение потеряло свое значения как фактора дальнейшего повышения продуктивности люцерны. Прежде всего, это касается почв легкого гранулометрического состава. Тем более, что даже в Северо-восточном регионе Беларуси из 29 лет наблюдений засушливыми были 12 лет. В данном случае улучшение влагообеспеченности растений путем дождевания увеличивало урожайность сухой массы на 28–44 ц/га и эффективность использования минеральных удобрений на 40–70 % [34].

совпадает фаза развития растений. К тому же из травосмеси легче приготовить сенаж или провяленный силос, чем из люцерны в чистом виде, что связано с меньшими потерями листьев – самой ценной по питательности частью растений. Многолетние травы скашивали за вегетационный период 3 раза, поскольку при 4–5 укосах сокращается срок использования люцерны до двух лет [35].

Таблица 2 – Урожайность люцерны посевной с кострцом безостым, ВОМС

Год пользования травостоем	Вариант	Нижняя часть склона*, 2012–2018 гг.			Верхняя часть склона**, 2013–2019 гг.		
		Урожайность сухой массы, ц/га	Прибавка сухой массы		Урожайность сухой массы, ц/га	Прибавка сухой массы	
			ц/га	%		ц/га	ц/га
1	P ₀ K ₀	83,1	–	–	64,4	–	–
	P ₆₀ K ₁₂₀	93,0	9,9	11,9	87,3	22,9	35,6
	P ₆₀ K ₁₈₀	99,5	16,4	19,7	94,4	30,0	46,6
2	P ₀ K ₀	65,8	–	–	108,8	–	–
	P ₆₀ K ₁₂₀	86,0	20,2	30,7	121,5	12,7	11,6
	P ₆₀ K ₁₈₀	95,8	30,0	45,6	125,5	16,7	15,3
3	P ₀ K ₀	87,1	–	–	94,0	–	–
	P ₆₀ K ₁₂₀	105,4	18,3	21,0	102,0	8,0	8,5
	P ₆₀ K ₁₈₀	110,6	23,5	27,0	107,1	13,1	13,9
4	P ₀ K ₀	68,0	–	–	89,4	–	–
	P ₆₀ K ₁₂₀	76,6	8,6	19,6	124,2	34,8	38,9
	P ₆₀ K ₁₈₀	86,0	18,0	26,4	132,6	43,2	48,3

Год пользования травостоем	Вариант	Нижняя часть склона*, 2012–2018 гг.			Верхняя часть склона**, 2013–2019 гг.		
		Урожайность сухой массы, ц/га	Прибавка сухой массы		Урожайность сухой массы, ц/га	Прибавка сухой массы	
			ц/га	%		ц/га	%
5	P ₀ K ₀	75,2	–	–	68,1	–	–
	P ₆₀ K ₁₂₀	109,0	34,7	46,1	85,0	16,9	24,8
	P ₆₀ K ₁₈₀	125,2	50,0	66,5	100,2	32,1	47,1
6	P ₀ K ₀	62,0	–	–	78,4	–	–
	P ₆₀ K ₁₂₀	81,0	19,0	30,6	106,8	28,4	36,2
	P ₆₀ K ₁₈₀	97,1	35,1	56,6	123,2	44,8	57,1
7	P ₀ K ₀	73,4	–	–	83,5	–	–
	P ₆₀ K ₁₂₀	93,3	19,9	27,1	126,2	42,7	51,1
	P ₆₀ K ₁₈₀	112,4	39,0	53,1	136,0	52,5	62,9
Среднее за 7 лет	P ₀ K ₀	73,5	–	–	83,8	–	–
	P ₆₀ K ₁₂₀	92,0	18,5	25,2	107,6	23,8	28,4
	P ₆₀ K ₁₈₀	103,8	30,3	41,2	117,0	33,2	39,6

*Осушенная дерново-подзолистая глееватая супесчаная почва

**Дерново-подзолистая связносупесчаная почва, подстилаемая с глубины 0,5 м суглинком

Установлено, что травосмесь с участием люцерны посевной не уступала по урожайности клеверу луговому (сорт Витебчанин) 1 года пользования (таблица 3). Преимущество люцерны заключается еще в том, что не нужно ежегодно проводить обработку почвы, в отличие от клевера лугового. В итоге снижается себестоимость заготавливаемых кормов из травосмеси на основе люцерны. Однако не следует забывать о том, что длительное возделывание такой травосмеси возможно не в полевом севообороте, а в кормовом, вблизи ферм. Клевер же наоборот используется в полевом севообороте, в этом его единственное преимущество по сравнению с люцерной. В остальном он проигрывает люцерне, особенно на склоновых землях, где ежегодно вспашка усиливает водную эрозию почв.

Кострец безостый «теснил» люцерну в травосмеси 7-го года пользования только в первом укосе, что связано с его большей устойчивостью к пониженным ранневесенним температурам. На втором и третьем укосах этого практически не наблюдалось, за исключением варианта без удобрений. В по-

следнем случае бобового компонента было в 2 раза меньше, чем на фоне фосфорно-калийных удобрений.

Показано также положительное влияние повышенной дозы калия (180 кг д. в.) при детальном его внесении, наиболее четко это проявляется по мере старения травостоя. Прибавка урожая от дополнительной дозы K₂O (60 кг/га) на 5–7-е годы пользования была значительно большей, чем в первые годы пользования люцернокострецовой травосмесью (см. таблицу 2).

При производстве кормов очень важно не только вырастить высокий урожай, но и сохранить его без потерь, которые, как известно, не малые (рисунок 1) [36].

При запаздывании с уборкой урожая потери составляют 43 %. При этом повышается содержание клетчатки, снижается концентрация энергии в сухом веществе корма и его переваримость, уменьшается сырого протеина. Очевидно, что даже самые совершенные технологии заготовки кормов не обеспечат их высокого качества, если упущены оптимальные сроки уборки [36,37] (рисунок 2).

Таблица 3 – Урожайность клевера лугового на склоновых землях, ВОМС, 2015-2019 гг.

Элемент склона	Год пользования травостоем	Вариант	Урожайность сухой массы, ц/га	Прибавка сухой массы	
				ц/га	%
Вершина	1 (2015)	P ₀ K ₀	60,6	–	–
		P ₆₀ K ₁₂₀	73,6	13,0	21,5
		P ₆₀ K ₁₈₀	72,3	11,7	19,3
Середина		P ₀ K ₀	50,1	–	–
		P ₆₀ K ₁₂₀	59,6	9,5	19,0
		P ₆₀ K ₁₈₀	65,6	15,5	30,9
Нижняя часть		P ₀ K ₀	69,1	–	–
		P ₆₀ K ₁₂₀	72,3	3,2	4,6
		P ₆₀ K ₁₈₀	73,4	4,3	6,2
Вершина	1 (2016)	P ₀ K ₀	71,6	–	–
		P ₆₀ K ₁₂₀	81,5	9,9	13,8
		P ₆₀ K ₁₈₀	85,8	11,2	15,6
Середина		P ₀ K ₀	53,1	–	–
		P ₆₀ K ₁₂₀	68,2	15,1	28,4
		P ₆₀ K ₁₈₀	70,2	17,1	32,2
Нижняя часть		P ₀ K ₀	59,4	–	–
		P ₆₀ K ₁₂₀	74,8	15,4	25,9
		P ₆₀ K ₁₈₀	77,7	18,3	30,8
Вершина	1 (2017)	P ₀ K ₀	97,2	–	–
		P ₆₀ K ₁₂₀	101,0	4,8	4,9
		P ₆₀ K ₁₈₀	103,3	6,1	6,3
Вершина	1 (2018)	P ₀ K ₀	99,4	–	–
		P ₆₀ K ₁₂₀	113,3	13,9	14,0
		P ₆₀ K ₁₈₀	116,8	17,4	17,5
Вершина	1 (2019)	P ₀ K ₀	81,3	–	–
		P ₆₀ K ₁₂₀	90,3	9,0	11,2
		P ₆₀ K ₁₈₀	91,0	9,7	11,9
Середина		P ₀ K ₀	91,8	–	–
		P ₆₀ K ₁₂₀	99,7	7,9	8,6
		P ₆₀ K ₁₈₀	98,5	6,7	7,3



Рисунок 1 – Структура потерь при заготовке и уборке травяных кормов

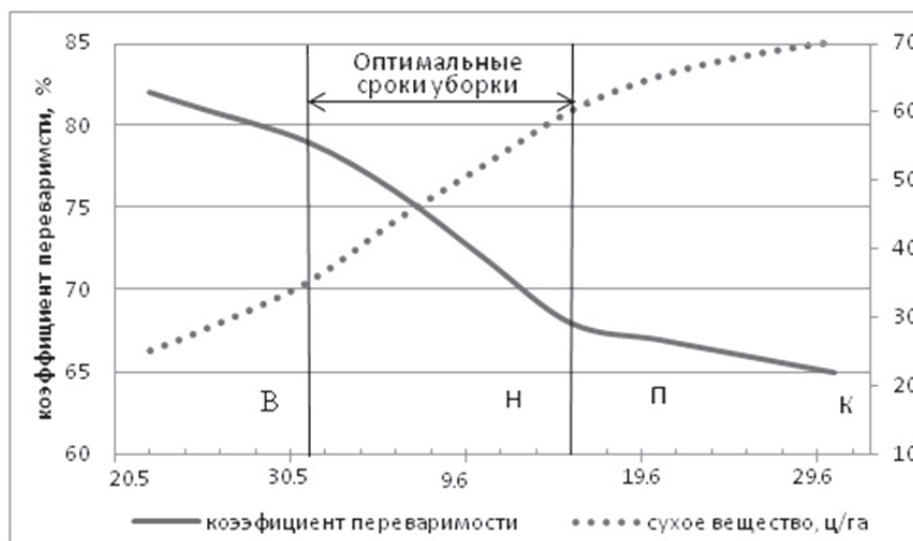


Рисунок 2 – Оптимальные сроки уборки первого укоса многолетних трав (В – бутонизация, Н – начало цветения; П – полное цветение, К – конец цветения) [11]

Поэтому необходим компромисс между высоким качеством корма и максимальным сбором сухой массы. Подобное возможно, если травы скашивать в фазу бутонизации. За счет многоукосных технологий в масштабах республики можно получить дополнительно 4,2 млн т к. ед. и 600 тыс. т переваримого протеина [1].

Оптимальная концентрация сырой клетчатки в рационах для коров средней продуктивности должна варьировать от 22 до 24 % от общего количества сухого вещества, а в кормосмесях для высокопродуктивных животных – от 16 до 20 %. Установлено, что превышение в рационах для высокоудойных коров уровня сырой клетчатки всего на 1 % сверх порогового значения 22 % равнозначно потере 1 кг молока в сутки [37].

Чтобы снизить потери корма при хранении, необходимо применять наиболее эффективные технологии, например, заготовку сенажа не только в траншеи, но и в рулонах, упакованных в пленку [38,39]. В последнем случае по выходу сухого вещества данный вид корма превосходил по продуктивности сено и силос на 24,8 и 21,1 %, а по протеину – на 23,2 и 21,9 % соответственно [40].

Выводы

Для сельского хозяйства республики, специализирующего в животноводческом направлении, первостепенное значение

Одним из основных условий получения доброкачественного силоса из трав служит наличие в исходных растениях сахара. Повышение концентрации последнего в зеленой массе путем предварительного провяливания в свою очередь, способствует увеличению выхода молочной кислоты, которая обеспечивает сохранность корма. Причем предварительное обезвоживание улучшает сбраживание трудноsilосующихся бобовых культур при соблюдении оптимального режима провяливания (до содержания сухого вещества 30–35 %) [15,38,39]. Однако и в этом случае необходимо использовать консерванты, что, прежде всего, касается люцерны и клевера.

Кроме того, в процессе уборки зеленая масса не должна загрязняться почвой, иначе не исключено ухудшение ее качества. За счет обсеменения нежелательной микрофлорой, в том числе маслянокислыми бактериями [38]. Подобное, прежде всего, возможно при скашивании трав на участках с не выровненной поверхностью почвы. При поедании такого корма ухудшается здоровье животных [41].

имеет получение полноценных и дешевых кормов в необходимом объеме. При этом особое значение придается решению про-

блемы дефицита протеина за счет расширения посевных площадей многолетних бобовых трав, прежде всего люцерны посевной.

Для нее характерны высокая продуктивность, длительное произрастание на одном месте, относительная засухоустойчивость, обогащение почвы органическим веществом и азотом. Без пересева может произрастать на одном участке до 5–7 лет и более, в то время как клевер луговой – только 2 года.

Бобово-злаковые травосмеси на основе люцерны имеют преимущество по урожайности во влажные годы, а люцерна в чистом виде – в относительно засушливые, хотя при дефиците атмосферных осадков снижается и ее продуктивность. Она более продуктивна, по сравнению с клевером луговым, галегой восточной и лядвенцом рогатым.

Люцерна требовательна к фосфорному и калийному питанию. Недостаток фосфора приводит к снижению количества фиксированного азота воздуха, что неблагоприятно сказывается на урожае. При дефиците калия в растениях происходит снижение площади

листьев, накопления сухого вещества и сырого белка.

Лучше всего люцерна растет на высокоплодородных, хорошо дренированных легко- и среднесуглинистых почвах с кислотностью 6,5–7,0. При этом рекомендуется поддерживать уровни грунтовых вод в пределах 80–110 см. Иная закономерность в отношении уровней грунтовых вод наблюдается на супесчаных почвах, подстилаемых песками. Здесь при УГВ 1,2 м снижается урожайность сухой массы люцерны на 26 %. Наоборот более благоприятные условия для ее произрастания создаются, если грунтовые воды располагаются на глубине 60 см.

При заготовке кормов 43 % потерь приходится на поздние сроки уборки трав, 33 % – на нарушение технологии и 24 % – на потери во время хранения и использования. Поэтому все усилия должны быть направлены на сокращение этих потерь, что положительно скажется на снижении затрат на производство животноводческой продукции.

Библиографический список

1. Шейко, И. Комплекс мер по интенсификации кормопроизводства и животноводства / И. Шейко // *Агроэкономика*. – 2005. – № 11. – С. 48–50.
2. Привалов, Ф. Многолетние травы – основной источник белка / Ф. Привалов, П. Васько // *Белорусское сельское хозяйство*. – 2019. – № 5. – С. 12–15.
3. Tiwo, P. Эффективность возделывания многолетних трав в Беларуси / P. Tiwo, S. Krutsko // *Obszary wiejskie w Europie problemu rozwoju lokalnego i regionalnego: Materialy XVII Miedzynarodowe konf. Naukowej*. – Szczecin, 2014 – S. 402–407.
4. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2013–2016 гг.) / И. М. Богдевич [и др.] ; под общ. ред. И. М. Богдевича; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – 275 с.
5. Попов, И. С. Протеиновое питание животных / И. С. Попов, А. П. Дмитроченко, В. М. Крылов. – М. : Колос, 1975. – 368 с.
6. Шейко, И. П. Перспективы научной и инновационной деятельности в животноводстве Беларуси / И. П. Шейко // *Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук*. – 2018. – Т. 56, № 2. – С. 188–199.
7. Мороз, М. Т. Оптимизация кормления – основной фактор повышения продуктивности и продолжительности жизни животных / М. Т. Мороз // *Зоотехния*. – 2009. – № 10. – С. 25–26.
8. Гракун, В. Многолетние травы – гарантия производства качественных травяных кормов / В. Гракун, Ф. Привалов, П. Васько // *Белорусское сельское хозяйство*. – 2019. – № 11. – С. 74–79.
9. Цытрон, Г. На каких почвах возделывать люцерну? / Г. Цытрон, Л. Шибут, О. Матыченко // *Белорусское сельское хозяйство*. – 2015. – № 2. – С. 66–69.
10. Лазарев, Н. Н. Многолетние травы в интенсивном молочном скотоводстве Западной Евро-пы / Н. Н. Лазарев, Г. В. Благовещенский // *Известия ТСХА*. – 2015. – Вып. 6. – С. 101–107.

11. Кормовые культуры (производство, уборка, консервирование и использование грубых кормов) : в 2 т. / под общ. ред. Д. Шпаара. – М. : ИД ООО «DLV Агродело», 2009. – 784 с.
12. Голобородько, С. П. Люцерна: монография / С. П. Голобородько, Н. Н. Лазарев. – М. : Изд-во РГАУ-МСХА им. Тимирязева, 2009. – 425 с.
13. Вавилов, П. П. Бобовые культуры и проблемы растительного белка / П. П. Вавилов, Г. С. По-сыпанов. – М. : Россельхозиздат, 1983. – 256 с.
14. Лупашку, М. Ф. Люцерна / М. Ф. Лупашку. – М. : Агропромиздат, 1988. – 256 с.
15. Шифер, К. Кормовая культура будущего? / К. Шифер, О. Штайнхёфель, Б. Надь // Новое сельское хозяйство. – 2007. – № 4 – С. 74–78.
16. Пикун, П. Т. Люцерна и ее возможности / П. Т. Пикун. – Минск : Беларуская навука, 2012. – 310 с.
17. Борисевич, В. К. Особенности возделывания люцерны северного экотипа в Нечерноземной зоне / В. К. Борисевич // Главный агроном. – 2006. – № 12. – С. 54–56.
18. Приемы производства высокобелкового травяного корма на основе люцерны посевной / Н. П. Лукашевич, С. Н. Янчик, В. А. Емелин [и др.] // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2011. – № 3. – С. 59–64.
19. Ивасюк, Е. В. Урожайность и белковая продуктивность люцерны и люцернозлаковых травосмесей на дерново-подзолистой супесчаной почве Калужской области / Е. В. Ивасюк, В. К. Храмой, Н. М. Ивасюк // Известия ТСХА. – 2012. – Вып. 2. – С. 100–105.
20. Минина, И. П. Луговые травосмеси / И. П. Минина. – М. : Колос, 1972. – 288 с.
21. Формирование урожая основных сельскохозяйственных культур / Пер. с чеш. З. К. Благовещенской. – М. : Колос, 1984. – 367 с.
22. Донских, Н. А. Создание укосных травостоев с люцерной изменчивой в условиях Ленинградской области / Н. А. Донских, В. В. Владимирова // Международный научно-исследовательский журнал. – Екатеринбург. – 2017. – № 5. – С. 193–195.
23. Коновалова, Н. Ю. Урожайность и питательность бобово-злаковых агрофитоценозов с включением фестулолиума / Н. Ю. Коновалова, В. В. Вахрушева, С. С. Коновалова // Вестник АПК Верхневолжья. – 2019. – № 1. – С. 9–14.
24. Влияние новых форм жидких и твердых минеральных удобрений на продуктивность и показатели качества злаковых, бобово-злаковых травосмесей и люцерны на дерново-подзолистых почвах / Г. В. Пироговская, В. И. Сороко, С. С. Хмелевский [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2019. – №1 (62). – С. 133–156.
25. Лазарев, Н. Н. Люцерна в системе устойчивого кормопроизводства / Н. Н. Лазарев, О. В. Кухаренкова, Е. М. Куренкова // Кормопроизводство. – 2019. – № 4. – С. 18–23.
26. Шлапунов, В. Н. Влажность почвы и урожайность люцерны посевной в подпокровных и беспокровных посевах / В. Н. Шлапунов, Д. Н. Володькин, А. Н. Романович // Технологии и приемы производства экологически безопасной продукции растениеводства : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 10-летию со дня создания НПЦ НАН Беларуси по земледелию, Жодино, 14-15 апр. 2016 г. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию : редкол. : Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2016. – С. 129–132.
27. Slepetytys, J. Perennial legume swards for organic farming system in Lithuania / J. Slepetytys, A. Slepetytys // Proceedings of the 22nd International Grassland Congress, 2013. – P. 313–314.
28. Тиво П. Ф. Урожайность травосмесей на основе люцерны и лядвенца рогатого / П. Ф. Тиво, Л. А. Саскевич, Е. А. Бут // Земледелие и защита растений. – 2015. – № 2. – С. 3–6.
29. Штиканс, Ю. Вопросы агротехники люцерны на мелиорированных землях в условиях Латвийской ССР / Ю. Штиканс, О. Упитис, А. Лаура // Проблемы люцерны : материалы науч.-практ. конф. – Минск, 1977. – С. 84–89.
30. Белковский, В. И. Кормовое и мелиоративное значение люцерны на тяжелых почвах / В. И. Белковский, С. Д. Грядовкина // Проблемы люцерны : материалы науч.-практ. конф. – Минск, 1977. – С. 98–102.

31. Брезгунов, М. А. О требовании люцерны к уровню грунтовых вод на почвах тяжелого механического состава / М. А. Брезгунов, С. В. Кулеш // Повышение плодородия тяжелых почв средствами мелиоративного воздействия : материалы конф. – Минск, 1981. – С. 126–129.
32. Филипенко, Н. К. Влияние уровней грунтовых вод на продуктивность многолетних трав / Н. К. Филипенко, М. В. Подвительская // Мелиорация и луговое хозяйство на пойменных землях. – Минск : БелНИИМил, 1996. – С. 145–153.
33. Растениеводство / Г. С. Посыпанов, В. Е. Долгодворов, Б. Х. Жеруков [и др.] ; под ред. Г. С. Посыпанова. – М. : КолосС, 2007. – 612 с.
34. Люцерна посевная : биология и технология возделывания в Беларуси / А. А. Шелюто [и др.]. – Горки : БГСХА, 2012. – 184 с.
35. Белорусские сорта многолетних бобовых трав и особенности уборки на кормовые цели / Е. И. Чекель, И. А. Черепок, А. А. Боровик [и др.] // Земледелие и защита растений. – 2019. – Приложение к журналу № 2. – С. 10–16.
36. Разумовский, Н. Качественные травяные корма : посеять, заготовить, накормить / Н. Разумовский, Н. Зенькова // Белорусское сельское хозяйство. – 2016. – № 4. – С. 40–43.
37. Ганущенко, О. Клетчатка в рационах жвачных / О. Ганущенко // Животноводство России. – 2019. – № 10. – С. 37–42.
38. Абраскова, С. Проблемы консервирования провяленных трав / С. Абраскова, В. Шлапунов // Белорусское сельское хозяйство. – 2015. – № 6. – С. 63–67.
39. Победнов, Ю. А. Динамика аммиака и масляной кислоты в зависимости от степени провяливания и способа силосования люцерны / Ю. А. Победнов, М. С. Иванова, А. А. Мамаев // Кормопроизводство. – 2019. – № 4. – С. 41–46.
40. Влияние способов заготовки кормов из люцерно-кострецовой смеси на питательную и энергетическую ценность / Ю. И. Левахин [и др.] // Кормопроизводство. – 2010. – № 10. – С. 43–46.
41. Сехин, А. Кормовой стол и качество молока / А. Сехин // Белорусское сельское хозяйство. – 2019. – № 9. – С. 56–59.

Поступила 12.02.2020

ВЛИЯНИЕ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ ЗЛАКОВЫХ ТРАВ НА ТОРФЯНИСТО-ГЛЕЕВОЙ ПОЧВЕ

Н. Н. Цыбулько, доктор сельскохозяйственных наук

РУП «Институт почвоведения и агрохимии»,
Минск, Беларусь

Е. Б. Евсеев, младший научный сотрудник

ГНУ «Институт радиобиологии»,
Гомель, Беларусь

И. И. Жукова, кандидат сельскохозяйственных наук,

Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка,
Минск, Беларусь

Аннотация

Установлено, что на торфянисто-глеевой почве с оптимальными параметрами обеспеченности ее подвижными формами фосфора и калия наиболее высокую продуктивность многолетних злаковых трав обеспечивает применение $P_{90}K_{180}$ ($P_{90}K_{120}$ – под первый укос и K_{60} – под второй укос), которая составляет 67,9 ц/га сена или 34,6 ц/га кормовых единиц. При окупаемости доз фосфорных и калийных удобрений $P_{90}K_{120}$ прибавкой сена в среднем 4,6 кг на 1 кг РК, увеличение дозы калия до 180 кг/га повышает окупаемость удобрений до 7,1 кг сена.

Ключевые слова: торфянисто-глеевая почва, калийные удобрения, дозы, многолетние травы, продуктивность, эффективность.

Abstract

N.N. Tsybulka, E.B. Evseev, I.I. Zhukova

EFFECT OF POTASSIUM FERTILIZERS ON THE PRODUCTIVITY OF PERENNIAL CEREAL GRASSES ON PEAT-GLEY SOIL

It was found that the highest productivity of perennial grasses on peaty-gley soil with optimal parameters of its availability of mobile forms of phosphorus and potassium is provided by the use of $P_{90}K_{180}$ ($P_{90}K_{120}$ – for the first mowing and K_{60} – for the second mowing), which is 67.9 C/ha of hay or 34.6 C/ha of feed units. With the payback of rates of phosphorus and potash fertilizers $P_{90}K_{120}$ by adding hay on average 4.6 kg per 1 kg of RK, increasing the rate of potassium to 180 kg/ha increases the payback of fertilizers to 7.1 kg of hay.

Keywords: peaty-gley soil, potash fertilizers, rates, perennial grasses, productivity, efficiency.

Введение

На территории Белорусского Полесья в составе сельскохозяйственных земель около 0,7 млн га занимают осушенные торфяные почвы [1, 2]. Важнейшее значение для сельскохозяйственного использования имеет мощность торфяного слоя. Сельскохозяйственные земли на торфянисто-глеевых почвах с мощностью торфяного слоя до 30 см занимают около 50 тыс. га [3]. При ведении земледелия на этих почвах актуальна разработка эффективных способов и приемов защиты их от деградации, воспроизводство плодородия и повышение производительной способности.

Торфяные почвы генетически характеризуются низким содержанием подвижного калия. По данным последнего тура агрохимического обследования почв сельскохозяйственных земель средневзвешенное содержание подвижного калия в торфяных почвах пахотных земель республики составляет 463 мг/кг почвы, в почвах луговых земель (улучшенные сенокосы и пастбища) – 346 мг/кг почвы [4]. Оптимальные значения обеспеченности торфяных почв K_2O составляют 600-800 мг/кг почвы [5].

Многолетние злаковые травы выносят с 1 т сена 24,1 кг калия [5], поэтому на тор-

фяных почвах с низким содержанием K_2O применение калийных удобрений во многом определяет продуктивность трав и качество получаемых кормов. Особенно важное значение оптимизация калийного питания растений имеет на загрязненных радионуклидами торфяных почвах, поскольку калий

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2016-2019 годах в стационарных полевых опытах на территории землепользования СПК «Новое Полесье» Лунинецкого района Брестской области. Объектом исследования являлась торфянисто-глеевая низинная осушенная, развивающаяся на тростниково-осоковых торфах, подстилаемых с глубины 0,26 м связными древнеаллювиальными песками, почва. Агрохимические показатели почвы (Ап) следующие (сред-

является по отношению к радиоцезию антагонистом в процессе сорбции на поверхности корневой системы растений.

Цель работы – изучить влияние доз калийных удобрений на продуктивность многолетних злаковых трав на торфянисто-глеевой почве.

ние значения): органическое вещество – 60,4 %, $N_{\text{общ}}$ – 1,74 %, pH_{KCl} – 5,37; подвижные формы (в 0,2 М HCl) P_2O_5 – 876 и K_2O – 818 мг/кг почвы.

Возделывали многолетнюю средне-спелую злаковую травосмесь, включающую тимофеевку луговую 2 кг/га, овсяницу луговую 5 кг/га, кострец безостый 6 кг/га. Схема опыта, дозы и сроки применения фосфорных и калийных удобрений приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема применения минеральных удобрений в опыте

Варианты опыта	Дозы удобрений под 1-й укос, кг/га д. в.		Дозы удобрений под 2-й укос, кг/га д. в.	
	Р	К	Р	К
1. Контроль (без удобрений)	–	–	–	–
2. $P_{90}K_{120}$	90	90	–	30
3. $P_{90}K_{150}$	90	90	–	60
4. $P_{90}K_{180}$	90	120	–	60

Размещение делянок в опыте рендомизированное. Повторность вариантов в опыте четырехкратная. Общая площадь делянки составляла 20 м², учетная площадь – 12 м².

Агрохимические показатели почв определяли по методикам: органическое вещество – по Тюрину в модификации ЦИНАО по ГОСТ 26212–91 [6]; pH_{KCl} – потенциоме-

трическим методом по ГОСТ 26483–85 [7]; подвижные формы фосфора и калия – по ГОСТ 26207–91 [8]; общий азот – по ГОСТ 26107–84 [9].

Полученные данные обрабатывали методами дисперсионного анализа [10] с использованием компьютерного программного обеспечения (*Excel 7.0, Statistic 7.0*).

Результаты и их обсуждение

За период исследований (2016–2019 годы) метеорологические условия вегетационных периодов (апрель–август) существенно различались. По степени увлажнения 2016 год характеризовался слабо засушливыми условиями с ГТК 1,28, 2017 год был влажным (ГТК – 2,24), 2018 год – засушли-

вым (ГТК – 0,97) и 2019 год отличался оптимальными гидротермическими условиями (ГТК – 1,30).

Продуктивность многолетних злаковых трав по годам исследований зависела от метеорологических условий вегетационных периодов, укосов и уровней применения

удобрений. В год посева трав (2016 год) сформирован один их укос. Урожайность сена составила в контрольном варианте 26,5 ц/га (таблица 2). При внесении перед посевом фосфорных и калийных удобрений в дозах

$P_{90}K_{120}$ и $P_{90}K_{150}$ получены прибавки сена соответственно 6,4 и 6,9 ц/га. При более высокой дозе калийных удобрений (K_{180}) увеличение урожайности по отношению к контрольному варианту также было достоверным.

Таблица 2 – Влияние минеральных удобрений на продуктивность многолетних злаковых трав

Варианты опыта	Урожайность сена, ц/га				Прибавка сена, ц/га к контролю
	1-й укос	2-й укос	3-й укос	общая урожайность	
2016 год					
1. Контроль (без удобрений)	26,5	–	–	26,5	–
2. $P_{90}K_{120}$	32,9	–	–	32,9	6,4
3. $P_{90}K_{150}$	33,4	–	–	33,4	6,9
4. $P_{90}K_{180}$	34,9	–	–	34,9	8,4
НСР _{0,5}	0,97			–	
2017 год					
1. Контроль (без удобрений)	20,7	12,0	8,9	41,6	–
2. $P_{90}K_{120}$	28,2	12,6	9,6	50,4	8,8
3. $P_{90}K_{150}$	32,6	13,2	10,0	55,8	14,2
4. $P_{90}K_{180}$	34,1	14,5	10,6	59,2	17,6
НСР _{0,5}	2,40	3,36	0,71	–	
2018 год					
1. Контроль (без удобрений)	34,6	23,5	–	58,1	–
2. $P_{90}K_{120}$	42,2	31,6	–	73,8	15,7
3. $P_{90}K_{150}$	43,3	33,7	–	77,0	18,9
4. $P_{90}K_{180}$	44,8	40,2	–	85,0	26,9
НСР _{0,5}	4,20	2,61	–	–	
2019 год					
1. Контроль (без удобрений)	36,4	31,8	–	68,2	–
2. $P_{90}K_{120}$	42,7	33,2	–	75,9	7,7
3. $P_{90}K_{150}$	43,5	40,1	–	83,6	15,4
4. $P_{90}K_{180}$	51,4	41,2	–	92,6	24,4
НСР _{0,5}	6,08	4,34		–	

В 2017 году сформировано три укоса многолетних трав. Общая продуктивность их за все укосы на контроле составила 41,6 ц/га, в том числе первый укос 20,7 ц/га, второй укос – 12,0 и третий укос – 8,9 ц/га. Фосфорные и калийные удобрения, внесенные в дозах $P_{90}K_{120}$, обеспечили прибавку сена 8,8 ц/га. В вариантах с применением более высоких доз калийных удобрений (K_{150} и K_{180})

общая урожайность сена составила соответственно 55,8 и 59,2 ц/га, прибавки к контрольному варианту 14,2 и 17,6 ц/га.

В засушливом по гидрометеорологическим условиям 2018 году сформировано два укоса многолетних злаковых трав. Урожайность первого укоса колебалась от 34,6 до 44,8 ц/га сена, второго укоса – от 23,5 до 40,2 ц/га. При урожайности сена за два укоса

в контрольном варианте 58,1 ц/га, внесение фосфорных и калийных удобрений в дозах $P_{90}K_{120}$ и $P_{90}K_{150}$ обеспечили прибавки сена соответственно 15,7 и 18,9 ц/га. Применение K_{180} (K_{120} под первый укос + K_{60} под второй укос) способствовало дальнейшему повышению урожайности трав – прибавка к контролю составила 26,9 ц/га сена.

В 2019 году, который характеризовался оптимальными гидротермическими условиями, получена наиболее высокая урожайность многолетних трав. За два укоса продуктивность составила на контрольном варианте 68,2 ц/га сена. Внесение под первый укос $P_{90}K_{90}$ и под второй укос K_{30} обеспечило общую прибавку сена 7,7 ц/га, а применение под второй укос K_{60} на фоне $P_{90}K_{90}$ – 15,4 ц/га сена. Наиболее эффективным был вариант с внесением $P_{90}K_{180}$ ($P_{90}K_{120}$ под первый укос + K_{60} под второй укос), где урожайность сена за два укоса составила 92,6 ц/га, а прибавка к контролю 24,4 ц/га.

В среднем за 4 года исследований продуктивность многолетних трав составила на контрольном варианте 48,6 ц/га сена или 24,8 ц/га кормовых единиц. В результате применения фосфорных и калийных удобрений продуктивность возросла до 58,3-67,9 ц/га сена или 29,7–34,6 ц/га кормовых единиц. При внесении $P_{90}K_{120}$ (K_{90} – под первый укос и K_{30} – под второй укос) в среднем за 4 года получена урожайность 58,3 ц/га сена, прибавка к контролю 9,7 ц/га или 4,9 ц/га кормовых единиц. При увеличении дозы калия до 150 кг/га (в вторую подкормку 60 кг/га) урожайность возросла до 62,5 ц/га, прибавка 13,6 ц/га сена или 7,1 ц/га кормовых единиц. Повышение дозы калийного удобрения до 180 кг/га (K_{120} – под первый укос и K_{30} – под второй укос) способствовало росту урожайности – прибавка к контролю составила 19,3 ц/га сена (9,8 ц/га к. ед.) и к варианту $P_{90}K_{150}$ – 5,4 ц/га сена (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние минеральных удобрений на продуктивность многолетних злаковых трав в среднем за 4 года исследований

Варианты опыта	Урожайность в среднем за 4 года, ц/га		Прибавка к контролю, ц/га		Окупаемость удобрений, кг сена/кг РК
	сено	к. ед.	сено	к. ед.	
1. Контроль (без удобрений)	48,6	24,8		–	
2. $P_{90}K_{120}$	58,3	29,7	9,7	4,9	4,6
3. $P_{90}K_{150}$	62,5	31,9	13,9	7,1	5,8
4. $P_{90}K_{180}$	67,9	34,6	19,3	9,8	7,1
НСР _{0,5}	–	–	–	–	

В среднем по Беларуси норматив окупаемости минеральных удобрений прибавкой урожая многолетних трав на пашне составляет 16,6 кг сена на 1 кг НРК [11]. По результатам полевого опыта на торфянисто-глеевой почве проведена оценка эффективности доз внесения фосфорных и калийных удобрений под многолетние злаковые травы. При высоком со-

держании в почве P_2O_5 (876 мг/кг почвы) и повышенном содержании K_2O (818 мг/кг почвы) окупаемость 1 кг фосфорных и калийных удобрений, внесенных за два укоса трав в дозах $P_{90}K_{120}$ и $P_{90}K_{150}$, составила соответственно 4,6 и 5,8 кг сена. При увеличении дозы калийных удобрений до 180 кг/га (вариант 4) этот показатель возрос до 7,1 кг сена.

Выводы

1. На торфянисто-глеевой почве с оптимальными параметрами обеспеченности ее подвижными формами фосфора и калия наиболее высокую продуктивность многолетних

злаковых трав обеспечивает применение $P_{90}K_{180}$ ($P_{90}K_{120}$ – под первый укос и K_{60} – под второй укос), которая составляет 67,9 ц/га сена или 34,6 ц/га кормовых единиц.

2. При окупаемости доз фосфорных и калийных удобрений $P_{90}K_{120}$ прибавкой сена в среднем 4,6 кг на 1 кг РК, увеличение дозы калия до 180 кг/га повышает окупаемость удобрений до 7,1 кг сена.

Библиографический список

1. Мееровский, А. С. Проблемы использования и сохранения торфяных почв / А. С. Мееровский, В. П. Трибис // Новости науки и технологий. – 2012. – № 4(23). – С. 3–9.
2. Семененко, Н. Н. Торфяно-болотные почвы Полесья: трансформация и пути эффективного использования / Н. Н. Семененко. – Минск : Беларуская навука, 2015. – 282 с.
3. Осушенные торфяные и дегроторфяные почвы в составе сельскохозяйственных земель Республики Беларусь : практическое пособие / В.В. Лапа [и др.] ; под общ. ред. В.В. Лапа ; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск : ИВЦ Минфина, 2018. – 215 с.
4. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2013-2016 гг.) / И.М. Богдевич [и др.] ; под общ. ред. И.М. Богдевича ; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – 275 с.
5. Методические указания по разработке программы расчетов по системе удобрения сельскохозяйственных культур / В.В. Лапа [и др.]. – Минск : Институт почвоведения и агрохимии, 2018. – 47 с.
6. Почвы. Определение органического вещества в модификации ЦИНАО : ГОСТ 26212–91. – Введ. 07.01.1993. – Минск : Изд-во стандартов, 1992. – 6 с.
7. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение рН по методу ЦИНАО : ГОСТ 26483–85. – Введ. 07.01.86. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1987. – 4 с.
8. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО : ГОСТ 26207–91. – Введ. 07.01.93. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1992. – 6 с.
9. Почвы. Методы определения общего азота : ГОСТ 26107-84. – Введ. 07.01.85. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1985. – 6 с.
10. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
11. Справочник нормативных материалов для агрохимического окультуривания почв и эффективного использования удобрений / В.В. Лапа [и др.]. – Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии, 2017. – 60 с.

Поступила 19.02.2020

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДОЗ, СПОСОБОВ И СРОКОВ ВНЕСЕНИЯ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД КУКУРУЗУ

Г. Н. Куркина, аспирант

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,
Жодино, Беларусь*

Аннотация

Представлены результаты исследования по дозам (90 и 120 кг/га), способам (разбросное и локальное) и срокам (в предпосевную культивацию, при севе, в подкормку в 5–6 или 7–8 листьев) внесения азотных удобрений под кукурузу. Установлено, что различные варианты внесения мочевины показывают близкую между собой высоту растений и урожайность зеленой массы кукурузы. Внесение мочевины при севе в дозе 30 кг/га д.в. приводит к снижению полевой всхожести семян кукурузы на 10,2–11,6% и в итоге к существенному недобору сухого вещества и зерна. Наибольшая урожайность сухого вещества и зерна, а также лучшие экономические показатели получены в вариантах с внесением 30 кг/га азота в основную заправку и 60 или 90 кг/га в фазу 7–8 листьев кукурузы разбросным способом.

Ключевые слова: кукуруза, основное внесение удобрений, припосевное удобрение, азотная подкормка, урожайность.

Abstract

G. N. Kurkina

EFFICIENCY OF RATES, METHODS AND TIMING OF THE APPLICATION OF NITROGEN FERTILIZERS FOR MAIZE

The results of the study on rates (90 and 120 kg/ha), methods (scattered and local) and timing (pre-sowing cultivation, sowing, additional fertilizing in 5–6 or 7–8 leaves) of applying nitrogen fertilizers for corn. It is established that different variants of application of urea show close to each other, the height of plants and yield of green mass of corn. The introduction of urea during sowing at a rate of 30 kg / ha a.i. leads to a decrease in field germination of corn seeds by 10.2–11.6% and as a result to a significant shortage of dry matter and grain. The highest yield of dry matter and grain, as well as the best economic indicators, are formed in the variants with 30 kg/ha of nitrogen to the basic application and 60 or 90 kg/ha in the phase of 7-8 corn leaves in a scatter way.

Keywords: maize, basic application fertilizers, sowing fertilizers, nitric additional fertilizing, yield.

Введение

Кукуруза предъявляет большие требования к условиям минерального питания [1]. Ее высокая отзывчивость на удобрения, прежде всего, связана с высокой потенциальной урожайностью [2]. Этот процесс с разной интенсивностью происходит постоянно на протяжении всего довольно длительного периода вегетации, в течение которого она поглощает из почвы в 2–3 раза больше питательных элементов, чем другие зерновые культуры [3, 4]. С 1 т зеленой массы кукуруза на фоне полной заправки дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы минеральными удобрениями в среднем выносит 3,1 кг азота, 2,2 кг фосфора и 5,0 кг калия [5]. В первую очередь гибриды кукурузы хорошо отзываются на внесение азотных удобрений [6]. Эффективность фосфора и калия значительно ниже, а при повышенной и вы-

сокой обеспеченности почв этими элементами необходимость их внесения отпадает [7]. Азот необходим растениям кукурузы на протяжении всего периода роста и прежде всего в периоды дифференциации развития вегетативных и репродуктивных органов [8]. В фазу 7-го листа происходит закладка генеративных органов растений, что требует благоприятных условий, одним из которых является дополнительное питание с помощью подкормок [9]. Внесение удобрений «под корень» провоцирует снижение урожайя. Это происходит из-за снижения всхожести семян и уменьшения густоты стояния на единице площади в результате слишком высокой концентрации удобрения в непосредственной близости к семенам [10]. Подкормка кукурузы на легких минеральных почвах позволяет равномерно его внести и

в меньшем количестве, благодаря более высокому коэффициенту использования. Однако применение твердых азотных удобрений в разброс по вегетирующим растениям вызывает ожоги самых молодых листьев и, как следствие, задерживает развитие растений на 7–10 дней, что приводит к недобору

Методика исследований

Полевые опыты проводили в Научно-практическом центре НАН Беларуси по земледелию на дерново-подзолистой связносупесчаной почве с содержанием в пахотном слое 2,24–2,70 % гумуса, 180–200 мг P_2O_5 , 257–286 мг/кг K_2O , pH – 6,05–6,14.

Предшественник – кукуруза. Подготовка почвы включала дискование, зяблевую вспашку, весеннее дискование, культивацию с боронованием и предпосевную обработку АКШ. В опыте использовалось последствие навоза (60 т/га). Калийные (K_{105}) в виде хлористого калия ежегодно и фосфорные удобрения (P_{60} под урожай 2018 г.) в виде аммонизированного суперфосфата вносились перед зяблевой вспашкой. Посев гибридом Колизей осуществлялся 25 апреля в 2017 г., 4 мая в 2018 г., 23 апреля в 2019 г., всходы отмечены 22.05 в 2017 г. и 12.05 в 2018 и 2019 г. Норма высева – 110 тыс. семян/га. Способ сева: широкорядный, ширина междурядий 70 см. В фазу 2–3 листьев кукурузы применялся гербицид Люмакс 3,5 л/га. Площадь опытных делянок 25 м². Повторность – четырехкратная.

За годы проведения исследований погодные условия складывались по-разному (таблица 1). Так, в третьей декаде апреля – первой декаде мая 2017 г. осадков выпало на 22,2 и 18,0 мм больше нормы, а средняя температура воздуха за этот период составила 5,3 и 8,7 °С, что на 3,1 и 2,7 °С ниже средних многолетних значений. Холоднее нормы оказались и первые два летних месяца (на 0,5 и 0,9 °С соответственно). В августе и сентябре среднесуточная температура воздуха соответственно на 1,8 и 2,0 °С превысила норму.

Температурные условия в 2018 г. оказались очень благоприятными для роста и развития кукурузы на протяжении все-

10–15 % урожая кормовых единиц [11]. Кукуруза в монокультуре предъявляет повышенные требования в отношении азота. При увеличении дозы азота до $N_{120}P_{60}K_{60}$ прирост зеленой массы кукурузы в севообороте составил 11,5 т/га, в монокультуре – 13,2 т/га, что больше на 14,8% [12].

го вегетационного периода. Теплая погода 2018 г. способствовала быстрому прорастанию семян и появлению всходов, однако из-за существенного дефицита влаги (28,7 мм против 132 мм с апреля по первую декаду июня) полевая всхожесть семян оказалась невысокой. Во второй и третий летние месяцы за годы исследований, когда отмечается максимальная потребность растений кукурузы в воде, наблюдалось достаточное выпадение осадков, поэтому критический период также проходил в благоприятных условиях.

Погодные условия третьей декады апреля 2019 г. характеризовались повышенными среднесуточными температурами воздуха. Более высокая относительно нормы температура воздуха была во второй и третьей декадах мая. В среднем с апреля по май температура воздуха оказалась на 1,5 °С выше нормы. Осадков в апреле выпало лишь 0,4 мм, за первую декаду мая – 56,1 мм, в последующие 2 декады – 16,6 мм. Погода в июне благоприятствовала хорошему росту и развитию культуры благодаря высоким температурам воздуха (на 4,5 °С выше нормы) и умеренному количеству осадков (50 мм). Июль оказался прохладным (на 1,3 °С ниже нормы) и влажным (105,5 мм осадков). Больше нормы выпало осадков и в августе при умеренных температурах. В целом погодные условия складывались благоприятно для формирования высокого урожая.

Сумма эффективных температур (выше 10 °С) с мая по сентябрь в 2017 г. составила 843 °С, в 2018 г. – 1145 °С, в 2019 г. – 981 °С при норме 822 °С. С мая по сентябрь в 2017 году по данным метеостанции Борисов выпало 368 мм, в 2018 г. – 297 мм, в 2019 г. – 384 мм при норме 370 мм.

Таблица 1 – Метеорологические условия вегетационных периодов
(по данным метеостанции Борисов)

Месяц	Декада	Температура воздуха, °С				Осадки, мм			
		норма	2017 г.	2018 г.	2019 г.	норма	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Апрель	1	4,3	8,0	8,0	5,9	16	4,5	7,0	0
	2	6,6	3,1	10,6	6,1	16	15,8	0,7	0,4
	3	9,1	5,3	11,1	14,1	17	39,2	11,2	0
	За месяц	6,7	5,5	9,9	8,7	49	59,5	18,9	0,4
Май	1	11,4	8,7	17,4	8,6	17	35,0	2,0	56,1
	2	13,4	11,5	15,3	15,8	18	3,6	3,9	3,9
	3	14,7	16,4	17,6	18,0	23	6,3	3,9	12,7
	За месяц	13,2	12,3	16,8	14,3	58	44,9	9,8	72,7
Июнь	1	15,5	13,9	16,1	20,4	25	7,0	0,0	4,1
	2	16,2	16,9	17,9	22,2	28	19,5	24,6	27,7
	3	17,1	16,7	17,2	19,7	30	20,3	17,4	17,7
	За месяц	16,3	15,8	17,1	20,8	83	46,8	42,0	49,5
Июль	1	17,8	15,2	16,2	14,8	29	17,3	44,9	28,4
	2	18,4	16,5	20,1	15,6	28	35,1	60,4	20,1
	3	18,6	19,1	21,5	18,4	30	61,8	20,1	57,0
	За месяц	18,3	17,0	19,3	17,0	87	114,2	125,4	105,5
Август	1	18,4	19,8	21,5	15,0	25	14,3	1,0	49,5
	2	17,5	21,9	19,7	17,8	25	1,0	14,4	63,8
	3	15,8	13,8	17,0	18,7	26	62,7	54,4	3,4
	За месяц	17,2	18,3	19,3	17,2	76	78,0	69,8	116,7
Сентябрь	1	13,8	14,5	19,1	17,0	23	37,5	5,0	2,4
	2	11,7	14,7	15,2	12,2	22	30,0	7,6	7,3
	3	9,9	11,5	10,1	7,7	21	17,0	37,8	30,0
	За месяц	11,8	13,6	14,8	12,3	66	84,5	50,4	39,7
Октябрь	1	8,2	7,7	8,6	7,2	20	32,9	10,4	24,0

Результаты исследований и их обсуждение

В 2017 г. в третьей декаде апреля, когда была высеяна кукуруза, и в первой декаде мая выпало 74 мм осадков (в 2,2 раза больше нормы) а среднесуточная температура на протяжении трех декад была ниже нормы

на 1,9–3,8 °С. В таких условиях внесение N_{90} и N_{120} в разброс перед севом кукурузы (варианты 2, 10) привело к снижению полевой всхожести семян относительно контроля (N_0) на 5,5–6,0% при $НСР_{05} = 4,5\%$ (таблица 2).

Таблица 2 – Полевая всхожесть семян в зависимости от доз и сроков внесения азотных удобрений, %

№ вар.	Вариант опыта	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее
1	N_0	86,5	81,8	88,0	85,4
2	N_{90} – основное	80,5	68,4	88,1	79,0
3	N_{90} – в междурядье в 5-6 листьев	87,5	70,7	88,4	82,2
4	N_{90} – в разброс в 5-6 листьев	86,8	79,4	86,2	84,1
5	N_{10} при севе + N_{80} в междурядья в 5–6 листьев	87,0	80,2	81,1	82,8
6	N_{10} при севе + N_{80} в разброс в 5–6 листьев	87,8	78,7	81,5	82,7

№ вар.	Вариант опыта	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее
7	N ₃₀ при севе + N ₆₀ в междурядья в 7–8 листьев	89,5	61,6	70,2	73,8
8	N ₃₀ основное + N ₆₀ в разброс в 7–8 листьев	89,0	79,7	82,7	83,8
9	N ₃₀ при севе + N ₆₀ в разброс в 7–8 листьев	88,0	68,6	69,1	75,2
10	N ₁₂₀ – основное	81,0	84,6	82,3	82,6
11	N ₃₀ основное + N ₉₀ в разброс в 7–8 листьев	88,2	84,3	85,8	86,1
12	N ₃₀ основное + N ₄₅ в 5-6 листьев + N ₄₅ в 7–8 листьев в разброс	86,2	82,5	82,2	83,6
13	N ₃₀ основное + N ₉₀ в междурядья в 7–8 листьев	87,2	78,9	86,3	84,1
НСР ₀₅		4,5	16,8	2,1	10,1

В 2018 г. сложилась совершенно противоположная ситуация. При достаточно теплой погоде существенный дефицит осадков (22% от нормы) в течение семи декад, начиная с апреля, привел к тому, что внесенный при севе вблизи семян азот в дозе 30 кг/га д.в. в виде мочевины снизил их полевую всхожесть (варианты 7, 9) относительно контрольного варианта на 20,2 и 13,2% соответственно. В 2019 г. припосевное применение этой дозы азота также привело к падению полевой всхожести на 17,8–18,9%. Негативное действие данного приема на полевую всхожесть семян было заметно уже при внесении 10 кг/га азота, где снижение составило 6,5–6,9%. При этом влажность почвы в дождливый период, в отличие от предыдущего года, имела оптимальное значение. В итоге, в среднем за 3 года существенно меньшие показатели полевой всхожести семян имели варианты с припосевным внесением 30 кг/га д.в. мочевины (на 3–5 см глубже семян и 3–5 см в сторону от семян).

Измерение высоты растений в 2017 г. показало, что она существенно не различалась по вариантам внесения удобрений и только в контрольном варианте на 25–35 см уступала им (таблица 3). В 2018 г. самыми рослыми были растения при большей дозе внесения азота (120 кг/га), независимо от способов и сроков их применения. В 2019 г. недостаточно хороший рост растений кукурузы оказался в контрольном варианте (243 см) и при внесении 90 кг азота в основную заправку (257 см). В итоге, в среднем за 3 года исследований только в контрольном варианте высота растений

уступала остальным вариантам с внесением азотных удобрений на 17–28 см.

Учет урожая зеленой массы в 2017 г. показал (таблица 4), что не только в контрольном варианте ее сбор оказался меньшим, но и в вариантах с внесением азота в междурядья с заделкой при суммарной дозе 90 кг/га. Это произошло за счет существенно меньшей урожайности листостебельной массы, тогда как по урожайности початков все варианты с внесением азотных удобрений были равнозначными.

В 2018 г. только в контрольном варианте и при внесении всей дозы (90 кг азота на 1 га) в междурядье в 5–6 листьев получен существенно меньший сбор зеленой массы (383 и 426 ц/га соответственно) относительно лучшего варианта с внесением 30 кг/га азота в основную заправку и 60 кг/га в разброс в фазу 7–8 листьев (473 ц/га). Все другие варианты внесения азота различались между собой в пределах ошибки опыта.

В условиях 2019 г. лучшие результаты по урожайности зеленой массы обеспечили варианты с внесением 120 кг/га азота или варианты с поздними подкормками и суммарной дозой азота 90 кг/га. А самый высокий ее сбор получен в варианте: 30 кг/га азота в основную заправку и 90 кг/га в разброс в фазу 7–8 листьев (481 ц/га). Он же показал и самую высокую урожайность в среднем за 3 года. Вместе с тем, существенной разницы по сбору зеленой массы между вариантами опыта не выявлено, за исключением контрольного, в котором она составила 390 ц/га при 455–497 ц/га в вариантах с применением удобрений.

Таблица 3 – Высота растений в зависимости от доз и сроков внесения азотных удобрений, см

№ вар.	Вариант опыта	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее
1	N ₀	235	279	243	252
2	N ₉₀ – основное	266	289	257	271
3	N ₉₀ – в междурядьях в 5–6 листьев	259	285	263	269
4	N ₉₀ – в разброс в 5–6 листьев	258	287	265	270
5	N ₁₀ при севе + N ₈₀ в междурядьях в 5–6 листьев	258	284	265	269
6	N ₁₀ при севе + N ₈₀ в разброс в 5–6 листьев	263	289	266	273
7	N ₃₀ при севе + N ₆₀ в междурядьях в 7–8 листьев	260	285	272	272
8	N ₃₀ основное + N ₆₀ в разброс в 7–8 листьев	263	287	268	273
9	N ₃₀ при севе + N ₆₀ в разброс в 7–8 листьев	266	289	268	274
10	N ₁₂₀ – основное	270	295	274	280
11	N ₃₀ основное + N ₉₀ в разброс в 7–8 листьев	269	294	272	278
12	N ₃₀ основное + N ₄₅ в 5-6 листьев + N ₄₅ в 7–8 листьев в разброс	268	297	267	277
13	N ₃₀ основное + N ₉₀ в междурядьях в 7–8 листьев	262	291	264	272
НСР ₀₅		18	9	13	14

Таблица 4 – Урожайность зеленой массы кукурузы в зависимости от дозы, срока и способа внесения азотного удобрения, ц/га

№ вар.	Вариант опыта	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее
1	N ₀	418	383	369	390
2	N ₉₀ – основное	555	439	416	470
3	N ₉₀ – в междурядьях в 5–6 листьев	505	426	434	455
4	N ₉₀ – в разброс в 5–6 листьев	527	458	412	466
5	N ₁₀ при севе + N ₈₀ в междурядьях в 5–6 листьев	499	450	431	460
6	N ₁₀ при севе + N ₈₀ в разброс в 5–6 листьев	526	449	431	469
7	N ₃₀ при севе + N ₆₀ в междурядьях в 7–8 листьев	511	435	446	464
8	N ₃₀ основное + N ₆₀ в разброс в 7–8 листьев	530	473	454	486
9	N ₃₀ при севе + N ₆₀ в разброс в 7–8 листьев	529	444	453	475
10	N ₁₂₀ – основное	540	471	465	492
11	N ₃₀ основное + N ₉₀ в разброс в 7–8 листьев	545	464	481	497
12	N ₃₀ основное + N ₄₅ в 5-6 листьев + N ₄₅ в 7–8 листьев в разброс	532	464	451	482
13	N ₃₀ основное + N ₉₀ в междурядьях в 7–8 листьев	528	447	456	477
НСР ₀₅		47	39	44	43

Вариант с внесением 90 кг/га азота перед севом в 2017 г. обеспечил максимальный сбор сухого вещества (180,4 ц/га). Несущественно уступили ему все другие с различ-

ными дозами, способами и сроками внесения азота, за исключением варианта N₁₀ при севе + N₈₀ в междурядьях в 5–6 листьев, где получено 163,1 ц/га (таблица 5).

Таблица 5 – Сбор сухого вещества кукурузы в зависимости от дозы, срока и способа внесения азотного удобрения, ц/га

№ вар.	Вариант опыта	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее
1	N ₀	135,2	155,5	141,3	144,0
2	N ₉₀ – основное	180,4	176,5	160,6	172,5
3	N ₉₀ – в междурядья в 5–6 листьев	167,3	172,0	172,8	170,7
4	N ₉₀ – в разброс в 5–6 листьев	175,2	187,1	162,0	174,8
5	N ₁₀ при севе + N ₈₀ в междурядья в 5–6 листьев	163,1	180,0	168,2	170,4
6	N ₁₀ при севе + N ₈₀ в разброс в 5–6 листьев	170,7	183,8	168,5	174,3
7	N ₃₀ при севе + N ₆₀ в междурядья в 7–8 листьев	166,6	167,5	171,4	168,5
8	N ₃₀ основное + N ₆₀ в разброс в 7–8 листьев	175,8	192,2	178,4	182,1
9	N ₃₀ при севе + N ₆₀ в разброс в 7–8 листьев	174,0	174,9	177,5	175,5
10	N ₁₂₀ – основное	172,7	187,0	179,1	179,6
11	N ₃₀ основное + N ₉₀ в разброс в 7–8 листьев	178,2	187,1	189,4	184,9
12	N ₃₀ основное + N ₄₅ в 5-6 листьев + N ₄₅ в 7–8 листьев в разброс	174,5	184,7	175,4	178,2
13	N ₃₀ основное + N ₉₀ в междурядья в 7–8 листьев	171,4	181,3	178,1	176,9
НСР ₀₅		15,4	15,6	16,9	16,0

В 2018 г. лучший результат по сбору сухого вещества показал вариант с внесением N₃₀ в основную заправку и N₆₀ в разброс в 7–8 листьев, который составил 192,2 ц/га. Это существенное превышение не только над контрольным вариантом (155,5 ц/га), но и вариантами с внесением: N₉₀ – с заделкой в междурядья в 5–6 листьев, N₃₀ при севе + N₆₀ с заделкой в междурядья в 7–8 листьев, N₃₀ при севе + N₆₀ в разброс в 7–8 листьев, где сбор сухого вещества равнялся 167,5–174,9 ц/га.

В 2019 г. лучшим по сбору сухого вещества оказался вариант с внесением N₃₀ основное + N₉₀ в разброс в 7–8 листьев (189,4 ц/га). В то же время ему несущественно уступили варианты с такой же суммарной дозой азота (120 кг/га), а также с поздним разбросным внесением в фазу 7–8 листьев 60 кг/га азота при суммарной дозе 90 кг/га, в которых получено 177,5–179,1 ц/га. Несущественно меньшая урожайность сухого вещества (172,8 ц/га) отмечена и в варианте с заделкой в междурядья в фазу 5–6 листьев кукурузы полной дозы 90 кг/га.

В среднем за 3 года наиболее высокий сбор сухого вещества получен в вариан-

тах с внесением 30 кг/га азота в основную заправку и 60 или 90 кг/га в фазу 7–8 листьев кукурузы разбросным способом. Он составил 182,1–184,9 ц/га. В то же время и другие варианты применения азотных удобрений с урожайностью сухого вещества 170,4–179,6 ц/га могут иметь место, поскольку снижение у них недостоверное. Исключением является вариант припосевного внесения 30 кг/га азота с междурядной подкормкой N₆₀ в 7–8 листьев, где урожайность упала до 168,5 ц/га.

В 2017 г. существенной разницы по урожайности зерна между вариантами с применением удобрений не наблюдалось. Урожайность зерна стандартной влажности здесь составила 90,6–98,3 ц/га при 75,2 ц/га на контроле (таблица 6).

В 2018 г. наибольшая урожайность зерна получена в варианте с внесением N₃₀ в основную заправку + N₆₀ в разброс в 7–8 листьев (124,4 ц/га). Затем следуют: N₃₀ основное + N₉₀ в разброс в 7–8 листьев (117,9 ц/га), N₁₀ при севе + N₈₀ в разброс в 5–6 листьев (117,2 ц/га), N₁₂₀ – основное (116,7 ц/га), N₉₀ – в разброс в 5–6 листьев (116,4 ц/га). Самая низкая урожайность зер-

на (100,9–107,2 ц/га), не считая контроля (97,8 ц/га) получена в вариантах с припосевным внесением 30 кг/га азота.

Если в 2017 г. в числе лучших по урожайности зерна находились все 12 вариантов внесения удобрений, в 2018 г. – 5 вариантов,

то в 2019 г. – только три. Наибольшей она была в варианте с внесением N_{30} в основное + N_{90} в разброс в 7–8 листьев (112,3 ц/га), затем следуют N_{90} в междурядья в 5–6 листьев и N_{30} в основное + N_{60} в разброс в 7–8 листьев (104,2 ц/га).

Таблица 6 – Урожайность зерна в зависимости от дозы, срока и способа внесения азотного удобрения, ц/га

№ вар.	Вариант опыта	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее
1	N_0	75,2	97,8	77,5	83,5
2	N_{90} – основное	98,3	112,4	89,5	100,1
3	N_{90} – в междурядья в 5–6 листьев	93,3	110,7	104,2	102,7
4	N_{90} – в разброс в 5–6 листьев	97,7	116,4	95,9	103,3
5	N_{10} при севе + N_{80} в междурядья в 5–6 листьев	90,6	111,3	98,3	100,1
6	N_{10} при севе + N_{80} в разброс в 5–6 листьев	93,1	117,2	95,8	102,0
7	N_{30} при севе + N_{60} в междурядья в 7–8 листьев	91,8	100,9	96,2	96,3
8	N_{30} основное + N_{60} в разброс в 7–8 листьев	93,9	124,4	104,2	107,5
9	N_{30} при севе + N_{60} в разброс в 7–8 листьев	95,2	107,2	101,5	101,3
10	N_{120} – основное	93,2	116,7	100,6	103,5
11	N_{30} основное + N_{90} в разброс в 7–8 листьев	97,6	117,9	112,3	109,3
12	N_{30} основное + N_{45} в 5–6 листьев + N_{45} в 7–8 листьев в разброс	94,4	114,4	102,3	103,7
13	N_{30} основное + N_{90} в междурядья в 7–8 листьев	94,1	114,3	99,7	102,7
НСР ₀₅		8,4	9,8	9,7	9,3

В среднем за три года лучший результат получен в вариантах с ежегодно стабильно высокой урожайностью зерна. Это 30 кг/га д.в. мочевины в основную заправку + 60 или 90 кг/га д.в. мочевины в разброс в фазу 7–8 листьев кукурузы, где его сбор составил 107,5–109,3 ц/га. Возможны и другие варианты применения карбамида с урожайностью 100,1–103,7 ц/га. Единственным вариантом, показавшим два года из трех худший результат, а в итоге и в среднем за три года (96,3 ц/га), явилось припосевное внесение 30 кг/га азота + N_{60} с заделкой в междурядья в фазу 7–8 листьев кукурузы.

Эффективное по годам действие азотных подкормок в разброс связано с погодными условиями во время их проведения. Например, в 2017 г. при внесении азотных удобрений в фазу 5–6 листьев кукурузы отмечались невысокая дневная температура воздуха

(18 °С) и выпадение осадков в вечернее время. В фазу 7–8 листьев дневная температура достигала 25 °С, но также вечером выпали осадки. Поэтому ожогов листьев в этом году не наблюдалось. В 2018 г. небольшие ожоги листьев наблюдались при внесении удобрений в разброс в фазу 7–8 листьев. Температура воздуха в обе фазы внесения азотных подкормок была близкой к норме. В 2019 г., напротив, высокие температуры при низкой относительной влажности воздуха с отсутствием росы не только не вызвали ожогов листьев, но и привели к значительным потерям азота, в результате чего 120 кг/га оказалось дозой более эффективной. Так, по зерну средняя прибавка относительно 90 кг/га составила 5,6%, сухому веществу – 6,2%, тогда как в 2018 г. эти показатели равнялись 2,8 и 3,2%, а в 2017 г. – лишь 0,6 и 1,5% соответственно.

Таблица 7 – Экономическая эффективность применения азотных удобрений при выращивании кукурузы на силос и зерно

Вариант опыта	На силос			На зерно			
	Стоимость продукции, руб./га	Затраты, руб./га	Чистый доход, руб./га	Стоимость продукции, руб./га	Затраты, руб./га	Чистый доход, руб./га	Себестоимость 1 т зерна, руб.
N ₀	3381,63	1892,47	1489,15	2939,20	2055,76	883,44	246,20
N ₉₀ – основное	4052,10	2146,59	1905,51	3523,52	2311,65	1211,87	230,93
N ₉₀ – в междурядье в 5–6 листьев	4063,48	2142,31	1921,16	3616,04	2339,60	1276,44	227,81
N ₉₀ – в разброс в 5–6 листьев	4133,03	2141,29	1991,74	3636,16	2323,18	1312,98	224,90
N ₁₀ при севе + N ₈₀ в междурядья в 5–6 листьев	4020,25	2175,00	1845,25	3523,52	2347,40	1176,12	234,51
N ₁₀ при севе + N ₈₀ в разброс в 5–6 листьев	4106,70	2154,79	1951,91	3590,40	2326,31	1264,09	228,07
N ₃₀ при севе + N ₆₀ в междурядья в 7–8 листьев	3937,70	2191,05	1746,65	3389,76	2351,14	1038,62	244,15
N ₃₀ основное + N ₆₀ в разброс в 7–8 листьев	4303,98	2165,20	2138,77	3784,00	2339,26	1444,74	217,61
N ₃₀ при севе + N ₆₀ в разброс в 7–8 листьев	4115,15	2181,03	1934,12	3565,76	2337,00	1228,76	230,70
N ₁₂₀ – основное	4208,75	2225,74	1983,01	3643,20	2393,75	1249,45	231,28
N ₃₀ основное + N ₉₀ в разброс в 7–8 листьев	4372,23	2231,15	2141,08	3847,36	2415,77	1431,59	221,02
N ₃₀ основное + N ₄₅ в 5–6 листьев + N ₄₅ в 7–8 листьев в разброс	4190,23	2213,36	1976,86	3650,24	2391,08	1259,16	230,58
N ₃₀ основное + N ₉₀ в междурядья в 7–8 листьев	4156,10	2242,12	1913,98	3615,04	2408,35	1206,69	234,50

Не установлено преимущество заделки мочевины в почву при проведении между-рядной обработки. Возможно, что это связано с недостаточным выпадением осадков в первую половину вегетации кукурузы в 2018–2019 гг. и более эффективным поглощением азота из мочевины листьями. Мочевина содержит азот в амидной форме, которая хорошо усваивается листьями растения, в то время как корневая система кукурузы усваивает нитратную форму и на переход азота из амидной формы в нитратную уходит определенное время.

Выводы

1. По результатам трехлетних исследований на связносупесчаной дерново-подзолистой почве установлено, что внесение мочевины при севе (на 3–5 см глубже семян и 3–5 см в сторону от семян) в дозе 30 кг/га д.в. приводит к снижению полевой всхожести семян кукурузы на 10,2–11,6%.

2. Различные дозы (90–120 кг/га), сроки (в предпосевную культивацию, в фазу 5–6 или 7–8 листьев) и способы внесения мочевины (в междурядье с заделкой или в разброс) не оказывают существенного влияния на высоту растений и урожайность зеленой массы кукурузы.

3. Наибольший урожай сухого вещества и зерна сформирован в вариантах с внесением

Экономические расчеты, основанные на трехлетних результатах исследований, показывают, что при выращивании кукурузы, как на силос, так и на зерно, наибольшая величина чистого дохода и наименьшая себестоимость 1 т урожая получена в наиболее урожайных вариантах: 30 кг/га д.в. мочевины в основную заправку + 60 или 90 кг/га д.в. мочевины в разброс в фазу 7–8 листьев кукурузы. Противоположные значения имели варианты без внесения азотных удобрений и с припосевным внесением 30 кг/га азота + N₆₀ с заделкой в междурядья в фазу 7–8 листьев кукурузы (таблица 7).

30 кг/га азота в основную заправку и 60 или 90 кг/га в фазу 7–8 листьев кукурузы разбросным способом. Могут иметь место и другие варианты применения азотных удобрений, поскольку снижение урожайности у них недостоверное, за исключением припосевного внесения 30 кг/га азота с междурядной подкормкой N₆₀ в 7–8 листьев.

4. При выращивании кукурузы на силос и зерно наилучшие экономические показатели обеспечиваются при внесении 30 кг/га д.в. мочевины в основную заправку и 60 или 90 кг/га д.в. мочевины в разброс в фазу 7–8 листьев кукурузы.

Библиографический список

1. Никитишен, В. И. Агрохимические основы эффективного применения удобрений в интенсивном земледелии / В. И. Никитишен. – М. : Наука, 1984. – 214 с.
2. Надточаев, Н. Ф. Готовим и удобряем почву под кукурузу / Н. Ф. Надточаев // Белорусское сельское хозяйство. – 2013. – № 2 (130). – С. 53–56.
3. Крамарев, С. М. Интенсивность поступления основных макроэлементов в растения кукурузы в онтогенезе / С. М. Крамарев, Л. Н. Скрипник, Ю. И. Усенко // Агрохимия. – 2002. – № 12. – С. 21–30.
4. Крамарев, С.М. Удобрение кукурузы на черноземах обыкновенных в условиях степной зоны Украины: [монография] / С.М. Крамарев. – Днепропетровск : Изд-во «Новая идеология», 2010. – 668 с.
5. Марцуль, О. Н. Продуктивность и вынос элементов питания кукурузой на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / О. Н. Марцуль // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – № 1 (44). – С. 204–212.
6. Моисеев, А. А. Эффективность удобрений под кукурузу на зерно в лесостепи среднего Поволжья / А. А. Моисеев, А. В. Ивойлов, П. Н. Власов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 4 (138). – С. 28–33.

7. Никитин, В. В. Влияние длительного применения удобрений на продуктивность и качество кукурузы / В. В. Никитин, В. В. Навальнев // Кукуруза и сорго. – 2016. – № 1. – С. 32–35.
8. Кидин, В. В. Агрохимия: учебник / В. В. Кидин, С. П. Торшин. – М : Проспект, 2016. – 603 с.
9. Коваленко-Алексеев, И. В. Оценка эффективности дробного внесения азотного удобрения зерновой кукурузы в условиях северной лесостепи Челябинской области / И. В. Коваленко-Алексеев. // Агронимия и биотехнологии: материалы студенческой научной конференции / ред. М. Ф. Юдин; рец.: Н. И. Козакова, А. Э. Панфилов, А. А. Овчинников. – Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2017. – С. 42–49.
10. Шульц, П. Прямой сев кукурузы: плюсы и минусы / П. Шульц // Наше сельское хозяйство. – 2015. – № 3. – С.16–23.
11. Надточаев, Н. Ф. На погоду надейся, а сам не плошай / Н. Ф. Надточаев // Наше сельское хозяйство. – 2013. – № 1. – С. 2–7.
12. Стулин, А. Ф. Продуктивность кукурузы в условиях длительного применения удобрений и содержание тяжелых металлов в почве и растениях / А. Ф. Стулин // Кукуруза и сорго. – 2017. – № 1. – С. 3–9.

Поступила 16.01.2020

ОРГАНИЗАЦИЯ СЫРЬЕВОГО КОНВЕЙЕРА ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ПО СКОРОСПЕЛОСТИ СОРТОВ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО

Д. А. ДРОЗД, ассистент

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Беларусь*

Аннотация

Главной задачей эксперимента являлась разработка вариантов сырьевого конвейера на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах из различных по скороспелости сортов клевера лугового. В исследованиях участвовали сорта клевера лугового белорусской селекции: Цудоуны, Янтарный, Витебчанин, Меряя. Возделывание клевера лугового осуществлялось при различных условиях влагообеспеченности. Орошение клевера лугового оказало влияние исключительно на питательность и продуктивность травостоев, оставив без изменения сроки наступления фаз укосной спелости каждого из сортов. Установлено, что современные сорта клевера лугового позволяют осуществлять заготовку корма в течении 10–15 суток без снижения кормовой ценности. На основании анализа экспериментальных данных разработано два варианта организации сырьевого конвейера.

Ключевые слова: *Орошение, клевер луговой, сырой протеин, обменная энергия, сырьевой конвейер, продуктивность.*

Abstract

D.A. Drozd

ORGANIZATION OF THE RAW MATERIAL CONVEYOR OF CLOVER VARIETIES VARIOUS IN MATURITY

The main objective of the experiment was to develop options for a raw material conveyor on sod-podzolic light loamy soils from varieties of early ripening clover. The studies involved clover varieties of Belarusian breeding: Tsudouny, Yantarny, Vitebchanin, Mereya. The cultivation of meadow clover was carried out under various conditions of moisture supply. The irrigation of meadow clover had an impact only on the nutrition and productivity of grass stands, having no effect on the time of ripening phases of each variety. It has been found out that modern varieties of meadow clover make it possible to harvest feed for 10–15 days without reducing feed value. Based on the analysis of experimental data, two options for organizing a raw material conveyor have been developed.

Key words: *Irrigation, meadow clover, crude protein, metabolic energy, raw material conveyor, productivity.*

Введение

Интенсификация развития животноводческого комплекса Республики Беларусь имеет прямую зависимость от качества и количества заготавливаемого корма [1, 2]. Способов получения качественного и сбалансированного как по энергии, так и по питательным веществам корма разработано достаточно много. Среди них можно выделить как одновидовое возделывание многолетних и однолетних трав и других кормовых культур, так и в составе смесей и кормовых конвейеров.

Зеленый конвейер представляет собой комплекс кормовых культур различной скороспелости, позволяющий в течении всего вегетационного периода (от конца апреля и до начала октября) заготавливать зеленую массу и снабжать животных зеленым высокопитательным кормом. Сырьевой конвейер составляется из технологически совме-

стимых культур позволяющих заготавливать один или несколько видов кормов [3, 4].

При включении в состав сырьевого конвейера культуры одного вида различной скороспелости, исключается необходимость применения различных агротехник возделывания, что значительно упрощает и удешевляет стоимость корма за счет продления сроков заготовки.

Среди кормовых культур, а в частности многолетних кормовых трав, наиболее распространенной и предпочтительной при организации сырьевого конвейера является клевер луговой. Данная культура позволяет заготавливать качественный сенаж на протяжении двух и более укосов, одновременно насыщая почву симбиотическим азотом, что исключает применение минеральных азотных удобрений на всех этапах жизни клевера [5, 6, 7].

Материалы и методы

Разработка вариантов организации сырьевого конвейера из различных по скороспелости сортов клевера лугового осуществлялась на дернового-подзолистых легкосуглинистых почвах учебно-опытного поля БГСХА «Тушково-1».

При возделывании клеверов было выполнено две закладки полевого опыта. Первая закладка осуществлена в 2016 году беспокровным способом, а вторая годом позднее с использованием покрова из ярового ячменя.

Агрохимические показатели почвы для опыта первой закладки следующие: подвижные P_2O_5 203,0, K_2O 251,0 мг/кг, pH – 5,78. Водно-физические показатели почвы для расчетного слоя почвы 0–30 см составили: плотность сложения почвы 1,39 г/см³, наименьшая влагоемкость – 23,76 %. Почвы опыта второй закладки характеризовались следующими показателями: подвижные P_2O_5 320,0, K_2O 423,0 мг/кг, pH – 5,7. Водно-физические показатели почвы для расчетного слоя почвы 0–30 см составили: плотность сложения почвы 1,40 г/см³, наименьшая влагоемкость – 23,82 % [8, 9].

В эксперименте высевали сорта клевера лугового белорусской селекции: раннеспелый сорт Цудоуны, среднеранний сорт Янтарный, среднеспелый сорт Витебчанин и позднеспелый сорт Мерея. Посев осуществ-

лялся нормой высева 8 кг/га, для каждого из сортов, из расчета 100% посевной годности. Глубина заделки семян 1,5 см, ширина междурядий 15 см [10]. В первом опыте весной внесено $P_{60}K_{90}$. Под вторую закладку дополнительно внесены азотные удобрения из расчета 90 кг/га действующего вещества в три приема по 30 кг/га.

Опыт заложен по следующей схеме:

Фактор А – Изучаемые фоны увлажнения:

1. Без орошения;
2. Нижний предел оптимальной влажности почвы 80 % от наименьшей влагоемкости;
3. Нижний предел оптимальной влажности почвы 70 % от наименьшей влагоемкости.

Фактор В – сорт клевера лугового:

1. Цудоуны;
2. Янтарный;
3. Витебчанин;
4. Мерея.

Оптимальной влажность почвы поддерживалась за счет орошения методом дождевания барабанно-шланговыми дождевальными установками Bauer Rainstar T-61 и Irriland Raptor [11]. Поливные нормы рассчитывались по формуле Костякова А. Н. [11] и для фона 0,8НВ она составила 20 мм, а для фона 0,7НВ – 30 мм.

Основная часть

Территориально Республика Беларусь, располагается в зоне с неравномерным распределением осадков. Зачастую нехватка почвенной влаги, восполняется продолжительными атмосферными осадками. Однако, восполнение почвенных влагозапасов за счет атмосферных осадков происходит не всегда в требуемые сроки, и для устранения этого недостатка может применяться орошение. В результате исследований было установлено, что орошение оказывает влияние исключительно на габитус клеверов и их кормовую ценность, а на сроки вхождения травостоя в фазу укосной спелости никакого влияние не отмечено (таблица 1).

Непосредственное влияние на сроки скашивания оказал температурный режим. Ночные заморозки, наблюдаемые во второй декаде мая 2017 года, сместили сроки вхождения клеверов в фазы укосной спелости более чем на десять суток от имеющихся среднегодовых значений. В 2018 году температурный режим в начале вегетационного периода оказал положительные влияние на развитие травостоя и клевера начали входить в фазы укосной спелости уже в начале июня. Особенностью развития клевера лугового второго варианта закладки стало то, что все сорта клевера лугового за исключением Мереи на контрольном фоне сформировали три укоса зеленой массы.

Таблица 1 – Сроки наступления фазы укосной спелости у сортов клевера лугового

Год	Сорт	Дата вхождения в фазу укосной спелости		
		1-й укос	2-й укос	3-й укос
2017	Цудоуны	12,06	25,07	25,08
	Мерея	04,07	04,09	–
	Янтарный	14,06	01,08	08,10
	Витебчанин	27,06	25,08	–
2018	Цудоуны	02,06	18,07	30,08
	Мерея	22,06	15,08	07,10
	Янтарный	04,06	22,07	30,08
	Витебчанин	12,06	07,08	30,09

В рекомендациях по возделыванию многолетних трав на корм [10] сказано, что заготовку корма из травостоев клевера лугового следует на протяжении 7–10 суток. В наших исследованиях использовались современные сорта клевера лугового, обладающие высокой продуктивностью, что подтолкнуло

к изучению изменения питательности и сбора сухого вещества на протяжении тридцати дней после вхождения травостоев клеверов в фазу укосной спелости. В анализе использовался травостой контрольного фона и первого укоса. В результате были получены следующие результаты (рис. 1).

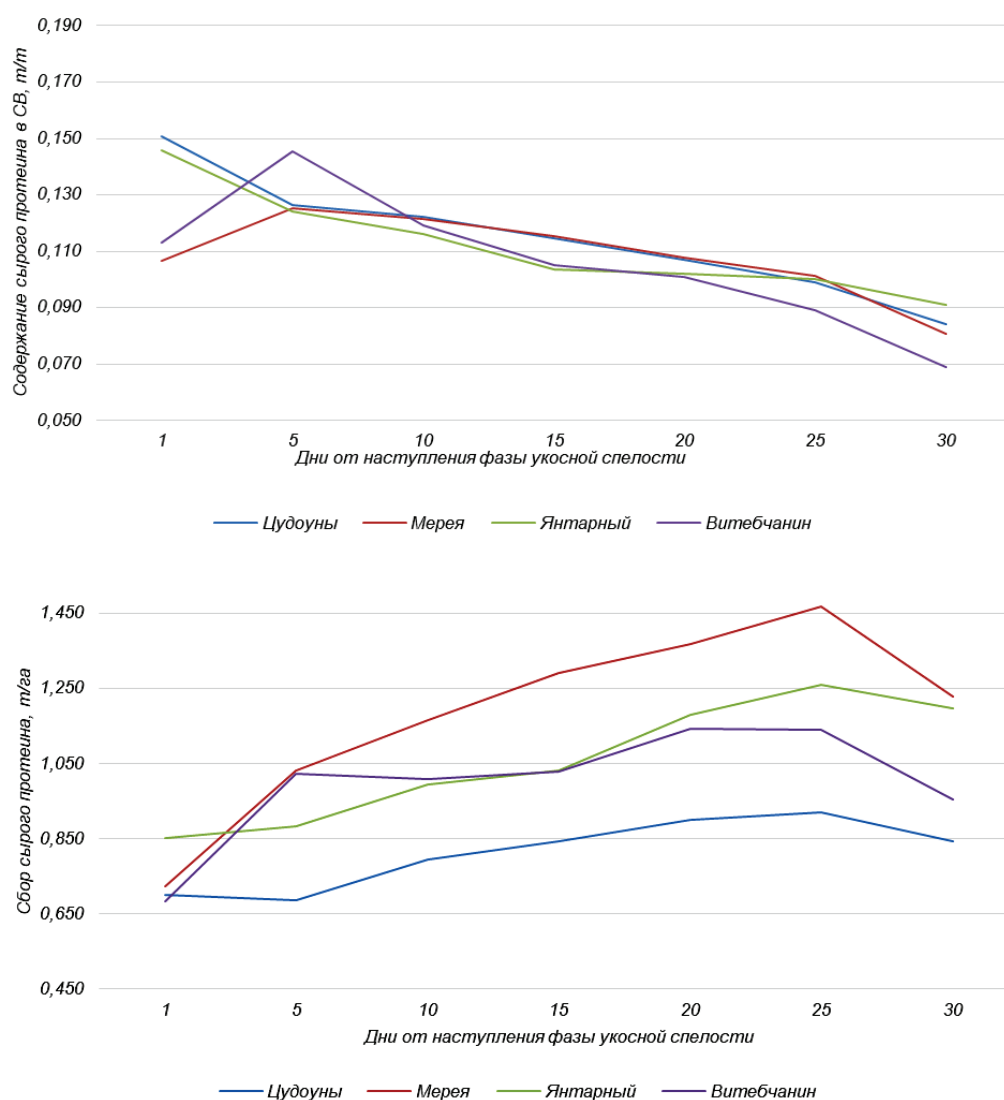


Рисунок 1 – Содержание и сбор сырого протеина в различных сортах клевера лугового в 2017–2018 гг.

Содержание сырого протеина у ранне-спелого и среднераннего сортов клевера лугового начало падать уже на 5 сутки после наступления фазы укосной спелости (у сорта Цудоуны со 151 кг/т сухого вещества до 126 кг/т). На 30 сутки после наступления фазы укосной спелости в 1 тонне сухого вещества клевера лугового сорта Цудоуны содержалось 84 кг сырого протеина, а у сорта Янтарный – 91 кг. Если же оценить валовый сбор сырого протеина с 1 гектара сельскохозяйственных угодий, то можно отметить обратную динамику. Так у клевера лугового сорта Цудоуны валовый сбор сырого протеина возрос с 701 кг/га до 919 кг/га за 25 суток после наступления фазы бутонизации–начала цветения. Однако на 30 сутки валовый сбор сухого вещества уже не смог компенсировать снижение содержания сырого протеина и на 1 гектаре сформировалось всего 843 кг.

Различия в наступлении фаз укосной спелости у среднеспелого и позднеспелого сортов оказывает особое влияние на содержание и сбор сырого протеина. У данных сортов в первые 5–10 дней после наступления фазы укосной спелости, наблюдается постепенное увеличение содержания сырого протеина в сухом веществе (со 113–107 кг/т СВ до 145–125 кг/т СВ соответственно). Затем наблюдается постепенное снижение содержания сырого протеина (до 89–101 кг/т сухого вещества соответственно) и резкий спад (до 69 кг/т у сорта Витебчанин и 81 кг/т у позднеспелого сорта Меря) уже на 25 сутки после наступления фазы бутонизации–начала цветения. Динамика валового сбора сырого протеина позднеспелым и среднеспелым сортами клевера лугового аналогична вышеописанной для раннеспелого и среднераннего сортов.

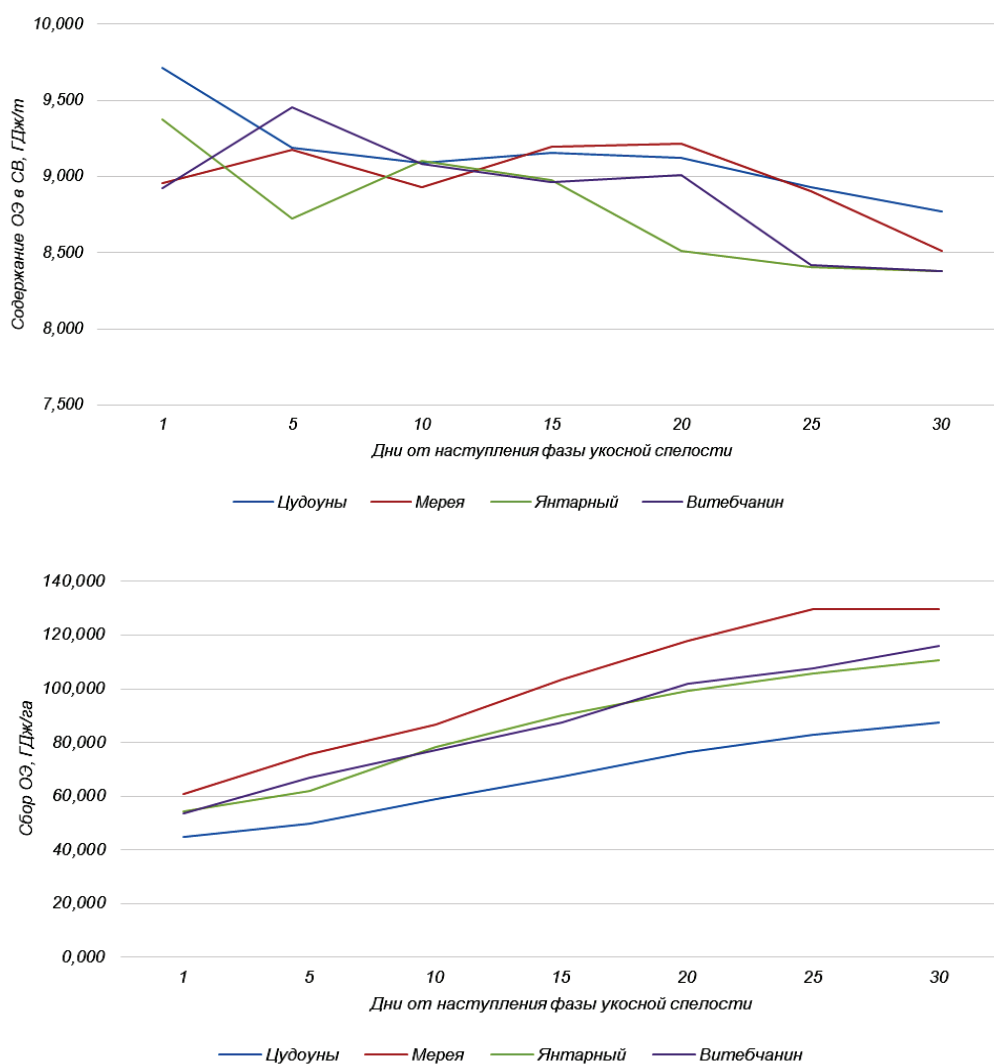


Рисунок 2 – Содержание и сбор обменной энергии различными сортами клевера лугового в 2017–2018 гг.

В период выполнения исследований, клетчатка в сухом веществе клевера лугового накапливалась неравномерно, в результате чего обменная энергия то возрастала, то падала. В связи с этим была выполнена оценка валового сбора ОЭ с 1 гектара земель занятых травостоями клевера лугового. У сортов Цудоуны, Янтарный и Витебчанин активный рост сбора обменной энергии наблюдался и на 30 сутки после наступления фазы укосной спелости. У сорта Мерея величина сбора обменной энергии увеличилась от 60,91 ГДж/га до 129,79 ГДж/га всего за 25 суток от момента начала заготовки кормов. На 30 сутки после выполнения укоса, величина сбора обменной энергии у клевера лугового сорта Мерея осталось на уровне 129,79 ГДж/га.

Высокий сбор сырого протеина и обменной энергии отмеченный в первом укосе зеленой массы, позволяет заготавливать корм из травостоев клевера лугового на протяжении 25 суток. Во втором и последующем укосах наблюдается снижение урожайности сухого вещества в два и более раз по срав-

нению с первым укосом, что не позволит полностью компенсировать потери сырого протеина, так и обменной энергии. В связи с этим, в этот период времени, заготовку корма из травостоев клевера лугового следует осуществлять не более чем за 10 суток после наступления фазы бутонизации-начала цветения.

Сроки накопления сырого протеина и сухого вещества указывают на нецелесообразность возделывания клевера лугового в системе сырьевого конвейера, из-за возможности получения высокопитательного и богатого обменной энергией корма на протяжении 25 суток после наступления фазы укосной спелости. Окончательное решение по установлению сроков заготовки кормов и необходимости организации сырьевого конвейера из различных по скороспелости сортов клевера лугового, можно принять, сравнив величину обеспеченности 1 к. ед. переваримым протеином с оптимальной (рис. 3), которая должна составлять не менее 105 г/к. ед. при кормлении высокопродуктивных лактирующих коров [12].

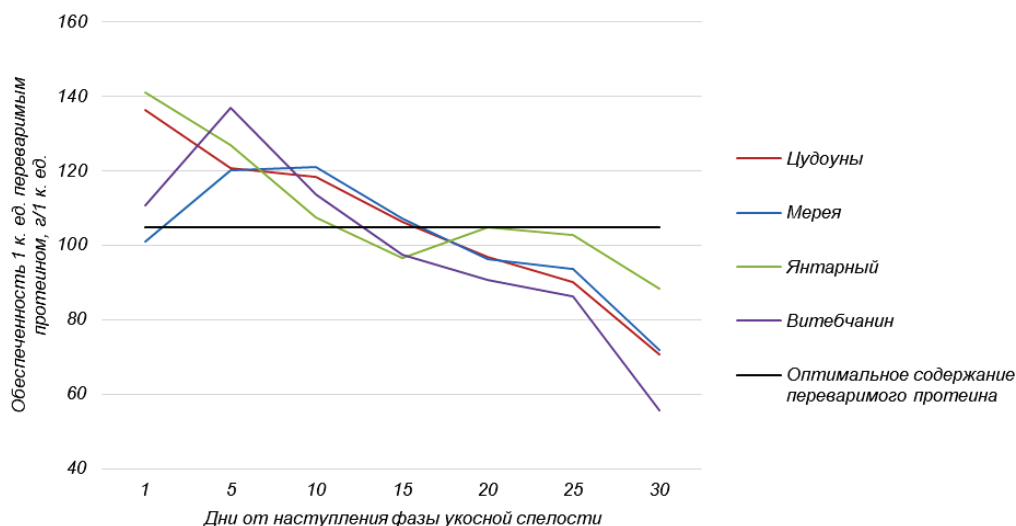


Рисунок 3 – Обеспеченность 1 к. ед. переваримым протеином в 2017–2018 гг.

На основании данных рисунка 3 установлено, что максимальная продолжительность заготовки корма из клевера лугового сортов Янтарный и Витебчанин составляет 11–13 суток соответственно, а для сортов Цудоуны и Мерея – 15 суток. На основании детализировки сроков заготовки корма и с учетом фактических дат вхождения клеверов в фазы укосной спелости, разработано

два варианта организации сырьевого конвейера (рис. 4). Первый вариант сырьевого конвейера состоит из следующих сортов: раннеспелый сорт Цудоуны, среднеспелый сорт Витебчанин и позднеспелый сорт Мерея. Во втором варианте сырьевого конвейера вместо раннеспелого сорта Цудоуны, используется среднеранний сорт Янтарный.

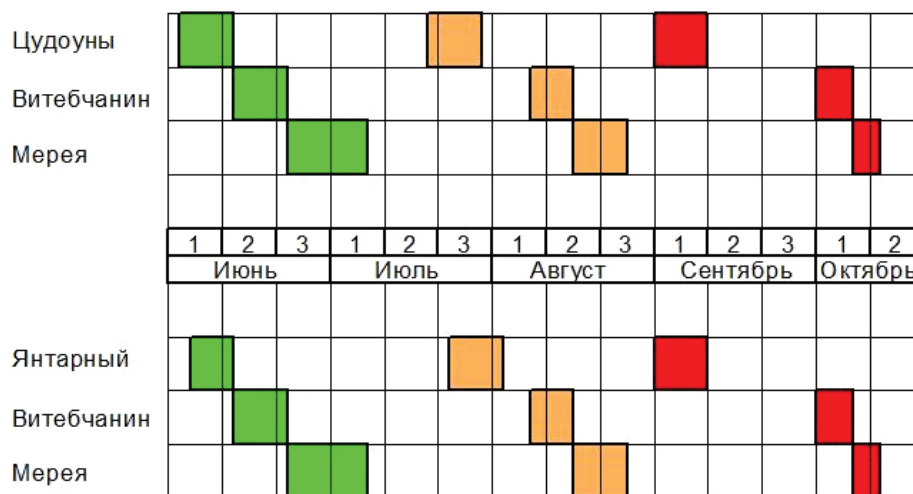


Рисунок 4 – Схемы организации различных вариантов сырьевого конвейера

Продолжительность использования сортов Витебчанин и Мерея у обоих вариантов конвейера одинакова и принята с учетом сроков вхождения в фазу укосной спелости и рекомендациями указанными выше. В первом укосе заготовку корма из клевера лугового сорта Витебчанин следует осуществлять не более 10 суток, во втором и третьем укосах – 8 и 7 суток соответственно. Продолжительность первого укоса у клевера лугового сорта Мерея не должна превышать 15 суток, второго и третьего укосов не более 10 и 5 суток соответственно. Небольшие сроки заготовки корма в третьем укосе обусловлены сильным влиянием погодных условий в середине октября, а именно вероятность выпадения длительных осадков, что может не позволить качественно подвялить зеленую массу.

Сорта Цудоуны и Янтарный в первом укосе следует убрать за 10 и 8 суток соответственно. Во втором и третьем укосах, трав-

стои клеверов из раннеспелого и среднераннего сортов следует скосить менее чем за 10 суток.

Основываясь на предельно-допустимых сроках заготовки корма из травостоев клевера лугового, для каждого из вариантов конвейера принята следующая структура распределения посевных площадей. В первом варианте под раннеспелый сорт Цудоуны следует отводить 35,0 % земель от общей площади конвейера, под среднеспелый сорт Витебчанин – 29,0 % и под позднеспелый сорт Мерея 36,0 %. Во втором варианте сырьевого конвейера несколько иное распределение площадей, имеющее следующий вид: Янтарный – 34,0 % земель от общего количества, под Витебчанин – 30,0 % и под позднеспелый сорт Мерея необходимо отводить 36,0 % земель. В соответствии с этим, продуктивность сырьевых конвейеров будет иметь следующий вид (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность клевера лугового на различных вариантах сырьевого конвейера

Год	Урожайность СВ сырьевого конвейера, т/га					
	Цудоуны + Витебчанин + Мерея			Янтарный + Витебчанин + Мерея		
	Контроль	0,8НВ	0,7НВ	Контроль	0,8НВ	0,7НВ
2017	9,38	14,25	15,53	10,65	15,36	17,30
2018	11,73	15,18	18,20	12,72	16,66	19,31
Средняя	10,55	14,72	16,86	11,69	16,01	18,31

Сравнив урожайность обоих вариантов исследования можно сделать вывод о том, что сырьевой конвейер состоящий из сортов клевера лугового Янтарный, Витебчанин и

Мерея имеет наибольшую урожайность как по годам, так и по фонам дополнительного увлажнения, что указывает на перспективность применения.

Заклучение

Проблема обеспечения высококачественным и сбалансированным кормом решается за счет организации сырьевого конвейера из различных по скороспелости сортов клевера лугового. Возделывание с применением дополнительного увлажнения оказывает влияние исключительно на питательность корма и сбор сухого вещества клевера лугового, не меняя сроки наступления фаз укосной спелости. Использование современных высокопродуктивных сортов клевера лугового белорусской селекции позволяет заготавливать высококачественный и сбалансированный

корм как по питательным веществам, так и по насыщенности обменной энергией корм без потери питательности и качества на протяжении 10-15 суток в зависимости от скороспелости применяемых сортов клеверов. Общий анализ экспериментальных данных позволил разработать сырьевой конвейер, состоящий из среднераннего сорта Янтарный, средне-спелого сорта Витебчанин и позднеспелого сорта Мерея обладающий повышенной продуктивностью по сравнению с вариантом, состоящим из сортов Цудоуны, Витебчанин и Мерея.

Библиографический список

1. Белорусское животноводство-2020 : планы и задачи // Продукт.ВУ. – 2016. – № 11 (175). – С. 26–27.
2. Васько, П. П. Успех животноводства кроется в траве. Роль многолетних трав в устойчивом развитии кормопроизводства в Белоруссии / П. П. Васько, А. А. Боровик // Белорусское сельское хозяйство. – 2013. – № 1 (129). – С. 30–34.
3. Шайтанов, О. Л. Многолетние травы с повышенным средообразованием для зеленых и сырьевых конвейеров / О. Л. Шайтанов, М. И. Хуснуллин, Р. А. Садриев // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2009. – № 5. – С. 35–37.
4. Привалов, Ф. И. Оптимизация структуры многолетних трав как фактор растительного стабилизации производства кормов и растительного белка / Ф. И. Привалов, П. П. Васько, Е. Р. Клыга // Земледелие и селекция в Беларуси. – Минск, 2016. – Вып. 52. – С. 207–213.
5. Nitrogen fixation and transfer of red clover genotypes under legume–grass forage based production systems / M.S. Thilakarathna [et al.] // Nutrient Cycling in Agroecosystems. – 2016. – Vol. 106, Iss. 2. – P. 233–247.
6. Nitrogen fixation and transfer in grass-clover leys under organic and conventional cropping systems / A. Oberson [et al.] // Plant and Soil. – 2013. – Vol. 371, Iss. 1. – P. 237–255.
7. Эседуллаев, С. Т. Особенности аккумуляции азота многолетними бобовыми травами в чистых и смешанных посевах в верхневолжье / С. Т. Эседуллаев, Н. В. Шмелева // Плодородие. – 2016. – № 6 (93). – С. 16–18.
8. Анилова, Л. В. Практика по почвоведению : учеб. пособие / Л. В. Анилова. – Оренбург : ОГУ, 2012. – 120 с.
9. Мамонтов В. Г. Практикум по химии почв : учеб. пособие / В. Г. Мамонтов, А. А. Гладков. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2015. – 272 с.
10. Технологии и техническое обеспечение производства высококачественных кормов : рекомендации / Мин-во сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию», РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», РУП «Институт мелиорации». – Минск : НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2013. – 74 с.
11. Лихацевич, А. П. Сельскохозяйственные мелиорации : учеб. для студентов высших учебных заведений / А. П. Лихацевич, М. Г. Голченко, Г. И. Михайлов ; под ред. А. П. Лихацевича. – Минск : ИВЦ Минфина, 2010. – 464 с.
12. Кормление сельскохозяйственных животных. Кормление крупного рогатого скота, овец, коз и лошадей : учеб. пособие / Шупик М. В [и др.]. – Горки : БГСХА, 2014. – 235 с.

Поступила 10.03.2020

ДИНАМИКА ВИДОВОГО СОСТАВА И ПРОДУКТИВНОСТЬ АГРОЦЕНОЗОВ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ С ЯРОВЫМИ КРЕСТОЦВЕТНЫМИ КУЛЬТУРАМИ

В. М. Макаро, кандидат сельскохозяйственных наук
Л. С. Рутковская, кандидат сельскохозяйственных наук
С. В. Гавриков, кандидат сельскохозяйственных наук
Б. И. Бабич, старший научный сотрудник

*РУП «Гродненский зональный институт растениеводства НАН Беларуси»,
Щучин, Беларусь*

Аннотация

В статье представлены результаты исследований по изучению динамики видового состава и урожайности кормовых травостоев, созданных в результате совместного высева многолетних трав и яровых крестоцветных культур. Установлено, что в данных сообществах происходит рост урожайности сухого вещества на 3–42% и повышается содержание обменной энергии на 0,07–0,64 МДж/кг, в сравнении с самостоятельными посевами трав. В первый год пользования доминирующими видами являются редька масличная и рапс яровой (53,5–78,8%). Высокая доля крестоцветных культур приводит к снижению количества бобовых видов в 1,2–5,6 раза. На второй год пользования содержание клевера лугового приближается к уровню двойных бобово-злаковых смесей или уступает им на 0,2–5,4%, а снижение люцерны происходит на 2,1–15,6%.

Ключевые слова: агроценоз, крестоцветные культуры, многолетние травы, ботанический состав, урожайность сухого вещества

Abstract

Makaro V., Rutkovskaya L., Gavrikov S., Babich B.

DYNAMICS OF SPECIES COMPOSITION AND PRODUCTIVITY OF AGROCENOSSES OF PERENNIAL GRASSES WITH SPRING CRUCIFEROUS CROPS

The article presents the results of research on the dynamics of the species composition and yield of forage grass stands created as a result of joint seeding of perennial grasses and spring cruciferous crops. It was found that in these communities, the yield of dry matter increases by 3–42% and the content of exchange energy increases by 0.07–0.64 MJ/kg, in comparison with independent grass crops. In the first year of use, the dominant species are oilseed radish and spring rape (53.5–78.8%). A high proportion of cruciferous crops leads to a decrease in the number of legume species by 1.2–5.6 times. In the second year of use, the content of meadow clover approaches the level of double legume-cereal mixtures or is inferior to them by 0.2–5.4%, and the reduction of alfalfa occurs by 2.1–15.6%.

Введение

В настоящее время неотложной задачей современного сельского хозяйства является улучшение состояния кормопроизводства и удовлетворение потребности в кормах общественного животноводства. В Беларуси ежегодный перерасход кормов на производство продукции животноводства достигает 2 млн тонн кормовых единиц. Одна из основных причин этого – недостаточное содержание в кормах обменной энергии [1].

Для получения молочной продуктивности КРС на уровне 7 тыс. килограмм требуется производство кормов с энергетической пи-

тательностью 10,6 МДж в одном килограмме сухого вещества, в том числе в травяных кормах – 9,7–9,8 МДж. Достижение данной цели должно происходить на фоне жесткой экономии антропогенных ресурсов, ускорении окупаемости затрат полученной продукцией животноводства при снижении себестоимости кормов [2].

В связи с этим большое значение приобретает организация адаптивного кормопроизводства на основе создания высокопродуктивных смешанных агрофитоценозов путем объединения в растительное сообще-

ство разновидовых растений, которые наиболее полно используют биоклиматические ресурсы [3].

Одним из недостатков рекомендуемых в настоящее время технологий создания многокомпонентных агрофитоценозов является использование простых механических смесей высеваемых семян. В процессе функционирования ценозов компоненты смеси вступают в сложные конкурентные взаимоотношения. В результате, уже в первые годы, ценные виды растений выпадают из травос-

стоя. Зоотехническая ценность травосоя снижается [4].

При подборе компонентов смесей помимо общеизвестных правил необходимо учитывать экологическую индивидуальность вида и конкурентоспособность растений [5].

Поэтому изучение специфики взаимоотношений различных видов растений в сообществах, оценка получаемого с них корма по показателям энергетической эффективности является актуальным.

Объекты, методы и условия проведения исследований

Изучение особенностей формирования сложных агроценозов многолетних трав с яровыми крестоцветными культурами проводилось в 2016–2018 годах на опытном поле РУП «Гродненский зональный институт растениеводства НАН Беларуси».

Почва участка дерново-подзолистая супесчаная, подстилаемая с глубины 0,7 м моренным суглинком. Агрохимическая характеристика пахотного горизонта почвы: рН – 5,9–6,0, гумус – 1,2–1,3 %, содержание P_2O_5 – 230–250 и K_2O – 150–160 мг/кг почвы.

Объектом исследований являлись ценозы, созданные с использованием следующих

культур и сортов: редька масличная сорта Ника, рапс яровой – Прамень, кострец безостый – Усходні, овсяница луговая – Зорка, фестулолиум – Пуня, клевер луговой – Витебчанин, люцерна изменчивая – Вега 87.

При создании агроценозов азотные (N_{40}), фосфорные (P_{45}) и калийные (K_{90}) удобрения вносились под предпосевную культивацию. На травостоях многолетних трав второго года пользования подкормка удобрениями проводилась из расчета $P_{45}K_{90}$.

Срок уборки первого укоса в год закладки фитоценоза – фаза бутонизации крестоцветной культуры.

Результаты и их обсуждение

Установлено, что на соотношение в корме различных видов значительное влияние оказывали конкурентные отношения, которые складывались в сообществах.

В бинарных травостоях первого года пользования наиболее благоприятными компонентами при совместном высеве с бобовыми травами являлись кострец безостый и овсяница луговая. В структуре корма в данных смесях на клевер луговой приходилось 23,8–26,8 %, люцерну – 19,5–21,0 %, а злаковые травы занимали 57,0–59,3%, разнотравье – 13,9–22,7% (таблица 1).

Фестулолиум в двойных смесях был более агрессивен (72,4–74,5%), вытесняя из травосоя не только бобовые виды, но и разнотравье, содержание которых снижалось до 12,3–15,6% и 12,0–13,2%, соответственно.

Еще более сложные взаимоотношения между видами выявлены в агроценозах яровых крестоцветных культур с травами. Доминирующими видами в составе полученного в первый год пользования корме были редька масличная, на долю которой приходилось 77,0–78,8% и рапс яровой – 53,5–64,7%.

Содержание злаковых трав в составе сообществ с крестоцветными культурами колебалось в пределах 7,5–33,8%. Следует отметить, что существует тенденция к увеличению количества злаков в сообществах с рапсом яровым, по сравнению с аналогичными вариантами с редькой масличной. А наибольшим участием (33,3–33,8%) на протяжении вегетации отличался фестулолиум при высеве с рапсом яровым и бобовыми травами.

Таблица 1 – Ботанический состав бинарных травостоев и агроценозов, созданных совместно с яровыми крестоцветными культурами, %

Вариант	Крестоцветные культуры в первый год пользования, (среднее 2016, 2017 гг.)	Злаки		Бобовые		Разнотравье	
		первый год пользования, (среднее 2016, 2017 гг.)	второй год пользования, (среднее 2017, 2018 гг.)	первый год пользования, (среднее 2016, 2017 гг.)	второй год пользования, (среднее 2017, 2018 гг.)	первый год пользования, (среднее 2016, 2017 гг.)	второй год пользования, (среднее 2017, 2018 гг.)
Бинарные агроценозы							
Кострец безостый + клевер луговой	–	59,3	73,9	26,8	25,7	13,9	0,4
Кострец безостый + люцерна	–	57,8	67,1	19,5	32,4	22,7	0,5
Овсяница луговая + клевер луговой	–	57,0	77,2	23,8	22,4	19,2	0,4
Овсяница луговая + люцерна	–	57,8	66,2	21,0	33,6	21,2	0,2
Фестулолиум + клевер луговой	–	72,4	81,4	15,6	18,2	12,0	0,4
Фестулолиум + люцерна	–	74,5	76,2	12,3	23,8	13,2	–
Сложные агроценозы							
Редька масличная + кострец безостый + клевер луговой	78,2	7,5	77,7	12,9	20,3	1,4	2,0
Редька масличная + кострец безостый + люцерна	77,8	11,1	70,7	7,7	28,2	3,4	1,1
Редька масличная + овсяница луговая + клевер луговой	77,0	13,6	80,7	6,9	18,4	2,5	0,9
Редька масличная + овсяница луговая + люцерна	78,3	14,0	73,7	5,4	25,9	2,3	0,4
Редька масличная + фестулолиум + клевер луговой	78,6	16,4	86,1	3,0	13,4	2,0	0,5
Редька масличная + фестулолиум + люцерна	78,8	15,9	85,0	2,2	14,4	3,1	0,6
Рапс яровой + кострец безостый + клевер луговой	62,7	13,0	78,0	19,4	20,9	4,9	1,1
Рапс яровой + кострец безостый + люцерна	64,7	13,1	68,4	16,1	30,9	6,1	0,7
Рапс яровой + овсяница луговая + клевер луговой	60,6	17,1	78,8	15,7	20,0	6,6	1,2
Рапс яровой + овсяница луговая + люцерна	59,7	19,7	69,5	13,6	30,4	7,0	0,1
Рапс яровой + фестулолиум + клевер луговой	53,5	33,8	86,5	8,6	13,5	4,1	–
Рапс яровой + фестулолиум + люцерна	53,7	33,3	84,0	6,3	15,1	6,7	0,9

Доля участия бобовых видов за этот период составила 2,2–19,4%. При этом, не зависимо от вида крестоцветной культуры, наибольшее содержание клевера лугового (12,9% и 19,4%) и люцерны (7,7% и 16,1%) прослеживалось при совместном высеве с кострцом безостым. Промежуточное положение по количеству клеверов (6,9% и 15,7%) и люцерны (5,4% и 13,6%) занимают травостои с овсяницей луговой, а к наименьшему их содержанию (3,0% и 8,6%; 2,2% и 6,3%, соответственно) приводил фестулолиум.

Среди крестоцветных культур наиболее агрессивным видом по отношению к бобовым являлась редька масличная. Включение ее в состав сложных агроценозов, в сравнении с сопоставимыми сообществами рапса яровой с травами, уменьшало количество клевера лугового в первый год пользования на 5,6–8,8%, а люцерны – на 4,1–8,4%.

На второй год пользования в агроценозах произошли значительные изменения. В частности, в бинарных смесях отмечен рост количества всех злаковых трав до уровня 66,2–81,4% (на 1,7–20,2%) и люцерны – до 23,8–33,6% (на 11,5–12,9%). Количество клеверов (18,2–25,7%) сохранилось на уровне первого года пользования. Лучшие показатели по содержанию бобовых видов прослеживались в ценозах, где вторым компонентом являются кострец безостый или овсяница луговая. Участие разнотравья было незначительным – 0,2–0,5%.

Уход из состава сложных агроценозов крестоцветных культур также внес свои корректировки на ботанический состав травостоев второго года пользования. Количество злаковых трав повысилось до уровня 68,4–86,5%, бобовых – до 13,4–30,9% на фоне низкого содержания разнотравья (0,1–2,0%).

Анализ показывает, что при создании сложных агроценозов крестоцветных культур с многолетними травами, в сравнении с аналогичными бинарными смесями, ко второму году пользования формируются травостои, уступающие по содержанию клевера лугового на 2,4–5,4%, люцерны – на 1,5–9,4%.

Наилучшая структура по участию люцерны в составе травостоя была сформирована при закладке агроценозов следующего видового состава: рапс яровой + кострец безостый + люцерна (30,9%), рапс яровой + овсяница луговая + люцерна (30,4%) и редька масличная + кострец безостый + люцерна (28,2%), а по содержанию клевера лугового: рапс яровой + кострец безостый + клевер луговой (20,9%), редька масличная + кострец безостый + клевер луговой (20,3%) и рапс яровой + овсяница луговая + клевер луговой (20,0%).

Параллельно проведен расчет показателей продуктивности бинарных и сложных агроценозов, созданных совместно с яровыми крестоцветными культурами (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность сухого вещества с травостоев многолетних трав в бинарных смесях и сложных агроценозах с яровыми крестоцветными культурами

Вариант	Урожайность сухого вещества, т/га			Содержание обменной энергии, МДж/кг СВ (среднее 2016–2018 гг.)
	первый год пользования (среднее 2016, 2017 гг.)	второй год пользования (среднее 2017, 2018 гг.)	в среднем за два года пользования	
Бинарные агроценозы				
Кострец безостый + клевер луговой	4,38	9,95	7,17	9,49
Кострец безостый + люцерна	4,31	10,87	7,59	9,33
Овсяница луговая + клевер луговой	4,44	9,00	6,72	9,65
Овсяница луговая + люцерна	4,14	10,04	7,09	9,34
Фестулолиум + клевер луговой	4,58	8,09	6,34	9,70
Фестулолиум + люцерна	3,76	8,65	6,21	9,53

Вариант	Урожайность сухого вещества, т/га			Содержание обменной энергии, МДж/кг СВ (среднее 2016–2018 гг.)
	первый год пользования (среднее 2016, 2017 гг.)	второй год пользования (среднее 2017, 2018 гг.)	в среднем за два года пользования	
Сложные агроценозы с редькой масличной				
Кострец безостый + клевер луговой	9,05	9,12	9,09	9,64
Кострец безостый + люцерна	7,59	9,35	8,62	9,48
Овсяница луговая + клевер луговой	8,56	8,22	8,39	9,64
Овсяница луговая + люцерна	8,72	8,96	8,84	9,66
Фестулолиум + клевер луговой	8,66	8,47	8,57	9,77
Фестулолиум + люцерна	8,89	8,84	8,87	9,62
Сложные агроценозы с рапсом яровым				
Кострец безостый + клевер луговой	6,15	9,09	7,62	10,01
Кострец безостый + люцерна	6,39	9,28	7,84	9,92
Овсяница луговая + клевер луговой	6,81	8,34	7,58	10,13
Овсяница луговая + люцерна	5,95	8,76	7,36	9,98
Фестулолиум + клевер луговой	5,77	8,34	7,06	10,07
Фестулолиум + люцерна	6,14	8,23	7,19	10,01
НСР ₀₅	0,25	0,39	0,32	

Урожайность сухого вещества, полученная с изучаемых ценозов в первый год пользования изменялась в широком диапазоне и в значительной степени определялась их составом. Двойные смеси многолетних трав сформировали урожайность сухого вещества на уровне 3,76–4,58 т/га. Максимальными величинами данного показателя среди двойных сообществ трав характеризовались фестулолиум + клевер луговой (4,58 т/га), овсяница луговая + клевер луговой (4,44 т/га) и кострец безостый + клевер луговой (4,38 т/га).

Высев многолетних трав совместно с яровыми крестоцветными культурами благоприятно сказывался на урожайности абсолютно сухой массы. В итоге превосходство сложных агроценозов над бинарными посевами трав составило 1,19–5,13 т/га.

Наибольшими урожайностями сухого вещества среди сложных сообществ при использовании редьки масличной характеризовались: редька масличная + кострец безостый + клевер луговой (9,05 т/га), а при использовании рапса ярового: рапс яровой + овсяница луговая + клевер луговой (6,81 т/га).

На второй год пользования бинарными травостоями произошло резкое повышение урожайности (в 1,8–2,5 раза) до уровня 8,09–10,87 т/га. По сбору абсолютно сухого вещества выделяются смесь костреца безостого с люцерной (10,87 т/га) и овсяницы луговой с люцерной (10,04 т/га).

При закладке агроценозов редьки масличной с многолетними травами травостои обеспечили получение 8,22–9,35 т/га, а рапса ярового с травами – 8,23–9,28 т/га сухого вещества. По данному показателю наиболее высокий уровень урожайности имели фитоценозы следующего видового состава: редьки масличной или рапса ярового с кострецом безостым и люцерной (9,28–9,35 т/га).

В среднем за два года исследований урожайность сухого вещества в двойных смесях трав составила 6,21–7,59 т/га. Лучшие показатели по данному параметру имели травостои костреца безостого с люцерной (7,59 т/га), костреца безостого с клевером луговым (7,17 т/га) и овсяницы луговой с люцерной (7,09 т/га).

Еще большие сборы абсолютно сухой массы имели сложные агроценозы. Исполь-

зование в составе сообществ редьки масличной с многолетними травами позволило получить 8,39–9,09 т/га, а рапса ярового с травами – 7,06–7,84 т/га. Их превосходство над сопоставимыми посевами бобово-злаковых смесей было существенным и составило 0,45–2,66 т/га. Исключение составляют ценозы рапса ярового с кострцом безостым и люцерной и рапса ярового с овсяницей луговой и люцерной, где урожайность находилась на уровне бинарных травостоев.

Следует также отметить, что агроценозы с редькой масличной в среднем за два года имеют превосходство над посевом рапса ярового с многолетними травами в размере 0,63–1,68 т/га.

Лучшими вариантами при совместном высеве редьки масличной с травами были: редька масличная + костре́ц безостый + клевер луговой (9,09 т/га), а рапса ярового с тра-

вами: рапс яровой + костре́ц безостый + люцерна (7,84 т/га).

Содержание обменной энергии в одном килограмме сухого вещества у изучаемых сообществ варьировало в широком диапазоне от 9,33 МДж до 10,13 МДж и корм не у всех ценозов отвечал требуемым параметрам (9,7–9,8 МДж).

Запланированную концентрацию энергии среди изучаемых агроценозов имели все травостои с участием рапса ярового и многолетних трав (9,92–10,13 МДж/кг), а также включающих редьку масличную с фестуллиумом и клевером луговым (9,77 МДж/кг). Максимально приблизились к необходимому уровню сообщества редьки масличной с кострцом безостым и клевером луговым, овсяницей луговой и клевером луговым или люцерной (9,64–9,66 МДж/кг).

Выводы

В структуре корма сложных агроценозов с яровыми крестоцветными культурами в первый год использования доминирующими видами являются редька масличная и рапс яровой (53,5–78,8%), а на злаки приходится 7,5–33,8%. Высокая доля крестоцветных культур приводит к снижению количества бобовых видов в 1,2–5,6 раза (минимальное – с рапсом яровым, максимальное – с редькой масличной). На второй год использования происходит рост количества бобового компонента на 0,9–20,5%. При этом содержание

клевера лугового приближается к уровню двойных бобово-злаковых смесей или уступает им на 0,2–5,4%, а снижение люцерны происходит на 2,1–15,6%.

Создание сложных сообществ яровых крестоцветных культур с многолетними травами является эффективным мероприятием, так как при этом происходит рост продуктивности кормовых угодий на 3–42% и повышается содержание обменной энергии на 0,07–0,64 МДж/кг СВ, в сравнении с самостоятельными посевами трав.

Библиографический список

1. Продуктивность пашни в зависимости от использования промежуточных культур в условиях Брагинского района / А. В. Аляпкин. [и др.] // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. – Горки : БГСХА, 2017. – Т. 38. – С. 10714.
2. Васько, П. П. Многолетние бобовые трав на супесчаных почвах республики / П. П. Васько, А. А. Боровик // Наше сельское хозяйство. – 2014. – № 9. – С. 4710.
3. Методическое руководство по исследованию смешанных агрофитоценозов / Н. А. Ламан [и др.]. – Минск : Навука і тэхніка, 1996. – 101 с.
4. Мартемьянова, А. А. Конкурентные отношения многолетних растений в совместных агрофитоценозах в условиях Предбайкалья / А. А. Мартемьянова // Вестник ИргСХА. – 2015. – Вып. 66. – С. 13719.
5. Андреев, Н. Г. Бобово-злаковые смеси многолетних трав / Н. Г. Андреев // Луговое и полевое кормопроизводство: учеб. для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М., 1989. – С. 482–485.

Поступила 10.03.2020

ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ОДНОЛЕТНИХ И МНОГОЛЕТНИХ ТРАВСТОЕВ НА ДЕРНОВО-ГЛЕЕВЫХ ОСУШЕННЫХ ПОЧВАХ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

А. В. Сорока, кандидат сельскохозяйственных наук

Н. Н. Костюченко, научный сотрудник

А. Н. Гапонюк, научный сотрудник

ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси»,
Брест, Беларусь

Аннотация

Проведена оценка урожайности сухого вещества, выхода кормовых единиц и сбора сырого протеина у однолетних и многолетних травостоев на дерновых заболоченных почвах. Установлено, что наибольшей продуктивностью среди однолетних трав обладает пайза, среди многолетних бобовых трав – люцерна посевная. У многолетних пастбищных травостоев отличия по продуктивности незначительные. Включение дополнительного бобового компонента в травосмеси не способствовало увеличению продуктивности пастбищных трав.

Ключевые слова: *однолетние, многолетние травостои, урожайность, выход кормовых единиц, сбор сырого протеина.*

Annotation

A.V.Soroka, N.N.Kostuchenco, A.N.Gaponiuk

ASSESSMENT OF PRODUCTIVITY OF ONE-YEAR-OLD AND LONG-TERM ETCHINGS ON DERN-CLAY DRAINED SOILS OF BELARUSIAN POLESYE

The yield of dry matter, the yield of feed units and the collection of crude protein in annual and perennial grass stands on soddy swampy soils were assessed. It was established that paiza has the highest productivity among annual herbs, and sowing alfalfa among perennial leguminous herbs. In perennial pasture grass stands differences in productivity are insignificant. The inclusion of an additional legumes component in the grass mixtures did not contribute to an increase in the productivity of pasture grasses.

Keywords: *annual, perennial grass stands, productivity, yield of feed units, collection of crude protein.*

Важным фактором, определяющим продуктивность трав, является их рациональный подбор с учетом почвенно-климатических условий.

Дерновые заболоченные почвы широко распространены в Полесском регионе. В Малоритском, Ивановском, Кобринском, Дрогичинском районах доля данных почв составляет более 30% от сельскохозяйственных угодий [1].

Однолетние и многолетние травы составляют основу кормовой базы современного животноводства. Однолетние злаковые культуры являются источником зеленых кормов в системе зеленого конвейера. Важным биологическим свойством однолетних трав является их скороспелость: от сева до уборки на зеленый корм проходит немногим более двух месяцев. За такой короткий срок они

успевают нарастить 300 ц/га и более зеленой массы. Высев их в разные сроки позволяет регулировать поступление зеленого корма и получать его в нужное для хозяйства время. Их также используют для заготовки сена, силоса, сенажа, травяной муки [2].

В последние годы большое внимание уделяется засухоустойчивым просовидным культурам. Внедрение в севооборот кормовых культур, способных выдержать периодически повторяющиеся засухи позволит в условиях изменяющегося климата повысить продуктивность и качество корма однолетних трав. На 1 кг сухого вещества просо «тратит» 277 л воды (для сравнения: кукуруза – 349 л, клевер – 720 л, зерновые – 520 л) [3],

Многолетние бобовые травы служат богатым источником качественного кормового

белка, усиливают жизнедеятельность полезных микроорганизмов и обогащают почву органическими веществами. Включение бобовых компонентов в травосмеси позволяет экономить дорогостоящие азотные удобрения, увеличить не только урожайность травостоев, но и кормовых единиц с единицы площади [4–6].

Методика и объекты исследований

Полевые исследования проводили на опытном стационаре «Мухавец» в ГУСП «Племзавод Мухавец» Брестского района, лабораторные – в Полесском аграрно-экологическом институте НАН Беларуси.

Объектами исследований являлись дерновые заболоченные почвы (дерново-глеевые песчаные осушенные), многолетние и однолетние кормовые травы.

Агротехническая характеристика пахотного горизонта исследуемых почв: $pH_{(KCl)}$ – 5,87–5,98, содержание гумуса – 3,91–4,18%, фосфора (P_2O_5) – 118–132 мг/кг, калия (K_2O) – 150–183 мг/кг почвы.

Опыт по продуктивности многолетних трав представлен следующими вариантами:

– многолетние бобовые травы: клевер луговой (сорт Янтарный, 8 кг/га) – контроль; люцерна посевная (сорт Будучыня; 12,0 кг/га), лядвенец рогатый (сорт Изис; 7,0 кг/га) и эспарцет песчаный (сорт Каўпацкі; 50 кг/га). Нормы высева культур учитывались при 100%-й посевной годности семян;

– многолетние пастбищные травосмеси с различным видовым составом. В состав травосмеси входили: фестулолиум (сорт Пуня, 10 кг/га), райграс пастбищный (сорт Пашавы, 10 кг/га), овсяница луговая (сорт Зорка, 5 кг/га), овсяница красная (сорт Шилис, 3 кг/га), клевер ползучий (сорт Чародей, 4 кг/га). В остальные испытываемые травосмеси добавляли дополнительный бобовый компонент: клевер луговой (сорт Цудоўны, 4,5 кг/га), люцерну посевную (сорт Будучыня, 6 кг/га), лядвенец рогатый (сорт Изис, 5,5 кг/га), эспарцет (сорт Каўпацкі, 15 кг/га).

– однолетние травы: пелюшка (сорт Агат, 160 кг/га) + овес (сорт Запавет, 70 кг/га) – контроль; пайза (сорт Удаляя, 12 кг/га); просо (сорт Белорусское, 30 кг/га).

Выбор оптимальных трав и травосмесей в Полесском регионе позволит оптимизировать структуру посевов для конкретного района, снизить затраты на их возделывание, повысить плодородие почв.

Цель работы – изучение продуктивности однолетних и многолетних трав на дерновых заболоченных почвах Белорусского Полесья.

Опыты по изучению сравнительной продуктивности многолетних трав были заложены в 4-кратной повторности с рендомизированным размещением вариантов. Общая площадь делянки – 20 м². Мощность пахотного горизонта 20–25 см.

Агротехника в опытах общепринятая. В качестве предшественника под кормовые травы использовали зерновые. Обработка почвы включала лущение стерни и зяблевую вспашку. Весной при наступлении физической спелости почвы проводилась культивация с боронованием. Предпосевная обработка почвы осуществлялась комбинированным агрегатом. Посев беспокровный. Под многолетние культуры вносились фосфорные и калийные удобрения в дозах $P_{60}K_{120}$, под однолетние травы – $N_{60}P_{70}K_{110}$. В целях борьбы с сорной растительностью в посевах многолетних трав проводили подкашивание травостоя на высоте 10 см через 30 дней после посева.

Укос пелюшко-овсяной смеси и проса осуществлялся один раз, пайзы – два раза за вегетационный сезон. Укос многолетних бобовых трав выполнялся один раз в первый год пользования и три раза во второй и третий годы. В период вегетации пастбищных травостоев проводили от 4 до 5 укосов в зависимости от года пользования.

Учеты и наблюдения проведены согласно методическим указаниям по проведению полевых опытов с кормовыми культурами [7]. Учет урожайности зеленой массы проводился путем скашивания с помощью косилки на высоте 5–6 см от поверхности почвы и взвешивания зеленой массы травостоя в фазу бутонизации бобовых культур, злаковых – до фазы выметывания метелки.

Для определения химического анализа кормов отбирался с двух несмежных повторностей средний пробный сноп с массой не менее 1 кг. Зоотехнический анализ кормов проводился в соответствии с действующими ГОСТами в аккредитованной лаборатории Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси, осуществляющей кон-

троль за качеством и безопасностью кормов, комбикормов и комбикормового сырья в Брестской области. На основании полученной урожайности и биохимического анализа расчетным путем была определена продуктивность кормовых культур (выход кормовых единиц и сбор сырого протеина на площади 1 га).

Результаты и их обсуждение

На основании проведенных исследований установлено, что урожайность сухого вещества однолетних и многолетних трав на дерновых заболоченных почвах обусловлена видовыми особенностями культур.

Урожайность однолетних культур в среднем за три года исследований находилась на уровне 29,8–38,3 ц/га сухого вещества. Самую высокую урожайность сформировала пайза, а самую низкую – пелюшко-овсяная смесь (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность сухого вещества однолетних трав на дерново-глеевой песчаной почве, ц/га

Культура	Урожайность сухого вещества, ц/га			
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	среднее за 3 года
Овес+пелюшка	30,9	27,4	31,2	29,8
Просо	33,3	34,5	38,5	35,4
Пайза	35,4	39,1	40,4	38,3
НСР ₀₅	1,8	2,1	1,7	

Многолетние бобовые травы в среднем за три года формировали урожайность 51,7–87,4 ц/га сухого вещества. Наибольшая уро-

жайность среди исследуемых культур отмечена у люцерны посевной, наименьшая – у эспарцета песчаного (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность сухого вещества многолетних бобовых трав на дерново-глеевой песчаной почве, ц/га

Культура	Урожайность сухого вещества			
	1 год жизни	2 год жизни	3 год жизни	среднее за 3 года
Клевер луговой	15,6	101,0	45,8	54,1
Люцерна посевная	27,3	115,6	119,5	87,4
Эспарцет песчаный	30,5	60,5	64,2	51,7
Лядвенец рогатый	25,2	71,6	65,8	54,2
НСР ₀₅	1,8	7,9	5,0	

Среди многолетних бобовых трав клевер луговой и лядвенец рогатый по урожайности сухого вещества занимали промежуточное положение и незначительно отличались между собой, при этом более стабильное поступление наземной массы характерно для лядвенца рогатого (таблица 2).

Урожайность многолетних пастбищных травостоев в среднем за четыре года

составила 63,2–64,5 ц/га сухого вещества. Включение в травосмесь дополнительных бобовых компонентов (клевера лугового, люцерны посевной, лядвенца рогатого, эспарцета) не способствовало существенному повышению сухой массы травостоев относительно травосмеси с клевером ползучим (таблица 3).

Таблица 3 – Урожайность сухого вещества многолетних пастбищных травостоев на дерново-глеевой песчаной почве, ц/га

Травосмеси	Урожайность сухого вещества				
	1-й год жизни	2-й год жизни	3-й год жизни	4-й год жизни	среднее за 4 года
Травосмесь с клевером ползучим	51,8	77,6	68,2	60,4	64,5
Травосмесь с кл. ползучим + клевер луговой	50,3	78,0	67,1	62,4	64,4
Травосмесь с кл. ползучим + люцерна посевная	49,5	79,1	65,3	60,3	63,5
Травосмесь с кл. ползучим + лядвенец рогатый	50,6	77,3	67,9	60,1	64,0
Травосмесь с кл. ползучим + эспарцет	49,5	75,5	67,4	60,4	63,2
НСР ₀₅	4,8	6,7	5,3	5,1	–

Содержание бобовых компонентов в пастбищных травостоях имело свои особенности. Так, в среднем за четыре года среди бобовых трав в многолетних бобово-злаковых травостоях наибольшую долю составил клевер ползучий – 22,3–27,5%. Среди до-

полнительных бобовых компонентов самым высоким содержанием отличался лядвенец рогатый. Доля эспарцета в составе бобово-злаковых травосмесей оказалась самой низкой по сравнению с остальными бобовыми травами (таблица 4).

Таблица 4 – Участие бобовых компонентов в формировании урожайности пастбищных трав на дерново-глеевой песчаной почве, %

Бобовый компонент	Ботанический состав			
	1-й год жизни	2-й год жизни	3-й год жизни	4-й год жизни
Клевер ползучий	9,7	22,2	37,4	38,8
Клевер ползучий	6,9	18,8	30,1	37,6
Доп. боб. комп (клевер луговой)	6,7	16,3	9,2	4,4
Клевер ползучий	7,8	19,7	32,5	32,8
Доп. боб. комп (люцерна)	4,5	4,9	6,3	7,4
Клевер ползучий	8,1	18,5	25,9	35,8
Доп. боб. комп (лядвенец)	5,6	10,2	11,2	13,8
Клевер ползучий	7,6	17,7	30,0	35,2
Доп. боб. комп (эспарцет)	3,9	2,1	1,9	1,6

Оценка продуктивности однолетних и многолетних трав на дерновых заболоченных почвах показала, что однолетние травы уступают по продуктивности многолетним. Выход кормовых единиц однолетних трав на исследуемых почвах в среднем за три года оказался в пределах 23,3–35,1 ц/га, сбор сырого протеина – 4,7–5,8 ц/га (таблица 5). Самой продуктивной среди исследуемых однолетних трав оказалась пайза, низкая продуктивность у пелюшко-овсяной смеси.

Среди многолетних бобовых культур самый высокий выход кормовых единиц и сбор сырого протеина отмечен у люцерны посевной – 79,3 и 17,1 ц/га соответственно

(таблица 5). Самые низкие показатели по вышеуказанным величинам оказались у эспарцета песчаного, который отмечался низкой питательной ценностью и отавностью в период вегетации.

Многолетние пастбищные травостои незначительно отличались по продуктивности. Введение в травосмесь дополнительного бобового компонента (клевера лугового, люцерны посевной, лядвенца рогатого, эспарцета) не способствовало повышению выхода кормовых единиц и сбора сырого протеина. В среднем за четыре года данные показатели составили 57,5–60,6 ц/га и 12,1–12,4 ц/га соответственно (таблица 5).

Таблица 5 – Продуктивность однолетних и многолетних трав на дерновых заболоченных почвах (в среднем за годы исследований), ц/га.

Культура	Выход кормовых единиц	Сбор сырого протеина
Многолетние бобовые травы		
Клевер луговой	58,6	12,6
Люцерна посевная	79,3	17,1
Эспарцет песчаный	49,7	7,5
Лядвенец рогатый	51,2	10,5
Многолетние пастбищные бобово-злаковые травосмеси		
Травосмесь с клевером ползучим	60,6	12,4
Травосмесь с кл. ползучим + клевер луговой	59,9	12,3
Травосмесь с кл. ползучим + люцерна посевная	58,4	12,2
Травосмесь с кл. ползучим + лядвенец рогатый	58,8	12,3
Травосмесь с кл. ползучим + эспарцет	57,5	12,1
Однолетние травы		
Овес+пелюшка	23,3	4,7
Просо	29,0	5,0
Пайза	35,1	5,8

Заключение

Проведена оценка продуктивности однолетних и многолетних травостоев на дерновых заболоченных почвах Полесского региона Беларуси. Установлено, что среди однолетних трав самой высокой продуктивностью характеризовалась пайза, самой низкой – пелюшко-овсяная смесь. Наибольшей продуктивностью среди многолетних бобовых трав отличалась люцерна посевная, а

эспарцет песчаный – наименьшей. У многолетних пастбищных травостоев отличия по продуктивности незначительные. Включение в состав травосмеси дополнительного бобового компонента (клевера лугового, люцерны посевной, лядвенца рогатого, эспарцета) не оказало существенного влияния на увеличение урожайности сухого вещества, выхода кормовых единиц, сбора сырого протеина.

Библиографический список

1. Кузнецов, Г. И. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь : практ. пособие / Г. И. Кузнецов [и др.]. – Минск, 2001. – 432 с.
2. Корзун, О. С. Просовидные и сорговые культуры в Беларуси : монография / О. С. Корзун, Т. А. Анохина, Р. М. Кадыров. – Гродно : ГГАУ, 2011. – 189 с.
3. Кадыров, М. А. Стратегия экономически целесообразной адаптивной интенсификации системы земледелия Беларуси / М. А. Кадыров. – Минск : В.И.З.А. ГРУПП, 2004. – 64 с.
4. Жеруков, Б. Х. Продуктивность разнопоспевающих травостоев в зависимости от видового состава / Б. Х. Жеруков, К. Г. Магомедов, Ф. Х. Тукова // Кормопроизводство. – 2003. – № 4. – С. 11–12.
5. Лукашев, В. Н. Роль многолетних бобовых трав в системе кормопроизводства / В. Н. Лукашев // Кормопроизводство. – 2001. – № 6. – С. 18–22.
6. Шелюто, Б. В. Пастбищное хозяйство: теория и практика: практическое пособие / Б. В. Шелюто, А. А. Шелюто, А. А. Горновский. – Горки : Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2010. – 108 с.
7. Навоселов, Ю. К. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / Ю. К. Навоселов, Г. Д. Харьков, Н. С. Шеховцов. – М. : ВИК, 1983. – 198 с.

Поступила 10.03.2020

• НАШИ ЮБИЛЯРЫ •

110-ЛЕТНЯЯ ИСТОРИЯ ИНСТИТУТА МЕЛИОРАЦИИ НАЧАЛАСЬ С МИНСКОЙ БОЛОТНОЙ ОПЫТНОЙ СТАНЦИИ

Необходимость мелиорации переувлажненных земель Беларуси, где почти половина территории занимали болота и заболоченные угодья, назревала продолжительное время. Она особенно обострилась во второй половине XIX столетия в связи с ростом населения и недостатком пригодных для ведения сельского хозяйства земель. В 1853 г. Министерством Государственных Имуществ России был разослан Губернским Палатам Госимущества циркуляр, в котором предписывалось «приступить к осушению казенных земель, почитая это делом первостепенной важности и первым шагом к всеобщему благоденствию». В 1857 г. Ученый Комитет Министерства Государственных Имуществ издал «Наставление к осушению и возделыванию болот». К 1873 г. был разработан Генеральный план осушения более 8 млн. га земель в Западном регионе России. Для его реализации создается Западная экспедиция по осушению болот (1872-1902 г.г.), которую возглавлял генерал И. И. Жилинский. Проект осушения болот Полесья в 1878 г. на всемирной выставке в Париже удостоен Почетного диплома, а руководитель Западной экспедиции награжден Золотой медалью. Основная цель Западной экспедиции – мелиорация лугов и лесов, создание водных путей в виде каналов для сплава леса. За время ее деятельности канализовано 3,25 млн. га, включая 410 тыс. га болот, превращенных в луга, 615 тыс. га спелых лесов с помощью каналов для лесосплава приближенных к рекам, 120 тыс. га пашен и огородных земель, избавленных от переувлажнения. В Западной экспедиции принимали участие крупнейшие ученые А. И. Воейков, В. В. Докучаев, Е. В. Оппоков, Г. И. Танфильев и другие. Они создали теоретическую основу мелиорации болот в Белорусском Полесье, а также в России и Украине.

Новая вспышка интереса к мелиорации произошла в начале XX столетия в период Столыпинской реформы. В это время бюджетные средства выделялись на строительство магистральных каналов, а осушительная сеть и культуртехнические работы осуществлялись за средства землевладельцев. С увеличением объемов бюджетных ассигнований на мелиорацию и ростом площади осушенных земель усилилась потребность их научного обеспечения.

В 1910 г. при Минском Губернском Земстве была создана специальная болотная комиссия, которая на первом же заседании приняла решение об учреждении в Минской губернии научной организации – Болотной станции. Этим Постановлением Минского Губернского Комитета по делам земского хозяйства от 22 февраля 1910 г. в г. Минске была организована Минская болотная опытная станция, начавшая работу в 1911 г. Это было первое в России научно-исследовательское учреждение по культуре болот и использованию их для возделывания

сельскохозяйственных культур. Для руководства станцией пригласили уже известного в научных кругах ученика К. А. Тимирязева, главного специалиста Департамента по культуре болот А. Ф. Флерова. Перед вступлением в должность А. Ф. Флеров ознакомился с постановкой опытного дела на осушенных землях в ряде стран Европы, после чего была разработана детальная программа деятельности новой станции.

При этом основными направлениями определены:

- изучение болот Минской губернии;
- выработка методов и приемов мелиорации болот;
- постановка специальных опытов на болотах и изучение, в первую очередь, влияние на урожайность различных удобрений;
- проведение различного рода анализов, в частности, почв, воды и растений;
- разработка рекомендаций по мелиорации болот и их сельскохозяйственному освоению.
- пропаганда передовых приемов освоения болот;
- участие в подготовке кадров по освоению болот;
- издание научных трудов станции.

Первым опытным хозяйством Минской болотной опытной станции стал участок «Кукутелка» в имении «Лаква» недалеко от станции Лунинец в Полесье. Полевые опыты начаты в 1912 г. Исследовалась возможность использования осушенных торфяных почв для возделывания различных культур, влияние удобрений на урожайность, а также связь орошения полами водами пойменных лугов с их продуктивностью. В знак признания заслуг ученых, проводивших опыты, их фамилиями названы некоторые населенные пункты в Лунинецком районе Брестской области – Флерово, Черebasово, Редигерово, Моносеево.

В конце 1913 г. директором станции становится профессор А. Т. Кирсанов, выдающийся ученый и организатор науки, работавший на ней до 1925 г., из них 7 лет директором, а позднее – научным руководителем.

На станции с 1912 по 1917 гг. издавался журнал «Болотоведение» и Труды Минской болотной опытной станции. В них публиковались виднейшие ученые того времени: А. Ф. Флеров, А. Т. Кирсанов, А. Н. Костяков, А. Д. Дубах, В. С. Доктуровский, В. Н. Сукачев, Н. А. Тюленев и другие.

По инициативе А. Т. Кирсанова началось освоение Комаровского болота в г. Минске, площадь которого превышала 200 га. Опытные работы на Комаровском болоте велись с 1914 г. Здесь впервые были организованы исследования в вегетационных сосудах и лизиметрах, проводились систематические наблюдения за изменением водно-физических и агрохимических свойств торфяных почв. Ученые Минской болотной опытной станции внесли большой вклад в разработку способов и методов осушения болот, в развитие теории регулирования водного режима осушенных почв. На станции закладывались основы современного мелиоративного земледелия и луговодства, совершенствовалась и развивалась производственная база. На ее полях получали высокие, невиданные до того урожаи практически всех сельскохозяйственных культур и это способствовало росту авторитета станции. В 1924 г. Советом труда и обороны СССР был утвержден представленный Советом Народных Комиссаров БССР «План проведения мелиоративных работ на период до 1933 г.», которым предусматривалось в течение 8 лет провести мелиоративные работы на площади 205 тыс. гектаров, выполнить регулирование русел рек–водоприемников, построить новые и произвести ремонт старых каналов общей протяженностью 4 тыс. км, построить на каналах более 320 шлюзов, мостов и других сооружений. В разработке этого плана активное участие приняла Минская болотная опытная станция. За исключительные успехи в мелиоративном преобразовании болот в 1929 г. станция награждена орденом Трудового Красного знамени БССР.

Большие объемы намечаемых мелиоративных работ, расширения площади осушенных сельскохозяйственных земель требовали научного обеспечения. В октябре 1929 г. правительство Беларуси обратилось в Совнарком СССР с предложением об объединении всех научно-исследовательских работ по вопросам культуры болот и их мелиорации во Всесоюзном на-

учно-исследовательском болотном институте, расположенном в г. Минске, с подчинением его Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина (ВАСХНИЛ). Предложение было принято и Постановлением Совета Народных Комиссаров СССР от 18 мая 1930 г. на базе отдела мелиорации и культуры болот Белорусского НИИ социалистического сельского хозяйства и Минской болотной опытной станции в г. Минске был образован Всесоюзный научно-исследовательский болотный институт. В настоящее время – РУП «Институт мелиорации» НАН Беларуси. Перед ним была поставлена задача: «систематически изучать болота и луга Советского союза со стороны их природы, культуры, экономики и использования». Институту были переданы Архангельская, Кировская, Новгородская и Сарненская опытные болотные станции.

С созданием Института научная, опытная и производственная деятельность на землях Минской болотной опытной станции продолжалась и развивалась. Необходимо особенно отметить признание её роли и даже в условиях оккупации во время Великой Отечественной войны. После захвата Минска оккупационные власти заставили не успевших эвакуироваться работников, в основном женщин, продолжать эксперименты и наблюдения, предусмотренные программами, засеять земли сельскохозяйственными культурами. Возделывавшиеся картофель и овощи во многом помогли спасти население города от голода.

В 1957 г. земли Минской болотной опытной станции получили статус экспериментального хозяйства Белорусского НИИ мелиорации и водного хозяйства.

В течение многих десятилетий Минская болотная опытная станция была основным экспериментальным полигоном для исследований мелиорации болот, их освоению и окультуриванию. Здесь выросло несколько поколений ученых, внесших неоценимый вклад в развитие теории и практики мелиоративного преобразования болот, сельскохозяйственного использования мелиорированных земель. Это А. Ф. Флеров, А. Т. Кирсанов, И. С. Лупинович, С. Г. Скоропанов, В. Ф. Карловский, А. И. Ивицкий, Г. И. Лашкевич, В. М. Зубец, А. Ф. Печкуров, С. И. Тризно, В. Ф. Шебеко, Б. Б. Бельский, Т. Ф. Голуб, З. Н. Денисов, А. В. Зенюк, Н. Ф. Лебедевич, А. И. Хотько, Г. Д. Эркин, Г. И. Афанасик, П. И. Закржевский, Ш. И. Брусиловский, К. П. Лундин и другие.

Сегодня территория Минской болотной опытной станции оказалась в центре г. Минска. Большую ее часть занимает парк Дружбы Народов, а на краю, на пересечении улиц Орловской и Карастояновой, построен и функционирует православный храм. Сохранилась небольшая березовая роща и около 5 га земель, занятых многолетними травами, предназначенными для питания обитателей Минского Зоопарка.

А. С. Мееровский, д-р с.-х. наук, профессор



ЛЫЧ
ГЕННАДИЙ МИХАЙЛОВИЧ –
белорусский ученый-экономист,
аналитик, публицист,
доктор экономических наук (1973),
профессор (1977),
член-корреспондент АН БССР (1986),
академик НАН Беларуси (1991),
Заслуженный деятель науки БССР (1980)
(к 85-летию со дня рождения)

Геннадий Михайлович Лыч родился 25 февраля 1935 года в деревне Могильное Узденского района Минской области в семье колхозников, окончил Могильнянскую среднюю школу, а затем отделение экономики сельского хозяйства планово-экономического факультета Белорусского государственного института народного хозяйства имени В. В. Куйбышева (сейчас Белорусский государственный экономический университет).

С 1958 по 1961 год работал на Брестской областной сельскохозяйственной опытной станции Минсельхоза БССР (г. Пружаны) младшим научным сотрудником, заведующим отделом. В 1961 году поступил в аспирантуру при Всесоюзном научно-исследовательском институте гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова (г. Москва). В 1964 году успешно защитил кандидатскую диссертацию, в которой применил качественно новый подход по определению экономической эффективности осушительных мелиораций в зоне неустойчивого и избыточного увлажнения. Эти исследования позволили Г. М. Лычу существенно уточнить оценку экономической эффективности крупномасштабного осушения болот и заболоченных земель, которое проводилось в те годы.

С 1964 г. работал заведующим отделом в Белорусском НИИ экономики и организации сельскохозяйственного производства Минсельхоза БССР, а с 1967 г. – заведующим отделом экономики Белорусского НИИ мелиорации и водного хозяйства Минводхоза СССР. Проблемам эффективности мелиорации Геннадий Михайлович посвятил следующие 10 лет своей научной деятельности, защитив в 1973 году докторскую диссертацию на тему «Экономическая эффективность осушительных мелиораций».

С 1977 по 1988 годы работал заместителем директора по научной работе Белорусского НИИ экономики и организации сельскохозяйственного производства Госагропрома БССР.

После аварии на Чернобыльской АЭС Г. М. Лыч принимает активное участие в проведении широкомасштабных научных исследований, которые предусматривали разработку системы научно обоснованных мероприятий по преодолению её последствий. Под его научным руководством и при непосредственном участии были разработаны методы анализа и оценки социально экономических убытков, которые причиняются народному хозяйству страны крупными техногенными авариями, а также выполнены соответствующие расчеты. Результаты исследований по Чернобыльской проблеме отражены в двух монографиях.

В 1977 году Г. М. Лычу было присвоено научное звание профессора, а в 1980 г. – заслуженного деятеля науки Белорусской ССР. Круг научных интересов Геннадия Михайловича существенно расширился. Но главное направление его работы оставалось неизменным – экономическая эффективность капитальных вложений в сельское хозяйство, в том числе в мелиорацию зе-

мель, совершенствование механизма хозяйствования АПК. Кроме того Геннадий Михайлович исследовал проблемы экономического суверенитета, межгосударственной экономической интеграции, международных экономических отношений, а также социально-экономические аспекты экономической безопасности и устойчивости экономики Беларуси.

Признание Геннадия Михайловича Лыча как одного из ведущих экономистов-аграрников по проблеме повышения экономической эффективности капитальных вложений и основных фондов в сельскохозяйственном производстве подтвердилось избранием его в 1986 году членом-корреспондентом АН БССР.

С 1988 года Г. М. Лыч переходит в систему АН БССР (в 1988 г. стал заведующим отделом, а с 1989 г. – директором Института экономики, с 1992 по 1998 гг. одновременно являлся академиком-секретарем Отделения гуманитарных наук и искусства). В 1992 год он был избран академиком АН БССР. С 1999 г. работал главным научным сотрудником Института экономики НАН Беларуси, с 2007 г. – профессором Белорусского государственного аграрного технического университета, где Геннадий Михайлович занялся проблемами микроэкономики, в частности, рыночных реформ.

Г. М. Лыч уделяет большое внимание подготовке научных кадров. Под его руководством выполнено и успешно защищено 15 кандидатских и 2 докторские диссертации

Г. М. Лыч автор ряда научно-популярных книг, посвященных актуальным вопросам общественно-политического, социального и национально-культурного развития. Всего академиком Г. М. Лычом опубликовано более 330 научных работ, в том числе 17 монографий. Наиболее известны его труды: «Экономическая эффективность сельскохозяйственного производства», Минск, 1988; «Чернобыльская катастрофа: социально-экономические проблемы и пути их решения», Минск, 1999 (в соавт.); «Рыночное формирование экономики Беларуси : Итоги и перспективы», Минск, 2000; «Глобализация и адаптация к ней экономики Беларуси», Минск, 2010.



**ДРОБОТ
ГЕОРГИЙ СЕРГЕЕВИЧ**
(к 90-летию со дня рождения)

Георгий Сергеевич Дробот родился 4 апреля 1930 г. в деревне Чучевичи Лунинецкого района Брестской области, в самом центре Полесья, зоне наибольшего заболачивания и активных осушительных работ. Окончил Белорусскую сельскохозяйственную академию (агронимический факультет) и получил специальность ученого агронома в 1956 году.

Трудовую деятельность начал в 1956 году в должности главного агронома Коссовской МТС Ивацевичского района Брестской области. Здесь проявились его незаурядные организаторские способности, что явилось началом карьерного роста. С 1958 г. по 1961 г. Дробот Г. С. работал начальником инспекции земледелия отдела семеноводства Брестского областного управления сельского хозяйства. Далее заместителем заведующего и заведующим отделом сельского хозяйства Брестского обкома КПБ (1961–1966 гг.), начальником Барановичского районного управления сельского хозяйства Брестской области (1966–1969 гг.).

С 1969 по 1990 годы работал директором Экспериментально-производственного предприятия БелНИИ мелиорации и водного хозяйства. В эти годы проявилось его стремление к научному росту. В 1979 году защитил кандидатскую диссертацию по теме «Совершенствование обработки старопахотных торфяно-болотных почв» и стал автором более 10 научных работ по способам рациональной обработки торфяных почв.

Избирался депутатом Ивацевичского и Барановичского районных советов Брестской области, членом Барановичского РК КПБ (1967–1969 гг) и Брестского обкома КПБ (1962–1969 гг.), членом партбюро БелНИИ мелиорации и водного хозяйства.

Был награжден двумя орденами «Знак почета», Почетными грамотами Минводхоза СССР и Минсельхоза БССР.

Честь и хвала заслуженному труженику, человеку, который умел делать землю плодородной, а урожай – обильным!

● ЧТОБЫ ПОМНИЛИ ●

АФАНАСИК ГРИГОРИЙ ИВАНОВИЧ

(к 85-летию со дня рождения)



Григорий Иванович Афанасик родился 5 января 1935 года в д. Иванковичи Барановичского р-на Брестской обл. В 1958 году закончил Белорусскую сельскохозяйственную академию (гидромелиоративный факультет) и получил специальность инженера-гидротехника. Трудовой путь начал с должности мастера УНР-15 Солигорского треста Минстроя БССР, затем работал старшим инженером Ланьского МУОС Минводхоза БССР. В 1960 году поступил в аспирантуру БелНИИ мелиорации и водного хозяйства. После окончания аспирантуры в течение 35 лет (1963 – 1998) прошел путь от младшего, затем старшего научного сотрудника до заведующего лабораторией агрофизики мелиорированных почв (1971), которая, в соответствии с расширением и развитием направлений исследований, в 1976 г. была переименована в лабораторию моделирования и управления факторами внешней среды, далее – мелиорации торфяных почв (1983), восстановления загрязненных радионуклидами земель (1992), мелиорации и интенсификации земледелия на торфяных почвах (1996).

В 1965 г. защитил кандидатскую диссертацию, в 1983 г. стал доктором технических наук, а через 6 лет – профессором. В 1980 году Григорию Ивановичу было присуждено почетное звание Заслуженного мелиоратора Белорусской ССР. В 1992 году Г. И. Афанасик был избран членом-корреспондентом Академии аграрных наук Республики Беларусь, членом экспертного совета ВАК Беларуси. Опубликовал 168 научных работ, в том числе 3 монографии, 10 методических и нормативных документов, является автором 6 изобретений СССР.

Г. И. Афанасик первым для условий гумидной зоны предложил методы расчета оптимальных режимов уровней грунтовых вод и влажности корнеобитаемого слоя почвы, разработал технологические схемы комплексного управления водно-воздушным, тепловым и пищевым режимами, обеспечивающие получение высоких урожаев при рациональном использовании водных ресурсов и удобрений, методы восстановления загрязненных радионуклидами переувлажненных земель и способы снижения загрязненности сельскохозяйственной продукции на этих землях.

За годы работы в Белорусском НИИ мелиорации и водного хозяйства Григорий Иванович подготовил 8 кандидатов наук. Оказывал большую помощь в подготовке и профессиональном становлении многих специалистов в области мелиоративной науки, был рецензентом и оппонентом многих диссертационных и научных работ. Являлся членом Ученого Совета РУП «Институт мелиорации», Совета по защите докторских и кандидатских диссертаций при институте.

Г. И. Афанасик награжден орденом Дружбы народов, Почетными грамотами Минводхоза СССР, Минводхоза БССР, БелНИИМиВХ, медалями ВДНХ СССР и дипломами ВДНХ БССР. Светлая память о талантливом исследователе, прекрасном человеке и заботливом Учителе Григории Ивановиче Афанасике навсегда останется в наших сердцах.

Ученик Г. И. Афанасика – канд. техн. наук Шкутов Э. Н.

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 предоставления рукописей статей**, представленном на сайте РУП «Институт мелиорации». Режим доступа : <https://niimel.by>, «журнал «Мелиорация».

3. Статья должна быть написана на русском языке и включать блок информации на английском языке.

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, библиографию.

5. Представляемые материалы должны включать следующие элементы: индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК); ключевые слова на русском и английском языках; аннотацию на русском и английском языках (500 знаков); введение; основную часть, включающую графики и рисунки; заключение, завершаемое четко сформулированными выводами; список цитированных источников, согласно Постановлению ВАК Беларуси от 28.02.2014 №3 (глава 5. Структура и оформление научных публикаций по теме диссертации).

6. В разделе «Введение» должен быть дан краткий обзор литературы по исследуемой проблеме, указаны нерешенные ранее вопросы, сформулирована и обоснована цель работы.

7. Основная часть статьи должна содержать описание методики, объектов исследования и подробно освещать содержание исследований, проведенных автором (авторами). 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 25.06.2014 № 159, располагается в конце текста, нумеруются согласно порядку цитирования в тексте и заключаются внутри квадратных скобок (например: [1], [2]). Обязательно указывается общее количество страниц в книге, или номера страниц от начала до окончания статьи. 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 (Н2, Н1) выполнять через меню «Формат\Шрифт\Верхний индекс», «Формат\Шрифт\Нижний индекс». Латинские буквы набираются курсивом. Греческие буквы и другие математические знаки брать из гарнитуры «Symbol». Математические формулы (lim, sum, ln, sin, Re, Im и т. д.) и цифры набираются прямым начертанием.

13. Рисунки предоставляются 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 редакционные правки.