

ISSN 2070–4828

МЕЛИОРАЦИЯ

Научный журнал

№ 4(98)

Основан в 1951 году
Выходит 4 раза в год

Октябрь – декабрь, 2021



Минск
2021

СВИДЕТЕЛЬСТВО № 411

УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА:

Республиканское научное дочернее унитарное предприятие «Институт мелиорации»

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

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

РЕДКОЛЛЕГИЯ:

д-р с.-х. наук, 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, проф. **В. И. Желязко**

д-р с.-х. наук **П. Ф. Тиво**

канд. техн. наук, доцент **А. С. Анженков**

канд. с.-х. наук, доцент **А. Л. Бирюкович**

канд. техн. наук, доцент **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 **Т. В. Мейкшане**

Компьютерная верстка **И. В. Скуратович**

Подписано к печати 14.12.2021 г. Формат 60х84 1/8.
Уч.-изд. л. 4,34. Усл. печ. л. 7,9. Заказ 553. Тираж 100 экз.

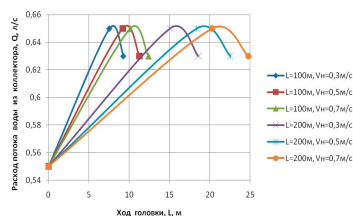
Адрес редакции: 220040, г. Минск, ул. Некрасова, 39-2;
тел. (017) 331-49-03;
e-mail: **info@niimel.by, redaktor@niimel.by**

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

Содержание Contents

Мелиорация

Land improvement



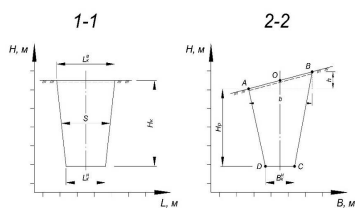
А. С. Анженков, В. А. Болбышко, Н. Н. Погодин
Гидравлические параметры потока воды в дренажных трубопроводах при гидродинамическом способе очистки
A. S. Anzhenkov, V. A. Bolbyshko, N. N. Pogodin
Hydraulic parameters of water flow in drain pipes at hydrodynamic cleaning method

5



А. С. Анженков, В. П. Закржевский, И. О. Мосендз
Радиопроницаемость мелиорированных земель на примере торфяных почв, подстилаемых песком
A. S. Anzhenkov, V. P. Zakrzhevsky, I. O. Mosendz
Radio permeability of reclaimed lands by the example of peat soils under sand

14

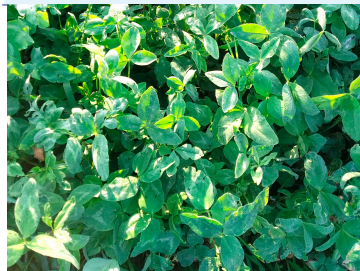


В. И. Селезнев, И. Ч. Казьмирук, А. А. Левицкий
Сравнение способов вычисления объема котлована под гидротехнические сооружения
V. I. Seleznev, I. Ch. Kazmiruk, A. A. Levitsky
Comparison of methods for calculating the volume of a ditch for hydrotechnical structures

18

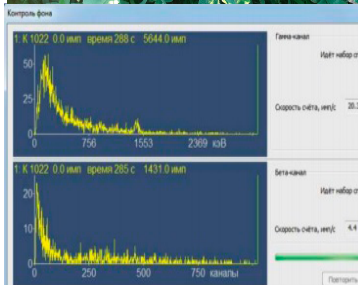
Луговоеводство и кормопроизводство

Meadow cultivation and forage production



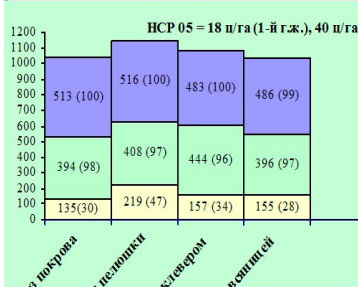
А. Л. Бирюкович, Л. А. Саскевич, А. В. Цубленок
Возделывание люцерны посевой и клевера лугового на минеральной мелиорированной почве Белорусского Поозерья
A. L. Biryukovich, L. A. Saskevich, A. V. Tsublenok
Cultivation of alfalfa and meadow clover on the mineral reclaimed soil of the Belarusian Poozerie

26



Н. Н. Цыбулько, А. В. Шашко, И. И. Жукова, Е. Б. Евсеев
Влияние азотных и калийных удобрений на накопление ¹³⁷Cs многолетними бобово-злаковыми и злаковыми травами на торфяных почвах
N. N. Tsybulka, A. V. Shashko, I. I. Zhukova, E. B. Evseev
Influence of nitrogen and potash fertilizers on the accumulation of ¹³⁷Cs by perennial legume-cereal and cereal grasses on peat soils

35



В. Н. Шлапунов, Н. Ф. Надточаев, А. Л. Бирюкович, Е. Л. Долгова
Продуктивность люцерны посевой и клевера лугового в одновидовых и смешанных посевах
V. N. Shlapunov, N. F. Nadtochayev, A. L. Biryukovich, E. L. Dolgova
The productivity of the alfalfa and the meadow clover in single-species and mixed cultivation of sowing

46

История осушительной мелиорации в Беларуси	●	History of drainage reclamation in Belarus
---	---	---



А. С. Мееровский, В. Н. Филиппов Западная экспедиция по осушению болот в истории мелиорации Беларуси	52
A. S. Meerovsky, V. N. Philipov Western swamp drainage reclamation expedition in the history of land reclamation of Belarus	

Наши юбиляры	●	Our Jubilees
--------------	---	--------------

Александр Иванович Митрахович (к 85-летию)	58
Геннадий Юльевич Левин (к 75-летию)	60
Виктор Николаевич Карнаухов (к 70-летию)	61

Чтобы помнили	●	To be remembered
---------------	---	------------------

Бронислав Брониславович Бельский (к 115-летию)	63
Федор Васильевич Саплюков (к 85-летию)	64
Александр Устинович Рудой (к 85-летию)	65
Алексей Евстафьевич Жуков (к 85-летию)	66

• МЕЛИОРАЦИЯ •

УДК 6626.86 : 5325

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПОТОКА ВОДЫ В ДРЕНАЖНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ ПРИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОМ СПОСОБЕ ОЧИСТКИ

А. С. Анженков, кандидат технических наук

В. А. Болбышко, кандидат технических наук

Н. Н. Погодин, кандидат технических наук

РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь

Аннотация

Выполнен расчет гидравлических параметров потока воды в дренажном трубопроводе при гидродинамическом способе очистки в зависимости от расхода воды насадки промывочной, скорости ее движения, диаметра и уклона дренажного трубопровода. Определены расходные и скоростные показатели потока на различных этапах очистки при прямом и обратном ходе насадки промывочной.

Ключевые слова: насадка промывочная, расход, скорость потока воды, гидравлические параметры, дренажный трубопровод.

Abstract

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

HYDRAULIC PARAMETERS OF WATER FLOW IN DRAIN PIPES AT HYDRODYNAMIC CLEANING METHOD

The calculation of the hydraulic parameters of the water flow in the drainage pipeline with the hydrodynamic method of cleaning, depending on the water flow rate of the flushing nozzle, the speed of its movement, the diameter and slope of the drainage pipeline, has been carried out. The flow rates and speeds have been determined at various stages of cleaning during the forward and reverse movement of the flushing nozzle.

Keywords: flushing nozzle, flow rate, water flow rate, hydraulic parameters, drainage pipeline.

Введение

Наибольшее применение при очистке дренажных трубопроводов от заилиenia получил механизированный гидродинамический способ. Данный способ основан на разрушении отложений в трубопроводе путем воздействия на них высокоскоростных струй воды. Рабочим органом устройств, действующих по этому способу, является гидродинамическая насадка промывочная, вода к которой подается от насоса установки по гибкому напорному рукаву. Передвижение насадки в дренажном трубопроводе

осуществляется посредством специального механического устройства или вручную.

Очистку дренажных трубопроводов гидродинамическим способом можно разделить на два этапа. Первый этап заключается в размыве отложений струями воды, исходящих из фронтальных и тыльных сопел насадки промывочной при продвижении ее прямым ходом по трубопроводу. На этом этапе размытые отложения (пульпа) удаляются из трубопровода гравитационным потоком воды. На втором этапе, который можно назвать

очистительным, насадка промывочная движется при работающем водяном насосе по трубопроводу в обратном направлении с помощью водоподводящего рукава, наматываемого на вращающийся барабан дренажно-промывочной установки. При продвижении насадки промывочной водяные струи, исходящие из тыльных сопел, создают высокоскоростной поток воды в виде высокотурбулентного шлейфа, движущегося от насадки в сторону устья. В результате воздействия этого бурного водоструйного шлейфа происходит дополнительный размыв отложений, взвешивание их в потоке воды и транспортирование по трубопроводу.

Процесс очистки в большой степени определяется гидравлическими параметрами потока пульпы в дренажном

трубопроводе. К таким параметрам, в первую очередь, следует отнести расход и скорость потока, которые зависят от расхода воды, скорости передвижения насадки промывочной, диаметра и уклона дренажного трубопровода, а также от наличия в его полости напорного промывочного рукава. Необходимо отметить, что гидравлические параметры потока в значительной степени изменяются во время движения насадки промывочной при очистке. Однако исследований, позволяющих установить их значения в каждый момент времени и их влияние на процесс очистки, не проводилось.

Цель статьи – определение гидравлических параметров потока воды в дренажных трубопроводах при гидродинамическом способе очистки.

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим гидравлические параметры потока воды (скорость, расход), которые образуются при продвижении насадки промывочной прямым проходом (от устья) по очищаемым дренажным трубопроводам с наиболее распространенным уклоном 0,003. Средняя скорость промывочного рукава с насадкой при ручной его подаче составляет около 0,1 м/с. На дренажных трубопроводах при отсутствии неисправностей и при степени заиливания до 30–40 % скорость подачи промывочного рукава достигает 0,5 м/с.

Для определения скоростных и расходных показателей гравитационного потока воды, образующегося при очистке дренажных трубопроводов, примем скорость подачи насадки промывочной 0,1; 0,2; 0,3 и 0,5 м/с, а расход подаваемой воды – 0,5; 0,76; 1,0 и 1,5 л/с. Согласно расчетам, для установки промывки дренажа УПД-120 при использовании промывочного рукава с внутренним диаметром 15 мм расход насадки промывочной составит 0,76 л/с, а при использовании промывочного рукава с внутренним диаметром 20 мм 1,5 л/с [1].

Рассмотрим движение насадки промывочной в коллекторе при скорости подачи (V_n , м/с) и длине участка промывки (L , м).

Время подачи насадки в коллектор составит:

$$t = L / V_n. \quad (1)$$

Объем воды, подаваемой в коллектор, определяется по формуле:

$$U = qt, \quad (2)$$

где q – расход воды, исходящий из насадки, л/с.

Из поданного объема воды (U) определенная часть его объема (U_1) заполнит коллектор на высоту (h), а другая часть (U_2) вытечет из него.

Таким образом, должно выполняться равенство:

$$U = U_1 + U_2, \quad (3)$$

$$\text{где } U_1 = S_n \cdot L, \quad (4)$$

соответственно S_n – площадь поперечного сечения потока, м²;

$$U_2 = S_n \cdot v_p t, \quad (5)$$

v_p – скорость потока, м/с.

Равенство (3) будет выполняться только при определенной высоте воды h в трубопроводе, которому будет соответствовать площадь поперечного сечения потока S_n , объем воды в трубопроводе U_1 и величина стока U_2 . При определенных скорости подачи, расходе насадки и диаметре коллектора высота воды в нем и, соответственно, расход вытекающей воды будут постоянными. Расчет характеристик потока, истекающего из дренажного трубопровода, при гидродинамическом способе очистки известен [2]. В соответствии с ним были рассчитаны параметры потока при движении промывочной насадки вперед при заданных величинах диаметра коллектора D , его уклона i , расхода q , скорости движения промывочной насадки V_n , наружного диаметра промывочного рукава d .

Результаты расчета представлены в табл. 1 и на рис. 1–3.

Таблица 1. Высота, скорость и расход потока в коллекторе
в зависимости от расхода и скорости подачи насадки промывочной

Показатели	Расход насадки, q , л/с			
	0,5	0,76	1,0	1,5
Скорость подачи насадки, V_n , м/с	0,1			
Высота потока, h , мм	37,3	45,1	51,7	64,7
Скорость потока, V_p , м/с	0,14	0,17	0,19	0,22
Расход потока, q , л/с	0,29	0,48	0,65	1,03
Скорость подачи насадки, V_n , м/с	0,2			
Высота потока, h , мм	32,0	38,6	44,2	54,9
Скорость потока, V_p , м/с	0,12	0,15	0,17	0,20
Расход потока, q , л/с	0,19	0,32	0,45	0,74
Скорость подачи насадки, V_n , м/с	0,3			
Высота потока, h , мм	28,5	34,3	39,1	48,3
Скорость потока, V_p , м/с	0,11	0,13	0,15	0,18
Расход потока, q , л/с	0,13	0,23	0,33	0,56
Скорость подачи насадки, V_n , м/с	0,5			
Высота потока, h , мм	24,2	28,7	32,6	39,8
Скорость потока, V_p , м/с	0,09	0,11	0,13	0,15
Расход потока, q , л/с	0,07	0,14	0,20	0,35

Примечание. $D = 100$ мм, $i = 0,003$, $d = 28$ мм.

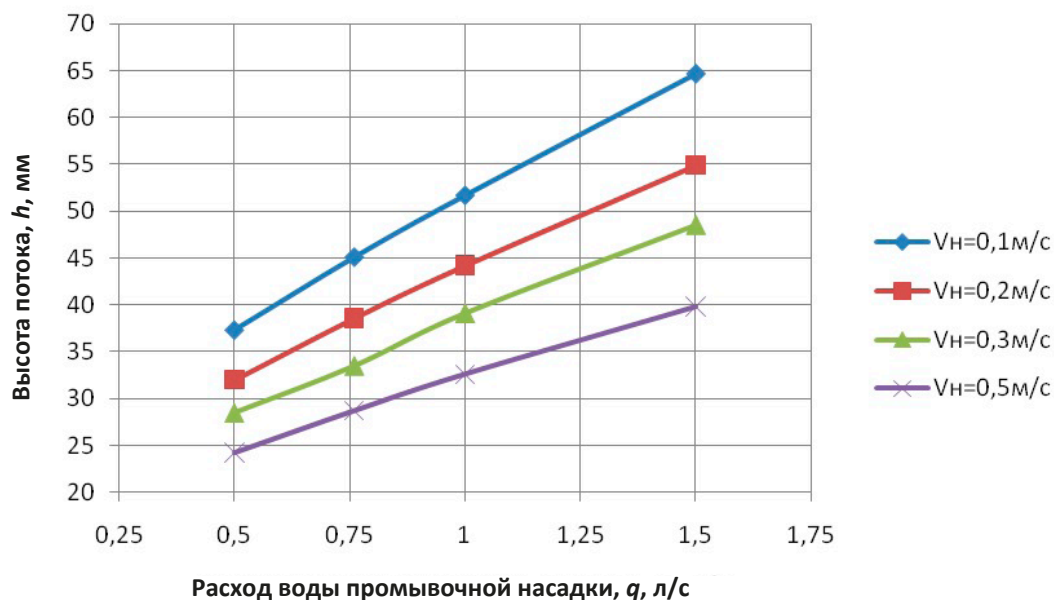


Рис. 1. Высота потока воды в коллекторе
в зависимости от скорости подачи и расхода насадки

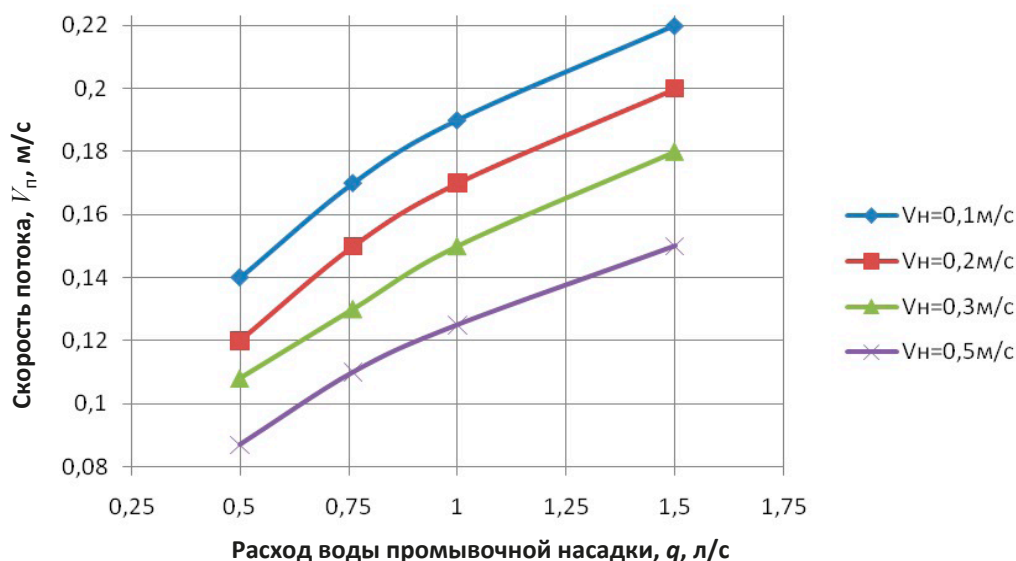


Рис. 2. Скорость потока воды в коллекторе в зависимости от скорости подачи и расхода насадки

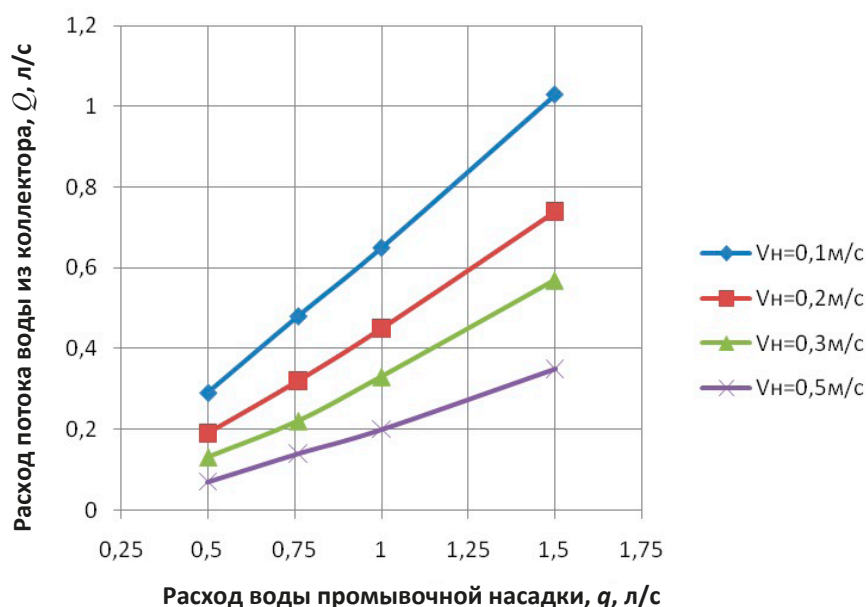


Рис. 3. Расход потока воды из коллектора в зависимости от скорости подачи и расхода насадки

Согласно расчетам, для коллекторов диаметром 75 и 125 мм значения скорости и расхода потока воды при прочих равных условиях изменяются незначительно по сравнению с коллектором, где диаметр 100 мм. Разница составляет не более 5–10 % ввиду того, что площадь поперечного сечения потока в этих случаях также изменяется незначительно.

На основании имеющихся данных произведем расчет объемов воды,

подаваемой в коллектор и вытекающей из него, за время подачи насадки на длину $L = 100$ м в зависимости от скорости и расхода насадки. Такой расчет необходим для оценки возможного объема выноса отложений.

Результаты расчета для коллектора диаметром 100 мм при длине 100 м и уклоне 0,003 за время прямого хода насадки промывочной в зависимости от скорости и расхода насадки представлены в табл. 2.

Таблица 2. Баланс воды в коллекторе (подача воды в коллектор, л / сток из коллектора, л) за время прямого хода насадки промывочной

Скорость подачи насадки, м/с	Время подачи насадки, с	Расход насадки, q , л/с			
		0,5	0,76	1,0	1,5
0,1	1000	500/290	760/480	1000/650	1500/1030
0,2	500	290/95	380/160	500/225	750/370
0,3	333	167/43	253/77	333/110	500/190
0,5	200	100/14	152/28	200/40	300/70

Примечание. $D = 100$ мм, $L = 100$ м, $i = 0,003$.

Из данных таблицы следует, что при увеличении скорости подачи насадки сток из коллектора снижается в связи с тем, что при более высокой скорости уменьшаются время подачи и, соответственно, объем подаваемой в коллектор воды.

Объемы подачи воды и ее стока в дренажном трубопроводе с диаметром 100 мм при уклоне 0,003, расходе насадки промывочной 0,76 и 1,5 л/с и скоростях подачи воды в интервалах 0,1–0,5 м/с приведены на рис. 4 и 5.

Разница в объемах поданной воды (U) и стока (U_2), то есть оставшийся объем воды в дренажном трубопроводе (U_1), должна учитываться при обратном проходе насадки промывочной.

По расчетам, для коллекторов с диаметрами 75 и 125 мм значения объема стока воды

при прочих равных условиях изменяются незначительно по сравнению с коллектором диаметром 100 мм. Разница составляет менее 5 % вследствие того, что площадь поперечного сечения потока и его скорость в этих случаях также изменяются незначительно.

На основании анализа полученных данных можно считать наиболее целесообразным продвижение промывочной насадки при подаче в дренажный трубопровод с максимальной возможной скоростью, обеспечивающей при этом размыв отложений. Данное предложение относится в основном к случаям подвозки воды к дренажно-промывочной установке дополнительным трактором, что позволит снизить затраты на доставку воды и повысит производительность очистки.

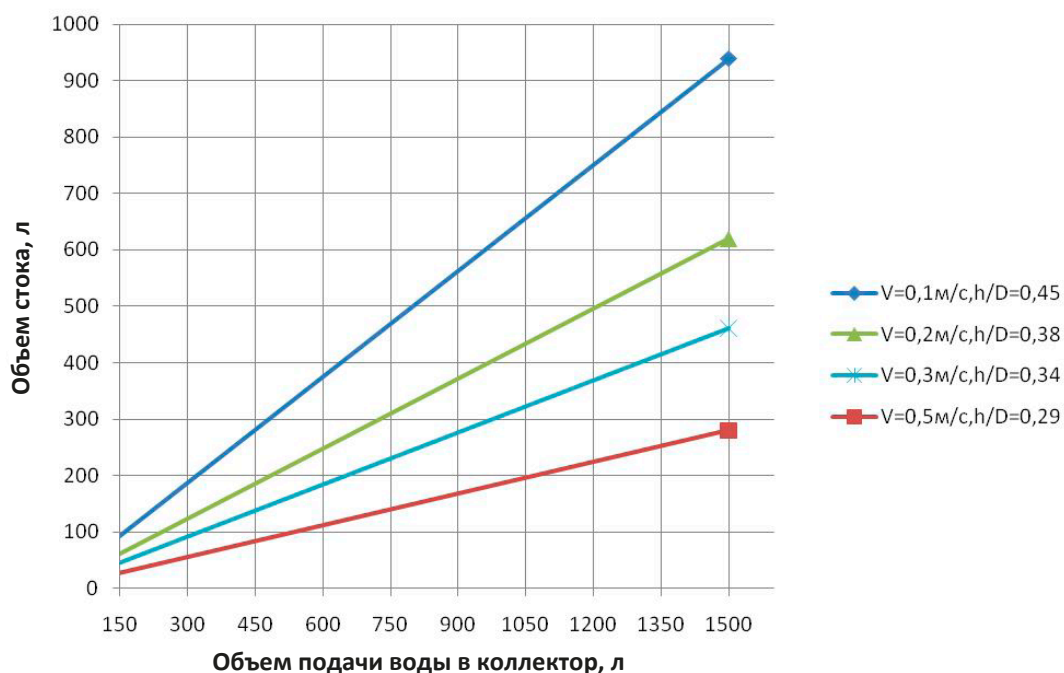


Рис. 4. Объем подачи и объем стока воды в дренажном трубопроводе в зависимости от скорости подачи насадки промывочной ($D = 100$ мм, $L = 100$ м, $i = 0,003$, $q = 0,76$ л/с)

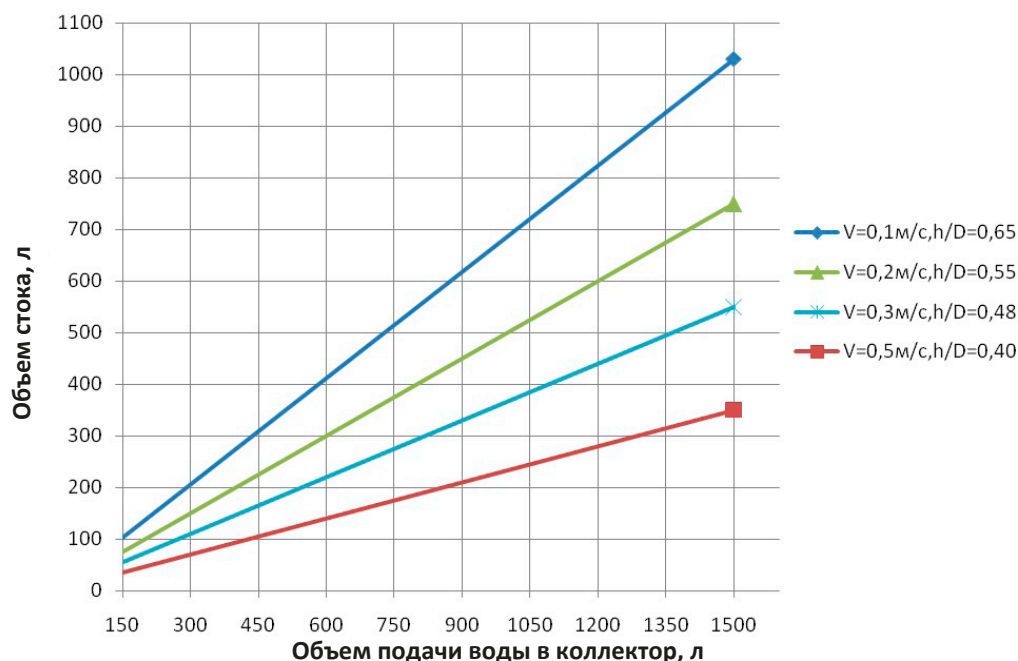


Рис. 5. Объем подачи и объем стока воды в дренажном трубопроводе в зависимости от скорости подачи насадки промывочной ($D = 100 \text{ мм}$, $L = 100 \text{ м}$, $i = 0,003$, $q = 1,5 \text{ л/с}$)

При движении насадки промывочной назад во время ее извлечения из дренажного трубопровода поток воды, истекающий из коллектора, возрастает. Это происходит за счет суммирования объемов воды, уже находящейся в трубопроводе и подаваемых насадкой.

Рассмотрим второй этап очистки дренажных трубопроводов при обратном продвижении насадки промывочной – к устью. В этот момент трубопровод будет частично заполнен водой, вытекающей из насадки при ее прямом прохождении.

При перемещении насадки назад на некоторое расстояние ℓ со скоростью V_n в трубопровод из нее поступит некоторый объем воды (U_n). В то же время из трубопровода вытечет часть воды объемом U_c , а уровень воды в трубопроводе повысится. При этом должен соблюдаться баланс объемов воды, участвующих в этом процессе, то есть должно выполняться равенство:

$$U_{\text{тк}} = U_{\text{тн}} + U_n - U_c, \quad (6)$$

где $U_{\text{тк}}$ – конечный объем воды в трубопроводе, м^3 ;

$U_{\text{тн}}$ – начальный объем воды в трубопроводе, м^3 ;

U_n – объем воды, поступивший из насадки, м^3 ;

U_c – объем стока, м^3 .

Начальный объем воды в трубопроводе и расход воды из него зависят от параметров режима подачи насадки в трубопровод и могут быть определены на основании расчетов, приведенных выше, а объем воды, поступивший из насадки, – по формуле (2). Расход воды из трубопровода во время движения насадки меняется, вместе с этим меняется и высота потока. Конечный объем воды в трубопроводе можно определить по следующей зависимости:

$$U_{\text{тк}} = S_k(L - \ell), \quad (7)$$

где S_k – площадь потока конечная, м^2 ;

L – длина трубопровода, м ;

ℓ – длина участка перемещения насадки, м .

Объем стока из трубопровода за относительно небольшой промежуток времени с некоторым допущением можно рассчитать по формуле:

$$U_c = \frac{(Q_n + Q_k)t}{2}, \quad (8)$$

где Q_n – расход воды из трубопровода в начале участка перемещения, $\text{м}^3/\text{с}$;

Q_k – расход воды из трубопровода в конце участка перемещения, $\text{м}^3/\text{с}$;

t – время движения насадки, которое можно представить как $t = \ell / V_n$, с .

На основании приведенных зависимостей и расчета характеристик потока, истекающего из дренажного трубопровода при гидродинамическом способе очистки [2], можно определить начальные и конечные параметры потока воды в дренажном трубопроводе при перемещении насадки на некоторое расстояние ℓ и время перемещения t . Подставив в формулу (6) выражения (2), (7), (8), получим:

$$S_k(L - V_H \cdot t) = U_{TH} + q \cdot t - \frac{(Q_H + Q_K)t}{2} \quad (9)$$

Следовательно, можно определить время и расстояние перемещения насадки промывочной:

$$t = \frac{U_H - S_k L}{\frac{Q_H + Q_K}{2} - S_k V_H - q}, \quad (10)$$

$$\ell = V_H \cdot t. \quad (11)$$

Таким образом, можно рассчитать все гидравлические параметры потока в конце участка перемещения ℓ .

В качестве примера рассмотрим расчет параметров потока для коллектора с $D = 100$ мм, $L = 100$ м, $i = 0,003$. Из него со скоростью $V_H = 0,3$ м/с извлекается насадка промывочная с расходом $q = 1,5$ л/с. Наружный диаметр промывочного рукава равен $d = 28$ мм. Предположим, что высота воды в трубопроводе в начальный момент составляет $h = 48,3$ мм, что соответствует вышеприведенным данным расчета для прямого хода насадки со скоростью 0,3 м/с. При этом начальный объем воды в трубопроводе составит $U_H = S_{пн} \times L = 31,4/10^4 \times 100 = 0,314$ м³, где $S_{пн}$ – площадь поперечного сечения потока начальная, расход $Q_H = 0,56$ л/с, скорость потока $V_H = 0,18$ м/с.

Рассчитаем параметры потока при достижении высоты воды в трубопроводе $h = 55$ мм. Используя методику расчета характеристик потока, истекающего из дренажного трубо-

провода при гидродинамическом способе очистки [2], определим площадь поперечного сечения потока, его расход и скорость: $S_{пк} = 3,84 \times 10^{-3}$ м², $Q_K = 0,74$ л/с, $V_K = 0,20$ м/с. Время перемещения насадки при этом устанавливается согласно (10): $t = 33,7$ с, расстояние перемещения – по (11): $\ell = 10,1$ м.

Таким образом, можно определить параметры потока воды в дренажном трубопроводе при извлечении насадки в любой момент времени.

Рассмотрим, как меняется расход воды, истекающей из дренажного трубопровода с уклоном 0,003 при извлечении из него насадки с расходом воды из нее 1,5 л/с при наружном диаметре промывочного рукава 28 мм, диаметрах дренажного трубопровода 75, 100, 125 мм, длине дренажного трубопровода 100 и 200 м, скорости движения насадки 0,3; 0,5; 0,7 м/с.

Результаты расчета представлены на рис. 6–8, где графики характеризуют изменение расхода из дренажного трубопровода до момента его полного заполнения. Скорость потока воды при этом изменяется незначительно и составляет для трубопровода $D = 75$ мм – 0,17–0,18 м/с; $D = 100$ мм – 0,18–0,24 м/с; $D = 125$ мм – 0,2–0,29 м/с.

Анализируя полученные данные, можно отметить, что нарастание расхода воды из дренажного трубопровода в зависимости от расстояния перемещения и при различных скоростях извлечения насадки происходит практически одинаково. Некоторое снижение расхода воды перед полным заполнением сечения коллектора объясняется высоким ростом в этот момент длины смоченного периметра потока и, соответственно, сопротивления его движению.

При достижении полного заполнения трубопровода водой скорость потока возрастет до скорости движения насадки. Значения расхода потока воды из дренажного трубопровода в данном случае приведены в табл. 3.

Таблица 3. Расход потока воды из дренажного трубопровода при извлечении насадки после его полного заполнения, л/с

Скорость насадки, м/с	Диаметр дренажного трубопровода, мм		
	75	100	125
0,3	1,2	2,4	3,6
0,5	2,0	4,0	6,0
0,7	2,8	5,6	8,4

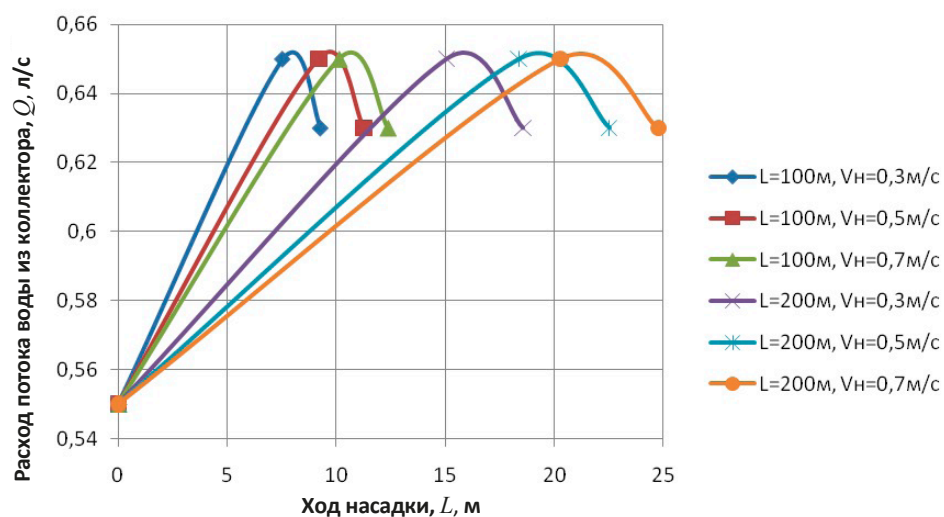


Рис. 6. Расход воды из коллектора $D = 75$ мм при извлечении насадки и начальном расходе 0,55 л/с

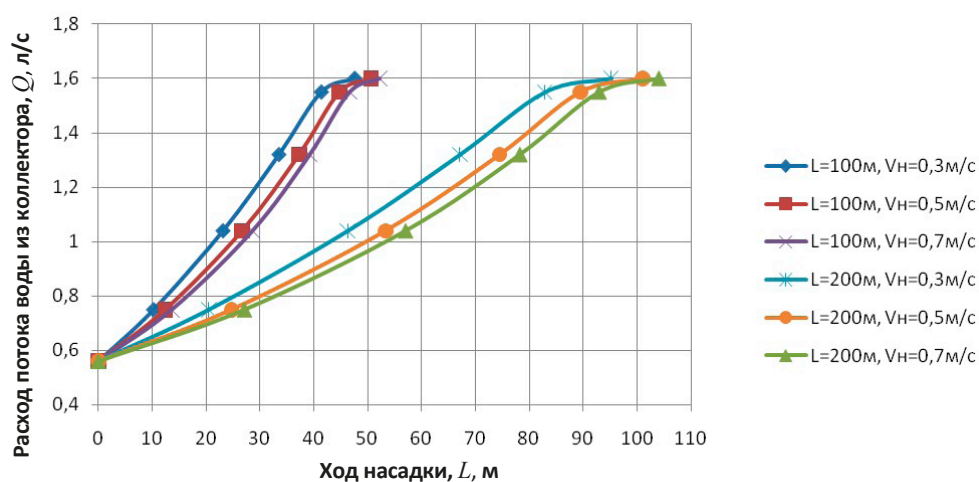


Рис. 7. Расход воды из коллектора $D = 100$ мм при извлечении насадки и начальном расходе 0,55 л/с

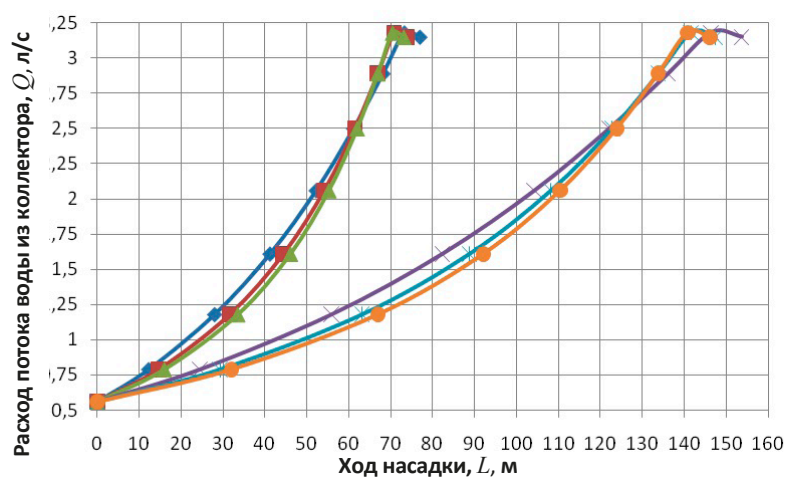


Рис. 8. Расход воды из коллектора $D = 125$ мм при извлечении насадки и начальном расходе 0,55 л/с

Результаты исследования показывают, что при движении насадки вперед расход воды из дренажного трубопровода намного меньше расхода воды из насадки. Скорость потока при этом относительно низкая, поэтому на данном этапе эффективность очистки невысока. При извлечении насадки из дренажного трубопровода расход и скорость потока значительно

возрастают и достигают наибольших значений при полном заполнении сечения дренажного трубопровода. В этот момент происходит наиболее интенсивный вынос отложений.

Использование предложенной методики расчета позволяет определить оптимальные параметры процесса очистки при различных исходных условиях

Выводы

1. Определены гидравлические параметры потока воды в дренажном трубопроводе при гидродинамическом способе очистки при прямом и обратном ходе насадки промывочной в зависимости от расхода воды из насадки промывочной, скорости ее движения, диаметра и уклона дренажного трубопровода.

2. При гидродинамическом способе очистки дренажных трубопроводов основной объем стока и, соответственно, объем выноса размытых отложений образуются при обратном ходе насадки промывочной.

3. При промывке дренажных трубопроводов целесообразно устанавливать максимально возможную скорость насадки промывочной при ее прямом прохождении, когда обеспечивается размыв отложений.

4. Приведенные зависимости объемов подачи воды в дренажный трубопровод и ее стока при прямом продвижении насадки промывочной позволяют определить объем оставшейся воды в дренажном трубопроводе, который необходимо учитывать во время ее обратного прохождения при определении объема извлечения размытых отложений.

Библиографический список

1. Погодин, Н. Н. Расчет параметров технологического оборудования, используемого при гидродинамическом способе очистки дренажа / Н. Н. Погодин, А. С. Анженков, В. А. Болбышко // Мелиорация. – 2020. – № 2 (92). – С. 5–11.

2. Погодин, Н. Н. Теоретическое исследование водопрпускной способности дренажных трубопроводов при гидродинамическом способе очистки / Н. Н. Погодин, А. С. Анженков, В. А. Болбышко // Мелиорация. – 2019. – № 3 (98). – С. 11–19.

Поступила 24 ноября 2021 г.

РАДИОПРОНИЦАЕМОСТЬ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ПРИМЕРЕ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ, ПОДСТИЛАЕМЫХ ПЕСКОМ

А. С. Анженков, кандидат технических наук
В. П. Закржевский, старший научный сотрудник
И. О. Мосендз, младший научный сотрудник

РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь

Аннотация

Приведены результаты теоретического и практического определения радиопроницаемости осушенной торфяной почвы и подстилающего песка. Определено, что общие тенденции теоретически рассчитанных и измеренных затуханий радиосигналов совпадают: с ростом частоты увеличивается поглощение радиосигнала. Выявлена нелинейность сложения затухания при переходе типов грунта.

Ключевые слова: радиопроницаемость почв, электрофизические параметры почв, затухание сигнала.

Abstract

A. S. Anzhenkov, V. P. Zakrzhevsky, I. O. Mosendz

RADIO PERMEABILITY OF RECLAIMED LANDS BY THE EXAMPLE OF PEAT SOILS UNDER SAND

The results of the theoretical and practical determination of the radio-permeability of the drained peat soil and underlying sand are presented. It was determined that the general trends of the theoretically calculated and measured attenuation of radio signals coincide: with increasing frequency, the absorption of the radio signal increases. The nonlinearity of the addition of attenuation at the transition of soil types is revealed.

Keywords: radio permeability of soils, electrophysical parameters of soils, signal attenuation.

Введение

Общая площадь мелиорированных земель в Республике Беларусь составляет 2,9 млн га, из них закрытая дренажная сеть обеспечивает проектный водный режим на 2,23 млн га. Суммарная протяженность подземных дренажных трубопроводов составляет 957 тыс. км, в том числе 780 тыс. км – регулирующая дренажная сеть и 177 тыс. км – проводящая коллекторная сеть.

В большинстве своем мелиоративные системы построены в 1970–80-х гг. С течением времени вследствие естественного старения и накопления повреждений сложность и энергоёмкость обслуживания закрытой мелиоративной сети возрастают – вплоть до необходимости реконструкции. Только обладая полной информацией о месте и виде повреждений, можно планировать и проектировать ремонтно-обслуживающие мероприятия минимально необходимого достаточного объема.

В связи с этим особую актуальность приобретают разработка и освоение эффективных диагностических технологий, с помощью кото-

рых возможно без разрушения, своевременно и точно определять места и вид неисправностей труднодоступных элементов мелиоративной сети, таких как подземные коллекторы. При этом только беспроводные устройства (поисковые головки, видеоголовки) позволяют эффективно проводить диагностику с использованием имеющегося на предприятиях мелиоративных систем оборудования: УПД-120, ОД-100.

Обслуживание закрытой мелиоративной сети, от которого напрямую зависит продолжительность ее работы без дорогостоящей реконструкции, требует точного определения местоположения таких элементов, как дренажное устье, поворот коллектора, примыкание дрен, место установки поглощающей колонки и колодца-поглотителя. Маркирование механическими средствами (флажки, вешки, сигнальные столбики) имеет ряд ограничений, связанных с необходимостью повышать коэффициент земельного использования, затрата-

ми на демонтаж и возвращением маркеров при обслуживании систем, сносом сельскохозяйственной техники, смывом в паводки, а также человеческим фактором. Поэтому перспективным способом является размещение подземных радиомаркеров, не влияющих на хозяйственную деятельность.

Для широкого и эффективного применения беспроводных диагностических и маркирующих устройств необходима их минимальная цена при достаточной эффективности (дальность обнаружения, устойчивость к помехам,

малые размеры). Последняя может быть достигнута только при соответствии амплитудно-частотных характеристик излучающих и отражающих устройств состоянию грунтов мелиорированных земель и конструкциям элементов мелиоративных систем.

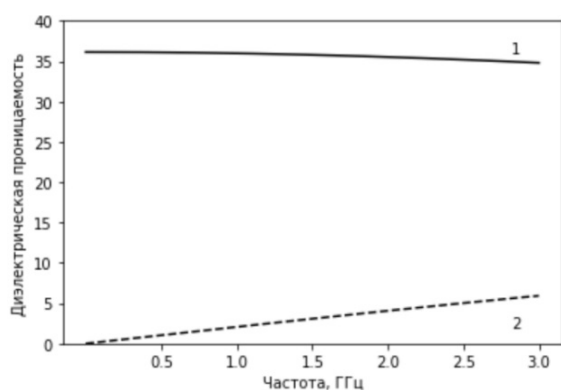
Цель исследования – определение частотных параметров радиопроницаемости мелиорированных земель, их зависимости от факторов окружающей среды и влияния этих факторов на эффективное обнаружение подземных элементов гидротехнических сооружений.

Результаты исследования и их обсуждение

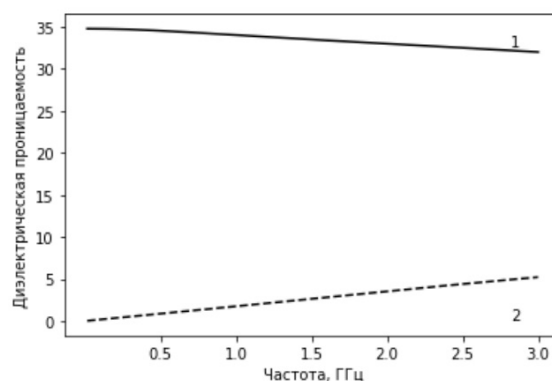
Для определения величины напряженности электрического поля, которое необходимо для проникновения через слой среды, прежде всего необходимо знать электрические параметры: например, диэлектрическую проницаемость исследуемых видов сред земной поверхности. В соответствии с [1] теоретически

рассчитаны комплексные диэлектрические проницаемости (мнимая и действительная части) торфа и оглеенного песка (рис. 1 а, 1 б).

Согласно методике, приведенной в [2, 3], рассчитаны теоретические величины затухания исследуемого сигнала в торфе (рис. 2) и затухание сигнала в оглеенном песке (рис. 3).



а



б

Рис. 1. Комплексная диэлектрическая проницаемость:

а) торфа с объемной влажностью 49 % и температурой 10 °С; б) оглеенного песка с объемной влажностью 38 % и температурой 10 °С; 1 – действительная часть, 2 – мнимая часть

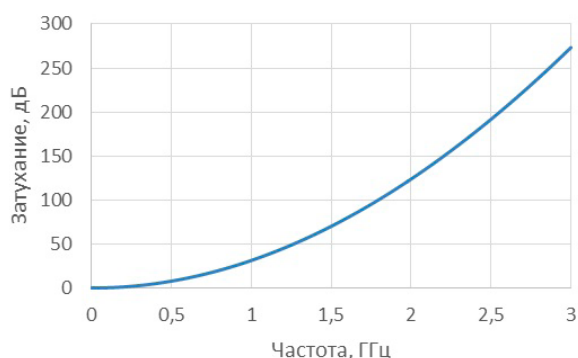


Рис. 2. Рассчитанное затухание сигнала в торфе с объемной влажностью 49 % и температурой 10 °С

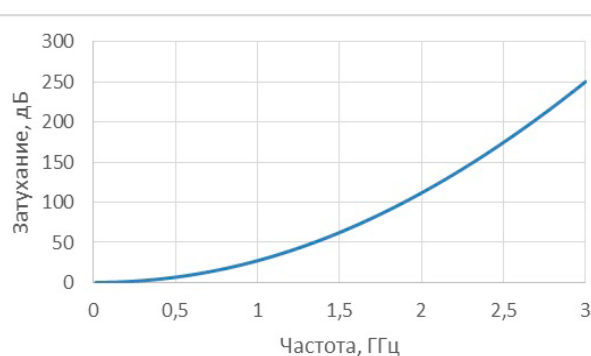


Рис. 3. Рассчитанное затухание сигнала в оглеенном песке с объемной влажностью 38 % и температурой 10 °С

Произведен теоретический расчет суммарного затухания исследуемого сигнала при прохождении его через слой оглеенного песка 0,3 м и слой торфа 0,4 м. Результаты расчета приведены на рис. 4.

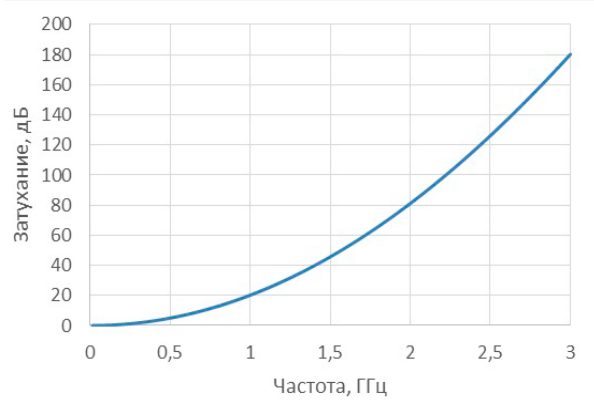


Рис. 4. Рассчитанное суммарное затухания исследуемого сигнала при прохождении его через слой оглеенного песка 30 см и торфа 40 см

С целью суммарного учета всех факторов, влияющих на радиопроницаемость почвогрунтов мелиорированных земель в реальных условиях, проведены практические исследования затухания радиосигнала.

Исследования проводились в полевых условиях на экспериментальном опытном участке РУП «Институт мелиорации». Профиль участка (рис. 5) представлен слоем 40 см низинного торфа (органическое вещество – 70 %, кислотность рН – 5,0, объемная влажность 49 %, температура 10 °С), подстилаемого рыхлым оглеенным песком (объемная влажность 38 %, температура 10 °С).



Рис. 5. Проведение экспериментальных исследований по измерению затухания радиосигнала при прохождении его через почву на земельном участке Института мелиорации

Результаты измеренных уровней затухания сигналов в полевых условиях при прохождении их через слой торфа, оглеенного песка, а также через слой торфа и оглеенного песка с учетом затухания сигнала в свободном пространстве приведены соответственно на рис. 6–8.

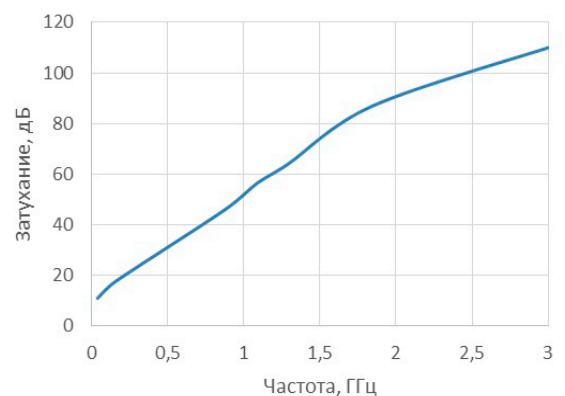


Рис. 6. Измеренный уровень затухания сигнала при прохождении через торф

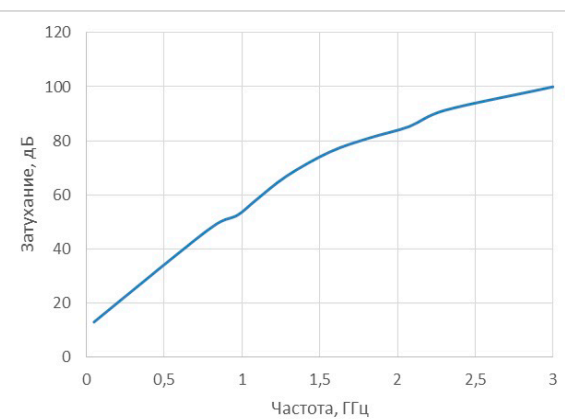


Рис. 7. Измеренный уровень затухания сигнала при прохождении через оглеенный песок

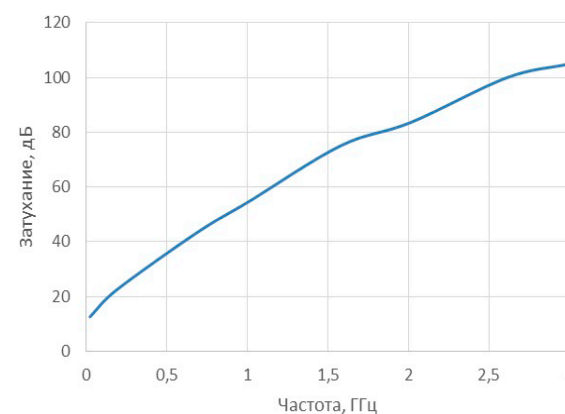


Рис. 8. Измеренный уровень затухания сигнала при прохождении через слой торфа и оглеенного песка

В частности, для комбинации слоев торфа и песка и расположения приемной антенны на поверхности и передающей на глубине 70 см были получены значения затухания ΔP_i в зависимости от частоты f радиосигнала (таблица).

Практические измерения показали снижение радиопроницаемости торфа и песка оглеенного с увеличением частоты сигнала, что соответствует другим исследованиям [1, 4]. На частотах выше 2 ГГц, на расстоянии 70 см затухание сигнала составляет около 90 дБ.

Таблица. Затухание радиосигнала ΔP_i в зависимости от частоты f

№ п/п	f , ГГц	ΔP_i , дБ
1	0,1	17,9
2	0,3	27,5
3	0,5	36,0
4	0,7	43,8
5	0,9	51,1
6	1,1	58,2
7	1,3	65,5
8	1,5	74,2
9	1,7	78,3
10	1,9	81,1
11	2,1	85,7
12	2,3	91,8
13	2,5	97,0
14	2,7	101,6
15	2,9	104,1
16	3,0	104,9

Заключение

Общие тенденции теоретически рассчитанных и измеренных затуханий радиосигналов совпадают: с ростом частоты увеличивается поглощение радиосигнала. Однако на частотах ниже 1,5–2,0 ГГц измеренные потери сигнала значительно превышают теоретические, а на больших частотах они меньше расчетных значений.

Исходя из характеристик распространенных радиоприемных устройств использова-

ние частоты более 2 ГГц нерационально, даже для передачи информационно насыщенных сигналов (видео, телеметрия).

Суммарное измеренное затухание радиосигнала в различных средах (торф, песок) не соответствует арифметической сумме затуханий в отдельно взятых слоях, что требует дополнительных исследований переходных процессов.

Библиографический список

1. Каравайский, А. Ю. Диэлектрические модели минеральных почв, учитывающие фазовые переходы почвенной воды : дис. ... канд. физ.-мат. наук : 01.04.07 / А. Ю. Каравайский. – Красноярск, 2020. – 150 л.
2. Распространение радиоволн / О. И. Яковлев [и др.] ; под ред. О. И. Яковлева. – М. : Ленанд, 2009. – 496 с.
3. Гололобов, Д. В. Основы радиофизики, распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства : пособие / Д. В. Гололобов, В. Б. Кирильчук. – Минск : БГУИР, 2013. – 61 с.
4. Исимару, А. Распространение и рассеяние волн в случайных средах / А. Исимару ; пер. с англ. – М. : Мир, 1981. – 317 с.

Поступила 15 ноября 2021 г.

СРАВНЕНИЕ СПОСОБОВ ВЫЧИСЛЕНИЯ ОБЪЕМА КОТЛОВАНА ПОД ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

В. И. Селезнев, кандидат технических наук
И. Ч. Казмирук, кандидат технических наук
А. А. Левицкий, студент

Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь

Аннотация

Проанализирована относительная погрешность способов вычисления геометрического объема котлована по известным формулам и предложен не применявшийся ранее способ расчета объема котлована по координатам его вершин (автор – А. А. Левицкий). Удельный вес земляных работ в гидротехническом строительстве составляет более 20 % по трудоемкости и около 15 % по стоимости, поэтому важным является определение точного геометрического объема. За истинное значение при определении относительной погрешности расчетных формул был принят объем котлована, рассчитанный с помощью программы САПР AutoCAD.

Ключевые слова: земляные работы, объем котлована, относительная погрешность, растительный грунт, формула Симпсона.

Abstract

V. I. Seleznev, I. Ch. Kazmiruk, A. A. Levitsky

COMPARISON OF METHODS FOR CALCULATING THE VOLUME OF A DITCH FOR HYDROTECHNICAL STRUCTURES

The relative error of the methods for calculating the geometric volume of the ditch according to the known formulas is analyzed and an algorithm for calculating the pit by the coordinates of its vertices is proposed (author – A. A. Levitsky). The proportion of earthworks in hydrotechnical engineering is more than 20 % in terms of labor intensity and about 15 % in terms of cost; therefore, it is important to determine the exact geometric volume. The volume of the pit, calculated using the CAD program AutoCAD, was taken as the true value in determining the relative error of the calculation formulas.

Keywords: earthworks, ditch volume, relative error, vegetative soil, Simpson's formula.

Введение

При строительстве гидротехнических сооружений (ГТС) земляные работы выполняются в сложных топографических, геологических, гидрогеологических условиях. Земляные работы по устройству котлована включают снятие растительного слоя, разработку котлована, перемещение грунта в кавальеры, подчистку дна, обратную засыпку пазух и уплотнение. При строительстве крупных ГТС отклонения результата расчета объема земляных работ на стадии проекта организации строительства (ПОС) от фактических объемов могут быть весьма значительными. Помимо определения непосредственно объемов под котлован, выполняют также расчеты объема въездных траншей, уширения для разворота транспорта и другие, без которых невозможно строительство ГТС.

Объемы земляных работ на стадии проектирования определяют по расчетным формулам и чертежам, а при устройстве котлована – по фактическому объему разработанного грунта. Подсчет объема котлована можно свести к расчету объемов различных геометрических фигур, определяющих форму будущего земляного сооружения, объемы которых затем суммируются, но этот процесс более трудоемкий. Но при сложных формах поперечного сечения котлована (полигональное поперечное сечение, наличие берм на откосах, асимметричность котлована из-за стесненных условий городских территорий) разбивка на ряд более простых геометрических тел может стать предпочтительным вариантом нахождения общего геометрического объема. Полученные значе-

ния используют для составления баланса земляных масс. Точность в определении объема необходима для подбора машин и механизмов, определения сметной стоимости земляных работ, величины оплаты труда рабочих, инженерно-технических работников и проч.

Исходя из данных инженерных изысканий определяется толщина растительного слоя грунта и группа грунта по сложности разработки. От вида и состояния грунтов (мерзлые, водонасыщенные и т. п.) в месте устройства котлована зависят методы производства работ, которые обусловлены сложностью и трудоемкостью процесса разработки.

Результаты исследования и их обсуждение

Временные выемки и насыпи, получаемые при разработке и перемещении грунта, являются земляными сооружениями. Их геометрические размеры в значительной степени зависят от рельефа местности. Котлован по завершении работ нулевого цикла ГТС засыпается.

Следует учитывать, что расчет объемов земляных работ производят при плотности есте-

Котлован на предварительно не спланированной территории представляет собой сложную геометрическую фигуру. По своей форме он близок к опрокинутой усеченной четырехгранной пирамиде и правильному призматиду с боковыми сторонами в виде трапеций. Обе эти фигуры имеют параллельные горизонтальные основания – верхнее и нижнее. Верхняя часть котлована под ГТС представляет собой наклонную поверхность, не параллельную дну котлована.

Студентом и сотрудниками БНТУ проведен сравнительный анализ расчетных формул и определена их точность.

ственного сложения грунтов (геометрический объем), а при отвозе грунта самосвалами, проектировании отвалов и кавальеров учитывается его первоначальное увеличение на 10–30 % после разработки (строительный объем), которое зависит от вида грунта (табл. 1). Остаточное разрыхление учитывается при нахождении объема подчистки дна котлована.

Таблица 1. Увеличение объема грунта после разработки [1]

Наименование грунта	Первоначальное увеличение объема грунта после разработки, %	Остаточное разрыхление грунта, %
1. Глина ломовая	28–32	6–9
2. Глина мягкая жирная	24–30	4–7
3. Гравийно-галечные грунты	16–20	5–8
4. Лесс мягкий	18–24	3–6
5. Лесс твердый	24–30	4–7
6. Песок	10–15	2–5
7. Растительный грунт	20–25	3–4
8. Суглинок легкий и лессовидный	18–24	3–6
9. Суглинок тяжелый	24–30	5–8
10. Супесь	12–17	3–5
11. Торф	24–30	8–10

Размеры котлована устанавливают исходя из общих размеров сооружения в плане, глубины заложения фундамента, крутизны откосов, а также принятых способов выполнения основных производственных процессов: монтажа сборных или устройство монолитных железобетонных конструкций; доставки

и раскладки конструкций в монтажной зоне, установки опалубки, лесов и подмостей; движения транспорта и т. п. При этом важно учесть схему возведения будущего сооружения, определяющую схему движения кранов и других машин при монтаже сборных или возведении монолитных сооружений.

Схема I (кольцевая) – ведущая, и другие машины, работающие с ней в комплекте (например, кран и транспортные средства), при возведении сооружения перемещаются по берме котлована, не заезжая на его дно. *Схема II* – механизмы движутся по дну котлована за пределами сооружения по его периметру. *Схема III* – механизмы при строительстве сооружения перемещаются непосредственно по днищу бетонного сооружения. *Схема IV* предусматривает монтаж сооружения одновременно двумя параллельно работающими кранами, при котором конструкции крайних стен и примыкающего пролета сооружения монтируются первым краном с передвижением его и транспортных средств по берме котлована, а конструкции внутри сооружения – вторым краном, движущимся по днищу сооружения. Размеры котлована в плане зависят от вы-

бранной схемы возведения сооружения, при этом они должны быть достаточными для размещения сооружений, проезда техники по дну выемки, а также раскладки конструкций по фронту работ [2].

Для безопасного ведения работ в котловане требуется установить крутизну откосов выемки, зависящей от глубины котлована и вида грунта [3]. Откосы могут быть вертикальные (с креплением) или наклонные (без крепления). Крутизна откоса показывает соотношение сторон при прямом угле условного треугольника, где высота прямоугольного треугольника (первый катет) принимается равной 1, а прилегающая (горизонтальная) сторона треугольника (второй катет) – mh , то есть крутизна откоса – $1 : m$ (табл. 2). Коэффициент заложения откоса – горизонтальная проекция наклонной линии – mh , где h – высота котлована (рис. 1) [4].

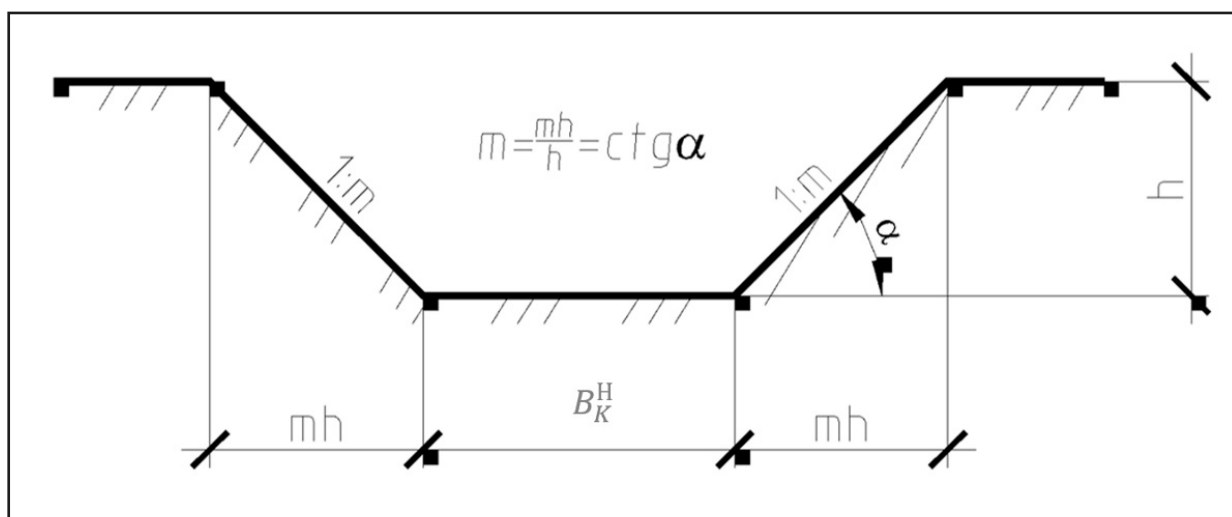


Рис. 1. Схема к определению крутизны откосов котлована

Таблица 2. Крутизна откосов котлованов в необводненных грунтах [4]

Грунты	Наибольшая крутизна откоса (1 : m) при глубине выемки, м (до)						
	1,5	3	5	6	8	10	14
Насыпные неуплотненные	1 : 0,67	1 : 1	1 : 1,25	1 : 1,25	1 : 1,5	1 : 1,75	1 : 2
Песчаные и гравелистые	1 : 0,5	1 : 1	1 : 1	1 : 1,25	1 : 1,5	1 : 1,75	1 : 2
Супесь	1 : 0,25	1 : 0,67	1 : 0,85	1 : 1	1 : 1,25	1 : 1,5	1 : 1,75
Суглинок	1 : 0	1 : 0,50	1 : 0,75	1 : 0,85	1 : 1	1 : 1,25	1 : 1,5
Тяжелый суглинок, глина	1 : 0	1 : 0,25	1 : 0,5	1 : 0,75	1 : 1	1 : 1,25	1 : 1,5

Расчет объема котлована по классическим формулам

Котлованы под ответственные сооружения (такие как, например, атомная электростанция) устраивают на заранее спланированной территории, придавая площадке строительства одну высотную отметку. Объем котлована в таком случае легко рассчитать по существующим формулам объемных геометрических фигур, поскольку он имеет форму правильного призматоида с боковыми сторонами в виде трапеций. В общем случае при разработке котлована планировка территории не выполняется, а снимается только растительный слой. Цель этого мероприятия двояка: с одной стороны, растительный слой богат гумусом (органика) и требуется его сохранение в экологических целях, поскольку образование гумуса в почве – длительный и до конца не изученный процесс; с другой стороны, растительные остатки в плодородном слое почвы, перегнивая, уменьшают свой объем, следовательно, осадка основания фундамента будет неравномерной и он может дать трещины.

При устройстве котлованов под гидротехнические сооружения планировка поверхности чаще всего не производится, поэтому форма котлована не соответствует фигуре призматоида, поскольку его дно устраивают не параллельно поверхности земли, а горизонтально, придавая незначительный уклон для сбора и отвода ливневых и талых вод. Рассчитывая такой котлован по общепринятым математическим формулам (формуле Симпсона для нахождения объема призматоида, формуле объема опрокинутой усеченной четырехгранной пирамиды или др.), получаем погрешность в определении объема котлована, которая обусловлена в том числе и непараллельностью оснований.

Погрешность расчетных формул завышает объемы земляных работ по сравнению с реальными. При строительстве крупных сооружений эта разница может быть весьма существенна. На основе определения геометрического объема котлована рассчитывается количество строительной техники для его разработки: подбор экскаваторов с автотранспортом к ним для отвоза грунта. Объем кузова автотранспорта принимают с учетом увеличения объема грунта при разработке (см. табл. 1).

Цель работы – определить относительную погрешность формул для расчета геометрического объема котлована. За истинный был принят объем, рассчитанный в программе *Autodesk AutoCAD*. Поскольку *AutoCAD* является специализированной программой и лицензионная его версия имеет значительную стоимость, то не все организации имеют возможность пользоваться ею и определять объемы земляных работ с ее помощью. Кроме того, работа в данной программе подразумевает высокую квалификацию инженера-проектировщика. Геометрический объем котлована на неспланированной территории можно рассчитать по формулам с применением простейших средств вычисления и определить их относительную погрешность. Предложен новый алгоритм расчета, дающий абсолютно точный объем и нулевую относительную погрешность.

Для определения геометрических размеров котлована в зависимости от крутизны откоса рассчитывают параметры котлована по верху. Длина котлована по верху L_K^B определяется по формуле:

$$L_K^B = L_K^H + 2mH_K, \text{ м}, \quad (1)$$

где L_K^H – длина котлована по низу, м;
 m – коэффициент заложения откоса котлована (см. табл. 2);

H_K – глубина котлована, м.

Ширину котлована по верху B_K^B можно вычислить по следующей зависимости:

$$B_K^B = B_K^H + 2mH_K, \text{ м}, \quad (2)$$

где B_K^H – ширина котлована по низу, м.

Объем котлована $V_{\text{кот}}$ с откосами определяется по объему призматоида, который вычисляется по формуле Симпсона:

$$V_{\text{кот}} = \frac{H_K}{6} (F_1 + 4F_{\text{ср}} + F_2), \text{ м}^3, \quad (3)$$

где F_1 – площадь котлована по низу, м^2 ,
 вычисляемая по формуле $F_1 = L_K^H \cdot B_K^H$; (4)

F_2 – площадь котлована по верху, м^2 ,
 определяемая по формуле $F_2 = L_K^B \cdot B_K^B$; (5)
 соответственно $F_{\text{ср}}$ – средняя площадь:

$$F_{\text{ср}} = \frac{F_1 + F_2}{2}. \quad (6)$$

Общий объем грунта разрабатываемого котлована $V_{\text{кот}}$ можно определить, рассчитав объем опрокинутой усеченной пирамиды:

$$V_{\text{кот}} = \frac{H_K}{3} (F_1 + \sqrt{F_1 F_2} + F_2). \quad (7)$$

Б. Ф. Белецким предложена формула расчета объема котлована [5, с. 289]:

$$V_{\text{кот}} = \frac{H_K}{6} (F_1 + F_2 + (B_K^H + B_K^B)(L_K^H + L_K^B)). \quad (8)$$

Объем правильной геометрической фигуры можно найти произведением площади поперечного сечения на длину средней линии в перпендикулярном сечении:

$$V_{\text{кот}} = (B_K^H + mH_K)H_K(L_K^H + mH_K). \quad (9)$$

Объем котлована получим умножением средней линии трапеции S (22) в сечении 1–1 (рис. 2) на сумму площадей трапеции и треугольника в сечении 2–2 (где H_p по рис. 4):

$$V_{\text{кот}} = \left[(B_K^H + mH_p)H_p + \frac{1}{2}(B_K^B + 2mH_p)h \right] \cdot S. \quad (10)$$

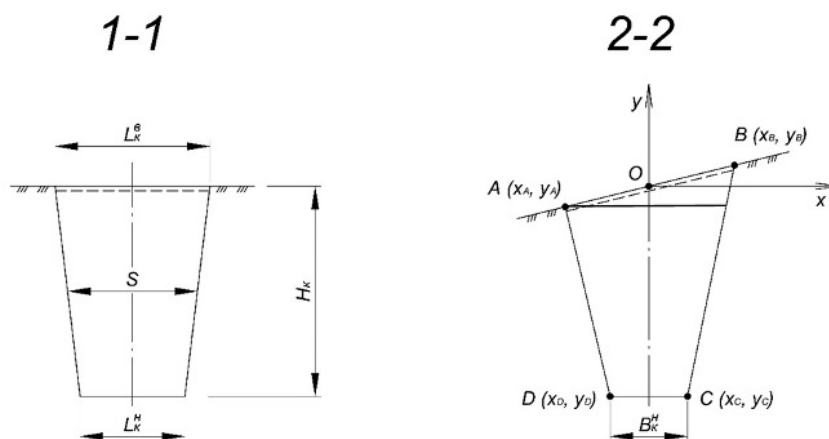


Рис. 2. Схема котлована к расчету его объема по координатам вершин

Для определения координат точек A и B прямые AB , BC и AD представляются уравнениями прямых с угловым коэффициентом, имеющих следующий вид:

$$y = kx + b. \quad (14)$$

С учетом того, что прямая AB проходит через начало системы координат, значение коэффициента b_{AB} будет равно нулю. Угловой коэффициент этой прямой k_{AB} определяется на основании исходных данных и выбранного сечения как отношение разности отметок между выбранными точками по линии AB к расстоянию между этими точками по следующей зависимости:

$$k_{AB} = \frac{|H_1 - H_2|}{L_{1-2}}, \quad (15)$$

где H_1 и H_2 – отметки поверхности земли соответственно первой и второй точек по линии сечения, м;

L_{1-2} – расстояние между выбранными точками по линии сечения, м.

Значение коэффициента k_{AB} будет положительным при наклоне линии AB вправо и отрицательным при наклоне влево.

В соответствии с заданными условиями угловые коэффициенты прямых AD и BC будут равны между собой по модулю и обратно пропорциональны коэффициенту заложения

Расчет объема котлована по координатам его вершин (автор – А. А. Левицкий)

Суть данного алгоритма расчета заключается в определении площадей сечений котлована при нахождении его объема с использованием координат вершин в декартовой системе координат.

На основании исходных данных выбирается сечение, представленное обычно в виде четырехугольника (рис. 2), площадь которого необходимо найти. Далее задается новая декартова система координат с центром в точке O (сечение 2–2, рис. 2). При таком ее расположении координаты точек C и D находятся в соответствии с заданными параметрами котлована по следующим зависимостям:

$$y_D = y_C = -H_K, \quad (11)$$

$$x_C = \frac{B_K^H}{2}, \quad (12)$$

$$x_D = -\frac{B_K^H}{2}. \quad (13)$$

откосов котлована. С учетом их наклона к оси абсцисс в соответствии с рис. 2 угловые коэффициенты этих прямых будут равны:

$$k_{BC} = \frac{1}{m}, \quad (16)$$

$$k_{AD} = -\frac{1}{m}, \quad (17)$$

где m – коэффициент заложения откосов котлована.

Коэффициент b_{AD} прямой AD в таком случае будет равен коэффициенту b_{BC} прямой BC , который можно определить по формуле:

$$b_{AD} = b_{BC} = -\left(H_K + \frac{B_K^H}{2m}\right). \quad (18)$$

Найдя все значения коэффициентов уравнений прямых линий AB , BC и AD , определим координаты точек их пересечения, x_A, y_A, x_B, y_B , решая следующие системы уравнений:

$$\begin{cases} y_A = k_{AB} \cdot x_A \\ y_A = k_{AD} \cdot x_A + b_{AD} \end{cases}, \quad (19)$$

$$\begin{cases} y_B = k_{AB} \cdot x_B \\ y_B = k_{BC} \cdot x_B + b_{BC} \end{cases}. \quad (20)$$

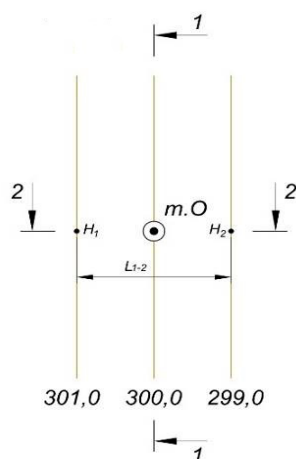


Рис. 3. Исходные данные к примеру расчета

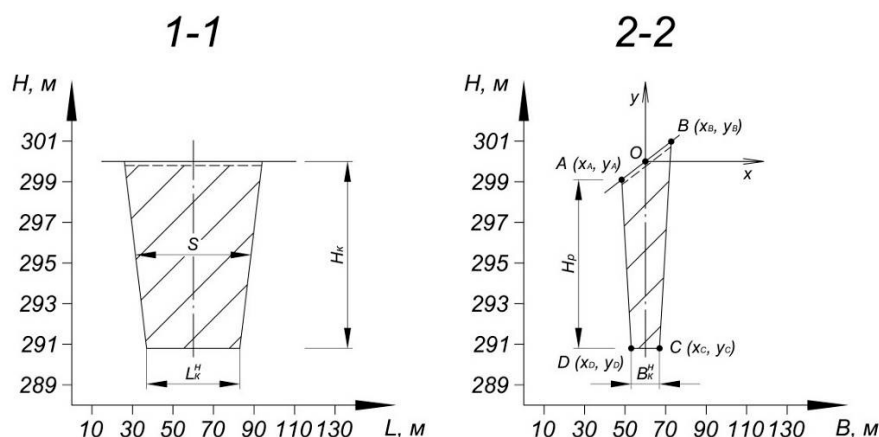


Рис. 4. Разрезы по котловану к примеру расчета (масштаб по оси H 1:100, по оси L 1:1000)

На основании полученных результатов можно определить площадь сечения котлована, используя формулу Гаусса:

$$F = \frac{1}{2} |x_A y_B + x_B y_C + x_C y_D + x_D y_A - y_A x_B - y_B x_C - y_C x_D - y_D x_A|. \quad (21)$$

Для определения объема котлована полученную площадь поперечного сечения необходимо умножить на среднюю линию трапеции продольного сечения S (рис. 2), проходящего по горизонтали, которую можно определить по следующей зависимости:

$$S = L_K^H + m \cdot H_K. \quad (22)$$

Таким образом, объем котлована $V_{\text{кот}}$ можно найти по формуле:

$$V_{\text{кот}} = F \cdot S. \quad (23)$$

В качестве примера рассчитаем объем котлована по формулам (3, 7–10), а также по предложенному алгоритму (11–23) и определим погрешность расчета.

Исходные данные к примеру расчета приведены на рис. 3.

Согласно исходным данным (рис. 3) котлован в плане располагается между горизонталями 301,0 и 299,0 с центром в точке O . Ширина котлована по низу $B_K^H = 14$ м, длина по низу $L_K^H = 46$ м, глубина составляет $H_K = 9,2$ м. В соответствии с данными, полученными в результате бурения инженерно-геологической скважины (рис. 3 справа), грунт в месте расположения котлована представлен растительным слоем, толщина которого равна $t_p = 0,2$ м, и суглинком со вскрытой мощностью 10 м. Разрезы по котловану даны на рис. 4.

При заданных условиях коэффициент заложения откосов котлована принимается равным $m = 1,25$ (табл. 2).

Для нахождения объема снимаемого растительного слоя грунта необходимо в пер-

вую очередь определить длину линии $a = AB$ (рис. 5) по следующей формуле:

$$a = \sqrt{b^2 + h^2}, \quad (24)$$

где h – длина катета прямоугольного треугольника, определяемая разностью высотных отметок точек A и B по оси H ;

b – длина катета прямоугольного треугольника, определяемого по формуле

$$b = B_K^H + 2mH_p + mh, \quad (25)$$

где H_p – расстояние между точками A и D по оси H (или разница отметок высот точек A и D) (рис. 5).

Таким образом, объем снимаемого растительного слоя грунта $V_{p.r.}$ определится как

$$V_{p.r.} = a \cdot t_p \cdot L_K^B. \quad (26)$$

Результаты расчета объема котлована различными способами приведены в табл. 3.

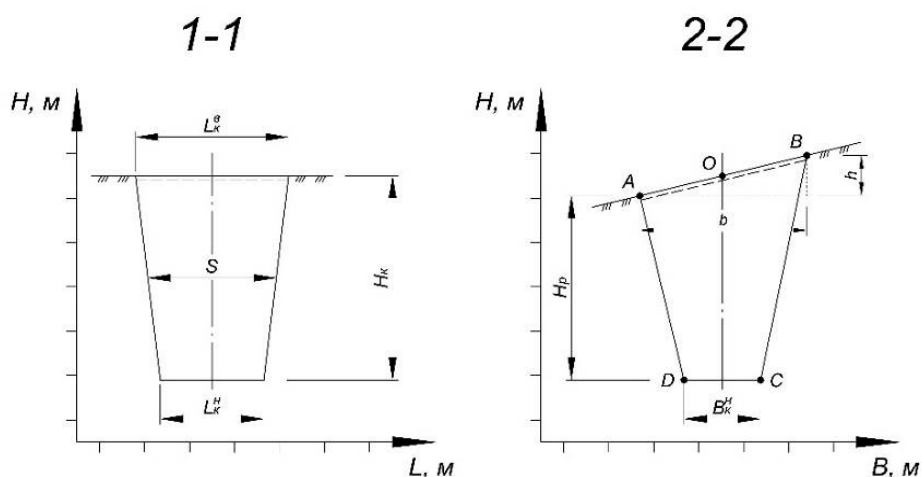


Рис. 5. Схема котлована к расчету объема растительного грунта

Таблица 3. Определение общего объема котлована и относительной погрешности расчетных формул

Способ определения объема котлована	Общий объем котлована, $V_{\text{кот}}, \text{м}^3$	Относительная погрешность, %
С помощью САПР AutoCAD	13611,58	0,00
По формуле (3)	14706,20	8,04
По формуле (7)	13736,33	0,92
По формуле (8)	13895,07	2,08
По формуле (9)	13489,50	0,90
По формуле (10)	13571,83	0,29
По формулам (11–23)	13611,58	0,00

Выводы

Расчет по САПР *AutoCAD* основан на подсчете геометрического объема, который равен реальному объему вынутого грунта. Приняв данный объем за истинный, рассчитали относительную погрешность формул (табл. 3). Проанализировав результаты расчета, можно сделать вывод о высокой точности алгоритма расчета по координатам вершин котлована (автор – А. А. Левицкий). Данный алгоритм

дает нулевую относительную погрешность по формулам (11–23). Наибольшая погрешность в расчете объема котлована получена по формуле Симпсона (3), она составила 8 %. Завышенный объем (2,08 %) наблюдается также по формуле (8). Несущественная относительная погрешность выявлена при расчете по формулам (7), (9) и (10).

Библиографический список

1. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы. ЕНиР. Сб. Е2. Земляные работы : утв. постановлением Госстроя СССР, Госкомтруда СССР и Секретариата ВЦСПС от 5 дек. 1986 г. № 43/512/29-50) (с изм. от 28 сент. 1989 г.; ред. от 18 дек. 1990 г.). – М. : Гос. строит. ком-т СССР, 1989. – Вып. 1. Механизированные и ручные земляные работы. – 193 с.
2. Селезнев, В. И. Строительство емкостных сооружений систем водоснабжения и водоотведения : метод. пособие по выполнению курсового проекта и раздела дипломного проекта по дисциплине «Техника и технология строительно-монтажных работ» для студентов спец-ти 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» / В. И. Селезнев, Г. А. Коревицкий. – Минск : БНТУ, 2010. – 134 с.
3. Правила по охране труда при выполнении строительных работ [Электронный ресурс] : утв. постановлением М-ва труда и соц. защиты Респ. Беларусь и М-ва архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 31 мая 2019 г., № 24/33 // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=W21934304p>. – Дата доступа: 21.11.2021.
4. Селезнев, В. И. Строительство наружных трубопроводов водоснабжения и водоотведения : метод. пособие по выполнению курсового проекта и раздела дипломного проекта по дисциплине «Техника и технология строительно-монтажных работ» для студентов спец-ти 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» / В. И. Селезнев, Г. А. Коревицкий. – Минск : БНТУ, 2012. – 97 с.
5. Белецкий, Б. Ф. Технология и механизация строительного производства : учебник для вузов / Б. Ф. Белецкий. – Ростов н/Д : Феникс, 2003. – 752 с.

Поступила 6 декабря 2021 г.

Луговоеводство и кормопроизводство

УДК (633.31+633.321) : 631.442

ВОЗДЕЛЫВАНИЕ ЛЮЦЕРНЫ ПОСЕВНОЙ И КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО НА МИНЕРАЛЬНОЙ МЕЛИОРИРОВАННОЙ ПОЧВЕ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ

А. Л. Бирюкович, кандидат сельскохозяйственных наук

Л. А. Саскевич, старший научный сотрудник

А. В. Цубленок, младший научный сотрудник

РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь

Аннотация

Усовершенствованы приемы возделывания люцерны посевной и клевера лугового в условиях Белорусского Поозерья: подбор участка, выбор предшественников, обработка почвы, внесение минеральных удобрений и известковых материалов, сроки, способы и нормы посева, уход за посевами.

Ключевые слова: клевер луговой, люцерна посевная, посев, минеральные удобрения, срок скашивания.

Abstract

A. L. Biryukovich, L. A. Saskevich, A. V. Tsublenok

CULTIVATION OF ALFALFA AND MEADOW CLOVER ON THE MINERAL RECLAIMED SOIL OF THE BELARUSIAN POOZERIE

The methods of cultivation of alfalfa and meadow clover in the conditions of the Belarusian Poozerie were improved: site selection, selection of precursors, tillage, application of mineral fertilizers and lime materials, timing, methods and seeding rates, care of crops.

Keywords: meadow clover, alfalfa, sowing, mineral fertilizers, mowing period.

Введение

В Беларуси осуществляется переход крупного рогатого скота на круглогодичное стойловое содержание с силосно-концентратным типом кормления. Основу рационов коров составляет только кукурузный силос, доля которого в рационе коров достигает 50–60 % травяных кормов, однако его обеспеченность протеином невысока (около 50 %). Это один из сдерживающих факторов повышения продуктивности КРС, который ведет к перерасходу кормов (до 30 %) при производстве животноводческой продукции, что увеличивает ее себестоимость. Дефицит протеина можно восполнить за счет многолетних

бобовых трав. Предусматриваемое в Беларуси производство травяных кормов с содержанием белка в среднем 13–14 % и обменной энергии не ниже 9,5 МДж/кг сухого вещества возможно только при расширении площадей бобовых трав и повышении продуктивности [1].

В Белорусском Поозерье осушенные сельхозугодья занимают более 560 тыс. га, из них пашня составляет 71 %. Кроме того, они отличаются сложным почвенным покровом и рельефом, неоднородностью водного режима, поэтому актуальны исследования, касающиеся посева многолетних бобовых трав в данных условиях.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились на базе Витебской опытной мелиоративной станции, на осушенной дерново-глеевой легкосуглинистой почве, подстилаемой мореной с повышенным содержанием фосфора, калия и магния, средним – марганца, меди и цинка. Содержание

гумуса 1,8–1,9 %, pH ~ 6,0. Объект исследований – травостой люцерны посевной и клевера лугового.

В Витебской обл., которая составляет большую часть Поозерья, суглинки на пашне занимают 52,1 %. Там имеются большие площади эро-

дированных, завалуненных пахотных земель, а их мелкоконтурность осложняет сельхозработы.

Агротехника возделывания многолетних бобовых трав состоит из следующих элементов.

Для люцерны пригодны агродерново-карбонатные, агродерновые, агродерново-подзолистые, агроаллювиальные дерновые легко- и среднесуглистые почвы различного подстилаения; связносупесчаные, подстилаемые суглинком с $pH_{KCl} = 6,01-7,50$, содержанием P_2O_5 и $K_2O > 220$ мг/кг и гумуса $> 2,2$ %. Причем на указанных типах почв к пригодным для люцерны относятся также связносупесчаные, подстилаемые песком, рыхло- и связнопесчаные, подстилаемые суглинками [2]. Наиболее пригодные и пригодные почвы в составе пашни Витебской

области составляют 58,6 %. По гранулометрическому составу это легкосуглинистые почвы и супеси, подстилаемые мореной, содержащие не менее 1,5 % гумуса, $P_2O_5 > 150$ мг/кг и $K_2O \sim 160-200$ мг/кг почвы.

За 12–14 дней до зяблевой вспашки необходимо внести глифосатсодержащие препараты (4–6 л/га), а после зерновых культур провести лущение стерни. Перед весенним посевом применяют комбинированные агрегаты.

При посеве люцерны под покров культур, идущих по непропашным предшественникам, под зяблевую вспашку вносят 40–50 т/га навоза. Известкование проводят осенью [3], а дозу извести рассчитывают с учетом pH почвы (табл. 1).

Таблица 1. Нормативы расхода $CaCO_3$ для сдвига реакции почвенной среды на 0,1 pH на дерново-подзолистых почвах [3]

Гранулометрический состав	Исходная величина pH	Сдвиг pH от 1 т CaCO ₃	Расход CaCO ₃ для сдвига pH, т/га	
			на 0,1 ед.	до оптимума
Суглинистые и глинистые	оптимальный pH = 6,0–6,7			
	4,5 и ниже	0,13	0,75	15,0
	4,51–5,0	0,11	0,87	13,0
	5,01–5,5	0,09	1,10	11,0
	5,51–6,0	0,07	1,38	7,0
Супесчаные	оптимальный pH = 5,8–6,2			
	4,5 и ниже	0,15	0,68	11,5
	4,51–5,0	0,13	0,79	9,5
	5,01-5,5	0,10	1,00	7,0
	5,51–6,0	0,08	1,28	4,0

Дозы удобрений рассчитывают с учетом содержания макроэлементов в почве и планируемой урожайности (табл. 2). Так, внесение $P_{60}K_{120}$ и $P_{60}K_{180}$ обеспечило урожайность люцерны с кострецом безостым 9-го года жизни 92,1 и 105,5 ц/га сухой массы соответственно, что на 54 и 76 % больше, чем при P_0K_0 . При внесении этих доз на люцерне 3-го г. ж. прибавка урожайности составила 12–16 %.

Качество урожая во многом определяется ботаническим составом травостоя. Так, при P_0K_0 доля люцерны в смеси с кострецом была 14–19 %, что в несколько раз меньше, чем при внесении $P_{60}K_{120}$. Поэтому в старовозрастных травостоях люцерну от выпадения можно сохранить внесением РК-удобрений. На связных почвах калий можно вносить осенью, а на легких – только весной. Фосфор вносят весной одновременно с посевом.

При планировании доз удобрений надо учитывать, что 1 т сена люцерны выносит

$N_{27,3}P_{5,8}K_{23,7}$, а клевера – $N_{21,4}P_{4,8}K_{25,2}$ (дозы удобрений под эти травы на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах приведены в табл. 2). При расчете доз калийных удобрений надо учитывать, что содержание K в массе не должно превышать 3 %. Так, без удобрений содержание K составило 2,94 %, при $P_{60}K_{120}$ – 3,36 и $P_{60}K_{180}$ – 3,39 %. На осушенном участке содержание K в клевере было выше, чем на неосушенном. При внесении $P_{60}K_{120}$ на осушенном участке содержание калия в клевере составило 3,39 %, а на неосушенном – 2,85 %. Соотношение $\frac{K}{Ca + Mg}$ в массе клевера с увеличением влагообеспеченности расширялось (рис. 1).

Содержание K в массе люцерны не зависело от внесения калийных удобрений (рис. 2). Содержание калия в костреце было высоким, однако и у люцерны, и у костреца его увеличение от повышения доз калийных удобрений было примерно одинаковым: в 1,1–1,2 раза.

Таблица 2. Дозы фосфорных и калийных удобрений в зависимости от планируемой урожайности, кг/га д. в. [4]

Планируемая урожайность, т/га	Дозы фосфорных удобрений				
	содержание P_2O_5 в почве, мг/кг				
	<100	101–150	151–200	201–300	301–400
4,0–6,0	70–100	60–80	50–70	40–50	–
6,1–8,0	–	–	70–90	50–60	20–30
8,1–10,0	–	–	–	60–70	30–40
Планируемая урожайность, т/га	Дозы калийных удобрений				
	содержание K_2O в почве, мг/кг				
	<80	81–140	141–200	201–300	301–400
4,0–6,0	120–150	110–140	100–120	70–100	30–40
6,1–8,0	–	–	120–140	100–120	40–50
8,1–10,0	–	–	–	120–140	50–60

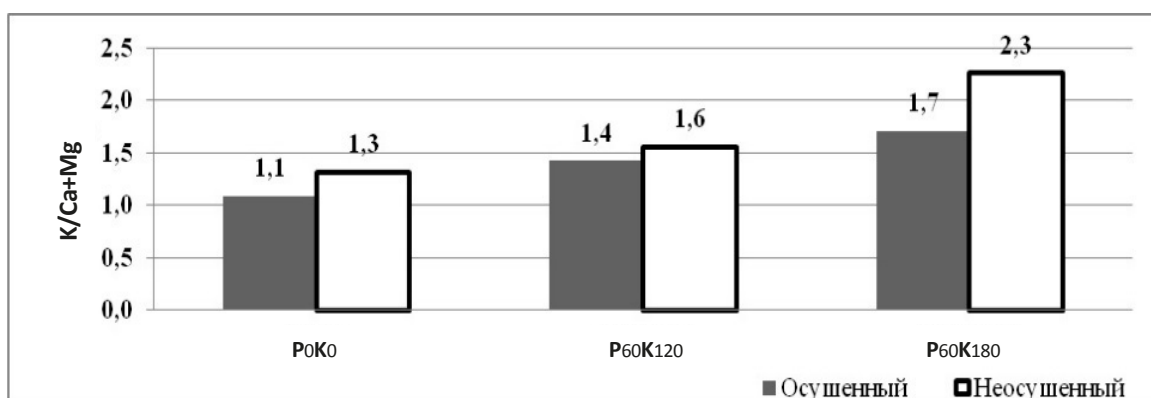
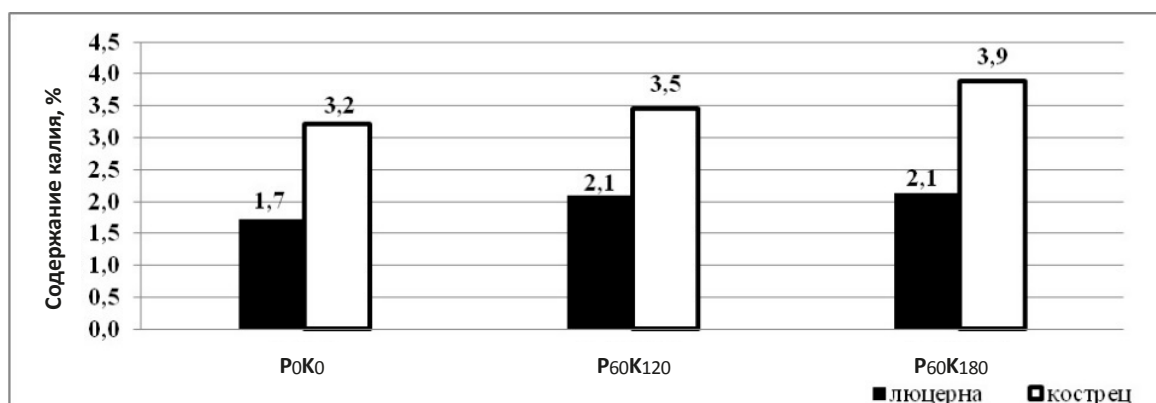
Рис. 1. Изменение соотношения $\frac{K}{Ca+Mg}$ в клевере луговом в зависимости от доз удобрений и условий увлажнения

Рис. 2. Содержание калия в массе компонентов травостоя из люцерны с кострецом безостым 8-го г. ж., %

Усвоение калия злаковыми травами зависит от интенсивности вида: кострец безостый (интенсивный вид) накапливал его в зеленой массе в 1,7–2,1 раза больше, чем тимopheевка луговая.

При засоренности пыреем или двудольными сорняками после уборки предшествующей культуры поле опрыскивают глифосатсодержащими гербицидами, через 15–20 дней проводят вспашку на глубину пахотного слоя, а еще через 10–14 дней – культивацию на глубину 10–12 см.

Весновспашка допустима при летних беспокровных сроках сева. Затем проводят культивацию на глубину 8–10 см и перед посевом – на глубину заделки семян. При засоренности посева его обрабатывают гербицидами Пульсар, 0,75 л/га или Пивот, 0,5–1 л/га.

Протравливание семян проводят не позднее чем за две недели до посева. Одновременно семена обрабатывают микроэлементами (молибденом, 20 г/ц д. в.) или проводят некорневую подкормку (50 г /га д. в.). На почвах с высоким pH эффективен бор 20–30 г/ц семян и 50 г/га д. в. Можно использовать комплексное удобрение марки Г 6-21-32 – 0,16 % (В) – 0,09 % (Мо).

Люцерну и клевер высевают беспокровно или под покров сортов ячменя или однолетних трав. Норму посева покровной культуры уменьшают на 30–40 %, а дозу азота – до 30–60 кг/га. Если урожайность зерновых планируется более 30 ц/га, то бобовые травы лучше подсеивать под однолетние культуры на зеленую массу. При посеве под озимую рожь используют короткостебельные сорта. Лучшие покровные культуры для клевера – раннеспелые и среднеспелые короткостебельные, устойчивые к полеганию сорта ячменя. Люцерну сеют без покрова или беспокровно после уборки озимой ржи на зеленый корм.

Нельзя допускать разрыва между посевом яровой покровной культуры и люцерны. Ее высевают рядовым способом с междурядьем 10–15 см поперек или по диагонали рядков покровной культуры. Глубина заделки семян на суглинистых почвах 1,0–1,5 см, на супесчаных 1,5–2,0 см. В течение 1–15 июня люцерну и клевер высевают только беспокровно. В этом случае растения успеют сформировать

7–10 тройчатых листочков, необходимых для нормальной перезимовки.

Норма посева люцерны на кормовые цели весной на равнинных участках составляет 5 млн/га всхожих семян (10 кг/га при 100%-й посевной годности и массе 1000 семян – 2 г); при летнем посеве – 12 кг/га, на склоновых землях – 14 кг/га. При выращивании в Поозерье люцерны с кострцом безостым ее норму уменьшают на 25–30 %, а если ее высевают с клевером луговым, то его норма посева составляет 3–4 кг/га.

Норма посева клевера лугового в одновидовом посеве – 4 млн шт./га, что соответствует 8 кг/га диплоидного или 10 кг/га тетраплоидного клевера. В двойных травосмесях норма каждого компонента берется с коэффициентом 0,5–0,6 от нормы в одновидовом посеве. Целесообразно выращивать 2–3 сорта клевера: 50 % раннеспелого (Працаўнік и др.), 25–30 % среднеспелого (Витебчанин) и позднеспелого (Мерея). Если планируется использовать посев более 2 лет, то высевают сорта тетраплоидной группы – Янтарный, Устойливы и др.

Уход за посевами трав начинается с химпрополки в год посева, так как у бобовых видов медленный первоначальный рост и на ранних этапах они не в состоянии конкурировать с сорняками. Выбор гербицида зависит от видового состава сорняков и фазы развития культуры (табл. 3).

Клевер луговой, подсеянный под однолетние травы, гербицидами не пропалывают. Покровные однолетние смеси или райграс однолетний с подсевом клевера подкашивают 2 раза: через 30–35 дней после посева и еще через 35–40 дней. При полегании покровной культуры ее скашивают и массу убирают в течение 3 дней, чтобы исключить гибель подсеянных трав. После уборки покрова ослабленные бобовые травы подкармливают $P_{30-45}K_{40-50}$.

Переросший травостой обязательно подкашивают на уровне стерни покровных культур не позднее чем за 30 дней до прекращения вегетации. Корневая шейка (коронка) люцерны очень чувствительна к давлению ходовыми частями машин и буксованию колес, поэтому следует избегать резких поворотов при скашивании.

Таблица 3. Гербициды для клевера лугового и люцерны, разрешенные к применению в 2021 г. [5]

Гербицид	Культура	Доза, л/га	Сорняк	Время обработки, ограничения
Глифос Премиум, ВР (изопропиламинная соль-N-(фосфонометил) глицина, 607 г/л или глифосата кислоты, 450 г/л)	люцерна	0,6–0,8	повилика тонкостебельная	опрыскивание через 7–10 дней после укоса
Фрейсорн, ВР (глифосата кислоты, 360 г/л)				
Торнадо, ВР (глифосат, 360 г/л)				
Фюзилад Форте, КЭ (флуазфоп-П-бутил, 150 г/л)	клевер на семена	0,75–2,0	однолетние и многолетние злаковые	опрыскивание через 3–4 недели после уборки покровной культуры или ранневесеннего подкашивания травостоя в фазу 2–4 листьев у однолетних сорняков и при высоте пырея 10–15 см.
Хвостокс 750, ВР (МЦПА кислоты, 750 г/л)	люцерна	0,6	однолетние двудольные	опрыскивание в фазу 1–2 настоящих листьев и в фазу кущения ячменя
	клевер	0,6–1,0		
2М-4Х 750, в. р. (МЦПА кислоты, 750 г/л)	клевер	0,6–1,0		опрыскивание в фазу 1–2 тройчатых листьев клевера и в фазу кущения ячменя
Кортик, ВР (МЦПА кислоты, 300 г/л)	клевер под ячмень	0,9–1,2		в фазу 1–2 тройчатых листьев клевера (кущение ячменя)
Агроксон, ВР (МЦПА, 750 г/л)	яровые и озимые с подсевом клевера	0,6–1,0	однолетние двудольные	опрыскивание с фазы 1–2 тройчатых листьев культуры
	клевер	0,75–1,0		опрыскивание с фазы 1–2 тройчатых листьев культуры
Агритокс, в. к. (МЦПА, 500 г/л (смесь диметиламинной, калиевой и натриевой солей))	клевер под покров ячменя	0,8–1,2	однолетние двудольные	опрыскивание в фазу 1–2 тройчатых листьев клевера (в фазу кущения ячменя)
Зонтран, ККР (метрибузин, 250 г/л)	люцерна на семена	1,0–1,5	однолетние двудольные и злаковые	опрыскивание при высоте люцерны 10–15 см
Тапир, ВК (имазетапир, 100 г/л)	клевер луговой в год посева без покрова	0,75–1,0	однолетние двудольные и злаковые	опрыскивание почвы до всходов или в фазу 1–2 тройчатых листьев клевера в ранние фазы роста сорняков
Родимич, ВР (имазамокс, 40 г/л)	люцерна	1,0	однолетние злаковые, однолетние и некоторые многолетние двудольные	опрыскивание в фазу 1–4 тройчатых листьев культуры в ранние фазы роста сорняков
Пульсар, ВР (имазамокс, 40 г/л)	клевер в год посева без покрова	0,75–1,0	однолетние двудольные и злаковые	опрыскивание почвы после посева до всходов культуры или в фазу 1–2 тройчатых листьев культуры в ранние фазы роста сорняков
	люцерна	1,0	однолетние двудольные	опрыскивание в фазу 1–4 тройчатых листьев культуры в ранние фазы роста сорняков

Окончание табл. 3

Базагран М, ВР (бентазон, 250 г/л + МЦПА, 125 г/л)	ячмень с подсевом клевера	2,5–3,0	однолетние двудольные	опрыскивание после развития первого тройчатого листа клевера (в фазу кущения зерновых) и в период весеннего отрастания до начала стеблевания культуры (высота 10–15 см)
Базагран, ВР (бентазон, 480 г/л)	зерновые с подсевом клевера	2,0–4,0	однолетние двудольные	опрыскивание посевов в фазу 1–2 настоящих листьев культуры (фаза кущения ячменя)
	зерновые с подсевом люцерны	2,0		
Бунт, ВР (бентазон, 480 г/л)	ячмень с подсевом клевера	2,0–4,0	однолетние двудольные	опрыскивание посевов в фазу 1–2 настоящих листьев люцерны (фаза кущения ячменя)
	ячмень с подсевом-люцерны	2,0		

Уборку многолетних трав начинают в оптимальную фазу: трубкования злаков и бутонизации – начала цветения бобовых. Для оценки корма существуют градации качественных показателей (табл. 4).

Данные по питательности корма позволяют провести расчет его потребности в натуральном выражении. Питательная ценность зеленых и приготовленных кормов приведена в табл. 5.

Основные способы оптимизации технологических приемов возделывания кормовых культур связаны с выполнением требований технологических регламентов возделывания кормовых культур, утвержденных Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь (табл. 6, 7).

Таблица 4. Питательность 1 кг кормов с учетом класса качества [6]

Класс	Силос				Сенаж	
	из многолетних трав		из кукурузы		из многолетних трав	
	к. ед.	сырой протеин, г	к. ед.	сырой протеин, г	к. ед.	сырой протеин, г
1	0,24	35	0,26	25	0,33	60
2	0,22	30	0,23	22	0,27	50
3	0,18	25	0,20	19	0,20	40
Некласный	0,15	20	0,16	15	0,14	35

Таблица 5. Питательная ценность кормов в 1 кг натуральной массы, к. ед. [7]

Зеленая масса	К. ед. в кг	Вид корма	К. ед. в кг
Ежа сборная	0,20	сено	0,48
Клевер луговой	0,20	сенаж	0,28
Люцерна посевная	0,19	сенаж клеверный	0,38
Тимофеевка луговая	0,20	силос	0,19
Озимая рожь на зеленый корм	0,19	силос кукурузный	0,19
Пастбище	0,24	корнеплоды	0,13
Кукуруза молочно-восковой спелости	0,29	картофель	0,30
Клевер ползучий	0,16	комбикорм	1,00
Райграс пастбищный	0,18	травяная мука	0,64
Бобово-злаковое пастбище	0,19	зернофураж кукурузы	1,33

Таблица 6. **Агротехника выращивания клевера лугового** [7, с. 147]

Подбор участка	Подзолистые почвы разного гранулометрического состава, кроме песчаных; эродированные дерново-подзолистые суглинистые почвы. Тяжелые почвы непригодны. Лучшие почвы – нейтральные или слабокислые. Не рекомендуется возделывать на почвах с уровнем грунтовых вод ближе 0,8–1,0 м. Оптимальная влажность почвы в слое 0–30 см – 70–80 % НВ. Не допускается возвращение на прежнее место ранее чем через 5–6 лет, после рапса – не менее 3 лет
Предшественник	Пропашные или яровые зерновые, озимые культуры
Обработка почвы	До посева вносят глифосатсодержащие препараты в дозе 4–6 л/га, а через 12–14 дней проводят зяблевую вспашку. После зерновых культур проводят лущение жнивья и зяблевую вспашку. При засоренности пыреем после лущения проводят несколько культиваций с одновременным боронованием. При весеннем посеве проводят культивацию и предпосевную подготовку почвы. При раздельном посеве почву прикатывают после высева покровной культуры и подсев проводят поперек ее рядков. При летнем посеве проводят 2–3 культивации с перерывом в 10–12 дней для провокации прорастания сорняков
Органические удобрения и известковые материалы	Вносят под предшествующую культуру
Минеральные удобрения	РК-удобрения вносят перед посевом под культивацию. Подкормка в год сева проводится, если растения вышли из-под покрова ослабленными ($P_{35-45}K_{45-60}$). В почву вносят 1,5–2,0 кг/га д. в. бора, при внекорневой подкормке – 250 г/га д. в.
Подготовка семян	Обработка микроудобрениями (молибденовым аммонием 2–3 кг д. в. и 0,35–0,50 кг борной кислоты на 1 т семян)
Посев	Глубина заделки семян: - на тяжелых по гранулометрическому составу глинистых и суглинистых почвах – 1–1,5 см; - среднесуглинистых – 1,5–2,0 см; - легких – 2,0–2,5 см. Норма высева составляет: клевер луговой 5–6 кг (диплоидные сорта) и 7–8 кг (тетраплоидные сорта)
Способ посева	Подсевают под покров озимых зерновых культур рано весной. При одновременном севе покровных яровых культур и клевера почву прикатывают до посева, при раздельном севе – после посева покровных культур; клевер подсевают поперек рядков
Уход за посевами	Обработка в фазе 1–2 настоящих листьев гербицидами, разрешенными к применению на территории Беларуси. Против антракноза, аскохитоза, бурой пятнистости для клевера 2-го года жизни в фазу стеблевания используют 0,2%-й рабочий раствор фунгицида Абсолют, КЭ (пропиконазол, 250 г/л), 1 л/га
Уборка	Первый укос – в фазу начала бутонизации; второй через 40–45 дней, третий – за 30 дней до окончания вегетации

Таблица 7. **Агротехника выращивания люцерны посевной** [7, с. 178]

Подбор участка	Пригодны почвы дерново-карбонатные, дерново-подзолистые на легких и средних суглинках и супесях, связные пески, подстилаемые с глубины 0,5–0,8 м моренным суглинком; уровень грунтовых вод не выше 1 м; оптимальный pH = 6,0–7,0; содержание подвижных форм алюминия не должно превышать 10 мг/кг почвы как в пахотном, так и подпахотном горизонтах
Предшественник	Предшественники должны быть не засорены многолетними сорняками. Лучше размещать люцерну после культур, под которые вносили органические удобрения, или после зерновых колосовых, идущих за пропашными, или после кукурузы, возделываемой в течение 3 лет. На прежнее место люцерну возвращают через 3–4 года
Обработка почвы	Обязательные приемы – выравнивание почвы, предпосевное и послепосевное прикатывание. Перед посевом участок должен иметь мелкокомковатую структуру, а на глубине заделки семян – плотное ложе
Органические удобрения и известковые материалы	Навоз вносят под предшествующую культуру в дозе 30–40 т/га. При необходимости участок известкуют из расчета 0,75–1,0 гидролитической кислотности
Минеральные удобрения	Припосевное внесение фосфора – 10–15 кг/га д. в. Борные удобрения: в почву – 1,0–1,5 кг д. в./га; обработка семян бором – 20–30 г д. в. /ц; молибденом – 20 г д.в./ц некорневая подкормка бором – 150–200 г д. в./га
Посев	Покров: раннеспелые сорта ячменя, короткостебельные сорта озимой ржи; норма высева покровной культуры – 3,5–4,0 млн шт./га; норма высева на склонах – 14,0 кг/га; в травосмесях норму люцерны уменьшают на ½
Способ посева	Рядовой с междурядьем 12–15 см поперек рядков покровной культуры
Уход за посевами	При беспокровном посеве в 1-й г. ж. люцерны для борьбы с однолетними однодольными и двудольными сорняками вносят гербициды почвенного действия. Выбор препарата зависит от видового состава сорняков. Сорняки можно 1 или 2 раза скосить на высоте 10–15 см. На 2-й г. ж. весной люцерну боронуют и вносят РК-удобрения
Уборка	Высота скашивания – 7–8 см. Первый укос происходит в фазу бутонизации – начала цветения (10–15 % цветущих растений), второй – в период полного цветения, третий – в конце августа

Выводы

Замена малопродуктивных злаковых травостоев на 20 % площади пашни клевером и люцерной позволяет:

удешевить кормовую единицу травяных кормов в 2–3 раза и сбалансировать ее по белку;

экономить минеральные азотные удобрения за счет биологического азота;

повысить почвенное плодородие за счет корневых и пожнивных остатков, эквивалентных 25 т/га навоза;

увеличить площади хороших предшественников для зерновых культур, что обеспечивает прибавку урожая зерна 3–5 ц/га;

снизить затраты на технику, топливо, пестициды, так как бобовые многолетние травы растут на одном месте 5–10 лет.

Библиографический список

1. Технологии и техническое обеспечение заготовки высококачественных кормов : рекомендации / Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск : РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию», РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», РНДУП «Институт мелиорации», 2009. – 18 с.
2. Цытрон, Г. На каких почвах возделывать люцерну? / Г. Цытрон, Л. Шибут, О. Матыченкова / Беларус. с. х. – 2015. – № 2 (154). – С. 65–68.
3. 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.
4. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.] ; под. ред. В. В. Лапа. – Минск : Беларус. наука, 2007. – 390 с.
5. Государственный реестр средств защиты растений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ggiskzr.by/archive/inspection_protection-plants/6.5.%20%D0%93%D0%B5%D1%80%D0%B1%D0%B8%D1%86%D0%B8%D0%B4%D1%8B.pdf. – Дата доступа: 26. 09.2021.
6. Технологический регламент, техническое обеспечение и технологические карты выращивания и заготовки кормов из трав // М-во с. х. и продовольствия Респ. Беларусь, РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию», РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», РНДУП «Институт мелиорации». – Минск : Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по механизации с. х., 2011. – 73 с.
7. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур : сб. отрасл. регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по земледелию ; рук. разработ. : Ф. И. Привалов [и др.] ; под общ. ред. В. Г. Гусакова, Ф. И. Привалова. – Минск : Беларус. навука, 2012. – 469 с.

Поступила 12 ноября 2021 г.

ВЛИЯНИЕ АЗОТНЫХ И КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ НА НАКОПЛЕНИЕ ^{137}Cs МНОГОЛЕТНИМИ БОБОВО-ЗЛАКОВЫМИ И ЗЛАКОВЫМИ ТРАВАМИ НА ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ

Н. Н. Цыбулько¹, доктор сельскохозяйственных наук

А. В. Шашко², кандидат сельскохозяйственных наук

И. И. Жукова³, кандидат сельскохозяйственных наук

Е. Б. Евсеев⁴, соискатель

¹РУП «Институт почвоведения и агрохимии», г. Минск, Беларусь

²Полесский государственный университет, г. Пинск, Беларусь

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

⁴Пинский государственный аграрно-технический колледж имени А. Е. Клещева, г. Пинск, Беларусь

Аннотация

Установлено, что на торфяной маломощной почве применение под многолетние бобово-злаковые травы $\text{P}_{60}\text{K}_{240}$ (K_{180} под первый укос и K_{60} под второй укос) снижает содержание ^{137}Cs в сене в 2,2–3,0 раза. Внесение азотных удобрений в общих дозах от 30 до 90 кг/га на фоне $\text{P}_{90}\text{K}_{180}$ уменьшает концентрацию ^{137}Cs в сене первого укоса в среднем в 1,7–2,0 раза, в сене второго укоса в 1,5–1,9 раза. На торфянисто-глеевой почве фосфорные и калийные удобрения в дозах $\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ снижают переход ^{137}Cs в многолетние злаковые травы первого укоса на 27–28 %. При внесении под первый укос K_{120} также наблюдается снижение поступления ^{137}Cs из почвы в растения. Подкормка трав второго укоса калием в дозе 30 кг/га на фоне $\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ обеспечивает уменьшение коэффициента перехода радионуклида в сено на 50 %. Внесение под первый укос злаковых трав N_{60} и N_{80} несущественно увеличивает поступление ^{137}Cs в растения. Вторая азотная подкормка трав приводит к некоторому увеличению накопления ^{137}Cs в сене трав второго укоса. Поступление ^{137}Cs в сено при повышенных дозах азотных удобрений ($\text{N}_{120-140}$) снижается на высоком фоне применения калия.

Ключевые слова: торфяная маломощная почва, торфянисто-глеевая почва, ^{137}Cs , активность, коэффициент перехода, азотные и калийные удобрения, дозы, многолетние бобово-злаковые и злаковые травы.

Abstract

N. N. Tsybulka, A. V. Shashko, I. I. Zhukova, E. B. Evseev

INFLUENCE OF NITROGEN AND POTASH FERTILIZERS ON THE ACCUMULATION OF ^{137}Cs BY PERENNIAL LEGUME-CEREAL AND CEREAL GRASSES ON PEAT SOILS

It has been established that on peat shallow soil, the use of $\text{P}_{60}\text{K}_{240}$ (K_{180} for the first grass cutting and K_{60} for the second grass cutting) under perennial legume-cereal grasses reduces the ^{137}Cs content in hay by 2.2–3.0 times. The use of nitrogen fertilizers in total rates from 30 to 90 kg/ha against the background of $\text{P}_{90}\text{K}_{180}$ reduces the concentration of ^{137}Cs in the hay of the first cut by an average of 1.7–2.0 times, in the hay of the second cut by 1.5–1.9 times. On peaty-gley soil, phosphorus and potash fertilizers in rates of $\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ reduce the transfer of ^{137}Cs into perennial grasses of the first cut by 27–28 %. When K_{120} is introduced for the first cut, a decrease in ^{137}Cs input from the soil into plants is observed. Top dressing of grasses of the second cut with potassium at a dose of 30 kg/ha against the background of $\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ provides a 50 % decrease in the coefficient of radionuclide conversion into hay. The introduction of cereal grasses N_{60} and N_{80} for the first cut does not significantly increase the ^{137}Cs intake into plants. The second nitrogen fertilization of grasses leads to a slight increase in the accumulation of ^{137}Cs in the hay of the grasses of the second cut. The intake of ^{137}Cs in hay at increased doses of nitrogen fertilizers ($\text{N}_{120-140}$) decreases against a high background of potassium use.

Keywords: shallow peat soil, peaty-gley soil, ^{137}Cs , activity, transfer coefficient, nitrogen and potassium fertilizers, rates, perennial legume-cereal and cereal grasses.

Введение

В сельскохозяйственном пользовании сейчас находится 825,4 тыс. га земель, загрязненных ^{137}Cs в результате аварии на Чернобыльской АЭС [1]. Многочисленные исследования показали, что генетические особенности и свойства почв являются одним из важнейших факторов, определяющих процессы сорбции радиону-

клов в почвенно-поглощающем комплексе и интенсивность поступления их в растения. Проблемы в использовании загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных земель сконцентрированы преимущественно на легких по гранулометрическому составу песчаных, переувлажненных аллювиальных, торфяно-бо-

лотных, торфяно-глеевых, торфянисто-глеевых и торфяно-минеральных почвах разной степени деградации, которые характеризуются высокими параметрами перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr в растениеводческую продукцию. Установлено, что количественные параметры перехода ^{137}Cs в продукцию сельскохозяйственных культур на гидроморфных торфяных почвах в 1,5–6,0 раза выше по сравнению с почвами автоморфного ряда. Эти почвы наиболее критичны для получения сельскохозяйственной продукции с допустимым содержанием радионуклидов.

В качестве сельскохозяйственных земель в Беларуси используются 1068,2 тыс. га осушенных торфяных почв, в том числе на территории радиоактивного загрязнения – около 245,0 тыс. га, из них 83,0 тыс. га с мощностью торфяного слоя менее 0,5 м. В среднем на каждый из 55 загрязненных радионуклидами административных районов приходится около 4 тыс. га тор-

фяных почв с различной мощностью торфяного слоя. В ряде районов Полесского региона эти почвы составляют основу сельскохозяйственного землепользования [2].

Применительно к торфяным почвам актуально изучение влияния разных доз, сроков внесения и соотношений азотных и калийных удобрений на поступление ^{137}Cs в сельскохозяйственные культуры (в частности, в многолетние травы), определение оптимальных уровней азотного и калийного питания растений, обеспечивающих минимальное накопление радионуклида в продукции и высокую эффективность азотных и калийных удобрений.

Цель данной работы – установить влияние доз и сроков применения азотных и калийных удобрений на накопление ^{137}Cs в сене многолетних бобово-злаковых и злаковых трав на торфяной маломощной и торфянисто-глеевой почвах.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились в 2012–2019 гг. в стационарных полевых опытах на территории землепользования КСУП «Синкевичский» Лунинецкого р-на Брестской обл. Объектами исследований являлись: торфяная маломощная низинная осушенная почва, развивающаяся на тростниково-осоковых торфах, подстилаемых с глубины 0,61 м связными древнеаллювиальными песками; торфянисто-глеевая низинная осушенная почва, развивающаяся на тростниково-осоковых торфах, подстилаемых с глубины 0,26 м связными древнеаллювиальными песками. Почвы характеризовались следующими агрохимическими показателями (T_n): торфяная маломощная – $\text{pH}_{\text{KCl}} - 5,44$; содержание органического вещества – 53,1 %; содержание общего азота – 1,54 %; содержание минерального азота – 36,2 мг/кг почвы; содержание подвижного фосфора и калия соответственно 737 и 665 мг/кг почвы; торфянисто-глеевая – $\text{pH}_{\text{KCl}} - 5,38$; содержание органического вещества – 64,0 %; содержание общего азота – 1,72 %; содержание минерального азота – 55,7 мг/кг почвы; содержание подвижного фосфора и калия соответственно 875 и 805 мг/кг почвы. Плотность загрязнения почв ^{137}Cs составляла 3,2–5,1 Ки/км².

В 2012–2014 гг. на торфяной маломощной почве возделывали многолетнюю бобово-зла-

ковую травосмесь, включающую тимофеевку луговую, овсяницу луговую, кострец безостый и лядвенец рогатый. В 2016–2019 гг. на торфянисто-глеевой почве возделывали многолетнюю злаковую травосмесь, включающую тимофеевку луговую, овсяницу луговую, кострец безостый.

Схемы опытов с применением разных доз минеральных удобрений под бобово-злаковые и злаковые травы приведены в табл. 1.

Опыты проводили в 4-кратной повторности, размещение делянок – рандомизированное. Общая площадь делянки – 20 м², учетная площадь – 12 м². Ежегодно проводили два укоса трав, урожайность сена пересчитывали на 16%-ю стандартную влажность. Уборка трав осуществлялась вручную, поделочно.

Агрохимические анализы выполняли в соответствии с действующими ГОСТами. Удельную активность ^{137}Cs в почвенных пробах определяли на γ - β -спектрометре МКС-АТ1315, в растительных образцах – на γ -спектрометрическом комплексе *Canberra-Packard*. Полученные данные обрабатывали методами дисперсионного и корреляционного анализов с использованием компьютерного программного обеспечения (*MS Excel 7.0*, *Statistica 6.0*).

Таблица 1. Схемы применения минеральных удобрений под бобово-злаковые и злаковые травы

Варианты опыта	Дозы удобрений под 1-й укос, кг/га д.в.			Дозы удобрений под 2-й укос, кг/га д.в.		
	N	P	K	N	P	K
Схема применения минеральных удобрений под бобово-злаковые травы на торфяной маломощной почве						
1. Контроль (без удобрений)	–	–	–	–	–	–
2. P ₉₀ K ₁₂₀	–	90	120	–	–	–
3. P ₉₀ K ₁₈₀	–	90	120	–	–	60
4. P ₉₀ K ₂₄₀	–	90	180	–	–	60
5. N ₃₀ P ₉₀ K ₁₈₀	30	90	120	–	–	60
6. N ₆₀ P ₉₀ K ₁₈₀	30	90	120	30	–	60
7. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₈₀	60	90	120	30	–	60
Схема применения минеральных удобрений под злаковые травы на торфянисто-глеевой почве						
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
5. N ₁₀₀ P ₉₀ K ₁₅₀	60	90	90	40	–	60
6. N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₅₀	80	90	90	40	–	60
7. N ₁₄₀ P ₉₀ K ₁₅₀	80	90	90	60	–	60
8. N ₁₀₀ P ₉₀ K ₁₈₀	60	90	120	40	–	60
9. N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₈₀	80	90	120	40	–	60
10. N ₁₄₀ P ₉₀ K ₁₈₀	80	90	120	60	–	60

Результаты исследований и их обсуждение

Многолетняя практика применения комплекса защитных мероприятий на загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных землях показала, что наиболее эффективны агрохимические меры: известкование кислых почв, применение повышенных доз фосфорных и калийных удобрений. На почвах разного генезиса под влиянием калийных удобрений поступление ¹³⁷Cs в сельскохозяйственные культуры может уменьшаться от 2 до 20 раз [3, 4].

Положительная роль калийных удобрений в снижении поступления радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию возрастает на фоне оптимальных параметров минерального питания растений. Внесение калийных удобрений совместно с другими минеральными и органическими удобрениями и химическими мелиорантами способствует модификации эффективности калия в снижении перехода ¹³⁷Cs в продукцию растениеводства [5]. При сбалансированном азотном и фос-

форном питании калийные удобрения снижали поступление ¹³⁷Cs в растения в 2–3 раза [6].

В ходе исследований, проведенных на торфяной маломощной осушенной почве в 2012–2014 гг., изучено влияние возрастающих доз калийных удобрений на накопление ¹³⁷Cs многолетними бобово-злаковыми травами. Так, 2012 и 2014 гг. характеризовались по степени увлажнения как влажные (ГТК составили соответственно 1,66 и 2,02), а 2013 год был слабо-засушливым (ГТК равен 1,16).

При плотности загрязнения почвы ¹³⁷Cs 4,5 Ки/км² содержание радионуклида колебалось по годам на контроле от 29,77 до 256,48 Бк/кг. Различия в активности ¹³⁷Cs в травах первого укоса достигали 1,4 раза, второго укоса – 3,6 раза, а между укосами – 8,6 раза. В целом за годы исследований удельная активность ¹³⁷Cs в сене не превышала 350 Бк/кг (табл. 2).

Фосфорные и калийные удобрения, внесенные под первый укос трав в дозах P₉₀K₁₂₀

при содержании в почве P_2O_5 и K_2O соответственно 737 и 665 мг/кг почвы, уменьшали накопление ^{137}Cs в зависимости от года пользования трав в сене первого укоса от 20 до 43 %, в сене второго укоса – от 29 до 40 %, а в среднем снижение составило 29 и 34 % соответственно. Применение под первый укос трав дозы калия 180 кг/га также было эффективным. Активность радионуклида в сене уменьшилась в среднем с 25,17 до 15,81 Бк/кг, или в 1,6 раза.

Подкормка трав под второй укос калием в дозе 60 кг/га действующего вещества на фоне $P_{90}K_{120}$ (вариант 3) способствовала уменьшению содержания ^{137}Cs в сене по отношению к контролю в среднем в 2,2 раза, по отношению к варианту с $P_{90}K_{120}$ – в 1,5 раза. При внесении

K_{60} под второй укос на фоне $P_{90}K_{180}$ (вариант 4) также наблюдалось снижение активности ^{137}Cs в сене по сравнению с вариантом 3 с 66,93 до 49,02 Бк/кг.

Расчеты коэффициентов перехода ^{137}Cs из почвы в многолетние бобово-злаковые травы показали следующее. За годы исследований в зависимости от метеорологических условий вегетационных периодов различия в переходе ^{137}Cs в сено первого укоса достигали 3,0 раза, в сено второго укоса – 4,0 раза. На контрольном варианте (без удобрений) коэффициент перехода изменялся по годам для трав первого укоса незначительно, в пределах 0,21–0,24 Бк/кг: кБк/м², тогда как для второго укоса он менялся от 0,47 до 1,57 Бк/кг: кБк/м² (табл. 3).

Таблица 2. Удельная активность ^{137}Cs в сене многолетних бобово-злаковых трав на торфяной маломощной почве в зависимости от доз фосфорных и калийных удобрений, Бк/кг

Варианты опыта	Годы			Среднее значение	Процент к контролю
	2012	2013	2014		
Первый укос					
1 Контроль	40,50 ± 9,96	36,37 ± 10,78	29,77 ± 6,91	35,55	100
2 P ₉₀ K ₁₂₀	23,26 ± 6,54	29,13 ± 7,57	23,11 ± 5,93	25,17	71
3 P ₉₀ K ₁₈₀	24,10 ± 5,87	27,87 ± 6,75	22,79 ± 5,23	24,92	70
4 P ₉₀ K ₂₄₀	12,67 ± 3,52	17,17 ± 4,57	17,60 ± 4,28	15,81	44
Второй укос					
1 Контроль	71,36 ± 17,48	123,52 ± 30,54	256,48 ± 69,94	150,45	100
2 P ₉₀ K ₁₂₀	42,64 ± 11,87	87,32 ± 23,19	167,29 ± 40,22	99,08	66
3 P ₉₀ K ₁₈₀	37,63 ± 9,57	63,39 ± 16,02	99,77 ± 25,93	66,93	44
4 P ₉₀ K ₂₄₀	27,04 ± 7,06	59,48 ± 13,82	60,55 ± 14,21	49,02	33

Таблица 3. Коэффициенты перехода ^{137}Cs в сено многолетних бобово-злаковых трав на торфяной маломощной почве в зависимости от доз фосфорных и калийных удобрений, Бк/кг: кБк/м²

Варианты опыта	Годы			Среднее значение	Процент к контролю
	2012	2013	2014		
Первый укос					
1 Контроль	0,21	0,24	0,21	0,22	100
2 P ₉₀ K ₁₂₀	0,13	0,18	0,18	0,16	73
3 P ₉₀ K ₁₈₀	0,14	0,16	0,17	0,16	73
4 P ₉₀ K ₂₄₀	0,07	0,11	0,12	0,10	45
Второй укос					
1 Контроль	0,47	0,82	1,57	0,95	100
2 P ₉₀ K ₁₂₀	0,26	0,52	1,12	0,63	66
3 P ₉₀ K ₁₈₀	0,22	0,42	0,65	0,43	45
4 P ₉₀ K ₂₄₀	0,16	0,39	0,39	0,31	33

Фосфорные и калийные удобрения в дозах соответственно 90 и 120 кг/га снизили параметры перехода ^{137}Cs из почвы в травы первого и второго укосов на 27–34 %. При внесении под второй укос K_{60} на фоне $\text{P}_{90}\text{K}_{120}$ показатель перехода ^{137}Cs из почвы в растения снизился с 0,63 до 0,43 Бк/кг: кБк/м². Применение под первый укос $\text{P}_{90}\text{K}_{180}$ и под второй укос K_{60} (вариант 4) уменьшило коэффициент перехода ^{137}Cs по отношению к варианту 3 ($\text{P}_{90}\text{K}_{180}$) в тра-

вы первого укоса с 0,16 до 0,10 Бк/кг: кБк/м², в травы второго укоса – с 0,43 до 0,31 Бк/кг: кБк/м².

Установлена тесная взаимосвязь коэффициентов перехода ^{137}Cs в сено многолетних бобово-злаковых трав с уровнем их продуктивности. С повышением доз калийных удобрений наблюдалось увеличение урожайности и, соответственно, уменьшение перехода радионуклида в сено (рис. 1).

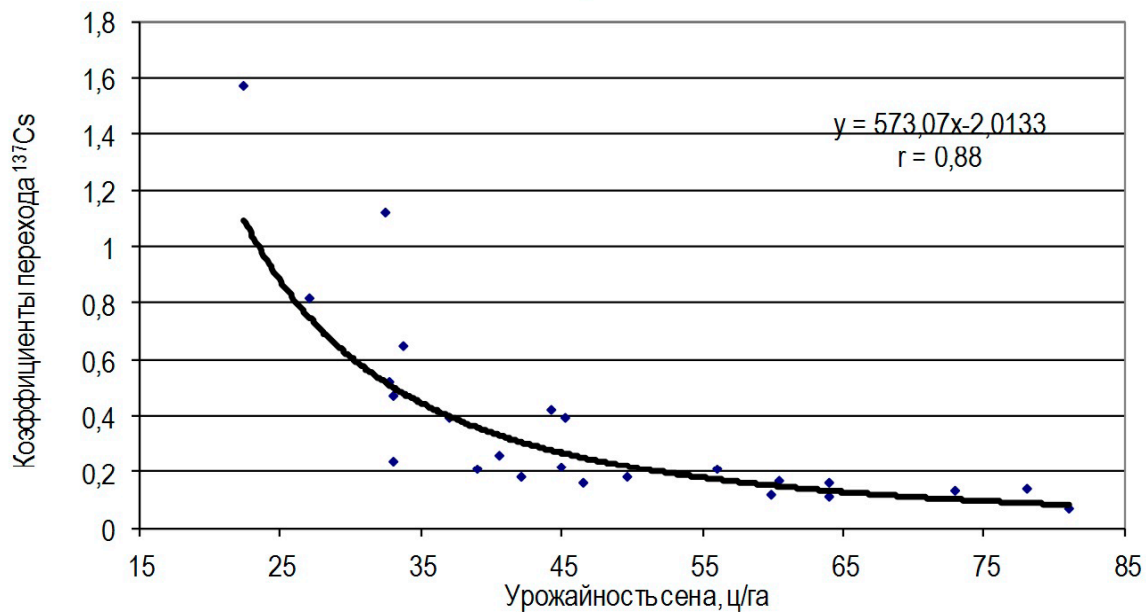


Рис. 1. Зависимость коэффициентов перехода ^{137}Cs из почвы в сено многолетних бобово-злаковых трав от уровня их продуктивности при внесении разных доз калийных удобрений

Таблица 4. Удельная активность ^{137}Cs в сене многолетних злаковых трав в зависимости от доз фосфорных и калийных удобрений, Бк/кг

Варианты опыта	Годы				Среднее значение	Процент к контролю
	2016	2017	2018	2019		
Первый укос						
1 Контроль	103,88	81,37	65,10	36,12	71,62	100
2 P ₉₀ K ₁₂₀ (90+30)	71,66	47,89	21,09	21,31	40,49	57
3 P ₉₀ K ₁₅₀ (90+60)	71,03	48,32	21,36	20,12	40,20	56
4 P ₉₀ K ₁₈₀ (120+60)	51,85	36,13	11,44	17,21	29,16	41
Второй укос						
1 Контроль	—	73,97	50,08	49,41	57,82	100
2 P ₉₀ K ₁₂₀ (90+30)	—	30,58	17,38	31,32	26,42	46
3 P ₉₀ K ₁₅₀ (90+60)	—	29,21	15,20	28,41	24,27	42
4 P ₉₀ K ₁₈₀ (120+60)	—	27,16	8,80	25,53	20,49	35

В 2016–2019 гг. изучено влияние доз калийных удобрений на накопление ^{137}Cs многолетними злаковыми травами на торфянисто-глеевой осушенной почве. По степени увлажнения 2016 г. был слабозасушливым, 2017 г. – влажным, 2018 г. – засушливым, 2019 г. соответствовал оптимальным климатическим условиям. ГТК составили соответственно 1,28, 2,24, 0,97 и 1,30.

За годы исследований удельная активность радионуклида в сене не превышала 150 Бк/кг при допустимом содержании 1300 Бк/кг для скармливания дойному поголовью при получении цельного молока и 520 Бк/кг для скармливания поголовью при получении мяса. Содержание ^{137}Cs в сене трав первого укоса на контроле (без применения удобрений) колебалось по годам от 36,12 до 103,88 Бк/кг и в среднем составило 71,62 Бк/кг.

Фосфорные и калийные удобрения, внесенные под первый укос трав в дозах $\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ (варианты 2 и 3), уменьшали накопление радионуклида в сене первого укоса в зависимости от года пользования трав от 21 до 67 %, в среднем на 43 %. Наибольшее снижение отмечено в засушливом 2018 г., наименьшее – в 2019 г. с оптимальным увлажнением. Применение под первый укос трав дозы калия 120 кг/га (вариант 4) также было эффективным. Удельная активность ^{137}Cs в сене уменьшилась в среднем с 40,20–40,49 до 29,16 Бк/кг, или на 27–28 % по отношению к варианту $\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ (табл. 4).

Содержание ^{137}Cs в сене трав второго укоса на контроле изменялось по годам от 49,41 до 73,97 Бк/кг. Подкормка трав под второй укос

калием в дозе 30 кг/га на фоне $\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ (вариант 2) способствовала уменьшению удельной активности ^{137}Cs в сене по отношению к контролю в среднем с 58,72 до 26,42 Бк/кг, или более чем в 2 раза. Внесение под второй укос K_{60} на фонах $\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ (вариант 3) и $\text{P}_{90}\text{K}_{120}$ (вариант 4) не способствовало существенному снижению поступления радионуклида в сено по сравнению с вариантом 2.

Расчеты коэффициентов перехода ^{137}Cs из почвы в многолетние травы показали следующее. За годы исследований различия в переходе ^{137}Cs в многолетние травы первого и второго укосов достигали 3,3 раза (в зависимости от метеорологических условий вегетационных периодов).

На контрольном варианте коэффициент перехода изменялся по годам для трав первого укоса в пределах 0,30–0,87 Бк/кг: кБк/м², для второго укоса – в пределах 0,41–0,62 Бк/кг: кБк/м². Фосфорные и калийные удобрения в дозах $\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ снизили переход ^{137}Cs из почвы в травы первого укоса с 0,56 до 0,34–0,35, или на 27–28 % по отношению к контролю. При внесении под первый укос K_{120} также наблюдалось снижение показателя перехода ^{137}Cs из почвы в растения до 0,25 Бк/кг: кБк/м². Подкормка трав второго укоса калием в дозе 30 кг/га на фоне $\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ обеспечила уменьшение коэффициента перехода радионуклида в сено на 50 %. При внесении под второй укос K_{60} на фонах $\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ и $\text{P}_{90}\text{K}_{120}$ также наблюдалось снижение коэффициента перехода ^{137}Cs по отношению к варианту 2 ($\text{P}_{90}\text{K}_{120}$), однако оно было несущественным (табл. 5).

Таблица 5. Коэффициенты перехода ^{137}Cs в сено многолетних злаковых трав в зависимости от доз фосфорных и калийных удобрений, Бк/кг

Варианты опыта	Годы				Среднее значение	Процент к контролю
	2016	2017	2018	2019		
Первый укос						
1 Контроль	0,87	0,51	0,54	0,30	0,56	100
2 P ₉₀ K ₁₂₀ (90+30)	0,61	0,40	0,19	0,20	0,35	63
3 P ₉₀ K ₁₅₀ (90+60)	0,60	0,41	0,18	0,18	0,34	62
4 P ₉₀ K ₁₈₀ (120+60)	0,43	0,30	0,10	0,16	0,25	45
Второй укос						
1 Контроль	—	0,62	0,42	0,41	0,48	100
2 P ₉₀ K ₁₂₀ (90+30)	—	0,26	0,15	0,30	0,24	49
3 P ₉₀ K ₁₅₀ (90+60)	—	0,24	0,13	0,25	0,21	43
4 P ₉₀ K ₁₈₀ (120+60)	—	0,23	0,07	0,23	0,18	37

В отличие от калия повышенные дозы азотных удобрений увеличивают накопление радионуклидов в урожае сельскохозяйственных культур в 1,5–4,0 раза [7]. С одной стороны, дефицит азота приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур, в результате чего концентрация радионуклидов в растениях повышается. С другой стороны, применение минерального азота также приводит к увеличению накопления радионуклидов в растениях [8–10].

Установлено влияние возрастающих доз азота на накопление ^{137}Cs многолетними бобово-злаковыми травами на торфяно-болотной маломощной почве. Азотные подкормки трав в начале весеннего отрастания и под второй укос в общих дозах 30, 60 и 90 кг/га на фоне $\text{P}_{90}\text{K}_{180}$ не

привели к усилению поступления ^{137}Cs в растения, а способствовали снижению его накопления. Так, при внесении N_{30} в начале весенней вегетации трав снижение активности ^{137}Cs в сене первого укоса по отношению к фону РК составило по годам 6,87–12,60 Бк/кг, в среднем за 3 года исследований 10,40–10,63 Бк/кг, или 41–42 % (табл. 6).

Минимальное содержание ^{137}Cs в сене первого укоса (12,28 Бк/кг) было в варианте с внесением в начале весеннего отрастания трав N_{60} . Азотная подкормка трав после первого укоса в дозе 30 кг/га на фоне ранневесеннего применения N_{30} и N_{60} снизила накопление ^{137}Cs в сене второго укоса по отношению к варианту $\text{P}_{90}\text{K}_{180}$ соответственно на 47 и 44 %, к варианту $\text{N}_{30}\text{P}_{90}\text{K}_{180}$ – на 21 и 15 %.

Таблица 6. Удельная активность ^{137}Cs (Бк/кг) в сене многолетних бобово-злаковых трав на торфяной маломощной почве в зависимости от доз азотных удобрений

Варианты опыта	Годы			Среднее значение	Процент к контролю
	2012	2013	2014		
Первый укос					
1. Контроль	40,50 ± 9,96	36,37 ± 10,78	29,77 ± 6,91	35,55	100
2. P ₉₀ K ₁₈₀ – фон	24,10 ± 5,87	27,87 ± 7,75	22,79 ± 5,93	24,92	70
3. Фон + N ₃₀	11,50 ± 3,11	15,43 ± 3,62	15,94 ± 3,77	14,29	40
4. Фон + N ₆₀	12,20 ± 3,17	15,53 ± 4,10	15,82 ± 3,55	14,52	41
5. Фон + N ₉₀	13,42 ± 3,39	9,97 ± 2,71	13,46 ± 3,35	12,28	35
Второй укос					
1. Контроль	71,36 ± 17,48	123,52 ± 30,54	256,48 ± 69,94	150,45	100
2. P ₉₀ K ₁₈₀ – фон	37,63 ± 9,57	63,39 ± 16,02	99,77 ± 25,93	66,93	45
3. Фон + N ₃₀	18,31 ± 4,87	56,99 ± 14,99	57,37 ± 15,22	44,22	30
4. Фон + N ₆₀	23,29 ± 5,95	49,26 ± 12,77	32,81 ± 8,83	35,12	24
5. Фон + N ₉₀	26,06 ± 6,94	51,44 ± 14,25	34,73 ± 8,40	37,41	25

Определены коэффициенты перехода ^{137}Cs из почвы в сено злаково-бобовых трав первого и второго укосов. При внесении полного минерального удобрения (НРК) они составили в среднем на травах первого укоса 0,08–0,09, на травах второго укоса – 0,22–0,29, то есть были ниже по отношению к контролю и вариантам с применением только фосфорных и калийных удобрений. Различия в зависимости от доз азотных удобрений были незначительными (рис. 2 и 3).

Установлена зависимость коэффициентов перехода ^{137}Cs из почвы в сено многолетних бобово-злаковых трав от уровня их продуктивности при внесении возрастающих доз азотных

удобрений. Величина достоверности аппроксимации (R^2) составила 0,77, коэффициент корреляции – 0,88. С повышением урожайности переход ^{137}Cs в сено снижался (рис. 4).

Изучено влияние разных доз и сроков внесения азотных удобрений на накопление ^{137}Cs многолетними злаковыми травами на торфянисто-глеевой осушенной почве, подстилаемой с глубины 0,26 м песком. Азотные удобрения применяли в начале весеннего отрастания трав под первый укос в дозах 60 и 80 кг/га, под второй укос – в дозах 40 и 60 кг/га. Общие их дозы колебались от 100 до 140 кг/га на двух фонах – $\text{P}_{90}\text{K}_{150}$ и $\text{P}_{90}\text{K}_{180}$.

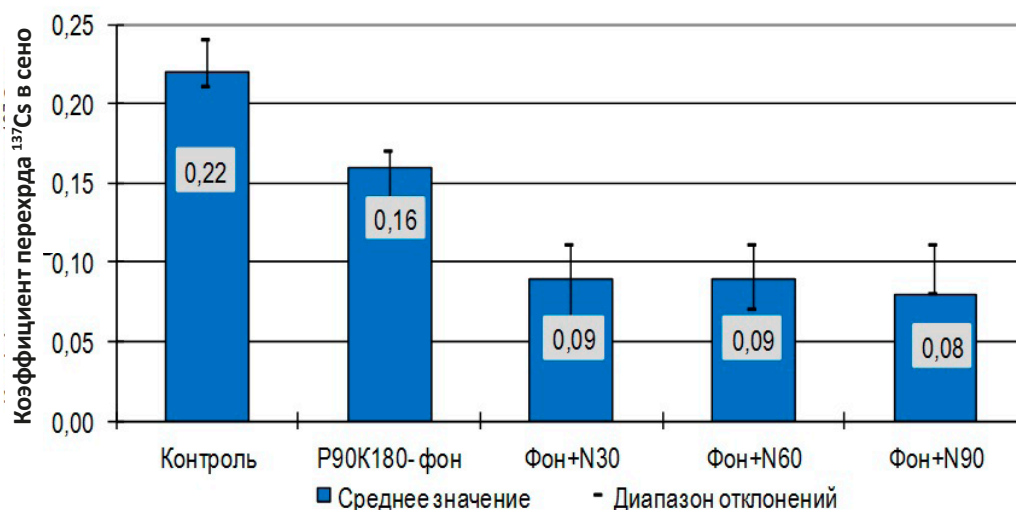


Рис. 2. Коэффициенты перехода ^{137}Cs в сено многолетних бобово-злаковых трав первого укоса в зависимости от доз азотных удобрений (Бк/кг: кБк/м²)

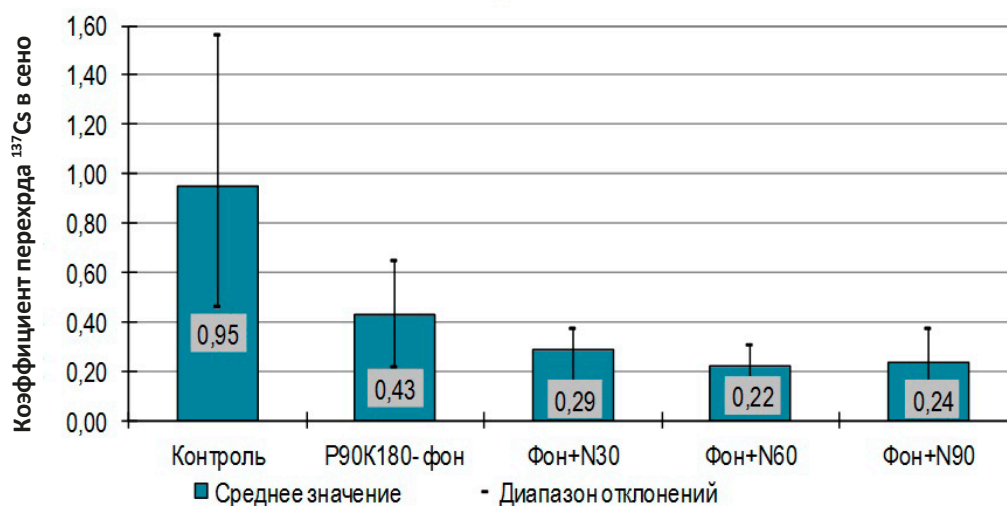


Рис. 3. Коэффициенты перехода ^{137}Cs в сено многолетних бобово-злаковых трав второго укоса в зависимости от доз азотных удобрений (Бк/кг: кБк/м²)

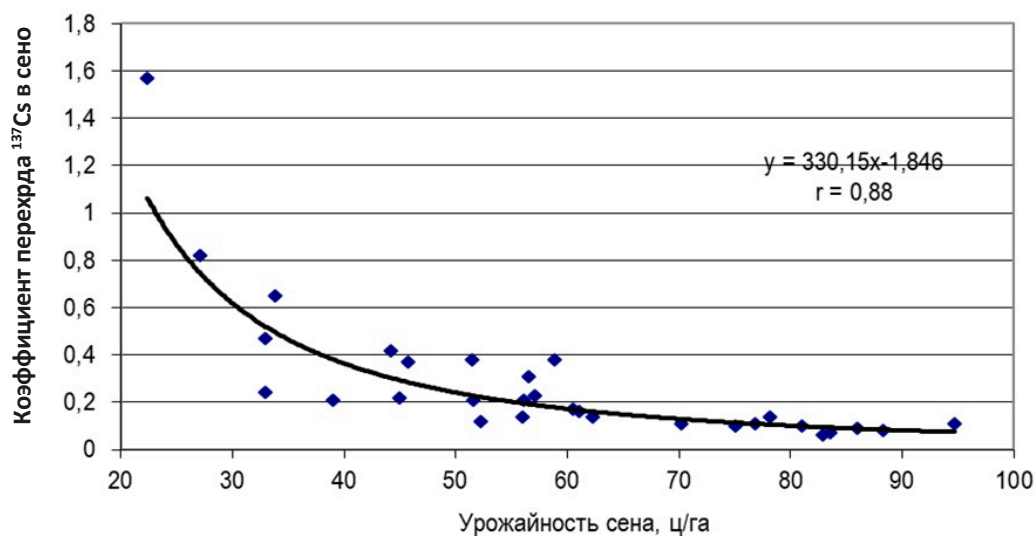


Рис. 4. Зависимость коэффициентов перехода ^{137}Cs в сено многолетних бобово-злаковых трав от уровня их продуктивности при внесении разных доз азотных удобрений

Внесение под первый укос трав N_{60} и N_{80} не привело к усилению поступления ^{137}Cs в растения. В среднем за 4 года исследований при содержании радионуклида в сене на фоне 1 ($P_{90}K_{150}$) и фоне 2 ($P_{90}K_{180}$) соответственно 40,21 и 29,16 Бк/кг. Его концентрация в вариантах с дозами азота 60 и 80 кг/га составила на фоне 1 39,83 и 44,28 Бк/кг, на фоне 2 – 33,77 и 38,67 Бк/кг соответственно (табл. 7).

В вариантах с полным (NPK) минеральным удобрением удельная активность ^{137}Cs в сене первого укоса была ниже по сравнению с контролем на фоне 1 на 38–44 %, на фоне 2 – на 43–53 %. В среднем за годы исследований минимальное содержание ^{137}Cs в сене первого укоса (33,77 Бк/кг) отмечено в варианте с применением 60 кг/га азота под укос на фоне $P_{90}K_{180}$.

Вторая азотная подкормка трав привела к увеличению накопления ^{137}Cs в сене трав вто-

рого укоса по отношению к фосфорно-калийным фонам. Так, при внесении N_{40} удельная активность радионуклида в сене изменялась на фоне 1 в пределах 31,18–34,72 Бк/кг, на фоне 2 – 27,85–29,79 Бк/кг. В вариантах с применением под второй укос N_{60} содержание ^{137}Cs в сене составило 36,80 и 35,62 Бк/кг соответственно.

Средний за 2 укоса многолетних злаковых трав коэффициент перехода ^{137}Cs в сено составил на контроле 0,56. Фосфорные и калийные удобрения в дозах $P_{90}K_{150}$ снизили его до 0,34, или в 1,6 раза. Азотные удобрения на фоне $P_{90}K_{150}$ привели к некоторому повышению ^{137}Cs в растения при внесении их в дозах 120–140 кг/га. В то же время на более высоком фоне калия ($P_{90}K_{180}$) значения коэффициентов перехода радионуклида в сено и при повышенных дозах азотных удобрений ($N_{120-140}$) не превышали 0,30 (рис. 5).

Таблица 7. Активность ^{137}Cs в сене многолетних злаковых трав в зависимости от доз азотных удобрений

Варианты опыта	Годы				Среднее значение	Процент к контролю
	2016	2017	2018	2019		
Первый укос						
1. Контроль	103,88	81,37	65,10	36,12	71,62	100
2. P ₉₀ K ₁₅₀ – Фон 1	71,03	48,32	21,36	20,12	40,21	56
3. Фон 1+ N ₁₀₀₍₆₀₊₄₀₎	67,68	38,95	26,39	26,31	39,83	56
4. Фон 1+ N ₁₂₀₍₈₀₊₄₀₎	72,69	47,42	29,37	27,63	44,28	62
5. Фон 1+ N ₁₄₀₍₈₀₊₆₀₎	70,01	46,62	34,50	27,74	44,72	62
6. P ₉₀ K ₁₈₀ – Фон 2	51,85	36,13	11,44	17,21	29,16	41
7. Фон 2+ N ₁₀₀₍₆₀₊₄₀₎	61,72	30,31	21,91	21,14	33,77	47
8. Фон 2+ N ₁₂₀₍₈₀₊₄₀₎	66,19	39,91	24,26	24,33	38,67	54
9. Фон 2+ N ₁₄₀₍₈₀₊₆₀₎	64,75	40,67	27,82	30,24	40,87	57
Второй укос						
1. Контроль	–	73,97	50,08	49,41	57,82	100
2. P ₉₀ K ₁₅₀ – Фон 1	–	29,21	15,20	28,41	24,27	42
3. Фон 1+ N ₁₀₀₍₆₀₊₄₀₎	–	38,61	20,30	34,62	31,18	54
4. Фон 1+ N ₁₂₀₍₈₀₊₄₀₎	–	41,68	26,35	36,14	34,72	60
5. Фон 1+ N ₁₄₀₍₈₀₊₆₀₎	–	44,08	31,40	34,91	36,80	64
6. P ₉₀ K ₁₈₀ – Фон 2	–	27,16	12,80	25,53	21,83	38
7. Фон 2+ N ₁₀₀₍₆₀₊₄₀₎	–	42,03	15,78	25,74	27,85	48
8. Фон 2+ N ₁₂₀₍₈₀₊₄₀₎	–	37,07	21,05	31,24	29,79	52
9. Фон 2+ N ₁₄₀₍₈₀₊₆₀₎	–	40,32	24,23	42,31	35,62	62

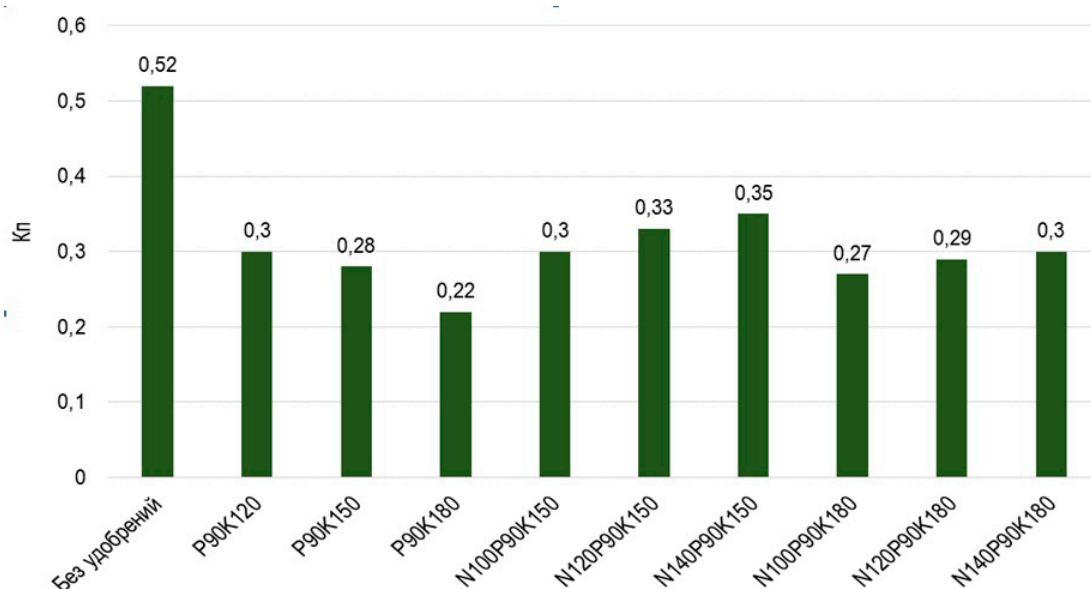


Рис. 5. Средние значения коэффициентов перехода ^{137}Cs из почвы в сено многолетних злаковых трав в зависимости от доз удобрений

Выводы

1. В зависимости от метеорологических условий вегетационных периодов различия по годам в активности ^{137}Cs в сене многолетних бобово-злаковых трав достигают 3,6 раза, минимальные и максимальные значения между укосами составляют 8,6 раза. Такие колебания в содержании радионуклида в продукции в значительной степени обусловлены уровнями формируемой продуктивности. Установлены тесные обратно пропорциональные зависимости коэффициентов перехода ^{137}Cs из почвы в сено многолетних трав от урожайности с величиной достоверности аппроксимации 0,78.

2. Различия по годам в переходе ^{137}Cs в сено многолетних злаковых трав первого укоса достигают 4,3 раза, в сено второго укоса – 3,3 раза. Наибольшее поступление ^{137}Cs в сено наблюдается в условиях повышенного увлажнения вегетационного периода, меньшее – при засушливых условиях, самое низкое – при оптимальных условиях увлажнения. В неблагоприятные по увлажнению вегетационные периоды отмечаются более существенные различия между минимальным и максимальным содержанием радионуклида в растениях по сравнению с оптимальными по увлажнению условиями вегетации.

3. На торфяной маломощной почве с содержанием P_2O_5 737 мг/кг и K_2O 665 мг/кг мак-

симальное снижение содержания ^{137}Cs в сене многолетних бобово-злаковых трав первого и второго укосов соответственно 2,2 и 3,0 раза обеспечивает применение $\text{P}_{60}\text{K}_{240}$ (K_{180} под первый укос и K_{60} под второй укос). Применение азотных удобрений под многолетние бобово-злаковые травы в общих дозах от 30 до 90 кг/га на фоне $\text{P}_{90}\text{K}_{180}$ снижает содержание ^{137}Cs в сене первого укоса в среднем в 1,7–2,0 раза, в сене второго укоса в 1,5–1,9 раза по отношению к фосфорно-калийному фону.

4. На торфянисто-глеевой почве с содержанием P_2O_5 875 мг/кг и K_2O 805 мг/кг фосфорные и калийные удобрения в дозах $\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ снижают переход ^{137}Cs из почвы в травы первого укоса на 27–28 % по отношению к контролю. При внесении под первый укос K_{120} также наблюдается снижение поступления ^{137}Cs из почвы в растения. Подкормка трав второго укоса калием в дозе 30 кг/га на фоне $\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ обеспечивает уменьшение коэффициента перехода радионуклида в сено на 50 %. При внесении под второй укос K_{60} на фонах $\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ и $\text{P}_{90}\text{K}_{120}$ поступление радионуклида в растения по отношению к варианту $\text{P}_{90}\text{K}_{120}$ уменьшается несущественно. Внесение под первый укос злаковых трав N_{60} и N_{80} несущественно увеличивает поступление ^{137}Cs в растения. В среднем за годы исследований минимальное содержа-

ние ^{137}Cs в сене первого укоса (33,77 Бк/кг) отмечено в варианте с применением 60 кг/га азота на фоне $\text{P}_{90}\text{K}_{180}$. Вторая азотная подкормка трав приводит к некоторому увеличению накопления ^{137}Cs в сене трав второго укоса по отношению к фосфорно-калийным фонам. Од-

нако его концентрация в растениях не превышает 35 Бк/кг, что более чем на порядок ниже допустимого уровня. Поступление ^{137}Cs в сено при повышенных дозах азотных удобрений ($\text{N}_{120-140}$) снижается на высоком фоне применения калийных удобрений ($\text{P}_{90}\text{K}_{180}$).

Библиографический список

1. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь на 2021–2025 годы / Н. Н. Цыбулько [и др.] ; Нац. акад. наук Беларуси, М-во с. х. и продовольствия Респ. Беларусь, Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск : ИВЦ Минфина, 2021. – 144 с.
2. Осушенные торфяные и дегроторфяные почвы в составе сельскохозяйственных земель Республики Беларусь : практ. пособие / В. В. Лапа [и др.] ; под общ. ред. В. В. Лапа ; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск : ИВЦ Минфина, 2018. – 215 с.
3. Моисеев, И. Т. К вопросу о влиянии минеральных удобрений на доступность ^{137}Cs из почвы сельскохозяйственными растениями / И. Т. Моисеев, Л. А. Рерих, Ф. А. Тихомиров // Агрохимия. – 1986. – № 2. – С. 89.
4. Прогноз накопления радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в травяных кормах в зависимости от степени окультуренности дерново-подзолистых почв / И. М. Богдевич [и др.] // Почвоведение и агрохимия : сб. науч. тр. – Минск : РУП «Институт агрохимии и почвоведения НАН Беларуси», 2004. – Вып 33. – С. 139–149.
5. Алексахин, Р. М. Поведение ^{137}Cs в системе почва – растение и влияние внесения удобрений на накопление радионуклида в урожае / Р. М. Алексахин, И. Т. Моисеев, Ф. А. Тихомиров // Агрохимия. – 1992. – № 8. – С. 127–138.
6. Влияние новых форм азотных и калийных удобрений на поступление ^{137}Cs и ^{90}Sr в зеленую массу и сено бобово-злаковых смесей на дерново-подзолистых супесчаных почвах / Г. В. Пироговская, А. М. Русалович, В. И. Сороко, А. С. Силкова, В. Н. Ферсенков // Почвенные исследования и применение удобрений : межведом. темат. сб. / Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси ; под ред. И. М. Богдевича. – Минск, 2003. – Вып. 27. – С. 292–303.
7. Роль химии в реабилитации сельскохозяйственных угодий, подвергшихся радиоактивному загрязнению / Н. И. Санжарова, А. А. Сысоева, Н. Н. Исамов (мл.), Р. М. Алексахин, В. К. Кузнецов, Т. Л. Жигарева // Рос. хим. журн. – 2005. – Т. XLIX. – № 3. – С. 26–34.
8. Пристер, Б. С. Актуальные проблемы кормопроизводства в условиях радиоактивного загрязнения территории / Б. С. Пристер, Г. П. Перепелятникова, М. И. Ильин // Проблема сельскохозяйственной радиологии : сб. науч. тр. / Украин. науч.-исслед. ин-т с.-х. радиологии ; под ред. Н. А. Лощилова. – Киев, 1992. – Вып. 2. – С. 71–88.
9. Бондарь, П. Ф. Некоторые аспекты научного сопровождения ведения растениеводства на загрязненной территории / П. Ф. Бондарь // Проблема сельскохозяйственной радиологии : сб. науч. тр. / Украин. науч.-исслед. ин-т с.-х. радиологии ; под ред. Н. А. Лощилова. – Киев, 1996. – Вып. 4. – С. 107–123.
10. Тулин, С. А. Рекомендации по эффективному применению азота в загрязненной радионуклидами зоне : информ. листок / С. А. Тулин, А. С. Тулина ; Брянский ЦНТИ. – Брянск, 1994. – 3 с.

Поступила 15 ноября 2021 г.

ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЮЦЕРНЫ ПОСЕВНОЙ И КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО В ОДНОВИДОВЫХ И СМЕШАННЫХ ПОСЕВАХ

В. Н. Шлапунов, академик Национальной академии наук Беларуси

Н. Ф. Надточаев, кандидат сельскохозяйственных наук

А. Л. Бирюкович, кандидат сельскохозяйственных наук

Е. Л. Долгова, кандидат сельскохозяйственных наук

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

Аннотация

На связносупесчаной почве с повышенным содержанием гумуса, фосфора и калия изучалась продуктивность люцерны посевной и клевера лугового в одновидовых, смешанных между собой и с овсяницей луговой беспокровных, а также в одновидовых подпокровных с пелюшкой посевах (центральная часть Беларуси, 2018–2020 гг.). Установлено, что выращивание люцерны в одновидовом посеве или с подсевом клевера обеспечивает высокую продуктивность. Клевер луговой формирует высокую урожайность только при двухлетнем выращивании и одновидовом посеве с нормой высева 4 млн всхожих семян на 1 га.

Ключевые слова: люцерна посевная, клевер луговой, одновидовой посев, смешанный посев, норма высева, продуктивность.

Abstract

V. N. Shlapunov, N. F. Nadtochayev, A. L. Biryukovich, E. L. Dolgova

THE PRODUCTIVITY OF THE ALFALFA AND THE MEADOW CLOVER IN SINGLE-SPECIES AND MIXED CULTIVATION OF SOWING

The productivity of alfalfa and meadow clover in single-species, mixed with each other and with meadow fescue, as well as in single-species, undercover and field pea crops was studied on a cohesive sandy soil with a high content of humus, phosphorus and potassium in the central part of Belarus in 2018–2020. It is established that the cultivation of alfalfa in its pure form or with underseeding of meadow clover provides not only high productivity, but also the best economic indicators. Meadow clover shows high effectiveness only with two-year cultivation and sowing in pure form with a seeding rate of 4 million germinating seeds per 1 ha.

Keywords: alfalfa, meadow clover, single-species sowing, mixed sowing, seeding rate, productivity.

Введение

До настоящего времени качество фуража остается одним из главных сдерживающих факторов повышения продуктивности крупного рогатого скота, поскольку заготавливаемые травянистые корма по энергетической и протеиновой питательности не в полной мере отвечают требованиям при кормлении высокопродуктивных животных [1].

Для производства молока и продукции выращивания КРС требуется 80 % растительного белка от всей потребности в стране, и решение проблемы устранения его дефицита в рационе возможно только через увеличение посевов многолетних трав, таких как клевер, люцерна, эспарцет, лядвенец, галега, содержание протеина в которых достигает 20 % и более, а его сбор – 2,0–2,5 т/га [2, 3]. Особая роль в

решении этой задачи принадлежит люцерне. Так, в 1 к. ед. ее зеленой массы содержится 150–170 г перевариваемого протеина. Белок люцерны сбалансирован по аминокислотам, зеленая масса богата витаминами, ферментами, пектином, минеральными веществами. Использование люцерны в кормлении КРС – это гарантированный рост молочной и мясной продуктивности, удешевление стоимости кормов [4].

На дерново-подзолистых почвах Беларуси основу полевого травосеяния составляет клевер луговой, который без применения азотных удобрений способен показывать высокую продуктивность, экономическую и энергетическую эффективность по сравнению со злаковыми и бобово-злаковыми травосмесями [5].

По данным инвентаризации 2020 г., площади многолетних бобовых трав составили 417,7 тыс. га (+4,1 % к 2019 г. и +9,5 % к 2018 г.), в том числе клевера лугового – 165,1 тыс. га (–4,1 % и –8,6 % соответственно); люцерны – 245,5 тыс. га (+11,1 % и +27,3 %). Площадь многолетних трав в республике (888,5 тыс. га) приблизилась сейчас к площади кукурузы

(947 тыс. га). Расширение посевных площадей бобовых культур является важным фактором биологизации земледелия. За счет биологической фиксации азота воздуха они оставляют с корневыми и стерневыми остатками в почве 150–170 кг/га азота, что способствует повышению ее плодородия [6].

Условия и методика проведения исследований

Полевой опыт закладывался на дерново-подзолистой супесчаной почве, развивающейся на связной пылеватой супесях, подстилаемой моренным суглинком с глубины 0,4–0,9 м.

Агрохимическая характеристика опытного участка: рН – 6,14; гумус – 2,70 %; P_2O_5 – 200 мг/кг; K_2O – 286 мг/кг. Предшествующая культура – кукуруза, после уборки которой проведено дискование, внесены минеральные удобрения, затем – вспашка. Весной обработка почвы включала дискование и предпосевную культивацию. Посев люцерны посевной и клевера лугового с одновременным прикатыванием провели 3 мая 2018 г. сеялкой *Rabe* следующими способами: 1) одновидовой; 2) под покров пелюшки Зазерская Усатая, 0,8 млн шт./га; 3) в смеси с клевером луговым; 4) в смеси с овсяницей луговой Зорка, 5,0 млн шт./га. Норма высева всхожих семян люцерны посевной Будучыня 5,0 млн шт./га; клевера лугового Працаўнік 4 млн шт./га.

Минеральные удобрения вносили осенью: фосфорные (45 кг/га д. в.) в виде аммонизированного суперфосфата и калийные (120 кг/га) в виде хлористого калия. В первый год жизни (2018) 20 июня были проведены подкос сорняков и учет урожая в варианте с пелюшкой, затем провели еще два укоса трав (27.07 и 17.09). Во второй год жизни (2019) укосов было четыре (5.06, 8.07, 29.08 и 14.10), в третий год (2020) – три (4.06, 29.06 и 30.07).

Сдерживающим фактором наращивания биомассы многолетних трав можно считать дефицит влаги в определенные периоды вегетации. В первую очередь это относилось к 2018 г., когда в апреле и мае выпало лишь 27 % осадков, а в июне – 50 % от нормы (таблица). По этой же причине в 2019 г. получена низкая урожайность трав второго укоса, когда со второй декады мая по первую декаду июня осадки составили 31 % от среднемноголетнего количества.

Таблица. Метеорологические условия вегетационных периодов
(по данным метеостанции «Борисов»)

Месяц	Температура воздуха, °С				Осадки, мм			
	норма	2018 г.	2019 г.	2020 г.	норма	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Апрель	6,7	9,9	8,7	6,3	49	18,9	0,4	9,5
Май	13,2	16,8	14,3	10,8	58	9,8	72,7	53,6
Июнь	16,3	17,1	20,8	19,7	83	42,0	49,5	151,2
Июль	18,3	19,3	16,3	17,8	87	125,4	105,5	82,4
Август	17,2	19,3	17,2	18,0	76	69,8	116,7	82,8
Сентябрь	11,8	14,8	12,3	14,3	66	50,4	39,7	49,8

Результаты исследований и их обсуждение

Так, в первый год жизни в вариантах с люцерной получено 135–219 ц/га зеленой массы, с клевером – 166–256 ц/га (рис. 1). Меньшую урожайность обеспечил их беспокровный од-

новидовой посев, большую – посев под покров пелюшки, урожайность которой в среднем составила 59 ц/га. Совместный посев люцерны с клевером луговым и овсяницей луговой имел

промежуточное значение со сбором зеленой массы 155–157 ц/га. Добавление к клеверу овсяницы обеспечило прирост урожая 35 %. Клевер луговой, посеянный двойной нормой высе-

ва (2 НВ), также сформировал на 26 % больше зеленой массы по сравнению с нормой высева 4 млн семян на 1 га.

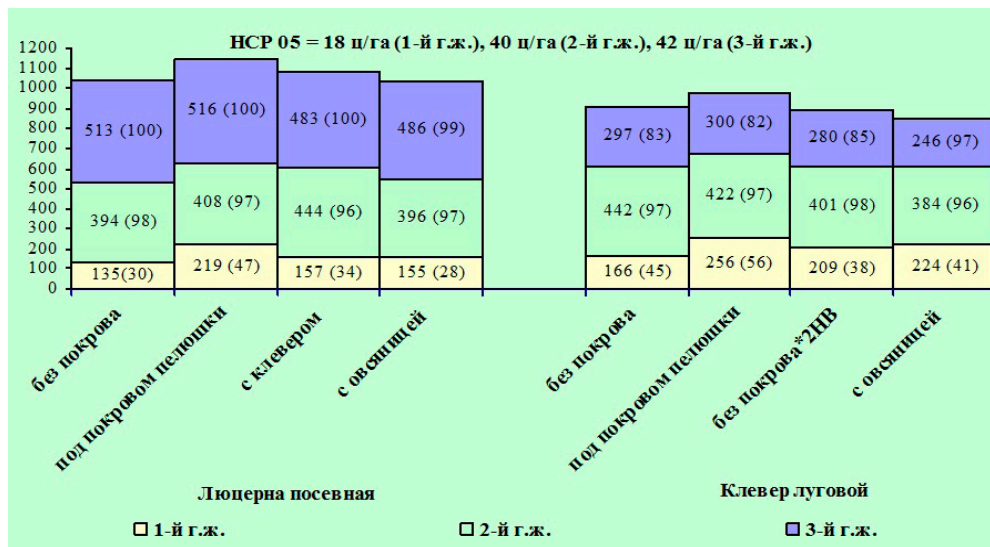


Рис. 1. Урожайность зеленой массы многолетних трав в 2018–2020 гг., ц/га (в скобках – доля культурных растений в урожае, %)

В неблагоприятный для трав начальный период вегетации 2018 г. основную долю урожая зеленой массы занимали сорняки. В беспокровных посевах люцерны их доля составляла 66–72 % и под покровом пелюшки 53 %, в посевах с клевером 55–62 % и 44 % соответственно.

На второй год жизни, в 2019 г., сорные растения в посеве многолетних трав присутствовали в незначительном количестве (2–4 % сырой массы), а урожайность в сумме за 4 укоса составила 394–444 ц/га в вариантах с люцерной и 384–442 ц/га – с клевером. Беспокровный и подпокровный посевы люцерны, равно как и в смеси с овсяницей, показали наименьший сбор зеленой массы, а с клевером луговым – наибольший, в то время как максимальная урожайность зеленой массы клевера отмечена при посеве без покрова с нормой высева 4 млн шт./га. Увеличение нормы высева в два раза (8 млн шт./га) привело к снижению сбора зеленой массы на 9 %. Самая низкая урожайность получена в варианте совместного посева клевера с овсяницей.

На третий год жизни, в 2020 г., варианты с люцерной показали максимальную урожайность, которая за 3 укоса составила 483–516 ц/га. В посеве с овсяницей присутствовали сорные растения, масса которых составила лишь 1 %. В этом варианте, а также с клевером луговым сбор зеленой массы был меньшим, чем в по-

севе люцерны без добавления других многолетних трав. В вариантах с клевером луговым в третий год жизни получена значительно меньшая урожайность зеленой массы (246–300 ц/га), чем в вариантах с люцерной. Кроме того, доля сырой массы сорных растений в урожае достигала 15–18 %, и только в смеси с овсяницей доля сорняков была незначительной (3 %). Несмотря на это, урожайность смеси оказалась несколько ниже, чем в других смесях.

В первый год жизни получена и самая низкая урожайность сухого вещества сеяных трав (рис. 2). В вариантах с люцерной она колебалась в пределах 10,1–17,9 ц/га, с клевером 16,7–26,6 ц/га. Аналогично зеленой массе наибольший сбор сухого вещества был сформирован в посеве под покров пелюшки. Во второй год жизни максимальный сбор сухого вещества отмечен в смешанном посеве люцерны с клевером (100,4 ц/га) и несущественное снижение – в одновидовом посеве люцерны или одновидовом беспокровном посеве клевера с одинарной нормой высева, где он составил 95,8–96,5 ц/га. Самый низкий сбор сухой массы сформировали смешанные посевы бобовых культур с овсяницей луговой. На третий год жизни посев люцерны с клевером обеспечил сбор сухого вещества 83,6 ц/га, а одновидовой посев люцерны – 87,0–87,7 ц/га.

В вариантах с клевером луговым сбор сухого вещества в среднем оказался ниже в 2,4 раза и несущественно различался между собой, составил 34,7 и 35,7–35,9 ц/га соответственно.

Сбор кормовых единиц по вариантам имел те же закономерности, что и сухого вещества. Различие заключалось лишь в том, что в сухом веществе клевера их содержание было выше, чем в сухом веществе люцерны. Так, в 2018 г. сбор кормовых единиц в вариантах с люцерной составил 9,5–16,8 ц/га при их содержании 0,94–0,96 в 1 кг СВ, в вариантах с клевером – 16,9–26,5 ц/га и 1,00–1,03 соответственно (рис. 3). Во второй год жизни максимальный сбор к. ед. получен при совместном посеве

люцерны с клевером (88,9 ц/га), однако только варианты совместного посева бобовых с овсяницей и клевера лугового удвоенной нормой высева семян показали существенное снижение (на 9,7–13,8 ц/га). Содержание кормовых единиц в 1 кг СВ в этот год в среднем за 4 укоса составляло 0,87–0,88 у люцерны и 0,90–0,93 у клевера. На третий год жизни в сумме за 3 укоса в вариантах с люцерной собрано 71,9–75,5 к. ед. ц/га. Превышение над вариантами с клевером меньшее, чем по сбору СВ, и в среднем составило 2,1 раза, поскольку содержание к. ед. в 1 кг СВ в вариантах с люцерной равно 0,86–0,88, с клевером – 0,96–0,99.

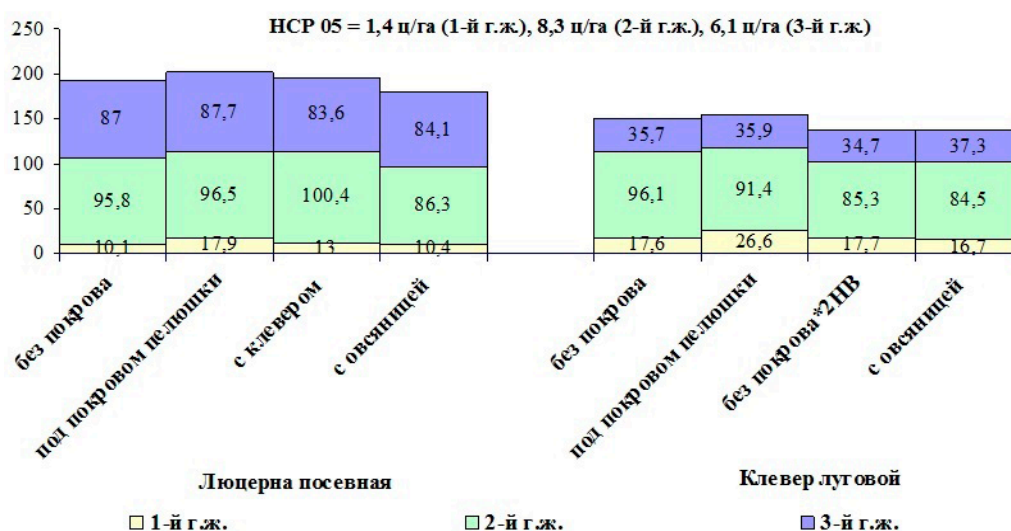


Рис. 2. Урожайность сухого вещества сеяных трав в 2018–2020 гг., ц/га

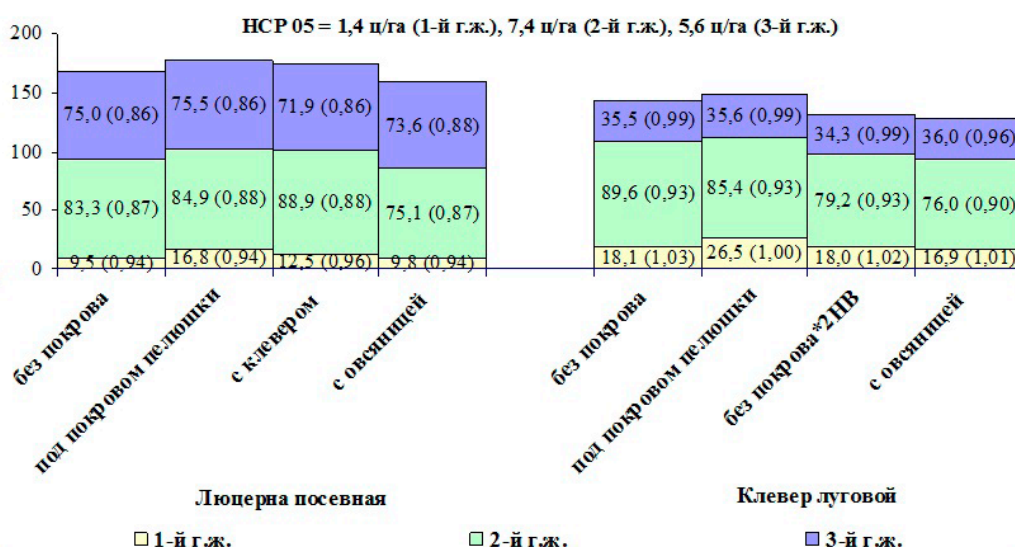


Рис. 3. Сбор кормовых единиц сеяных трав в 2018–2020 гг., ц/га (в скобках – содержание к. ед. в 1 кг СВ)

Клевер луговой в третий год жизни существенно снизил свою продуктивность, в то время как люцерна на 30 июля сформировала в среднем 74 ц/га к. ед. В среднем за 3 года сбор кормовых единиц при посеве клевера под подсев пелюшки составил 59,1 ц/га к. ед. Несущественное снижение отмечено в вариантах смешанного с клевером и беспокровного посева (на 1,3–3,2 ц/га). Если сравнивать продуктивность клевера, то в расчет следует брать двухгодичное использование, и лучшими вариантами в таком случае являются беспокровный и подпокровный посевы клевера, где сбор кормовых единиц в среднем за 2 года составил 53,8–56,0 ц/га.

Сбор обменной энергии в опыте аналогичен сбору кормовых единиц. По этому показателю лучшим вариантом по-прежнему был

посев люцерны под пелюшку, где в среднем за 3 года получено 65,6 ГДж/га ОЭ (рис. 4). Совместный посев люцерны с клевером уступил ему лишь на 1,7 ГДж/га. При двухгодичном использовании клевера наибольший сбор энергии отмечен в вариантах с пелюшкой и без нее. По содержанию обменной энергии в сухом веществе клевер и люцерна имеют меньшие различия, чем по кормовым единицам. В зависимости от года и варианта опыта с люцерной в растениях содержалось 9,4–10,2 МДж/кг СВ, с клевером 9,9–10,5 МДж/кг СВ.

Сбор сырого протеина для бобовых культур – главный показатель их продуктивности. Во второй год жизни в варианте совместного посева люцерны с клевером он достигал 19,4 ц/га (рис. 5).

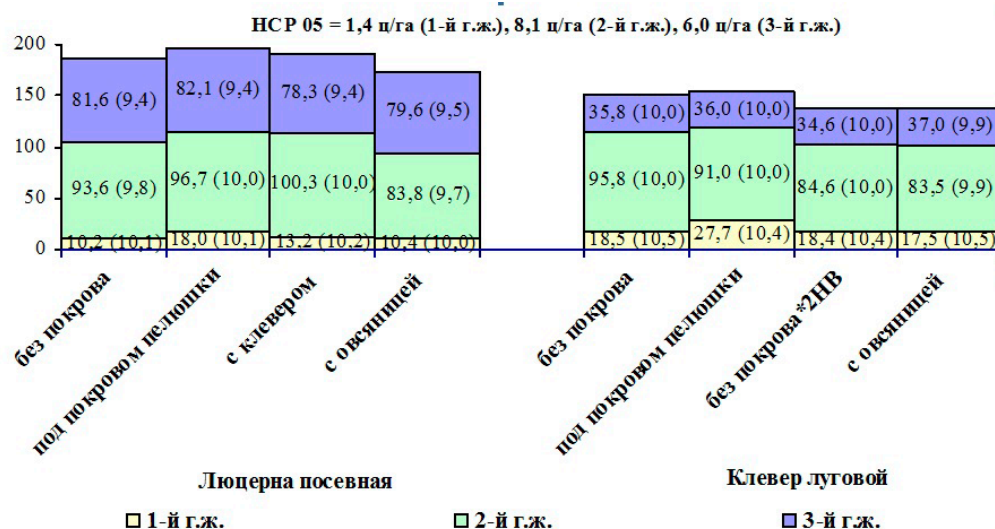


Рис. 4. Сбор обменной энергии сеяных трав в 2018–2020 гг., ГДж/га (в скобках – содержание ОЭ, МДж/кг СВ)

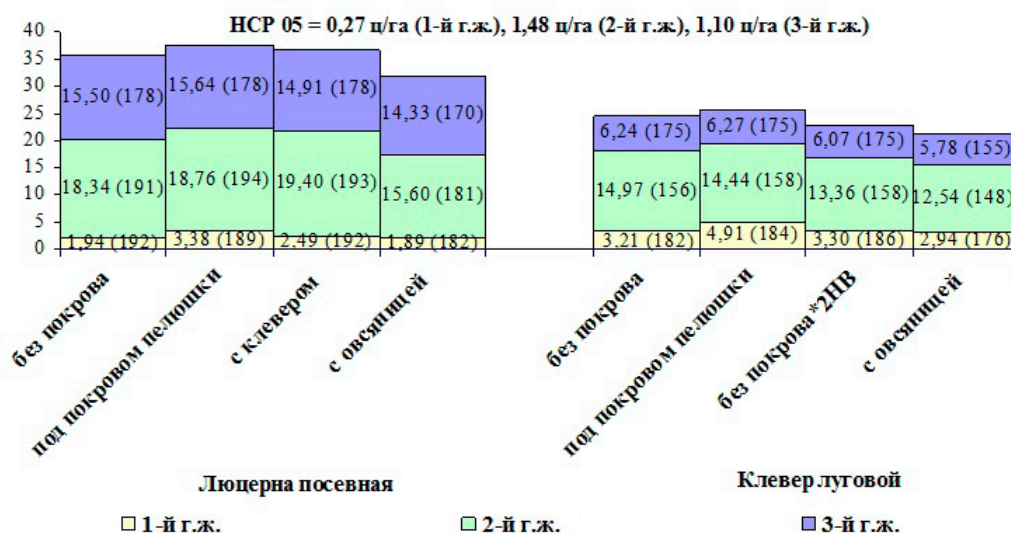


Рис. 5. Сбор сырого протеина сеяных трав в 2018–2020 гг., ц/га (в скобках – содержание СП, г/кг СВ)

Несущественное (на 0,64–1,06 ц/га) снижение отмечено в вариантах беспокровного и подпокровного одновидового посевов люцерны. Эти же варианты показали лучший результат по сбору сырого протеина и в третий год жизни (14,91–15,64 ц/га) лишь с той разницей, что смешанный посев люцерны с клевером, в отличие от второго года жизни, имел меньшее значение. У клевера лугового сбор сырого протеина был значительно ниже, что связано не только с меньшей урожайностью сухого вещества, но и содержанием в нем протеина. Так, во второй год жизни содержание протеина в растениях люцерны в среднем за четыре укоса составило 191–194 г/кг СВ, в смешанном посеве с овсяницей – 181 г/СВ. В вариантах с

клевером этот показатель был равен 156–158 и 148 г/кг СВ соответственно. В итоге сбор сырого протеина в вариантах с клевером во второй год составил от 12,54 до 14,97 ц/га.

На третьем году жизни по содержанию сырого протеина в растениях люцерны и клевера отмечена иная картина, отличающаяся от второго года жизни. У люцерны оно снизилось до 178 г, у клевера увеличилось до 175 г/кг СВ. В смешанных посевах с овсяницей содержание протеина было ниже: 170 и 155 г/кг СВ соответственно. Поскольку доля овсяницы в посевах люцерны была меньшей, то и разница по сравнению с одновидовым посевом здесь менее заметна.

Заключение

На связносупесчаной почве с высоким содержанием гумуса, фосфора и калия высокую продуктивность обеспечивает выращивание люцерны посевной в одновидовом посеве или

с подсевом клевера. Возделывание клевера лугового целесообразно только при двухлетнем использовании и одновидовом посеве с нормой высева 4 млн всхожих семян на 1 га.

Библиографический список

1. Ковалевский, В. Можно кормить белком из добавки, но лучше сенажом из свежей травки / В. Ковалевский // Белорус. с. х. – 2013. – № 5. – С. 108–111.
2. Привалов, Ф. И. Оптимизация структуры многолетних трав как фактор стабилизации производства кормов и растительного белка / Ф. И. Привалов, П. П. Васько // Земледелие и защита растений. – 2017. – № 1 (110). – С. 9–12.
3. Скируха, А. Ч. Рациональный подбор культур в системе севооборотов как резерв увеличения производства кормов и растительного белка / А. Ч. Скируха // Земледелие и защита растений. – 2017. – № 1 (110). – С. 12–15.
4. Разумовский, Н. Травяные корма – основа рационов коров / Н. Разумовский // Белорус. с. х. – 2020. – № 5. – С. 66–69.
5. Путятин, Ю. В. Влияние агрохимических свойств дерново-подзолистой супесчаной почвы на накопление ^{137}Cs клевером луговым / Ю. В. Путятин // Почвоведение и агрохимия. – 2020. – № 1 (64). – С. 152–159.
6. Роль севооборота и рациональной структуры посевных площадей в современном земледелии / П. И. Никончик, А. Ч. Скируха, А. А. Усеня, Л. Н. Грибанов // Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси : сб. науч. материалов / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – 2-е изд., доп. и переработ. – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – С. 18–28.

Поступила 15 декабря 2021 г.

ИСТОРИЯ ОСУШИТЕЛЬНОЙ МЕЛИОРАЦИИ В БЕЛАРУСИ

УДК 631.6 : 631.445(476)

ЗАПАДНАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ ПО ОСУШЕНИЮ БОЛОТ В ИСТОРИИ МЕЛИОРАЦИИ БЕЛАРУСИ

А. С. Мееровский, доктор сельскохозяйственных наук

В. Н. Филиппов, кандидат сельскохозяйственных наук

РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь

Аннотация

В 500-летней истории мелиорации в Беларуси особое место занимает Западная экспедиция по осушению болот (1872–1902 гг.), которую возглавлял генерал И. И. Жилинский. Она не имеет аналогов по своей продолжительности. За время ее деятельности канализовано 3,25 млн га, включая 410 тыс. га болот, превращенных в луга, 120 тыс. га пахотных земель, 615 тыс. га спелых лесов с помощью каналов для лесосплава, приближенных к рекам. В 1878 г. на Всемирной выставке в Париже проект осушения болот Полесья удостоен Почетного диплома, а руководитель Западной экспедиции награжден Золотой медалью. В ней участвовали ведущие ученые разных научных направлений, которые создали теоретическую основу мелиорации болот в Белорусском Полесье, а также в России и Украине. Заглядывая в будущее, И. И. Жилинский писал, что проведенные канализационные работы в Полесье достаточны при экономических условиях, характерных для конца XIX в., но «по мере увеличения народонаселения и подъема культуры страны будет являться неизбежная потребность в постепенном расширении и дополнении существующей сети каналов».

Ключевые слова: Полесье, болота, мелиорация, осушение, канализация, экспедиция, научное обеспечение.

Abstract

A. S. Meerovsky, V. N. Philipov

WESTERN SWAMP DRAINAGE RECLAMATION EXPEDITION IN THE HISTORY OF LAND RECLAMATION OF BELARUS

In the 500-year history of land reclamation in Belarus, a special place is occupied by the Western Expedition to drain bogs (1872–1902), that was headed by General I. I. Zhilinsky. In terms of duration, it has no analogues. During its activity, 3.25 million hectares were canalized, including 410 thousand hectares of swamps turned into meadows, 120 thousand hectares of arable land, 615 thousand hectares of mature forests using canals for timber rafting close to rivers. During the entire period of the Western Expedition's work, The project of draining the Polesie bogs in 1878. At the World Exhibition in Paris, he was awarded an Honorary Diploma, and the head of the Western Expedition was awarded a Gold Medal. It was attended by leading scientists from various scientific fields, that created the theoretical basis for the reclamation of bogs in the Belarusian Polesie, as well as in Russia and Ukraine. Looking into the future, I. I. Zhilinsky wrote, that work in Polesie is sufficient under the economic conditions typical of the late XIXth century «as the population increases and the culture of the country rises, there will be an inevitable need to gradually expand and supplement the existing network of channels».

Keywords: Polesie, swamps, reclamation, drainage, sewerage, expedition, scientific support.

Введение

Проблема оптимизации состояния сельскохозяйственных земель для повышения и устойчивости их продуктивности актуальна во всем мире. Одним из основных направлений ее решения в Беларуси является мелиорация болот и заболоченных территорий, позволяющая вовлечь в производство потенциально плодородные почвы. Их территориальное

распространение, а также особенности генезиса и свойств изучены [1–3]. Следует подчеркнуть, что в Беларуси пионером исследований избыточно увлажняемых почв был Я. Н. Афанасьев. Однако работы по осушению болот и переувлажненных земель в нашей стране начались гораздо раньше, когда многих данных, характеризующих природные условия, еще не

было. Что же оставалось использовать, чтобы мелиоративные системы эффективно работали и приносили пользу? Зарубежный опыт, хозяйственную мудрость и смекалку.

История белорусской мелиорации еще ждет своего исследования. Ряд публикаций свидетельствует, что в ней бывали сложные периоды и события, которые специалистами оцениваются противоречиво [4, 5]. Это хорошо видно на примере мелиоративных мероприятий, выполненных за последние 50–60

Основная часть

Необходимость мелиорации болот и переувлажненных земель Беларуси, занимавших почти половину всей территории, назревала продолжительное время. Особенно она обострилась к середине XIX в. вследствие и роста населения, и недостатка земель, пригодных для ведения сельского хозяйства. К этому времени в развитых странах Западной Европы (Великобритания, Германия, Нидерланды) основная часть болот уже была осушена и успешно эксплуатировалась. Отмена в России крепостного права в 1861 г. и развитие капитализма усилили использование лесных ресурсов, особенно в Полесье. Поскольку вблизи рек и каналов леса были уже вырублены, логично возник вопрос о строительстве дополнительных лесосплавных каналов. В 1853 г. Министерство государственных имуществ Российской империи разослало по губернским палатам 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 издал циркуляр «Наставление к осушению и возделыванию болот», однако только к 1873 г. был разработан Генеральный план осушения более 8 млн гектаров земель в Северо-Западном крае. Для его реализации по инициативе Комиссии для исследования положения сельского хозяйства и сельской производительности в России, под председательством министра государственных имуществ П. А. Валуева, создается Западная экспедиция по осушению болот (действовала в течение 1872–1902 гг.). Экспедиция не имеет аналогов в мире и занимает видное место не только в истории осушительной мелиорации Беларуси. Ее на-

лет. Несомненно, что в прошлом было создано немало ценного и полезного, достойного сохранения. Так, яркий пример конструктивной и эффективной работы по мелиорации – Западная экспедиция по осушению болот. По многим позициям она до настоящего времени уникальна.

Приближается 150-летие с начала ее деятельности, и хочется хотя бы кратко напомнить об этом феномене в мелиорации переувлажненных земель.

чальником был назначен И. И. Жилинский, известный специалист по гидротехническим работам, в начале работ – полковник, а затем генерал-лейтенант.

Иосиф Ипполитович Жилинский родился в 1834 г. в г. Троки (ныне – Тракай) Виленской губернии. По окончании Петербургского института инженеров путей сообщения обучался на геодезическом отделении Николаевской академии Генерального штаба, стажировался за рубежом, работал в Пулковской обсерватории. До того как возглавить Западную экспедицию, был автором проектов и руководителем работ по осушению болот в Мещере (Центральная Россия), Барабинской низменности (Западная Сибирь), а также по водоснабжению г. Баку и Голодной степи.

И. И. Жилинский отличался высокой эрудицией, профессионализмом, умением работать с людьми. Именно эти его качества способствовали тому, что в работе Западной экспедиции сформировался коллектив специалистов-профессионалов в составе К. И. Малаховского, И. К. Милицера, Е. В. Оппокова, А. М. Гатовского, П. С. Петровского, И. К. Радзиковского, И. К. Сикорского, Ф. Н. Ширяева. Пожалуй, впервые в практике подобных работ принимали активное участие ведущие ученые разных научных направлений: К. С. Веселовский, А. И. Воейков, Е. А. Гейнц, М. О. Гедеман, В. В. Докучаев, В. П. Лукашевич, А. Ф. Миддендорф, Р. П. Спарро, Г. И. Танфильев, Э. И. Эйхвальд.

Генеральный план осушения болот Полесья, по которому работала экспедиция, был составлен И. И. Жилинским и одобрен академиками А. Ф. Миддендорфом и К. С. Веселовским. Проанализировав данные изысканий, авторы Ге-

нерального плана сделали следующие выводы: почти единственным источником питания болот служат внешние воды, а воды местного происхождения в виде источников, родников, ключей почти нет; большая часть полесских болот принадлежат к типу травяных, а не моховых, и почти все они замерзают зимой; болота возникают из-за застоя вод, приносимых реками, и, следовательно, не они питают реки, а сами питаются за счет них. Поэтому канализация, являясь рациональным управлением этими запасами вод, никак не сможет повлиять на уменьшение общего дебита, но приведет лишь к более правильному стоку воды, не допустив ни ее большого скопления, ни застоя после весеннего разлива, а также понизит уровень грунтовых вод до высоты, необходимой для произрастания луговых растений [6]. Основная идея Генерального плана заключалась в том, чтобы «устранить причины, вызвавшие образование болот, достигнуть возможно более равномерного распределения по площади Полесья и правильного в нем водообращения и этим путем освободить от обременяющего их излишка воды» [6].

Специалисты предусматривали «посредством отрывки соответствующих каналов придать устьям притоков Припяти наклонное к ней направление, трассируя каналы таким образом, чтобы устья были отдалены возможно дальше друг от друга». Особое значение придавалось притокам, впадающим в Припять с севера и юга, формированию более правильного стока воды из болот «путем устройства боковых каналов, направленных как в магистральные, так иногда и непосредственно в реки; спрямления и расчистки притоков и освобождения их от искусственных преград» [6]. После выполнения этих работ планировалось приступить к канализации территории в бассейнах рек Горыни, Стыри, Стоход, Ясельды и по канализованной реке Гривде направить часть стока в Неманский бассейн. Регулирование уровней воды в каналах в период засух предполагалось производить посредством строительства деревянных шлюзов.

Целью осушительных работ было создание следующих условий: открыть водам выход из поверхности котловины, дать им правильное распределение, получить возможность управлять ими таким образом, чтобы после пони-

жения грунтовых вод до уровня, «необходимого для освобождения низменных лесов от подмочки и для образования на поверхности болот слоя сухой почвы, достаточного для произрастания трав и злаков» [6], можно было предупреждать дальнейшее понижение грунтовых вод, тем самым предотвращать излишнее иссушение почвы.

Детально ознакомившись с Генеральным планом И. И. Жилинского, выдающийся русский почвовед В. В. Докучаев не во всем согласился с предложенной концепцией канализации Полесья. Он считал, что торфяные болота сами могут притягивать воду из атмосферы и создавать самостоятельные водные резервуары, тем самым питая водными ресурсами озера, истоки таких рек, как Волга, Днепр, Западная Двина и др. Ученый подчеркивал, что реки сами, хотя и медленно, но стремятся к осушению болот. По его мнению, прежде чем потратить миллионы рублей на осушение болот, необходимо доказать, что реки, берущие начало в торфяных болотах, могут обойтись без них: «Иначе нам придется еще больше затратить и труда и средств, чтобы обводнить осушенную местность. Именно в Полесье самостоятельная способность торфяных болот впитывать в себя должна проявляться в грандиозных размерах. Почти все реки Полесья берут начало из болот. Поэтому ни в коем случае нельзя сказать, что болота Полесья не питают реки» [7].

Вопрос об осушительной мелиорации рассмотрен В. В. Докучаевым в работах 1874–1879 гг., посвященных осушению болот, причинам обмеления рек и образования речных долин. Ученый отмечал, что, несмотря на длительное изучение болот, борьба с заболачиванием все еще не имеет положительных результатов, так как отсутствуют исследования самой сущности заболачивания и конкретных факторов, обуславливающих существование болот и их взаимодействие с элементами географической среды.

Бытует мнение, что В. В. Докучаев выступал против осушения болот, в частности полесских. Однако подобная позиция основана на не полностью осознанной его статье «По вопросу об осушении болот вообще и в частности об осушении болот Полесья». В примечании к ней он предлагал такие новые для своего времени приемы осушения, как

углубление русла реки и его одамбование: «Странно, что до сих пор никто, по-видимому, не предлагал углубить русло самой Припяти и возвысить ее берега. Это, несомненно, ограничило бы весенние разливы и способствовало бы более быстрому течению воды в притоках Припяти. Впрочем, это необходимо вести одновременно с исправлением русла Днепра, глубина которого в некоторых местах, в пределах Минской губернии, доходит до 5 футов (1,52 м)» [7]. Идеи Докучаева стали реализовываться лишь спустя 80–90 лет.

Работа Западной экспедиции преследовала в основном две цели: улучшить естественные луга и леса, создать водные пути в виде каналов для сплава леса. Естественные улучшения травостоя на осушенных землях происходили в течение 6–7 лет. Для ускорения этого процесса проводилось выжигание отмершей растительности весной или осенью, в результате чего торфяная почва обогащалась золой.

В порядке эксперимента экспедиция приняла попытку использовать осушенные травяные болота под пашню. С этой целью в 1883 г. на Василевичской лесной даче возле дер. Бабичи была создана опытная ферма под руководством агронома М. О. Гедемана. Опытное поле площадью первоначально 2,13 га затем было доведено до 15,26 га, состояло из двух частей, отличающихся мощностью торфа. На нем провели дополнительное осушение, срезали и сожгли кочки, корчи и пни, участок вспахали и заборонили. Затем провели пескование торфяной почвы, перепахав песок с торфом, и внесли в нее значительное количество навоза. В 1886 г. полученный урожай с десятины составил 1200 пудов капусты, 800 пудов свеклы, 600–1000 пудов картофеля, 60 пудов озимой ржи, 500 пудов клевера (за два укоса).

Общая площадь земель, входивших в сферу деятельности экспедиции, составляла более 3,2 млн га. Экспедиция осуществила полное или частичное осушение 50 казенных дач, ею было проложено около 5000 км каналов осушительного и лесотранспортного значения, расчищено 134 км речных русел, построено 549 мостов, 17 полушлюзов для задержания воды во время засух. Отвод поверхностных вод, позволивший обеспечить улучшение условий для роста леса, был произведен на площади 500 тыс. га. Общая

стоимость работ Западной экспедиции составила около 5 млн рублей.

Помимо осушения болот, специалистами экспедиции был выполнен большой объем изыскательских работ, положивших начало комплексному изучению природных условий Полесья. На необходимость такого исследования с целью научно обосновать мелиорацию переувлажненных земель указал В. В. Докучаев. Участие в подобных мероприятиях ведущих российских ученых способствовало формулированию аргументированных положений о влиянии осушения на климат, речные системы, растительность лесов, общее состояние ландшафтов.

Европейская научная общественность внимательно следила за деятельностью Западной экспедиции и высоко оценила ее результаты. В мировой печали появилось большое число публикаций, положительно оценивавших проведенные в Полесье мелиоративные работы. Однако нельзя не сказать, что в самой России было немало противников осушения этого региона, которые не разделяли взгляды И. И. Жилинского. Особенно активно выступали по данному поводу специалисты Министерства путей сообщения, опасавшиеся, что после осушения болот Припять сильно обмелеет и потеряет судоходное значение. Высказывались суждения об отрицательном влиянии осушения болот Полесья на полноводность Днепра и водообеспеченность черноземного пояса.

Работа Западной экспедиции имела огромное значение для развития мелиорации земель в Беларуси, Украине и России. Это был первый крупный проект освоения значительных болотных пространств и переувлажненных земель.

В Белорусском Полесье были опробованы такие различные способы осушения, как сеть каналов, гончарный, фашинный, каменный дренажи, строительство осушительно-увлажнительных систем и др. Благодаря усилиям участников экспедиции в России появились первые нормативные документы по осушению и освоению болот, были сделаны первые шаги по созданию отечественной гидромелиоративной инженерной школы. Мелиорация земель формировалась как отрасль сельскохозяйственного производства, что отразилось и на совершенствовании управления ею. В

1894 г. в структуре Министерства земледелия и государственных имуществ был создан отдел земельных улучшений, который до 1909 г. возглавлял И. И. Жилинский.

Участие в экспедиции большой группы ученых способствовало развитию болотоведения, почвоведения, геоботаники, климатологии, гидрологии, гидротехники. В обобщение материалов Западной экспедиции внесли свой вклад крупнейшие русские ученые А. И. Воейков, В. В. Докучаев, В. С. Доктуровский, А. Т. Кирсанов, Е. В. Оппоков, Г. И. Танфильев, П. А. Тутковский и др.

Анализируя материалы Западной экспедиции, убеждаешься в обоснованной осторожности и осмотрительности ее специалистов. Опасаясь непредсказуемых последствий и не имея достаточной теоретической базы и прак-

тики, они не решились сразу перейти к интенсивному осушению болот: оно проводилось на небольших экспериментальных участках, где изучались различные способы освоения осушенных почв. Знать меру риска и его последствия – таково было неукоснительное правило профессионалов.

Со времени создания Западной экспедиции по осушению болот прошло почти 150 лет. За это время мелиорация земель в Беларуси прошла большой путь. В 2021 г. в республике в составе сельскохозяйственных земель используется более 2,8 млн га осушенных; в среднем на один район их приходится 24,2 тыс. га. Мелиорированные сельскохозяйственные земли составляют 34 % от общего числа. В Полесье осушенность территории превышает 26 %, что почти в 3 раза больше, чем по остальной части страны.

Заключение

1. В историю мелиорации болот и переувлажненных земель на территории Беларуси яркую страницу вписала Западная экспедиция, осуществившая комплекс работ по улучшению мелиоративного состояния Полесья. Экспедиция впервые реализовала крупную государственную программу мелиорации болот обширного региона на площади более 3,2 млн гектаров.

2. В разработке Генерального плана осушения болот и его реализации Западной экспедицией выдающаяся роль принадлежит И. И. Жилинскому, ее бессменному руководителю на протяжении 1872–1902 гг.

3. Участие в работе экспедиции ведущих ученых России разных научных направлений способствовало обоснованности технических решений, комплексности в изучении природы

Полесья и влияния процесса осушения болот на нее, а также формированию авторитета, в том числе международного, который приобрела экспедиция в связи с мелиоративным преобразованием региона.

4. Осуществление Генерального плана осушения болот Полесья вызвало большой интерес специалистов и населения. В ходе многолетних дискуссий выкристаллизовались научные проблемы, требующие более глубокого изучения.

5. Западная экспедиция явилась стартовой площадкой осуществления в 1960–80-х гг. комплексной Государственной программы мелиоративного преобразования земель в целях их интенсивного сельскохозяйственного использования.

Библиографический список

1. Почвы Белорусской ССР : науч. изд. / Белорус. науч.-исслед. ин-т почвоведения и агрохимии ; ред.: Т. Н. Кулаковская, П. П. Роговой, Н. И. Смеян. – Минск : Ураджай, 1974. – 328 с.
2. Почвы Республики Беларусь / В. В. Лапа [и др.] ; под ред. В. В. Лапа. – Минск : ИВЦ Минфина, 2019. – 632 с.
3. Мелиорация : энцикл. справочник / под общ. ред. А. И. Мурашко. – Минск : Белорус. сов. энцикл., 1984. – 567 с.
4. Сучков, К. П. Мелиорация земель Беларуси : очерки истории : монография : в 2 ч. / К. П. Сучков, П. У. Равовой, Л. К. Стычинский ; М-во с. х. и продовольствия Респ. Беларусь, Глав. управ. образования, науки и кадров, УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия». — Горки : БГСХА, 2010. — Ч. 2. — 206 с.

5. Аношко, В. С. История и методология почвоведения / В. С. Аношко. – Минск : Выш. школа, 2013. – 269 с.

6. Жилинский, И. И. Очерк работ Западной экспедиции по осушению болот (1873–1898) / М-во земледелия и гос. имуществ ; сост. И. И. Жилинский [и др.]. – С.-Петербург, 1899. – 744 с.

7. Докучаев, В. В. По вопросу об осушении болот вообще и в частности об осушении болот Полесья / В. В. Докучаев // Избр. тр. : в 3 т. ; под ред. Б. Б. Плынова. – М. : АН СССР, 1949. – Т. 1. – С. 27–65.

Поступила 5 декабря 2021 г.

• НАШИ ЮБИЛЯРЫ •



АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ МИТРАХОВИЧ (к 85-летию)

Александр Иванович Митрахович родился 5 октября 1936 г. в г. Горки Могилевской обл. В 1959 г. окончил гидромелиоративный факультет Белорусской сельскохозяйственной академии по специальности «Инженер-гидротехник», затем работал мелиоратором совхоза «Натальевск» Червенского р-на Минской обл., главным инженером Червенской ремонтно-технической мелиоративной станции. После ее реорганизации трудился старшим прорабом Смолевичского строительно-монтажного управления, прорабом треста «Сантехмонтаж» (г. Могилев), ассистентом кафедры начертательной геометрии в Белорусской сельскохозяйственной академии.

С 1964 г. деятельность Александра Ивановича связана с Белорусским научно-исследовательским институтом мелиорации и водного хозяйства. В 1964–1975 гг. он работает здесь младшим научным сотрудником, в 1972 г. защищает диссертацию и становится кандидатом технических наук. В 1975–1983 гг. – старший научный сотрудник, с 1983 г. – ведущий научный сотрудник института; в 2002–2006 гг. – заведующий сектором дренажа и сельскохозяйственного водоснабжения. После реорганизации в 2006 г. структуры института работает ведущим научным сотрудником.

Основные направления научной деятельности А. И. Митраховича связаны с разработкой и исследованиями новых конструкций мелиоративных систем, которыми он начал заниматься в 1964 г. Участвовал в разработке первых в республике полиэтиленовых гофрированных дренажных труб. Строил и испытывал пластмассовый дренаж и разрабатывал рекомендации по его применению, а также конструкции осушительных систем на базе вертикального дренажа, исследуя их работу с использованием подземных вод на орошение в регионе Полесья. Такие системы, построенные на площади более 1400 га, показали свою надежность и эффективность в различных погодных условиях, в том числе экстремальных. На основе предложенного им строительства мелкотрубных скважин способом гидроподмыва успешно осуществлена децентрализация водоснабжения сельского населения и пастбищ в Лунинецком районе.

А. И. Митрахович исследовал новые конструкции фильтров с водоприемной оболочкой из пористых полиэтиленовых пластин, которые применены в производстве на дренажных и водозаборных скважинах. Занимался вопросами реконструкции и модернизации

мелиоративных систем. Им разработано принципиально новое направление реконструкции, основанное на использовании выборочного дренажа с водопоглощающими элементами, которое сейчас активно реализуется в Полесье. Исследователем предложены новые схемы и способы регулирования водного режима почв. Под руководством Александра Ивановича проведен комплекс исследований по определению характеристик геотекстильных материалов для защиты дренажа от заиливания, внедряющихся в мелиоративной отрасли. Митрахович разрабатывал конструкции колонок-поглотителей на дренажных системах и испытывал их с использованием полимерных и природных структурообразователей в качестве фильтрующих засыпок. Был руководителем задания по исследованию применения на мелиоративных системах полимерных труб большого диаметра, заменяющих проводящие каналы, что обеспечило оптимальные контуры полей для обработки широкозахватной сельскохозяйственной техникой.

Александр Иванович Митрахович – автор более 163 научных работ, включая монографию, 23 авторских свидетельств и патентов, 15 рекомендаций.

Награжден Почетной грамотой Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР, двумя бронзовыми и серебряной медалями ВДНХ СССР, дипломом ВДНХ БССР, почетными грамотами Главполесьеvodстроя, Департамента по мелиорации и водному хозяйству, ГПО «Белмелиоводхоз» Республики Беларусь, нагрудным знаком «Ганаровы меліяратар», почетными грамотами РУП «Институт мелиорации».

За профессионализм, высокие человеческие качества, доброту и порядочность Александр Иванович пользуется заслуженным авторитетом у всего коллектива института.



ГЕННАДИЙ ЮЛЬЕВИЧ ЛЕВИН (к 75-летию)

Геннадий Юльевич Левин родился 2 декабря 1946 г. в г. Котласе Архангельской области. С 1947 г. проживает в Беларуси. В 1965 г. в Витебске окончил среднюю школу и поступил в Минский радиотехнический институт на факультет автоматики и вычислительной техники. Окончив институт с отличием, начал свой трудовой путь в 1970 г. в Институте ядерной энергетики Академии наук БССР. Здесь Геннадий Юльевич работал инженером, старшим инженером, руководителем научно-исследовательской группы.

В 1974 г. Г. Ю. Левин пришел на работу в Белорусский НИИ мелиорации и водного хозяйства (ныне – РУП «Институт мелиорации»), где трудится и сейчас. Основные направления его научной деятельности связаны с исследованиями по автоматизации проведения экспериментов, повышению эффективности технологий эксплуатации мелиоративных систем, а также с разработкой стратегии информатизации мелиоративной отрасли. Благодаря природной одаренности, эрудиции, организаторскому таланту, трудолюбию, способности быстро осваивать новые научные знания Геннадий Юльевич всегда добивался результативного решения научных и практических задач, возникавших в процессе выполнения научно-исследовательских работ.

За годы работы в Институте мелиорации Левин успешно реализовал свои высокопрофессиональные качества исследователя и признанного лидера на должностях заведующего отделом вычислительной техники, заведующего лабораторией вычислительной техники и автоматизации экспериментов, ведущего научного сотрудника, заместителя, и. о. заведующего лабораторией эксплуатации мелиоративных систем.

Геннадий Юльевич активно занимается популяризацией научных достижений и внедрением научных разработок в производство. По результатам исследовательской деятельности он опубликовал 74 работы, в том числе более 10 рекомендаций и методических указаний для мелиоративной отрасли.

За многолетний добросовестный труд, существенный вклад в разработку и производственное внедрение нормативов эксплуатации мелиоративных систем, плодотворное сотрудничество с мелиоративными организациями Беларуси Геннадий Юльевич Левин награждался Почетной грамотой Академии аграрных наук Республики Беларусь, Почетной грамотой концерна «Белмелиоводхоз», Почетными грамотами Института мелиорации, отмечен благодарностью Академии наук Беларуси и медалью Всероссийского выставочного комплекса.

За профессионализм и высокие человеческие качества Г. Ю. Левин снискал заслуженный авторитет не только у коллектива и руководства института, но и у работников всей мелиоративной отрасли страны.



ВИКТОР НИКОЛАЕВИЧ КАРНАУХОВ (к 70-летию)

Виктор Николаевич Карнаухов родился 23 марта 1951 г. в г. Горки Могилевской обл. В 1973 г. окончил Белорусскую сельскохозяйственную академию (гидромелиоративный факультет) с присвоением квалификации инженера-гидротехника. После окончания вуза направлен на работу в Белгипроводхоз (Минск), где с августа 1973 г. работал геодезистом в отделе изысканий. В ноябре того же года был призван на действительную воинскую службу, которую проходил в Северо-Кавказском военном округе. После демобилизации возвратился на работу в Белгипроводхоз, где с января 1975 г. по июль 1976 г. занимал должность инженера отдела сооружений.

Молодого инженера влекла научная среда. Поэтому в августе 1976 г., отработав по направлению положенные три года, В. Н. Карнаухов перешел на работу в Белорусский научно-исследовательский институт мелиорации и водного хозяйства в качестве старшего инженера лаборатории русловых процессов и регулирования водоприемников. Без отрыва от производства закончил аспирантуру и в 1988 г. успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Обвалование и создание русел сложного сечения рек-водоприемников при защите пойменных земель от затопления».

Получив ученую степень и признание в научном коллективе, Виктор Николаевич в 1989 г. стал старшим научным сотрудником, в 1991 г. – заместителем заведующего, затем и заведующим лабораторией гидротехники.

В своей научной деятельности В. Н. Карнаухов проявил лучшие качества исследователя. Им лично и под его руководством проведен широкий круг исследований в области речной гидравлики и русловых процессов на опытных участках отрегулированных русел Ясельды и Лани. Под его руководством впервые в условиях Беларуси изучено влияние эрозионно-аккумулятивных процессов на работоспособность элементов мелиоративных систем и условия транспортировки продуктов эрозии мелиоративными водотоками в различных условиях. Виктором Николаевичем разработаны методики количественной оценки поступления в водотоки с полей наносов, распределения их в открытой сети. Им предложены инженерные мероприятия по снижению отрицательного влияния эрозионно-аккумулятивных процессов на работоспособность мелиоративных систем.

Виктор Николаевич Карнаухов – автор 67 научных публикаций, в том числе 6 пособий, методических указаний, рекомендаций и двух патентов. В его монографии «Эрозионно-аккумулятивные процессы на открытой сети мелиоративных систем» (2013 г.) впервые обобщены результаты многолетних исследований на крупномасштабных гидравлических

моделях рек и затапливаемых польдерных системах. Все разработанные мероприятия и технологии по реконструкции рек-водоприемников внедрены в производство. Монография Виктора Николаевича могла стать основой докторской диссертации, но в конце 2013 г. он решительно сменил поле своей деятельности и ушел из Института мелиорации на пенсию.

За время почти 40-летней работы в институте В. Н. Карнаухов активно участвовал в общественной жизни, награжден Почетными грамотами Академии аграрных наук Республики Беларусь и БелНИИМиЛ. За профессионализм и высокие человеческие качества Виктор Николаевич снискал заслуженный авторитет не только у коллектива и руководства института, но и у работников всей мелиоративной отрасли Беларуси.

Коллектив Института мелиорации высоко оценивает личный вклад Виктора Николаевича Карнаухова в мелиоративную науку Беларуси, глубоко уважает его как ученого и человека, тепло поздравляет с юбилеем, желает крепкого здоровья, всяческого благополучия и личного счастья.

• ЧТОБЫ ПОМНИЛИ •



БРОНИСЛАВ БРОНИСЛАВОВИЧ БЕЛЬСКИЙ (к 115-летию)

Бронислав Брониславович Бельский родился 5 октября 1906 г. в Заславле Минской обл. В 1927 г. окончил Минский торгово-кооперативный техникум, а в 1931 г. – агрономический факультет Белорусской сельскохозяйственной академии, получив специальность инженера-культуртехника.

Бельский начал свой трудовой путь в 1927 г. экономистом-статистиком ЦСУ БССР (Минск). В 1931–1934 гг. он аспирант Всесоюзного института удобрений (Москва); в 1934–1941 гг. – старший научный сотрудник Института социалистического сельского хозяйства АН БССР (Минск). В 1941 г. назначен помощником управляющего Земетчинского сахарного комбината Пензенской обл., где проработал до 1944 г.

В 1944–1946 гг. Б. Б. Бельский работал инструктором сельскохозяйственного отдела ЦК КПБ; в 1949–1950 гг. – заведующим отделом каучуконосов Института мелиорации, водного и болотного хозяйства АН БССР, а в 1950 г. назначен и. о. директора этого же института. В течение 1951–1962 гг. был заведующим лабораторией удобрений БелНИИ мелиорации и водного хозяйства, в 1972–1976 гг. – старшим научным сотрудником.

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук Б. Б. Бельский защитил в 1937 г. Им опубликовано 136 работ, в том числе 7 монографий и книг. Первые научные разработки Бронислава Брониславовича связаны с изучением агротехники кок-сагыза на торфяных почвах. В дальнейшем он изучал роль удобрений в повышении урожая сельскохозяйственных культур и экономическую эффективность их применения на торфяно-болотных почвах.

Заслуженный агроном БССР (1968). Подготовил 9 кандидатов наук.

Активно участвовал в общественной жизни: был секретарем парткома Академии сельскохозяйственных наук БССР, секретарем и членом бюро первичной партийной организации БелНИИМВХ, членом общества «Знание» БССР.

Награжден орденом «Знак Почета», медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне», Почетными грамотами Президиума Верховного Совета БССР, медалями ВДНХ СССР.

Бронислав Брониславович Бельский был профессионалом высокого уровня, который внес значительный вклад в развитие сельскохозяйственной науки. Его жизнь – пример преданного и самоотверженного служения науке, ответственности, целеустремленности и работоспособности, неравнодушного отношения к любой жизненной ситуации, уважительного и корректного отношения к коллегам.



ФЕДОР ВАСИЛЬЕВИЧ САПЛЮКОВ (к 85-летию)

Федор Васильевич Саплюков родился 3 декабря 1936 г. в дер. Хралы Круглянского р-на Могилевской обл. В 1960 г. окончил гидромелиоративный факультет Белорусской сельскохозяйственной академии по специальности «Инженер-гидротехник» и был направлен на работу в Смолевичское СМУ, где проработал до 1963 г. мастером, старшим прорабом, начальником участка.

Интерес к науке привел его в аспирантуру Белорусского НИИ мелиорации и водного хозяйства, где он проучился с 1963 г. по 1966 г. Здесь в 1967 г. он успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. По окончании аспирантуры в течение более 40 лет, с 1966 г. по 1992 г., проработал в институте младшим, старшим научным сотрудником, заведующим лабораторией эксплуатации водохранилищ, а в 1993–2009 гг. – ведущим научным сотрудником лаборатории эксплуатации мелиоративных систем.

Саплюков – автор 106 научных публикаций, в том числе 6 рекомендаций, методических указаний, руководств, 3 авторских свидетельств на изобретения. Его исследования посвящены вопросам разработки и совершенствования методов проектирования и эксплуатации мелиоративной сети, регулирования водного режима, комплексной эксплуатации водохранилищ осушительных и осушительно-увлажнительных систем. Высокая квалификация, профессиональная компетентность Ф. В. Саплюкова обеспечили его разработкам высокий научно-технический уровень, что содействовало их широкому внедрению как в мелиоративной отрасли Беларуси, так и в ходе мелиорации земель Нечерноземной зоны России.

Избирался членом научного совета АН БССР по проблемам Полесья, ученого совета Института мелиорации, заместителем председателя совета НТО института.

Награжден Почетными грамотами Минводхоза СССР и БССР, БелНИИМиВХ, серебряной и бронзовыми медалями ВДНХ СССР, медалью «Ветеран труда».

Память о Федоре Васильевиче Саплюкове как об известном ученом, высококвалифицированном специалисте, порядочном и доброжелательном человеке навсегда сохранится у тех, кто с ним сотрудничал и общался.



АЛЕКСАНДР УСТИНОВИЧ РУДОЙ (к 85-летию)

Александр Устинович Рудой родился 2 октября 1936 г. в дер. Поплавы Кличевского р-на Могилевской обл. После прохождения действительной военной службы в рядах Советской армии (1955–1958 гг.) поступил на учебу в Белорусскую сельскохозяйственную академию (гидромелиоративный факультет), которую окончил в 1963 г., получив специальность инженера-гидротехника.

По распределению был направлен в Белорусский НИИ мелиорации и луговодства, где проработал почти 40 лет. В 1963–1977 гг. трудился младшим научным сотрудником института. В 1972 г. защитил диссертацию на тему «Исследование режима осушения гончарным дренажем дерново-подзолистых почв тяжелого механического состава» и ему была присвоена ученая степень кандидата технических наук. В 1977–1988 гг. работал старшим научным сотрудником, в 1992–2002 гг. – ведущим научным сотрудником лаборатории мелиорации и сельскохозяйственного использования минеральных переувлажненных земель.

Александр Устинович изучал способы осушения заболоченных почв (Витебская обл.) и лесовых почв (Могилевская обл.). По результатам исследований опубликовал более 100 научных работ, в том числе 9 руководств, технических условий, рекомендаций по вопросам повышения эффективности мелиорации периодически переувлажненных тяжелых почв. Новизна и актуальность его разработок подтверждена 18 авторскими свидетельствами и патентами.

А. У. Рудой активно участвовал в общественной жизни института: являлся членом группы народного контроля, профоргом лаборатории и др.

Награжден 3 медалями и дипломами ВДНХ, Почетными грамотами института.



**АЛЕКСЕЙ ЕВСТАФЬЕВИЧ
ЖУКОВ
(к 85-летию)**

Алексей Евстафьевич Жуков родился 6 декабря 1936 г. в г. п. Освея Верхнедвинского р-на Витебской обл.

В 1960 г. окончил гидромелиоративный факультет Белорусской сельскохозяйственной академии, получив специальность инженера-гидротехника. Был распределен в проектный институт «Белгипроводхоз» (Минск), где в течение 10 лет работал начальником отдела изысканий.

Помимо деятельности инженера-проектировщика, Алексея Евстафьевича привлекала и научная работа, поэтому в 1970 г. он поступил в очную аспирантуру Белорусского научно-исследовательского института мелиорации и водного хозяйства. По окончании аспирантуры в 1973 г. работал здесь же сначала младшим научным сотрудником, а с 1975 г., после успешной защиты диссертации на тему «Экономическое обоснование орошения торфяных почв в Белорусском Полесье», – старшим научным сотрудником.

Научные интересы А. Е. Жукова связаны с проблемой повышения эффективности орошения сельскохозяйственных культур в Беларуси. В его научных статьях рассматривались вопросы снижения капиталоемкости строящихся в республике оросительных систем, зависимости прибавок урожая сельскохозяйственных культур от проектного водоснабжения, оптимизации капиталовложений в строительство оросительных систем при многовариантном проектировании и др.

Жуков зарекомендовал себя высокопрофессиональным специалистом. За время работы в институте он опубликовал 32 научные работы по вопросам орошения и экономики мелиоративной отрасли.

В Научно-исследовательском институте мелиорации и водного хозяйства Алексей Евстафьевич проработал до 1991 г. Далее, вплоть до выхода на заслуженных отдых, продолжил свою трудовую деятельность в Центральном научно-исследовательском институте комплексного использования водных ресурсов (Минск), где занимался вопросами нормирования водопользования в агропромышленном комплексе.

Сотрудники Института мелиорации, которым довелось работать вместе с Алексеем Евстафьевичем Жуковым, помнят его как замечательного товарища, простого, обаятельного человека и талантливого научного сотрудника.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. В журнале печатаются оригинальные материалы, не опубликованные ранее в других печатных изданиях.

2. Статья должна быть направлена в редакцию журнала «Мелиорация» в соответствии с **Порядком представления рукописей статей** (см.: <https://niimel.by>, сайт РУП «Институт мелиорации», Журнал «Мелиорация»).

3. Статья должна быть написана на русском языке, а аннотация – на русском и английском языках.

4. Объем статьи должен составлять не менее 0,35 авторского листа (14 тыс. печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и др.), но не более 0,5 авторского листа (20 тыс. печатных знаков), включая текст, иллюстрации, таблицы, библиографический список.

5. Представляемые материалы должны иметь следующую структуру:

индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК);

аннотацию на указанных языках (500 знаков);

ключевые слова на русском и английском языках;

введение;

основную часть, где излагается методика исследования, обсуждаются полученные результаты, представляются графики и рисунки;

заключение, завершаемое четко сформулированными выводами;

библиографический список.

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

7. В Основной части статьи должны содержаться: описание объекта/-ов и метода/-ов исследования, подробное освещение содержания исследований, проведенных автором/-ами. Полученные результаты должны быть обсуждены с точки зрения их научной новизны и сопоставлены с соответствующими известными данными.

8. В разделе «Заключение» должны быть в сжатом виде сформулированы основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения.

9. Библиографический список оформляется в соответствии с приказом ВАК Республики Беларусь от 08.09.2016 №206, располагается в конце статьи, источники нумеруются согласно порядку цитирования и заключаются в квадратные скобки (например: [1], [2]). Обязательно указывается общее количество страниц в книге или номера страниц в статье от ее начала до окончания. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

10. Иллюстрации, формулы, уравнения и сноски, встречающиеся в статье, должны быть пронумерованы в соответствии с порядком цитирования в тексте.

11. Тексты статей набираются кеглем 11, шрифт – Arial Narrow, междустрочный интервал – 1,2, отступ – 1. Обязательно прилагаются распечатанные на бумажных листах 2 экземпляра статьи, подписанные авторами.

12. Электронный вариант следует набирать в *Microsoft Word*, формулы – в формульном редакторе *Office*. Вставку символов выполнять через меню «Вставка\Символ». Выключку вверх и вниз (H2, H1) выполнять через меню «Формат\Шрифт\Верхний индекс», «Формат\Шрифт\Нижний индекс». Латинские буквы набираются курсивом. Греческие буквы и другие математические знаки следует брать из гарнитуры *Symbol*. Математические формулы (lim, sum, ln, sin, Re, Im и т. д.) и цифры набираются прямым начертанием.

13. Рисунки представляются в виде отдельных файлов в формате TIFF или JPEG 300—600 точек на дюйм. Текст на рисунках должен быть набран гарнитурой *Arial*, курсив. Размер кегля соизмерим с размером рисунка (желательно кегль 8). Площадь простых рисунков не должна превышать 100–150 см², размер сложных – не более 130–160 см².

14. Размерность всех величин, используемых в статьях, должна соответствовать Международной системе единиц измерения (СИ).

15. Редакция оставляет за собой право сокращать текст и вносить в него редакционные правки.

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

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

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

Мы готовы публиковать рекламу продукции соответствующих предприятий.

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

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

С уважением,

редакция журнала «Мелиорация»

тел: 8 (017) 331-49-03
факс: 8 (017) 292-64-96
e-mail: info@niimel.by,
niimel@mail.ru