

РУП «Институт мелиорации»

Научный журнал

МЕЛИОРАЦИЯ

№ 2(84)



Основан в 1951 году

**Минск
2018**

СВИДЕТЕЛЬСТВО №411

УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА:

Республиканское научное дочернее унитарное предприятие
«Институт мелиорации»

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

член-корр. НАН Беларуси **А. П. Лихацевич**

РЕДКОЛЛЕГИЯ:

проф. **А. С. Мееровский** (зам. гл. редактора)

проф. **Э. И. Михневич**

проф. **Н. Н. Семенов**

докт. с.-х. наук **В. И. Желязко**

докт. с.-х. наук **П. Ф. Тиво**

канд. техн. наук **Н. К. Вахонин**

канд. техн. наук **А. С. Анженков**

канд. техн. наук **Э. Н. Шкутов**

Журнал рецензируется.

*Включен в перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования
результатов диссертационных исследований.*

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**»

выходит 4 раза в год

Подписной индекс 74856 — для индивидуальных подписчиков

748562 — для предприятий и организаций

Подписку можно оформить во всех отделениях связи.

Редактор, корректор **А.А. Шаповалова**

Компьютерная верстка, дизайн **А.А. Шаповалова**

Перевод **А.А. Шаповалова**

Подписано к печати 27.06.2018 г. Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная № 1.
Гарнитура Arial Narrow. Уч.-изд. л. 5,05. Усл. печ. л. 3,95. Заказ 216. Тираж 100 экз.

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

тел. (017) 331-49-03

E-mail: niimel@mail.ru http://niimel.by

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

Содержание
Contents

Мелиорация ● Land improvement



А.И. Митрахович, И.Ч. Казьмирук, В.Н. Кондратьев, Н.М. Авраменко

Повышение эффективности работы дренажа на базе новых конструктивных элементов

5

A.I. Mitrakhovich, I.Ch. Kazmiruk, V.N. Kondratyev, N.M. Avramenko

Enhancing the efficiency of drainage using new construction elements



В.Е. Левкевич

Балансовые модели равновесной устойчивой береговой линии водохранилищ

13

V.E. Levkevich

Balance models of the stable equilibrium coast line of reservoir



В.В. Ивашечкин, А.М. Шейко, Ю.А. Медведева, А.Н. Глинская, И.Е. Иванова

Реагентная декольматация водозаборных скважин методом свабивания в замкнутых камерах

20

V.V. Ivashchekin, A.M. Sheiko, Ju.A. Medvedeva, A.N. Glinskaya, I.E. Ivanova

Reagent decolmation of water intake wells using swabbing in closed camera

Земледелие и растениеводство ● Agriculture and plant growing



А.С. Мееровский, Р.Т. Пастушок, О.С. Грушевич

Совершенствование технологии возделывания клевера гибридного на семена

28

A.S. Meerovsky, R.T. Pastushok, O.S. Grushevich

Improving the cultivation of clover hybrid for seeds



П.Ф. Тиво, В.Н. Филиппов

К вопросу известкования кислых почв

33

P.Ph. Tivo, V.N. Philipov

Liming of acidic soils. Some aspects



Н.Н. Цыбулько, И.И. Жукова, А.В. Шашко, С.С. Романенко
Эффективность применения минеральных удобрений под многолетние бобово-злаковые травы на антропогенно-преобразованной торфяной почве

N.N. Tsybulko, I.I. Zhukova, A.V. Shashko, S.S. Romanenko

Profitability of mineral fertilizers for perennial legume-cereal grasses on anthropogenic-transformed peat soil

43



Т.Ю. Анисимова, А.А. Данилин
Повышение производительной способности выработанных мелкоконтурных торфяников на основе применения агроботехнологических приемов

T.Ju. Anisimova, A.A. Danilin

Increase in productive capacity of degraded finely counter peat areas based on agrobiotechnology

51

Кормопроизводство ● Fodder production



А.А. Киселев, С.И. Станкевич, Т.К. Нестеренко
Продуктивность силфийи пронзеннолистной в зависимости от способа размножения

A.A. Kiselev, S.I. Stankevich, T.K. Nesterenko

Productivity of Silphium perfoliatum L. depending on propagation ways

56



А.В. Сорока, Н.Н. Костюченко
Продуктивность бобово-злаковых травостоев на дерново-глееватых песчаных почвах Белорусского Полесья

A.V. Soroka, N.N. Kostjuchenko

Productivity of legume-cereal herbage on soddy-gley sandy soils of Belarusian Polesye

61

Наши юбилеи ● Our anniversaries



КЛИМКОВ Василий Тихонович
(к 80-летию со дня рождения)

ГОЛЧЕНКО Михаил Герасимович –
ученый от земли и для земли
(к 75-летию со дня рождения)

65

УДК 621.315.614

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ДРЕНАЖА НА БАЗЕ НОВЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

А.И. Митрахович¹, кандидат технических наук, доцент,

И.Ч. Казмирук², кандидат технических наук,

В.Н. Кондратьев¹, доктор технических наук, профессор,

Н.М. Авраменко³, кандидат технических наук

¹ РУП «Институт мелиорации»

г. Минск, Беларусь

² Белорусский национальный технический университет

г. Минск, Беларусь

³ РУП «Полесская опытная станция мелиоративного земледелия и луговодства»

Лунинецкиц р-н, Беларусь

Аннотация

В статье приведены новые конструкции элементов дренажа для повышения эффективности осушительного действия в сложных природных условиях при наличии замкнутых понижений на мелиоративных объектах, сложенных слабоводопроницаемыми почвами. Некоторые из предлагаемых конструкций апробированы в полевых условиях с положительным эффектом.

Отмечается, что реконструкция, проходящая в настоящее время, требует тщательного учета опыта проектирования и эксплуатации мелиоративных систем предшествующего периода и применения новых перспективных, экономически оправданных решений.

Ключевые слова: водоприемная способность, дренажное устройство, геотекстиль, закрытый дренаж, мелиорация, осушительная сеть, фильтрующая обсыпка

Abstract

A.I. Mitrakhovich, I.Ch. Kazmiruk, V.N. Kondratyev, N.M. Avramenko

ENHANCING THE EFFICIENCY OF DRAINAGE USING NEW CONSTRUCTION ELEMENTS

The article describes new elements of drainage aimed to improve the efficiency of drainage in hard weather conditions on closed depressions of reclamation objects composed of slightly water permeable soils. Some of presented constructions were tested in field condition and showed positive results.

The ongoing reconstruction needs careful consideration of the experience in the design and operation of land reclamation systems of the previous period and the application of new promising, economically justified solutions.

Keywords: water permeable ability, drainage unit, geotextile, ground drainage, reclamation, drainage network, filter back filling

Введение

Исследования последних лет в области применения горизонтального дренажа при осушении слабоводопроницаемых почв показывают, что он не всегда может обеспечить водный режим, требуемый для ведения интенсивного сельскохозяйственного производства. Основными причинами переувлажнения минеральных почв являются неблагоприятные водно-физические свойства почвенного профиля, наличие замкнутых микро- и макропонижений, в которых застаиваются атмосферные осадки и талые воды. В большинстве случаев дренаж не в состоянии обеспечить своевременный отвод поверхностных вод без дополнительных агро-мелиоративных, агротехнических и гидротехнических мероприятий. По своему

функциональному назначению мероприятия предназначаются для отвода поверхностных вод и отвода избыточной воды из корнеобитаемого слоя почвы [1]. До настоящего времени достоверно не установлено, как влияет фильтрационная способность элементов закрытого дренажа на эффективность его работы. Оптимизация водного режима на суглинистых почвах, характеризующихся низкой водопроницаемостью, редко достигается применением горизонтального дренажа без дополнительных мероприятий. При заполнении дренажной траншеи грунтом обратной засыпки очень быстро восстанавливаются его исходные свойства. Следует учитывать, что на слабоводопроницаемых почвах основная масса избыточной воды образуется на границе пахотного и подпахотного

го слоев и поступает в дрены преимущественно по стенкам дренажной траншеи (эффект пристенной боковой фильтрации). Полевыми исследованиями Густафсона [2] и опытами СевНИИГиМа установлено, что в слабопроницаемых грунтах вследствие низкой водопроницаемости подпахотного слоя с коэффициентом фильтрации порядка 0,005 м/сут. основная масса избыточной воды (43 %) поступает в дрены по пахотному слою, 28 % – по поверхности и 29 % – по подпахотному [3]. Таким образом, можно констатировать, что обеспечение свободного истечения воды из пахотного слоя, оказывает большое влияние на формирование дренажного стока. В таких грунтах имеет место и эффект пристенной боковой фильтрации вдоль стенок дренажной траншеи, поскольку они являются границей между нарушенным грунтом и грунтом, находящимся в естественном состоянии.

Большое влияние на дренажный сток имеет и глубина промерзания грунта. Чем меньше глубина промерзания, тем раньше начинается сток из дрен, тем быстрее достигается требуемый водный режим на осушаемой площади.

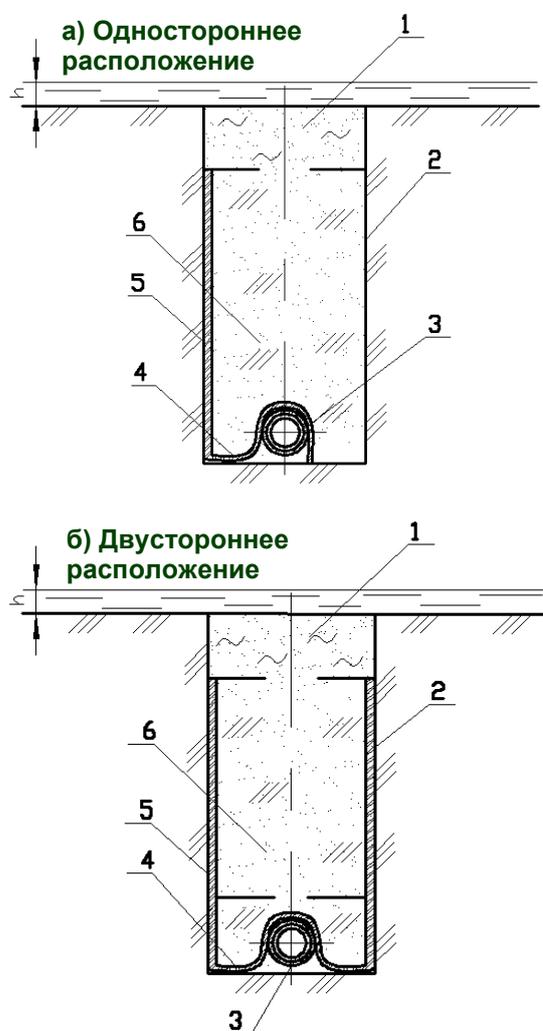
Основная часть

Конструкция «Дренажное устройство»

Реконструкция осушительных систем, проходящая в настоящее время, требует тщательного учета опыта проектирования и эксплуатации мелиоративных объектов в предшествующий период и применения новых перспективных, экономически оправданных решений. Следует обобщить проявившиеся негативные явления по осушительному действию, выяснить их причины, найти пути исключения их в будущем, основываясь на применении новых решений, перспективных и экономически выгодных в таких условиях. На первом этапе работы целесообразно проанализировать имеющиеся новейшие разработки в этой области на уровне патентов, которые могут быть приняты как основополагающие для внедрения в производственную практику с учетом экономической эффективности и их работоспособности. Одним из таких конструктивных решений является «Дренажное устройство» (патент ВУ 15513) [4], предназначенное для повышения эффективности осушения за счет увеличения водопроницаемости дрен. Достигается это путем устройства в дренажной траншее вертикально расположенного пристенного

фильтра из геотекстильного материала на всю глубину траншеи, который усиливает самопроизвольно возникающий эффект пристенной боковой фильтрации в дренажной траншее. Такая конструкция создает искусственную гидравлическую связь подпахотного горизонта с дренажной трубой, обеспечивая увеличение притока поверхностной воды к дрене за счет продольной фильтрации по геотекстильному материалу при коэффициенте продольной фильтрации, как минимум в 10 раз превышающем коэффициент фильтрации грунта. Фильтрующее геотекстильное полотно устанавливается с одной или двух сторон дренажной траншеи по всей ее длине или прерывисто. Схема конструкции приведена на рисунке 1.

Дренажное устройство (рисунок 1 а, б) работает следующим образом: поверхностная вода посту-



1 – пахотный горизонт; 2 – стенки дренажной траншеи; 3 – дренажная труба; 4 – горизонтальный участок; 5 – пристенный фильтр; 6 – траншейная засыпка

Рисунок 1. – Схема дренажного устройства

пает через пахотный горизонт 1 в засыпку 6 дренажной траншеи вынутым грунтом. Поскольку грунт слабопроницаемый, основное количество воды фильтрует через геотекстильное полотно 5, имеющее на дне дренажной траншеи горизонтальный участок 4, посредством которого вода попадает в пластмассовую дренажную трубу с защитно-фильтрующим материалом 3 и отводится в водоприемник. Устройство также служит для отвода излишков воды из дренажной засыпки 6. Высокий коэффициент продольной фильтрации элемента 5 обеспечивает быстрый отвод избыточных вод с поверхности и из корнеобитаемого слоя почвы.

Применение данного устройства при осушении слабопроницаемых грунтов существенно усилит осушительное действие дренажа и уменьшит затраты на строительство, поскольку не потребуется строительства дорогостоящих водопоглотительных колонок или засыпок дренажных траншей фильтрующим материалом. Оно может быть использовано и в других грунтах, где требуется быстрый отвод поверхностной воды.

Конструкция «Дренажное устройство» с пристенным фильтром из геотекстиля АкваСпан Ф-И-120 была испытана в лабораторных условиях в грунтовой лотке с торфом. В результате определена водоприемная способность дрены с пристенным фильтром и без него. На графике (рисунок 2) приведены результаты испытаний. Водоприемная способность дренажной трубы с пристенным фильтром

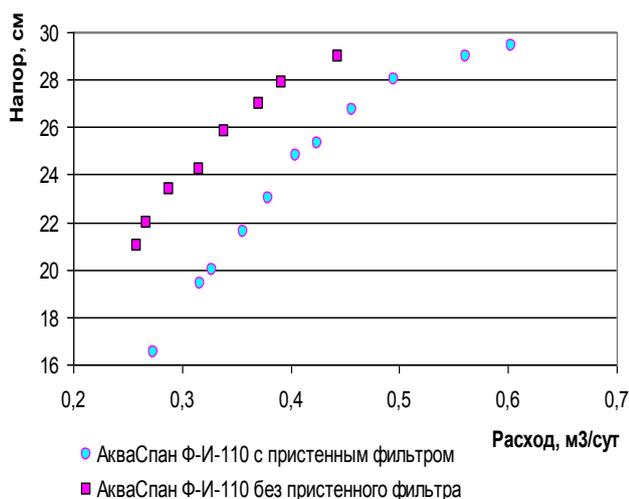


Рисунок 2. – Водоприемная способность 1 метра дренажной трубы в торфе с «Дренажным устройством», определенная в лабораторных условиях

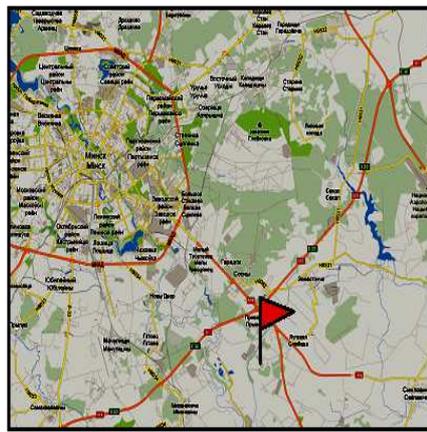
на 20–30 % выше, чем без него. Так, при равном напоре воды над дреной в 28 см расход воды из дрены без пристенного фильтра составил 0,39 м³/сут., а с ним – 0,50, т.е. увеличение расхода составило 22 % [5].

После получения положительных результатов в лабораторных условиях конструкция была апробирована на опытно-производственном участке «Волма». Схема опытно-производственного участка приведена на рисунке 3. Пристенный фильтр устраивался из геотекстильного материала Гронема И-150-С (дрена 33, показана зеленым цветом) и геотекстильного материала ПИНЕМА Т-150 (дрена 23, показана оранжевым цветом). Полотно крепилось к стенке траншеи деревянными спицами. На рисунке 6 приведены фрагменты строительства дрен с пристенным фильтром из геотекстильного материала.

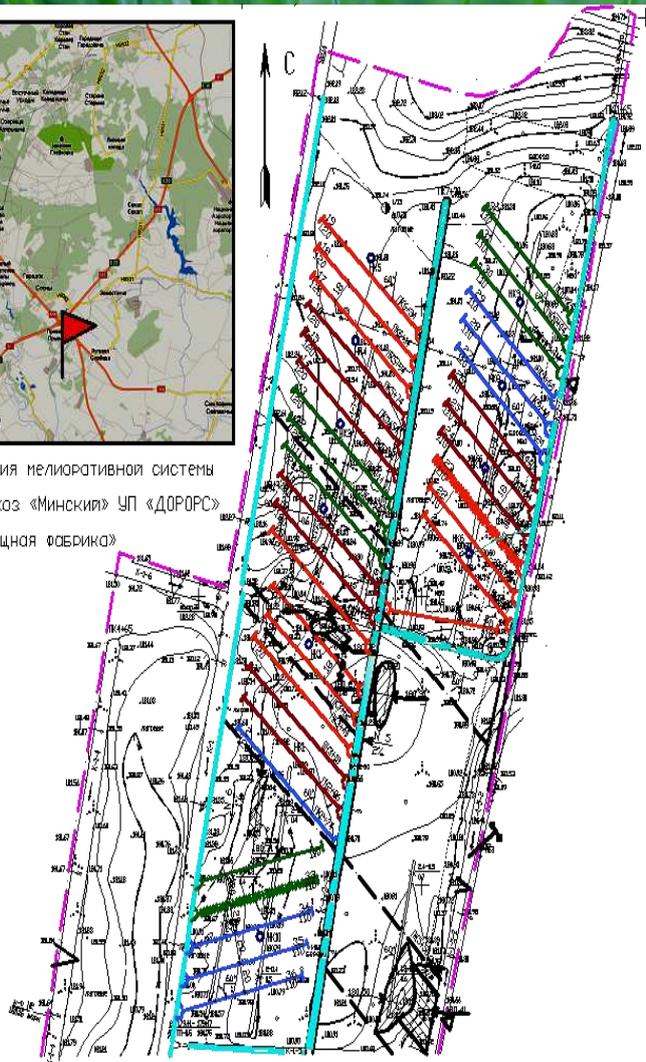
На опытно-производственном участке «Волма» в составе почвенного покрова ранее мелиорированных земель торфяно-болотные почвы низинного типа занимают большую часть осушаемой территории. Мощность торфяной залежи различная по участкам, максимальная – 1,5 м. Торф на объекте древесный со степенью разложения 35–40 %. Подстиляется, в основном, мелкозернистыми песками, иногда с супесью сизой. Минеральные почвы распространены на повышениях, представлены дерново-глееватыми, дерново-глеевыми супесчаными, дерново-подзолистыми глеевыми супесчаными и песчаными почвами различной степени заболоченности.

Сотрудники РУП «Институт мелиорации» осуществляли авторский надзор за строительством опытно-производственного участка и лично участвовали в строительстве «Дренажного устройства» по патенту ВУ 15513. По завершении укладки в траншею дренажной трубы экскаватором-дренукладчиком ЭТЦ 202 была проведена контрольная нивелировка дренажных траншей с указанием глубин торфа в каждой точке замеров (рисунки 4, 5). Расстояние между точками нивелирования составляет 10 метров. Работы по укладке дренажа выполнены с высокой точностью, существенных отклонений от проекта не наблюдалось. На рисунке видно, что одиночные дрены располагаются ниже торфяной залежи.

Дрена 33 с защитно-фильтрующим материалом и пристенным полотном из геотекстиля Гронема И-150-С (рисунок 6б) находится в супеси сизой пылеватой, являющейся грунтом с низким коэффициентом



Место расположения мелиоративной системы «Волма» в ОСП «Совхоз «Минский» УП «ДОРОРС» и КСУП «Минская овощная фабрика»



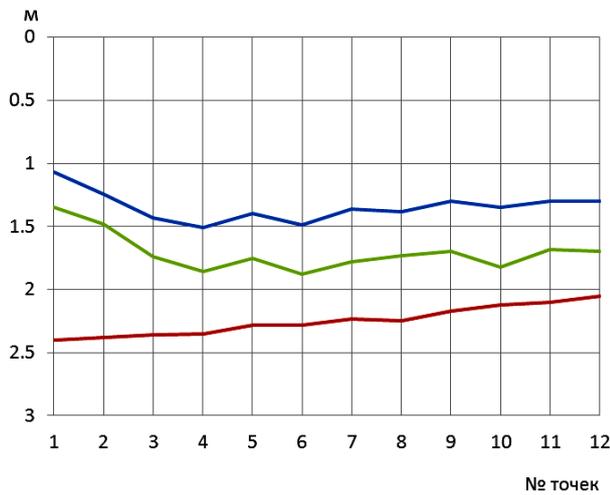
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- граница фрагмента
- граница опытного участка
- каналы ремонтируемые
- засыпка существующей сети
- каналы проектируемые
- проектируемые закрытые дренаж
- проектное устье
- засыпка понижения
- срезка бугров
- воронка открытая проектная
- реконструируемая труба-переезд
- проектируемая труба-переезд

Опытные дренажи - 36 шт.

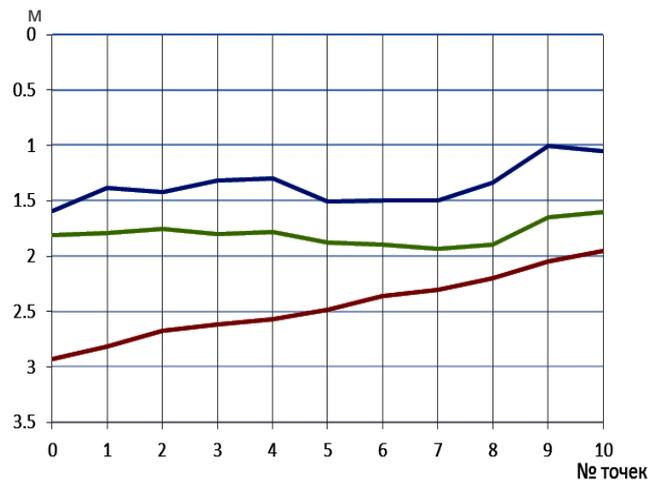
- ПНМ-ПЭВ-И
- ООО «Гродненские нетканые материалы»
- ПНМ-ППВ-И, ПНМ-ППВ-Т ОАО «Пинема» с гидрофильной добавкой и без нее
- «АкваСпан» ОАО «СветлогорскХимволокно»
- Трайпар DuPont (США)
- Дрена с пристенным полотном
- НК1 наблюдательные колодцы

Рисунок 3. – Схема опытного участка дренажа на объекте «Волма»



- отметки поверхности земли, м
- отметки дна траншеи, м
- отметки подошвы торфа, м

Рисунок 4. – Продольный профиль дрена 33 на объекте «Волма», 2011 год



- отметки поверхности земли, м
- отметки дна траншеи, м
- отметки подошвы торфа, м

Рисунок 5. – Продольный профиль дрена 23 на объекте «Волма», 2011 год

фильтрации (K_{ϕ} 0,3–0,08 м/сут. [6]). Дрена 23 с защитно-фильтрующим материалом и пристенным полотном из геотекстиля ПИНЕМА Т-150 (рисунок 6а) находится в песке мелком ($K_{\phi} = 0,5–1,0$ м/сут. [6]).



а) Дрена 23.

Геотекстильное полотно Пинема Т-150

б) Дрена 33.

Геотекстильное полотно Гронема И-150-С

Рисунок 6. – Дрены с пристенным фильтром на объекте «Волма», 2011 год

Полотно укладывалось в дренажную траншею до присыпки трубы растительным грунтом отдельными полотнами 1,5х1,5 м (Гронема И-150-С) и раскаткой в траншее сплошного рулона высотой 1,5 м (ПИНЕМА Т-150). Полотно крепилось к стенке дренажной траншеи деревянными спицами вверху через

1 метр, отступая 30 сантиметров от бровки траншеи под вспашку. Крепление выполняли двое рабочих, из которых один держал полотно, а второй забивал спицы. После выполнения крепления и укладки нижней части полотна поверх дренажной трубы с фильтром для создания гидравлической связи между полотном и трубой оно присыпалось растительным грунтом вручную на высоту 20–25 см над трубой. Обратная засыпка дренажной траншеи бульдозером марки ДЗ-28 на базе трактора Т-130 производилась подсушенным грунтом не ранее, чем через 3 дня при отсутствии осадков, что соответствует требованиям ТКП 45-3.04-8-2005 (02250). «Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования». Схема движения бульдозера при засыпке дренажной траншеи – челночная. Бульдозер засыпает дренажную траншею со стороны стенки, не имеющей крепления, чтобы не повредить полотно.

После завершения процесса строительства, начиная с первого года эксплуатации, на участке велись наблюдения за величиной дренажного стока, по которому был рассчитан модуль. Максимальный модуль стока дрены 33 с пристенным фильтром Гронема И-150-С составил 0,24 л/с-га, дрены 23 с пристенным фильтром ПИНЕМА Т-150 – 0,44 л/с-га. Дрены с такой же маркой защитно-фильтрующего материала, но без пристенного фильтра имели максимальный модуль дренажного стока – 0,12 и 0,18 л/с-га соответственно. Следовательно, при одинаковых природных условиях пристенный фильтр существенно повышает эффективность осушения, увеличивая более чем в два раза модуль дренажного стока [5].

Конструкция «Дренажное водопоглощающее устройство»

Предложено техническое решение и конструкция «Дренажное водопоглощающее устройство» (патент 17924 ВУ) [7], предназначенное для отвода поверхностных и грунтовых вод из замкнутых бессточных понижений и осушения переувлажняемых почв полей.

Устройство состоит из перфорированных пластмассовых труб с защитно-фильтрующим материалом, расположенных на двух уровнях по высоте траншеи; геотекстильного полотна, дренажных матов, уложенных вертикально вдоль стенок дренажной траншеи и расположенных в двух ярусах дренажных труб, соединенных вертикальной вставкой; и термо-

регулирующего элемента, соединяющего дренажную трубу верхнего яруса с изотермическим слоем почвы ниже двух глубин ее промерзания.

На рисунке 7 показано дренажное водопоглощающее устройство (вид А, план и разрез Б-Б).

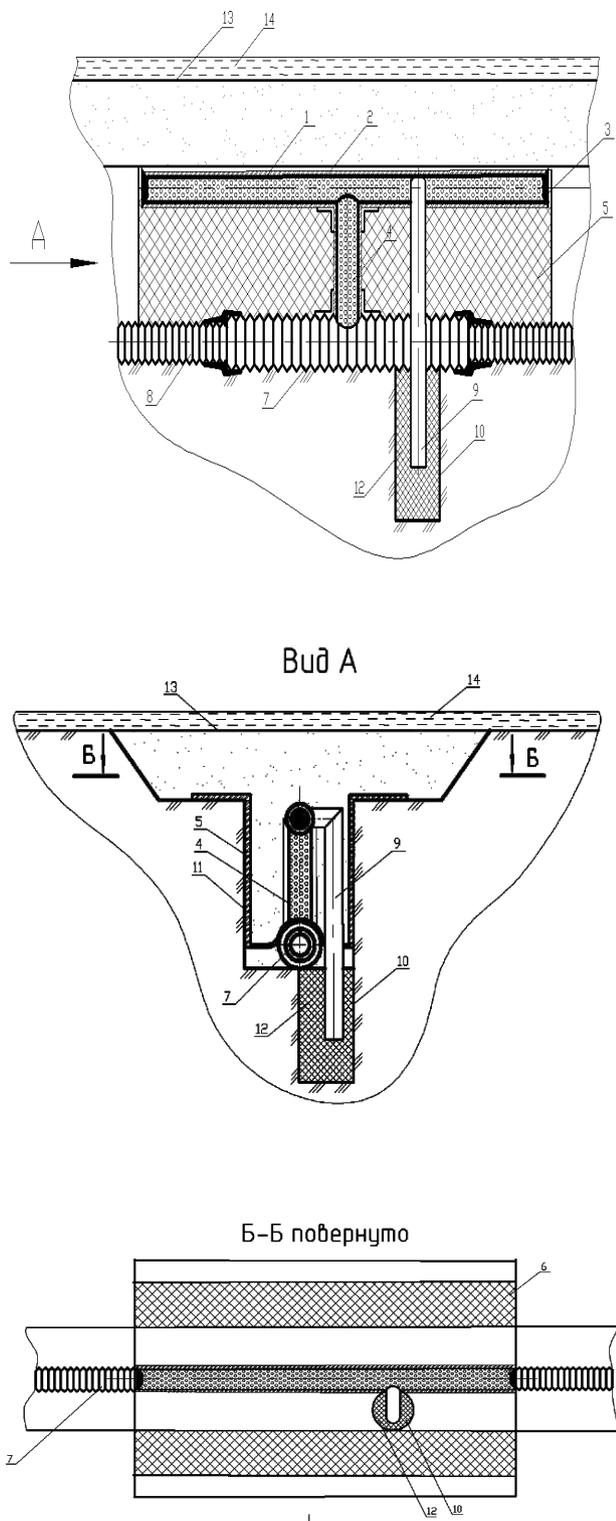


Рисунок 7. – Схема водопоглощающего дренажного устройства (патент ВУ17924)

Устройство включает в себя перфорированную трубу 1 верхнего яруса, покрытую фильтрующим материалом 2, перфорированную трубу 7 с фильтрующим покрытием. Труба 7 соединена с дренажной трубой 8, отводящей поступающие в устройство поверхностно-грунтовые воды. Торцы трубы 1 верхнего яруса закрыты заглушками 3. Для увеличения притока воды к дренажной трубе в пределах водопоглощающего устройства по стенкам дренажной траншеи укладывают геокomпозитный дренажный мат 5, который имеет ядро из полимерного материала и с двух его сторон фильтрующий нетканый материал из геотекстильного полотна. Вверху траншеи мат укладывается в виде сплошной ленты 6 по дну ниши, представляющей собой выемку грунта определенного объема над дренажной траншеей. В нижней части траншеи дренажный мат 5 выводится на дренажную трубу 7. Терморегулирующий элемент состоит из трубы 9, которая присоединяется к трубе 1 вверху траншеи и опускается ниже дна траншеи в шурф 10 диаметром 30÷35 см, глубиной не менее двух глубин промерзания почвы в данном регионе. Для предотвращения обрушения стенок шурфа заполняется фильтрующим материалом 12. Над траншеей устроена ниша 13, для сбора поверхностной воды 14, заполненная грунтом пахотного слоя.

Весной во время снеготаяния и в вегетационный период летом после ливневых дождей в замкнутых понижениях на поверхности почвы скапливается вода 14, образуя лужи и переувлажненные участки. Водоприемная способность устройства обуславливается количеством воды, поступающей в перфорированные трубы двух горизонтов и соединяющую их вертикальную трубу. Для увеличения водопримной способности устраивается ниша 13 глубиной 0,3÷0,4 м. Ниша засыпается пахотным грунтом, песком или песчано-гравийной смесью. Просачиваясь через пахотный слой или фильтрующую засыпку ниши в пределах водопоглощающего устройства, вода попадает через перфорационные отверстия в трубу 2 и сразу же отводится через вертикальную вставку в нижний ярус дренажных труб. Одновременно вода поступает из траншейной засыпки в трубу 4 и горизонтальную трубу 7 и дальше отводится в дренаж 8. Таким образом, труба 2 перехватывает в верхней части устройства просачивающийся поток воды, поступающий с поверхности, и повышает интенсивность ее удаления, увеличивает скорость осушения.

Укладка матов 5 по стенкам траншеи, которые имеют высокий коэффициент продольной фильтрации, также способствуют интенсивному отводу поверхностных и грунтовых вод, поступающих по траншейной засыпке путем пристенной фильтрации, особенно в слабопроницаемых минеральных почвах. Терморегулирующий элемент работает следующим образом. Зимой почва промерзает на определенную глубину. Но тепло изотермического слоя почвы поступает в шурф 10 и поднимается вверх по трубе 9 в трубу 1, проникая в фильтрующий слой 13, и препятствует его промерзанию. Таким образом, скапливающаяся на поверхности талая вода 14 значительно быстрее, чем на прилегающей территории проникает через фильтрующую засыпку в горизонтальную трубу 1 и отводится в дрена 8 и сбрасывается в водоприемник.

За счет предотвращения промерзания грунта с поверхности почвы повышается интенсивность поступления поверхностных вод в дренаж, что способствует эффективности осушительного действия мелиоративной системы.

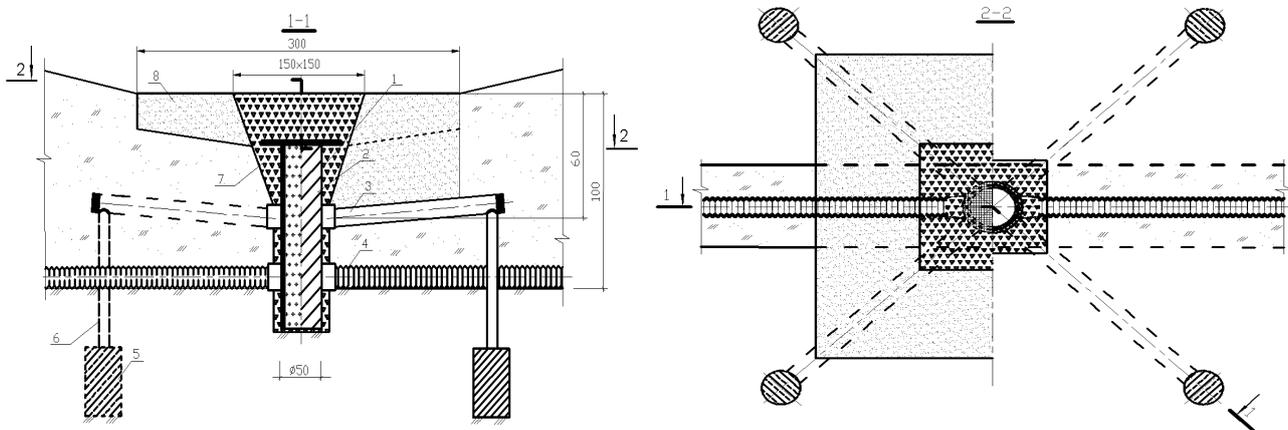
Конструкция «Устройство для осушения бессточного понижения»

Увеличение объема сброса избыточных поверхностных и почвенно-грунтовых вод из замкнутых бессточных понижений может быть достигнуто разработанным конструктивным решением, приведенным в патенте «Устройство для осушения бессточного понижения» (патент ВУ 20385) [8].

Сущность конструкции поясняется чертежом (рисунок 8). Устройство включает колодец-поглотитель 1, выполненный из перфорированной трубы, обернутый двумя слоями фильтра 2 из во-

локнисто-пористого полиэтиленового материала различной пористости, с размещением крупнопористого фильтра на поверхности перфорированной трубы, толщина каждого слоя не менее 4–5 мм. Сверху колодец имеет перфорированную крышку с фильтром. На глубине от 0,5 до 0,6 м от поверхности к колодцу присоединены четыре лучевые дрены 3, которые устраиваются из пластмассовых гофрированных перфорированных труб с геотекстильным фильтром. Концы лучевых дрен присоединены к вертикальным трубам 6, терморегулирующего элемента с шурфом 5, диаметром 20–25 см. Шурф заполняется синтетическим фильтрующим материалом и расположен на глубине не менее двух глубин промерзания почвы. Дренажные траншеи лучевых дрен заполняются до поверхности пахотного слоя фильтрующей засыпкой (песчаной, песчано-гравийной или смесью песка с синтетическими рассыпными материалами). Над колодцем устраивается ниша квадратной формы, центральная часть которой заполняется фильтрующей засыпкой 7 из крупнозернистой фракции (щебень, гравий) в виде усеченной призмы и по всей глубине трубчатого колодца. По краям ниша заполняется фильтрующей засыпкой 8 из мелкозернистой фракции – песок. Сброс воды осуществляется по дренажному коллектору 4.

В период снеготаяния и выпадения осадков поверхностная вода скапливается в замкнутых понижениях. Затем она поступает через мелкозернистую и крупнозернистую фракции засыпки в вертикальную трубу колодца-поглотителя. Наличие мелкозернистой фракции в нише предотвращает поступление наносов из понижения в крупнозернистую засыпку и колодец, предотвращая их заиливание. Траншеи лучевых



а) разрез 1-1, б) план, разрез 2-2
Рисунок 8.– Способ осушения бессточных понижений

дрен заполнены фильтрующей засыпкой до поверхности почвы для повышения интенсивности осушения. Из колодца-поглотителя вода отводится дренажным коллектором. Работа устройства в значительной степени зависит от глубины промерзания почвы в понижении и времени ее оттаивания. Чем меньше глубина промерзания, тем быстрее начинает работать устройство по удалению воды из понижения. Уменьшению глубины промерзания почвы и повышению эффективности работы колодца-поглотителя способствует терморегулирующий элемент, состоящий из шурфа и вертикальной трубы, по которой тепло изотермического слоя почвы поднимается вверх в лучевые дрены и фильтрующие слои траншейной засыпки, способствуя ее более быстрому оттаиванию.

Скапливающаяся талая вода свободно проникает через фильтрующие засыпки в дрены и колодец-поглотитель. Протяженность дрен устанавливается расчетным путем с учетом фильтрационных свойств грунта, объема аккумуляции поверхностной воды в понижении и времени, необходимого для своевременного ее сброса. Применение лучевых дрен расширяет функциональные возможности устройства по повышению осушительного действия мелиоративной системы в различных природных условиях. Эффект от применения устройства заключается в увеличении

интенсивности отвода поверхностных, почвенно-грунтовых вод и повышении осушительного действия мелиоративной системы, обеспечивающей условия для ведения высокоэффективного сельскохозяйственного производства и получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Две последние конструкции требуют разработки технологии их строительства, детальных исследований эффективности применения на дренаже.

При проведении реконструкции мелиоративных систем следует учитывать передовой мировой и отечественный опыт, применять новые конструкции, повышающие эффективность действия дренажа.

Выводы

Разработаны конструкции новых водопоглощающих устройств для применения на закрытом горизонтальном дренаже, позволяющие снизить негативные влияния природных факторов (низкий коэффициент фильтрации осушаемых почв, глубина промерзания, площадь затопления понижений и др.) на оптимизацию водного режима мелиорируемых земель в сложных гидрогеологических и рельефных условиях.

Определена в полевых и лабораторных условиях осушительная эффективность конструкции «Дренажное устройство» (патент ВУ 15513), позволяющая увеличить водоприемную способность дренажа на 20–40 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Азява, Г. В. Опыт проектирования мелиоративных систем на тяжелых грунтах / Г. В. Азява // Мелиорация и водное хозяйство. – 1991. – № 6. – С. 12-15.
2. Густафсон, В. Течение в дренированном грунте / В. Густафсон // Acta Agric Suecon. – 1976. – 26. – 157 с.
3. Климко, А.И. Расчеты оптимальных параметров сельскохозяйственного дренажа // А. И. Климко, Ю. А. Канцибер, Л. М. Ермолина – М.: «Колос», 1979. – 142 с.
4. Дренажное устройство: патент ВУ 15513 / В. Т. Климков, А. И. Митрахович, И. Ч. Казьмирук. – Оpubл. 28.02.2012.
5. Казьмирук, И. Ч. Влияние защитно-фильтрующих материалов на работу закрытой осушительной сети на торфяных почвогрунтах / И. Ч. Казьмирук, А. И. Митрахович // Мелиорация. – 2016. – №4(78) – С.24-33.
6. ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200095052>. – Дата доступа: 21.06.2018 г.
7. Дренажное водопоглощающее устройство : пат. ВУ 17924 / А. И. Митрахович, Н. М. Авраменко, В. Н. Кондратьев, И. Ч. Казьмирук. – Оpubл. 28.02.2014.
8. Устройство для осушения бессточного понижения : пат. ВУ 20385 / А. И. Митрахович, И. Ч. Казьмирук, Н. М. Авраменко. – Оpubл. 29.11.2016.

Поступила 18.06.2018

БАЛАНСОВЫЕ МОДЕЛИ РАВНОВЕСНОЙ УСТОЙЧИВОЙ БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ ВОДОХРАНИЛИЩ

В.Е. Левкевич, доктор технических наук
Белорусский национальный технический университет,
г.Минск, Беларусь

Аннотация

Приведены принципы построения балансовых математических моделей расчета профиля равновесия абразионного берега и равновесной устойчивой береговой линии водохранилищ Беларуси, основанных на законе сохранения масс.

Ключевые слова: математическая модель, закон сохранения, балансовая модель, профиль равновесия, берег, водохранилище, переработка, гидрологический режим

Abstract

V.E. Levkevich

BALANCE MODELS OF THE STABLE EQUILIBRIUM COAST LINE OF RESERVOIR

The main principles of balance mathematical models for calculating the equilibrium profile of the abrasion coast and the equilibrium stable shoreline of reservoirs of Belarus based on the law of conservation of masses are given.

Keywords: mathematical model, conservation law, balance model, equilibrium profile, shore, reservoir, processing, hydrological regime

Введение

На основе закона сохранения массы и материалов фактических наблюдений за переработкой берегов водохранилищ Беларуси были разработаны балансовые математические модели формирования профиля равновесия и равновесной береговой линии. В основе моделей профильного и планового равновесия абразионного берега было использовано балансовое уравнение сохранения масс, предложенное ранее для морских условий И.О. Леонтьевым и интерпретированное автором настоящей статьи для условий водохранилищ Беларуси.

Основная часть

Целью исследований явилась разработка теоретического обоснования формирования профиля равновесия берега и устойчивой береговой линии, вырабатываемых в условиях водохранилищ Беларуси, необходимого для принятия решений по берегозащите.

Состояние береговой линии любого водохранилища определяет как *профильное* равновесие, так и *плановое равновесие* берегового склона, подвергающегося переработке. Физическая сущность профильного равновесия состоит в том, что размыв надводной части профиля, который характеризуется величиной линейной переработки берега S_t или объемом переработки Q_t , связан с ростом и образованием подводной части профиля – береговой отмели. При этом соотношение элементов профиля выражается зависимостью вида: $Q_t/S_t = f(B_{nt} / B_{nt})$, где B_{nt} ,

B_{nt} – ширина подводной и надводной частей береговой отмели соответственно, м. Отношение S_t к B_{nt} в условиях водохранилищ страны находится в пределах 0,80–0,96. У крупных водохранилищ европейского континента оно составляет 0,48–0,77. Присутствие такого различия свидетельствует об особенностях профиля равновесия водохранилищ Беларуси, имеющих обжатую, компактную форму и малую аккумулятивную призму. Приведенное выше соотношение определяет степень аккумуляции материала переработки берега, которая характеризуется коэффициентом аккумуляции ξ' [1–3], равным отношению объема размытого грунта в надводной части склона Q_{abr} к объему, отложившемуся в подводной части откоса $Q_{ак}$. Таким образом, в результате разрушения надводной части берегового склона происходит формирование подводной составляющей профиля, который в процессе развития стремится к профилю равновесия [3, 4].

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{1}{l_*} \left(q_{EOL} + \frac{\Delta Q}{\Delta y} - q_* + Q_{ist} \right). \quad (1)$$

Слагаемые в правой части уравнения (1) характеризуют величины переработки и аккумуляции материала абразии на профиле [4, 5]. В уравнении сохранения массы (1) главными компонентами баланса массы служат *продольный градиент расхода наносов* на профиле q_x/x , *поперечный градиент расхода наносов* $\Delta Q/\Delta y$, а также эоловый транспорт на-

носов q_{EOL} в надводной части отмели, поперечный поток q_* на нижней границе отмели и другие источники поступления материала Q_{ist} . Их усредненный вклад в формирование элементарной полоски l_x активной части подводной береговой отмели шириной 1,0 м включен в уравнение сохранения массы [4–6].

Рассмотрим схему формирования типового профиля абразионного берегового склона водохранилища страны (рисунок 1). В общем случае процесс развития профиля, как отмечалось выше, определяется режимом движения материала переработки в прибрежной зоне в виде вдольберегового и поперечного потоков наносов.

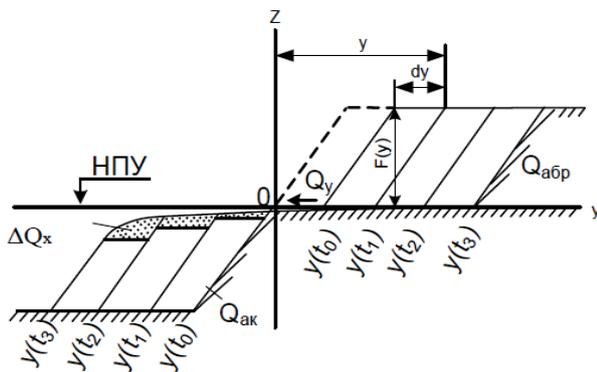


Рисунок 1. – Расчетная схема модели формирования профиля равновесия берега, подверженного переработке

Была принята следующая система координат: начало координат – точка уреза на начальной стадии; ось y – поверхность воды на отметках, наиболее повторяющихся в течение года в безледный период; ось x – направлена вдоль уреза воды и береговой линии; ось z – перпендикулярно водной поверхности. Тогда, обращаясь к уравнению баланса наносов на профиле, имеем [1-6]:

$$Q_{ак} = grad \Delta Q_x l_x + Q_{абр} \tag{2}$$

где $Q_{ак}$ – объем призмы аккумуляции, m^3 ; под величиной $grad \Delta Q_x$ понимается, в соответствии с [8] *продольный градиент* расхода наносов, m^2 ; l_x – элементарная продольная полоска отмели единичной ширины $l_x = 1,0$ м; $Q_{абр}$ – объем абразионной призмы, m^3 . Обозначим $grad \Delta Q_x l_x$ через ΔQ_{xt} – величину продольного элементарного объема наносов, m^3 .

Приняв, что для I-ой стадии развития профиля отсутствует вдольбереговой перенос материала и присутствует только процесс переработки, т.е. попе-

речное движение материала $Q_x = 0, Q_y > 0$, имеем: $grad \Delta Q_x l_x = 0$. При этом $Q_{ак} = Q_{абр} \xi'_1$, где ξ'_1 – коэффициент аккумуляции $\xi'_1 = 1$, определяемый соотношением $\xi'_1 = Q_{ак} / Q_{абр}$, зависящий от объема размыва надводной части склона. Считая, что объем размыва надводной части берега $Q_{абр}$ равен сумме объемов элементарных блоков размыва на отдельных стадиях (рисунок 1), имеем:

$$Q_{абр} = l_x \int_{y(t_0)}^{y(t_1)} F(y) dy, \tag{3}$$

где $F(y)$ – высота, dy – ширина элементарного блока размыва (величина линейной переработки) на l – ой стадии, $y(t_0), y(t_1)$ – индексы интегрирования границы элементарного блока в начале и конце периода его переработки.

На II-ой стадии формирования профиля равновесия величина ξ'_2 принимается равной $\xi'_2 \approx \xi'_1$ в связи с чем, выражение (3) будет действительно и для второй стадии.

На III – ей стадии, т.е. на стадии формирования профиля *динамического равновесия* (стадии затухания переработки) при наличии сформированной береговой отмели и вдольберегового потока наносов ($Q_x > Q_y; \xi'_1 < 1$) (рисунок 1) уравнение (2) принимает вид:

$$Q_{ак} = \Delta Q_{xt} + l_x \xi'_3 \int_{y(t_2)}^{y(t_3)} F(y) dy, \tag{4}$$

где $y(t_2), y(t_3)$ – границы элементарного блока переработки на III – ей стадии формирования склона, м; ΔQ_{xt} – объем вдольберегового потока наносов, приведенный к единичной ширине береговой отмели l_x , который определяется по эмпирической зависимости [6,7]:

$$\Delta Q_{xt} = 0,137 \cdot 10^{-5} \cdot l_x \cdot h_{1\%}^2, \tag{5}$$

где $h_{1\%}$ – высота волны 1%-ой обеспеченности, м.

Форма подводной части берегового склона из несвязных грунтов может определяться на основе дифференциального уравнения деформации берега, полученного для условий однородных грунтов [1, 2, 6], а также предложений В.В. Вайтман, полученных

для неоднородных несвязных грунтов [8, 9].

Полученная математическая балансовая модель профиля равновесия может использоваться при соблюдении следующих условий:

- в случае принадлежности водохранилищ 1-й и 2-й групп (классифицированных по уровенному режиму) к водоемам руслового, озерного и наливного типов [1–3];

- в случае наличия исходного берегового склона, имеющего обрывистую форму (высота обрыва от 0,5 до 15,0 м) либо пологую с уклоном поверхности от 0,1 до 0,33, или верховые незакрепленные грунтовые откосы дамб и плотин, имеющие заложения $m_2 = 2,5–15,0$;

- в случае развития переработки в несвязных песчаных грунтах различной крупности с включением гравелистых частиц с коэффициентом неоднородности размываемого грунта η от 2,5 до 4,5.

Было установлено, что в условиях нашей страны в начальный период эксплуатации водохранилища (руслового и озерного типов), как правило, береговая линия характеризуется высокой извилистостью, которая определяется исходным рельефом речных долин. Коэффициент извилистости береговой линии $k_{из}$, например Вилейского водохранилища, значительно различается по его длине. По правому берегу его значения находятся в пределах 1,16–2,05 при среднем взвешенном значении 1,39, по левому – 1,05–2,60 и 1,63 соответственно.

Количественным критерием при оценке равновесной береговой линии служит ее общая длина, являющаяся функцией от площади водоемов. Для оценки степени приближения длины береговой линии водохранилищ к равновесной нами был предложен

коэффициент развития береговой линии k_p , который определяется отношением протяженности аккумулятивных берегов $L_{ак}$ к длине береговой линии водохранилищ, подверженной переработке $L_{абр}$, т.е. $k_p = L_{ак} / L_{абр}$ [3].

Ниже в таблице 1 приведены значения k_p , полученные автором для водоемов, с различным сроком эксплуатации водохранилища и стадии развития склона.

Как показали натурные наблюдения, проведенные автором на ряде водохранилищ страны, аккумулятивные образования формируются исключительно из песчаного материала – песков различной крупности. Глинистые, тонкодисперсные частицы ($d_{50} = 0,01–0,025$ мм) выносятся волновым потоком и течениями в открытую часть водоема. Песчаный материал, перемещаясь вдоль уреза, заполняет объемы входящих углов, бухт, мелких заливов, устьев мелиоративных каналов (рисунок 2). В случае обгibanия потоком наносов выступа берега происходит



Рисунок 2. – Вдольбереговое перемещение песчаных наносов в приурезовой зоне в форме рифелей. Заславское водохранилище. 2016 г.

Таблица 1. – Значения коэффициента развития береговой линии

ВОДОХРАНИЛИЩЕ	Длина аккумулятивного берега, $L_{ак}$, км	Длина абразионного берега, $L_{абр}$, км	k_p
Вяча	1,30	1,50	0,86
Дрозды	0,85	1,20	0,70
Заславское	2,30	3,50	0,66
Криницы	0,60	0,80	0,75
Лепельское	2,70	3,0	0,90
Осиповичское	1,80	2,0	0,90
Петровичское	0,60	1,10	0,54
Цнянское	0,40	0,50	0,80
Чижовское	0,90	1,10	0,82

образование с подветренной стороны у заливов бухт, балок и оврагов аккумулятивных кос. Такие образования распространены наиболее часто (рисунок 3).



Рисунок 3. – Вдольбереговое перемещение продуктов переработки в виде аккумулятивных кос. Петровичское водохранилище. 2015 г.

При оценке устойчивости исходная береговая линия принята как кривая с чередованием мысов и заливов [1–4]. Одним из условий плановой устойчивости береговой линии водохранилища на стадии равновесия является выражение вида $L_{ак} = L_{абр}$.

Общую устойчивость береговой линии характеризуют коэффициент развития k_p и коэффициент извилистости береговой линии $k_{из}$, равный отношению протяженности реально существующей береговой линии L_1 (или ее отрезков) к кратчайшей прямой L_2 .

$$\left. \begin{aligned} L_{ак} / L_{абр} &= k_p \\ L_1 / L_2 &= k_{из} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

По величине коэффициента развития k_p можно судить о состоянии береговой линии. При $k_p \ll$ бере-

говая линия стремится к равновесной (таблица 1). В первые 10–15 лет существования водохранилища преобладает абразионное выравнивание склонов. Затем начинает доминировать аккумулятивное выравнивание.

$$\left. \begin{aligned} k_{рн} < k_{рк} \\ k_{изн} > k_{изк} \end{aligned} \right\}, \quad (7)$$

где $k_{рн}$, $k_{изн}$, $k_{рк}$, $k_{изк}$ – значения коэффициентов на начальный t_n и конечный t_k периоды соответственно.

Однако в природных условиях в процессе формирования *равновесной устойчивой береговой линии* наблюдается значительная асинхронность, так как на ранней стадии формирования *равновесного профиля* (первые 3–5 лет) основная масса материала переработки берегового склона (по оценкам автора до 98 % от объема, поступающего в береговую зону водохранилища) идет на образование подводной части береговой отмели, и лишь незначительная составляющая (не более 2–3 % от материала переработки) выносится в акваторию водоема. При сформированной береговой отмели происходит развитие вдольбереговых потоков наносов. Тогда *балансовая модель* береговой линии водохранилища на стадии равновесия, соответствующей периоду t_k , имеет следующий вид [3]:

$$\int_{t_n}^{t_k} \sum_{n=1}^N (Q_{абр,n}) dt = \int_{t_n}^{t_k} \left[\sum_{n=1}^N (Q_{ак,n} \pm \Delta Q_{ак,n}) \right] dt, \quad (8)$$

где $Q_{абр,n}$, $Q_{ак,n}$ – соответственно величины объемов аккумуляции материала переработки и объемов абразии, являющиеся функцией времени t для n -го контрольного створа на участке наблюдений, m^3 ; $\Delta Q_{ак,n}$ – невязка баланса за счет продольного переноса материала переработки по участку и поступлению эрозийного материала в береговую зону с прилегающих территорий, m^3 .

Невязка баланса по данным природных исследований приурочена стадиям развития берега и изменяется на различных этапах, составляя на первой стадии от 5–15 % (водохранилища: Дубровское – $\Delta Q_{ак,n} = 14$ %, Гродненской ГЭС – $\Delta Q_{ак,n} = 6$ %, Витебской ГЭС – 2%) от объема, поступающего в береговую зону водохранилища материала; до 60–80 % на стадии равновесия береговой линии за счет вдольберегового перемещения наносов (водохранилища За-

славское – $\Delta Q_{ак,п} = 79 \%$, Петровицкое – $\Delta Q_{ак,п} = 67 \%$, Солигорское – $\Delta Q_{ак,п} = 71 \%$). Данные натурных исследований на ряде водохранилищ страны, имеющих различный период эксплуатации и стадии развития береговой линии, подтверждают теоретическую зависимость (8), приведенную выше.

Уравнение (8) выполняется при соблюдении начальных и конечных условий (7). Период формирования береговых склонов, подверженных переработке, можно разбить на ряд стадий. Автором [1-3] выделяются 3 основные стадии развития абразионного берега, ход которых описывается графиком (рисунок 4). Выделены следующие стадии, которые характеризуются различной динамикой во времени:

- I-я стадия – начальной переработки,
- II-я стадия – интенсивной переработки,
- III-я стадия – затухания или стабилизации и выработки профиля динамического равновесия.

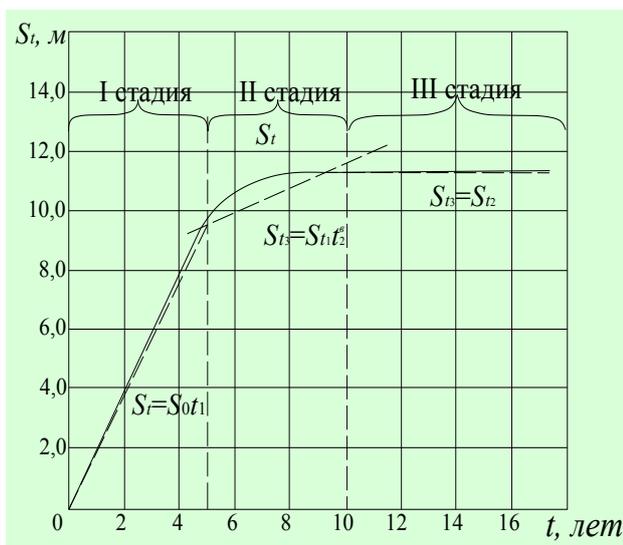


Рисунок 4. – Схема стадийности развития абразионного берега в условиях водохранилищ Беларуси

Процесс аккумулятивного выравнивания берегов, равно как и процесс абразионного, протекает также стадийно, при этом выделяются следующие три стадии (рисунок 4):

I – я стадия характеризуется только поперечным движением наносов в береговой зоне;

II-я стадия характеризуется фрагментарным вдольбереговым перемещением наносов и началом образования различных незамкнутых аккумулятивных форм: кос, перейм;

III – я стадия, завершающая образование равновесной береговой линии с формированием замкнутых аккумулятивных форм (пересыпей, заполнения входящих углов и других аналогичных форм).

Длительность стадий абразионно-аккумулятивного выравнивания береговой линии в общем случае охватывает период (в случае водоемов со значительной сработкой уровней) продолжительностью 20–25 лет (водохранилища Вилейское, Заславское, Лепельское, Солигорское, Гродненской ГЭС). При малых сработках уровня воды в водохранилищах этот период длится 15–20 лет (водохранилища Чигиринское, Осиповицкое, Дрозды, Петровицкое).

Как у морских берегов, так и на отмелях водохранилищ при воздействии поперечного и вдольберегового перемещения наносов [5–11] часть их накапливается, увеличивая уже сформировавшиеся отмели [3, 12]. Отмечено, что при длительной эксплуатации водохранилищ происходит окончательное формирование равновесной береговой линии с зонами питания, транспорта и аккумуляции наносов [1–4]. Термин «равновесная береговая линия» был заимствован автором из теории формирования морских берегов, предложенной В.П. Зенковичем [11].

Подтверждением взаимосвязи между абразионным и аккумулятивным типами берегов является блок-схема развития берегов, разработанная автором, учитывающая стадийность и асинхронность развития процессов во времени, представленная на рисунке 5 [1–3].

В первые 10–15 лет существования водохранилища происходит абразионное выравнивание склонов за счет активной переработки береговой линии, происходящей в результате уменьшения длины прогиба (занесения заливов наносами). В идеальных условиях это должно происходить синхронно с разрушением переработкой береговых склонов и перемещением вдоль уреза потока наносов. Однако в этом процессе наблюдается асинхронность [1, 2]. Поскольку на ранней стадии формирования равновесного профиля (первые 3–5 лет) часть материала переработки берегового склона $\Delta Q_{абр}$, поступающего в приузовую зону водохранилища, идет на образование подводной части береговой отмели, при этом некоторая доля материала выносится в акваторию водоема. На последующих стадиях развития берего-

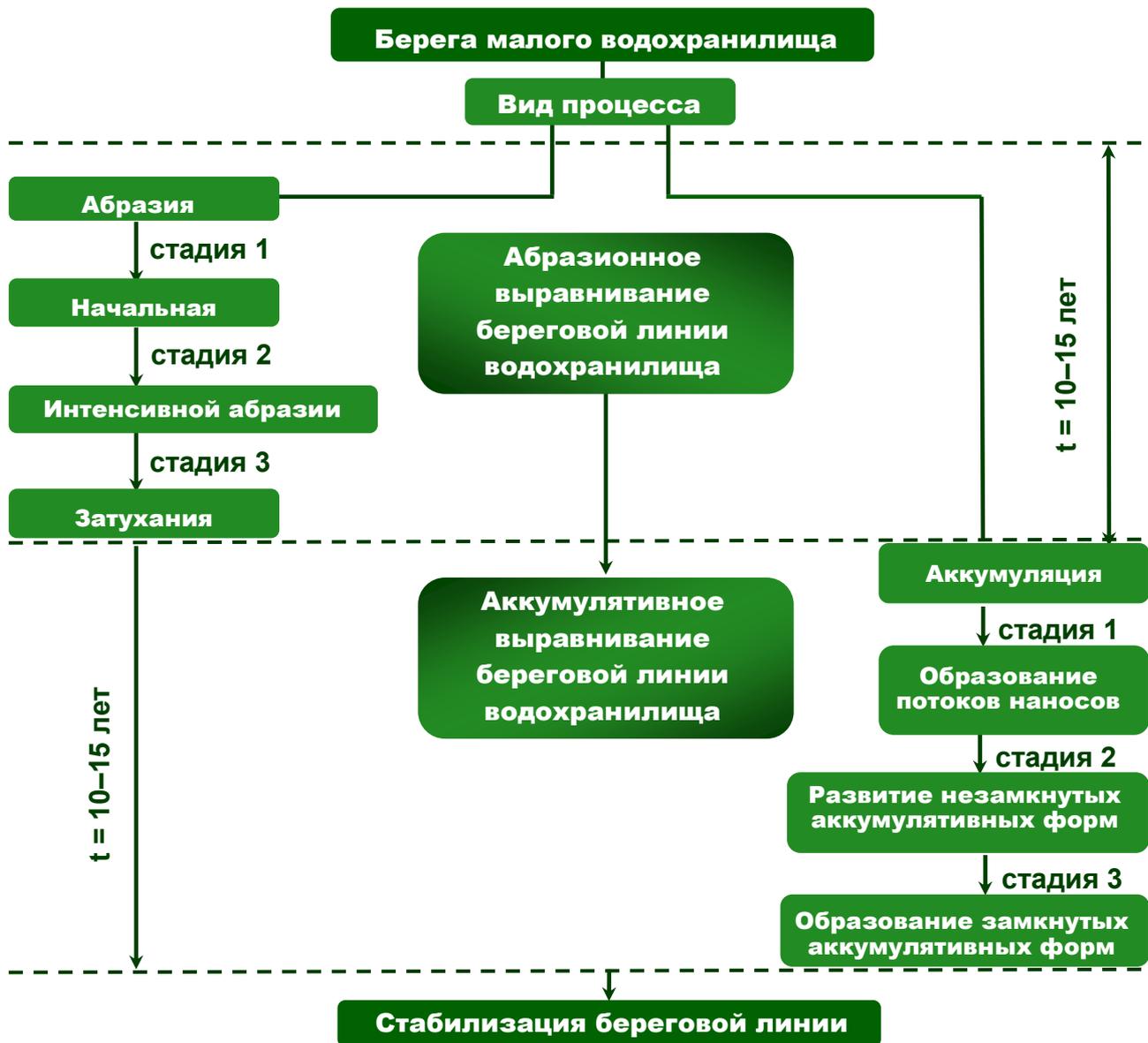


Рисунок 5. – Блок-схема развития равновесной береговой линии

вой линии при сформировавшейся развитой подводной части происходит вдольбереговое перемещение береговой отмели, наносов. Перемещаясь вдоль уреза под действием ветрового волнения и течений, материал переработки в виде потока наносов аккумулируется, что определяет общую тенденцию выравнивания береговой линии водохранилищ [1–3].

Заключение

1. Установлено, что период развития процесса переработки и формирования профиля равновесия можно разбить на ряд временных отрезков (стадий). Для условий водохранилищ Беларуси выделяют три основные стадии: начальная, интенсивной динамики и затухания (равновесия) [1–3]. Стадийность развития профиля равновесия определяет режим движения материала переработки по профилю в виде пото-

ка наносов с наличием как вдольбереговой составляющей Q_x , так и поперечной Q_y .

2. Автором разработаны математические (балансовые) модели формирования поперечного профиля динамического равновесия и профиля устойчивой береговой линии в плане, базирующиеся на законе сохранения массы с учетом поперечного и вдольберегового перемещения материала переработки в виде наносов. Сущность профильного равновесия состоит в балансе материала переработки надводной части профиля, характеризуемого величиной линейной переработки берега S_t или объемом размыва Q_t , и аккумуляции материала переработки с образованием подводной части профиля – береговой отмели, имеющей профиль динамического равновесия. В результате разрушения надводной части бе-

регового склона происходит формирование подводной составляющей профиля равновесия; при этом отношение объема размывтого грунта в надводной части $Q_{абр}$ берега к объему, переместившемуся в подводную часть профиля $Q_{ак}$, характеризуется величиной коэффициента аккумуляции. Разработана математическая балансовая модель профиля равновесия, основанная на принципах сохранения массы и балансовых соотношений между объемами размывтого грунта в надводной части $Q_{абр}$ берега и объемом грунта, переместившемуся в подводную часть профиля $Q_{ак}$ в результате переработки коренного берега.

3. На основании теоретических положений и закона сохранения разработана *математическая балансовая модель равновесной береговой линии*, и показано, что плановое равновесие береговой линии характеризуется соотношением вида $L_{ак} = L_{абр}$. Отно-

шение протяженности аккумулятивных берегов $L_{ак}$ к протяженности абразионных $L_{абр}$ автор предлагает характеризовать *коэффициентом развития k_p береговой линии*. По величине k_p можно судить о динамике и стадии берегоформирования. При $k_p \rightarrow 1$ береговая линия стремится к равновесной.

4. Установлено, что процесс формирования равновесной береговой линии происходит стадийно. Длительность стадий абразионно-аккумулятивного выравнивания береговой линии в общем случае охватывает (в случае водоемов со значительной сработкой уровней) период в 20–25 лет (водохранилища Вилейское, Заславское, Лепельское, Солигорское, Гродненской ГЭС). При малых сработках уровня воды в водохранилищах этот период длится 10–15 лет (водохранилища Чигиринское, Осиповичское, Дрозды, Петровичское).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Левкевич, В. Е. Динамика берегов русловых, наливных и озерных водохранилищ Беларуси / В. Е. Левкевич. – Минск : Право и экономика, 2015. – 202 с.
2. Левкевич, В. Е. Динамическая устойчивость берегов водохранилищ Беларуси / В. Е. Левкевич. – Минск : Право и экономика, 2015. – 307 с.
3. Левкевич, В. Е. Динамическая устойчивость берегов водохранилищ Беларуси: автореф. дис. ... докт. техн. наук : 05.23.07 / В. Е. Левкевич; Белорус. национальный технич. ун-т. – Минск, 2017. – 51 с.
4. Леонтьев, И. О. Прогнозирование эволюции берегов на основе математического моделирования / И. О. Леонтьев // Океанология. – 2006. – Т.46, № 4. – С. 603-611.
5. Леонтьев, О. К. Основы геоморфологии морских берегов / И. О. Леонтьев. – М., 1961. – 418 с.
6. Максимчук, В.Л. Рациональное использование и охрана берегов водохранилищ. – Киев : Будівельник, 1981. – 112с.
7. Пышкин, Б. А. Динамика берегов водохранилищ / Б. А. Пышкин // Киев : Наукова думка, 1973. – 416 с.
8. Вайтман, В. В. Моделирование переформирования поперечного профиля пляжа, сложенного неоднородными наносами / В. В. Вайтман, И. Г. Кантаржи // Обзорение прикладной и промышленной математики. – Т. 13, вып. 6. – С. 1060–1062.
9. Вайтман, В. В. Экспериментальные исследования влияния неоднородности наносов на переформирование поперечного профиля пляжа / Строительство в прибрежных курортных регионах: материалы 4-й международ. науч.-практ. конф., Сочи, 15–20 мая, 2006 г. / СГУТиКД. – Сочи, 2006. – С. 100–104.
10. Зенкович, В. П. Основы учения о развитии морских берегов / В.П. Зенкович. – М. : Изд-во АН СССР, 1962. – 710 с.
11. Лонгинов, В. В. Динамика береговой зоны бесприливных морей / В. В. Лонгинов. – М. : Изд-во АН СССР, 1963. – 379 с.
12. Кобяк, В. В. Прогноз абразионных процессов на водохранилищах с трансформированным уровнем режимом : автореф. ... дис. канд. техн. наук : 05.23.07 / В. В. Кобяк ; Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2013. – 22 с.

Поступила 15.06.2018

РЕАГЕНТНАЯ ДЕКОЛЬМАЦИЯ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН МЕТОДОМ СВАБИРОВАНИЯ В ЗАМКНУТЫХ КАМЕРАХ

В.В. Ивашечкин¹, доктор технических наук, профессор

А.М. Шейко¹, кандидат технических наук, доцент

Ю.А. Медведева¹, ассистент

г. Минск, Беларусь

А.Н. Глинская², младший научный сотрудник

И.Е. Иванова¹, аспирант

¹ Белорусский национальный технический университет

² РУП «Центральный научно-исследовательский институт
комплексного использования водных ресурсов»

г. Минск, Беларусь

Аннотация

В статье рассматривается циркуляционная реагентная обработка фильтров водозаборных скважин способом свабирования. Описывается и проводится расчет влияния конструктивных размеров погружного устройства и режимов регенерации фильтра на параметры фильтрационного потока в гравийной обсыпке водозаборной скважины.

Ключевые слова: регенерация, скважина, свабирование, фильтрация, реагент, сваб

Abstract

V.V. Ivashechkin, A.M. Sheiko, Ju.A. Medvedeva, A.N. Glinskaya, I.E. Ivanova

REAGENT DECOLMATION OF WATER INTAKE WELLS USING SWABBING IN CLOSED CAMERA

The circulation reagent treatment of water wells filters by swabbing method is described. It is shown and calculated how constructive dimensions of submersible device and filter regeneration affect parameters of filtration flow in gravel backfilling of water intake well.

Keywords: regeneration, well, swabbing, filtration, reagent, swab

Введение

В процессе эксплуатации удельный дебит скважин снижается по причине уменьшения проницаемости фильтра и прифильтровой зоны, из-за протекания кольматационных процессов. Обеспечить добычу воды на прежнем уровне можно применением технологий восстановления работоспособности старых скважин. Затраты на увеличение производительности уже существующих скважин меньше затрат на перебурирование скважин и составляют от 5 до 10 % от стоимости новой скважины. Эксплуатация скважины без проведения профилактических и ремонтных мероприятий не только приводит к снижению ее дебита, но и влечет за собой перерасход электроэнергии на подъем воды.

Для восстановления дебита водозаборных скважин путем удаления остатков бурового раствора и продуктов химического кольматажа, представленных солевыми и железистыми отложениями, широко применяются механические, гидродинамические, импульсные, вибрационные, реагентные и комбинированные методы. Каждый метод имеет свою область применения. Например, свабирование, относя-

щееся к гидродинамическому методу и представляющее собой подъем поршня (сваба) в фильтре, обеспечивает создание депрессии на водоносный пласт, и как результат – разрушение и вынос только малопрочных отложений из фильтра и гравийной обсыпки [1–3]. Импульсный метод регенерации в большинстве случаев только разрушает прочный кольматирующий осадок, но не извлекает его за пределы прифильтровой зоны [4–5]. Реагентный метод регенерации, за счет растворения отложений лучше восстанавливает структуру, пористость и проницаемость, прилегающих к фильтру пород, обеспечивает больший межремонтный период, но экономически оправдан при длительных сроках эксплуатации скважин, когда импульсные методы уже неэффективны [4–6]. Применяются три основных реагентных способа регенерации: 1) реагентная ванна; 2) циклическое задавливание реагента за контур фильтра сжатым воздухом; 3) циркуляция реагента в прифильтровой зоне скважины. Реагентная ванна и циклическое задавливание реагента не всегда обеспечивают полное извлечение кольматирующего осадка из прифильтровой зоны и фильтра скважины из-за неравномерности

обработки. Циркуляционные способы регенерации скважин наиболее перспективны, так как они могут обеспечить необходимую глубину и равномерность очистки в длительно эксплуатирующихся скважинах при цементированности кольматирующего осадка и значительной глубине его распространения [7]. Традиционные циркуляционные способы предполагают установку в погружном устройстве для регенерации специального реагентного осевого насоса с электродвигателем, который постоянно находится в реагентной среде и закачивает ее в нагнетательную секцию фильтра, а забирает из всасывающей секции, причем секции соединены друг с другом только через гравийную обсыпку [6].

Недостатки циркуляционных способов, сдерживающих их применение на практике:

1) сложность применяемого технологического оборудования, особенно погружного устройства, обеспечивающего циркуляцию реагента, которое не является универсальным и не может применяться в фильтрах различных диаметров;

2) необходимость в последующем монтаже эрлифта для удаления продуктов реакции, приводящем к удорожанию обработок.

Предложено также для создания циркуляции реагента размещать в погружных устройствах для регенерации специальные поршневые насосы с системой рабочих камер и клапанов [8,9]. Однако при тех же недостатках наблюдаются значительные гидравлические потери напора в рабочих камерах и клапанах при перемещениях поршня, что не позволяет создать нужный перепад давления между полостями нагнетания и всасывания для создания интенсивного фильтрационного потока реагента в гравийной обсыпке.

Из вышеуказанного следует, что дальнейшее совершенствование технологий циркуляционной регенерации, обеспечивающих равномерное удаление кольматирующего осадка, является актуальной научно-технической задачей.

Основная часть

В БНТУ предложено осуществлять циркуляционную реагентную обработку фильтров водозаборных скважин способом свабиrowания, проводимого поинтервально на участке фильтра, ограниченного двумя пакерами и заполненного реагентом. Это позволяет монтировать погружное устройство, содер-

жащее поршень (сваб), на водоподъемных трубах эрлифта, и использовать для привода сваба то же грузоподъемное устройство, что и для монтажа эрлифта. Перемещая вверх сваб непосредственно в фильтре между двух пакеров, можно создать избыточное давление над свабом, которое инициирует фильтрационный поток реагента, огибающий сваб по гравийной обсыпке и направленный под сваб в зону пониженного давления. В этом заключается основное отличие предлагаемого способа от свабиrowания в открытом стволе под статическим уровнем, когда перепад давления при подъеме сваба определяется статическим напором воды в пласте, поэтому при небольших глубинах свабиrowание в открытом стволе неэффективно [1].

Целью настоящей работы является установление влияния конструктивных размеров погружного устройства и режимов регенерации фильтра на параметры фильтрационного потока в гравийной обсыпке.

Приводятся теоретические основы расчета нового способа реагентной обработки скважин.

Схема обработки участка гравийного фильтра, ограниченного пакерами, представлена на рисунке 1.

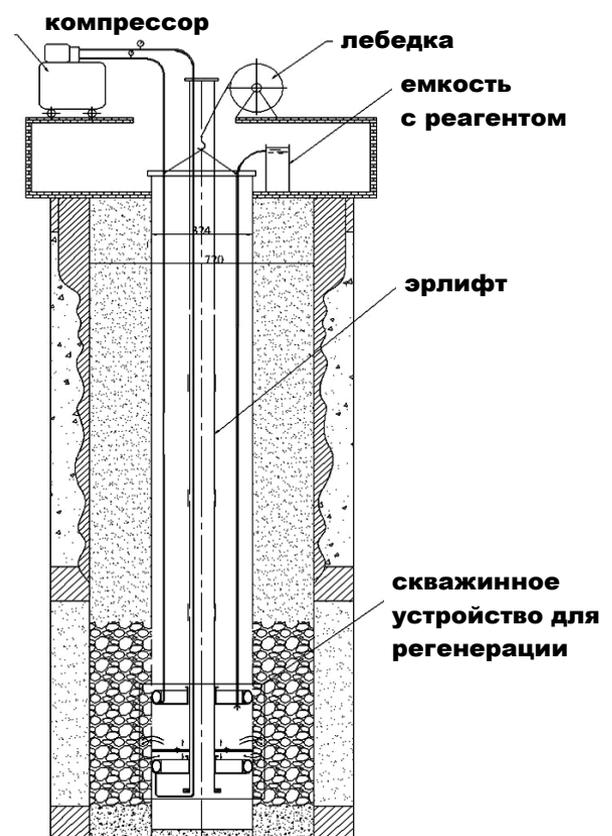


Рисунок 1. – Схема реагентной обработки фильтра на основе метода линейного свабиrowания в замкнутой камере

Установка для регенерации скважин включает в себя лебедку, компрессор, емкость с реагентом, эрлифт, собранный из водоподъемных труб с муфтовыми соединениями и устройство для регенерации, смонтированное в нижней части эрлифта.

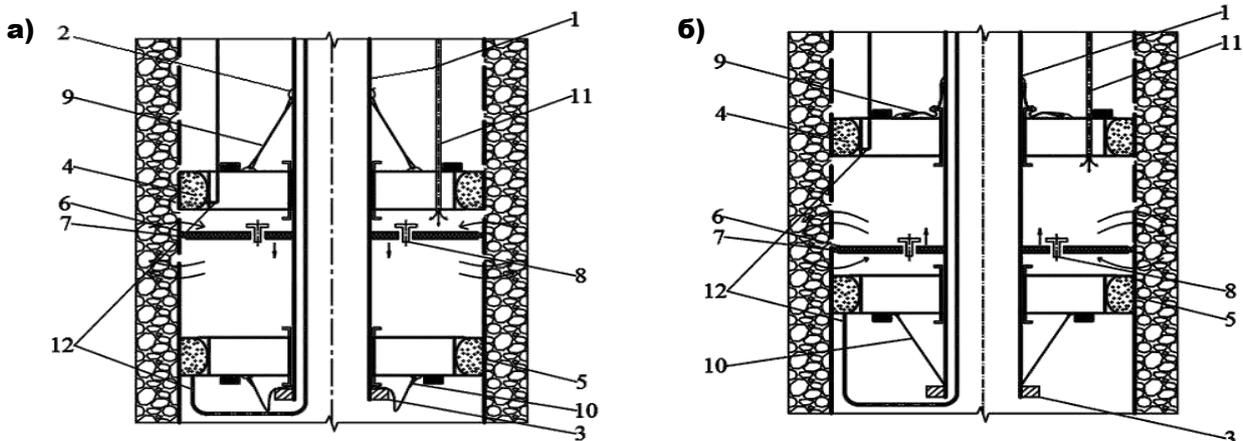
В фильтре искусственно создают рабочую камеру, в которой принудительно перемещают сваб вверх (рабочий ход) с заданной скоростью. В верхней полости рабочей камеры над диском создается избыточное давление, а в нижней полости под диском – пониженное давление. Под действием перепада давлений поток реагента из верхней полости огибает сваб по гравийной обсыпке, производя растворение и вынос кольматирующих отложений. При достижении верхней точки сваб под действием собственного веса и веса труб (штанг), на которых он жестко закреплен, перемещается в нижнюю точку (свободный ход). Рабочие ходы повторяют до тех пор, пока не будет достигнута необходимая степень регенерации участка фильтра. Затем скважинное устройство для регенерации, содержащее два пакера и сваб, жестко закрепленный на трубе, перемещают на новый участок фильтра и процесс повторяют. Предлагаемый способ обработки по сравнению с линейным свабированием, осуществляемым без пакеров и реагента, повышает продольную и радиальную скорости реагента в гравийной обсыпке, снижает его утечки в ствол скважины, интенсифицирует процессы растворения и удаления кольматанта.

Скважинное устройство для регенерации показано на рисунке 2. Устройство включает в себя

штангу с верхним и нижним упорами, верхний и нижний пневматические пакеры, сваб с кольцевой манжетой и обратными клапанами, верхнюю и нижнюю тросовые подвески, шланг для подачи реагента, воздухопроводы.

Сваб жестко прикреплен к штанге, закрепленной на нижней водоподъемной трубе. Штанга установлена относительно пневматических пакеров с возможностью перемещения. Ход пакеров вдоль штанги ограничен упорами и тросовыми подвесками. При спуске в фильтр скважины пневматические пакеры находятся в транспортном положении, при этом их пневмокамеры сообщаются с атмосферой. Устройство для регенерации опускают в нижнюю часть фильтра, останавливают лебедку, фиксируют пакеры, подавая в них сжатый воздух от компрессора. При этом в исходном положении нижний пакер находится на нижнем упоре (верхняя тросовая подвеска растянута), а сваб находится в верхней точке (рисунк 2, а). Затем лебедкой опускают водоподъемные трубы и штангу вниз на такое расстояние, чтобы сваб сместился в нижнюю точку рабочей камеры. При своем движении вниз сваб вытесняет реагент из нижней полости рабочей камеры через клапаны в верхнюю полость рабочей камеры (холостой ход). Некоторая часть реагента вытесняется из фильтра и огибает сваб по гравийной обсыпке.

Из крайнего нижнего положения (рисунк 2,б) сваб лебедкой поднимают вверх с заданной скоростью (рабочий ход). Под действием избыточного давления в верхней полости рабочей камеры реагент



1. – штанга; 2. – верхний упор; 3. – нижний упор; 4. – верхний пневматический пакер; 5. – нижний пневматический пакер; 6. – сваб; 7. – кольцевая манжета; 8. – обратный клапан; 9. – верхняя тросовая подвеска; 10. – нижняя тросовая подвеска; 11. – шланг для подачи реагента, 12. – шланги для подачи воздуха

а) – начальное положение сваба при ходе «вниз»; б) – начальное положение сваба при ходе «вверх»

Рисунок 2. – Скважинное устройство для регенерации

где $\omega_{обс}$ – поперечное сечение гравийной обсыпки с наружным диаметром $D_{обс}$, равное

$$\omega_{обс} = \frac{\pi}{4}(D_{обс}^2 - D_{\phi}^2),$$

D_{ϕ} – внешний диаметр фильтра.

Учитывая, что процесс свабирования осуществляется с высокими скоростями перемещения сваба $0,1 \text{ м/с} < v_{двс} < 0,4 \text{ м/с}$, фильтрационный поток огибающий диск по гравийной обсыпке, будет иметь турбулентный режим движения. Тогда вертикальную скорость v_B фильтрационного потока на уровне сваба в гравийной обсыпке будем находить для случая турбулентной фильтрации при квадратичном сопротивлении [11]:

$$v_B = k \cdot \sqrt{l} = k \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_{в-н}}{\rho g \delta}}, \quad (7)$$

откуда с учетом (6)

$$Q_{пер.в-н} = \omega_{обс} \cdot k \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_{в-н}}{\rho g \delta}}, \quad (8)$$

где l – гидравлический уклон; k – коэффициент турбулентной фильтрации материала гравийной обсыпки; δ – длина пути фильтрации.

Расход, поступающий в нижнюю полость рабочей камеры из пласта $Q_{пл.н}$, найдем через удельный дебит скважины q , полученный по результатам натурных испытаний. Сделаем допущения о том, что:

1) дебит скважины Q меняется пропорционально глубине понижения статического уровня S , т.е. удельный дебит скважины $q = Q/S = const$;

2) приток воды из пласта при испытании скважины откачкой перед работами по регенерации равномерно распределен по длине фильтра.

Отсюда следует, что если удельный дебит скважины, имеющей фильтр длиной L_{ϕ} равен q , то удельный дебит участка обработки q_n длиной x равен:

$$q_n = \frac{q}{L_{\phi}} \cdot x. \quad (9)$$

Тогда зная, что удельный дебит q_n – это расход, приходящийся на один метр понижения напора в нижней камере, получим:

$$\frac{\Delta p_n}{\rho g} = \frac{Q_{пл.н}}{q_n}, \text{ откуда}$$

$$\Delta p_n = \rho g \frac{Q_{пл.н} \cdot L_{\phi}}{q \cdot x}. \quad (10)$$

Допустим, что гидравлические сопротивления одного и того же участка фильтра при заборе жидкости через него из пласта и при нагнетании жидкости через него в пласт равны. Тогда по аналогии для верхней полости камеры длиной $(l-x)$ получим:

$$q_v = \frac{q}{L_{\phi}} \cdot (l-x), \quad (11)$$

$$\text{откуда} \quad \Delta p_v = \rho g \frac{Q_{пл.в} \cdot L_{\phi}}{q \cdot (l-x)}. \quad (12)$$

Выразим из (8) $\Delta p_{в-н}$:

$$\Delta p_{в-н} = \frac{\rho \cdot g \cdot \delta}{k^2 \cdot \omega_{обс}^2} Q_{пер.в-н}^2 \quad (13)$$

Подставим (10), (12) и (13) в (2), получим:

$$\begin{aligned} \frac{\rho \cdot g \cdot \delta}{k^2 \cdot \omega_{обс}^2} Q_{пер.в-н}^2 &= \\ &= \rho g \frac{Q_{пл.в} \cdot L_{\phi}}{q \cdot (l-x)} + \rho g \frac{Q_{пл.н} \cdot L_{\phi}}{q \cdot x}. \end{aligned}$$

Так как согласно (5) $Q_{пл.в} = Q_{пл.н}$, получим:

$$\frac{\delta \cdot Q_{пер.в-н}^2}{k^2 \cdot \omega_{обс}^2} = Q_{пл.в} \cdot \frac{L_{\phi} \cdot l}{q \cdot x(l-x)}.$$

Выразим $Q_{пл.в}$, получим

$$\begin{aligned} Q_{пл.в} &= \left(\frac{\delta \cdot q \cdot x(l-x)}{k^2 \cdot \omega_{обс}^2 \cdot L_{\phi} \cdot l} \right) \cdot Q_{пер.в-н}^2 = \\ &= a \cdot Q_{пер.в-н}^2. \end{aligned} \quad (14)$$

Подставим (14) в формулу (3), получим квадратное уравнение относительно расхода перетекания из верхней полости в нижнюю $Q_{пер.в-н}$:

$$a \cdot Q_{пер.в-н}^2 + Q_{пер.в-н} - Q_a = 0. \quad (15)$$

Так как расход $Q_{пер.в-н}$ является величиной положительной, решением уравнения (15) является выражение:

$$Q_{пер.в-н} = \frac{-1 + \sqrt{1 + 4a \cdot Q_a}}{2a}.$$

Зная $Q_{пер.в-н}$, вертикальную скорость v_B в гравийной обсыпке напротив сваба найдем из формулы (6):

$$v_B = \frac{Q_{пер.в-н}}{\omega_{обс}}. \quad (16)$$

Радиальную скорость $v_{P.B.}$ в верхней полости камеры с учетом формулы (14):

$$v_{P.B.} = \frac{Q_{пл.в}}{\omega_в} = \frac{a \cdot Q_{пер.в-н}^2}{\pi \cdot D_{\phi} \cdot (l - x)}, \quad (17)$$

где $\omega_в$ – площадь наружной боковой поверхности фильтра напротив верхней полости камеры, равная $\omega_в = \pi \cdot D_{\phi} \cdot (l - x)$.

Тяговое усилие P лебедки, необходимое для перемещения диска с заданной скоростью, равно:

$$P = \frac{g(m_{тр} \cdot l_{тр} + m_{устр})}{\eta_{мех}} + (\Delta p_{в-н} + \Delta p_{в.пл.}) \cdot \omega_{дис}, \quad (18)$$

где $m_{тр}$ – масса 1 метра погонного водоподъемных труб; $l_{тр}$ – общая длина водоподъемных труб; $m_{устр}$ – масса устройства для регенерации без пакеров; $\eta_{мех}$ – механический КПД, учитывающий трение манжеты пакера о стенки фильтра.

Пример

Рассчитаем режимы регенерации для скважины глубиной 65м, которая снизила удельный дебит с $q=20$ м²/ч до $q=5$ м²/ч= $0,00139$ м²/с.

Дано: Внутренний диаметр фильтра $d_{\phi}=0,305$ м; внешний диаметр фильтра $D_{\phi}=0,34$ м; наружный диаметр гравийной обсыпки $D_{обс}=0,54$ м; диаметр

штанги $d=0,04$ м; водоподъемные трубы – стальные электросварные длиной $l_{тр}=60$ м, диаметром 102 мм с толщиной стенки 5 мм, массой 1м.п. равной $m_{тр}=12$ кг; масса устройства для регенерации $m_{устр}=30$ кг; длина фильтра $L_{\phi}=18$ м; коэффициент фильтрации материала гравийной обсыпки (гравий с зернами размером 2мм), равный $k=3$ см/с= $0,03$ м/с [11].

Назначим шаг вычислений $x_1=0,1$ м. Проведем расчеты в интервале $l-x_1$. Зададим длину участка обработки $l=1$ м.

Зададим путь фильтрации при обтекании диска, равный двойной толщине гравийной обсыпки:

$$\delta = (D_{обс} - D_{\phi}) = 0,54 - 0,34 = 0,2 \text{ м.}$$

Площадь поперечного сечения гравийной обсыпки:

$$\omega_{обс} = \frac{3,14}{4} (0,54^2 - 0,34^2) = 0,138.$$

Площадь наружной боковой поверхности фильтра $\omega_в$ напротив верхней полости камеры:

$$\omega_в = \pi \cdot D_{\phi} \cdot (l - x) = 3,14 \cdot 0,34(1 - 0,1) = 0,96 \text{ м}^2.$$

Находим переменную a :

$$a = \frac{\delta \cdot q \cdot x(l-x)}{k^2 \cdot \omega_{обс}^2 \cdot L_{\phi} \cdot l} = \frac{0,2 \cdot 0,00139 \cdot 0,1(1-0,1)}{0,03^2 \cdot 0,14^2 \cdot 18 \cdot 1} = 0,0788 \text{ (с/м}^3\text{)}.$$

Площадь сваба равна:

$$\omega_{св} = \frac{3,14}{4} (0,305^2 - 0,04^2) = 0,071 \text{ м}^2.$$

Определим расход жидкости в верхней камере при скорости подъема сваба $v_{св}=0,4$ м/с

$$Q_в = v_{св} \cdot \omega_{св} = 0,4 \cdot 0,071 = 0,0287 \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

Определяем расход перетекания:

$$Q_{пер.в-н} = \frac{-1 + \sqrt{1 + 4a \cdot Q_в}}{2a} = \frac{-1 + \sqrt{1 + 4 \cdot 0,0788 \cdot 0,029}}{2 \cdot 0,0788} = 0,0286 \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

Определяем вертикальную скорость фильтрационного потока:

$$v_B = \frac{Q_{пер.в-н}}{\omega_{обс}} = \frac{0,0286}{0,138} = 0,207(м/с).$$

Определяем радиальную скорость фильтрационного потока:

$$v_{P.B.} = \frac{Q_{пл.в}}{\omega_в} = \frac{a \cdot Q_{пер.в-н}^2}{\omega_в} = \frac{0,0788 \cdot 0,0296^2}{0,96} = 0,00007(м/с).$$

Расход, поступающий в пласт из верхней камеры, и забираемый из пласта нижней камерой, выразим из формулы (3):

$$Q_{пл.в} = Q_в - Q_{пер.в-н} = 0,0297 - 0,0296 = 0,0001 м^3/с.$$

Давление в верхней камере находим по формуле (10):

$$\Delta p_в = 1000 \cdot 9,8 \frac{0,000106 \cdot 18}{0,00139 \cdot (1-0,1)} = 14946 Па.$$

Перепад давления при перетекании из верхней полости в нижнюю находим по формуле (11):

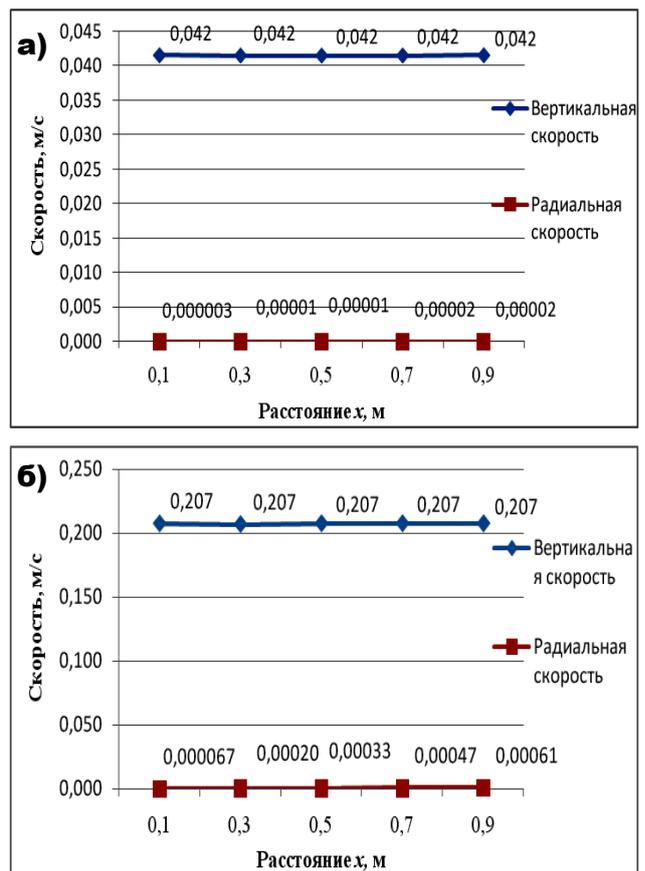
$$\Delta p_{в-н} = \frac{\rho \cdot g \cdot \delta}{k^2 \cdot \omega_{обс}^2} Q_{пер.в-н}^2 = \frac{1000 \cdot 9,8 \cdot 0,2}{0,03^2 \cdot 0,14^2} \cdot 0,0286^2 = 93600 Па.$$

Зная давление в верхней камере, находим тяговое усилие P лебедки на шаге x_1 по формуле (18):

$$P = \frac{9,8(12 \cdot 60 + 30)}{0,9} + (93600 + 14947) \cdot 0,072 = 15957 Н \approx 15,9 кН.$$

Результаты расчетов параметров фильтрационного потока при скоростях сваба $v_{св}=0,08$ м/с и $v_{св}=0,4$ м/с (шаг вычислений $x_1=0,1$ м на участке обработки $l=1$ м) представлены на рисунке 4.

Из графиков следует, что вертикальная скорость $v_в$ остается неизменной на участке обработки при постоянной скорости подъема сваба $v_{св}=const$, а радиальная скорость v_p в гравийной обсыпке напротив верхней камеры равномерно возрастает по мере



а) $v_{св}=0,08$ м/с; б) $v_{св}=0,4$ м/с

Рисунок 4. – График зависимости вертикальной $v_в=f(x)$ и радиальной $v_p=f(x)$ скоростей в гравийной обсыпке верхней камеры от высоты подъема сваба x при различных скоростях движения сваба

подъема сваба и сокращения площади нагнетания. Сравнение значений радиальной и вертикальной скоростей показывает, что вертикальная скорость значительно (более чем на порядок) превышает радиальную скорость при заданных фильтрационных параметрах фильтра и гравийной обсыпки. Отсюда следует, что основной вклад в интенсификацию растворения и выноса кольматирующих отложений будет вносить вертикальный фильтрационный поток, так как согласно Веригину Н.Н. коэффициент массопереноса при растворении отложений пропорционален скорости фильтрации в степени $1/2$, т.е. $\beta_1 \sim v^{0,5}$ [11]. Алексеевым В.С., Коммунаром Г.М. теоретически и экспериментально доказано, что за счет увеличения скорости движения реагента интенсифицируется процесс растворения и выноса продуктов реакции из прифильтровой закольматированной зоны скважины [12].

На рисунке 5 представлена зависимость вертикальной скорости в гравийной обсыпке напротив свабы от скорости подъема свабы – $v_v = f(v_{св})$.

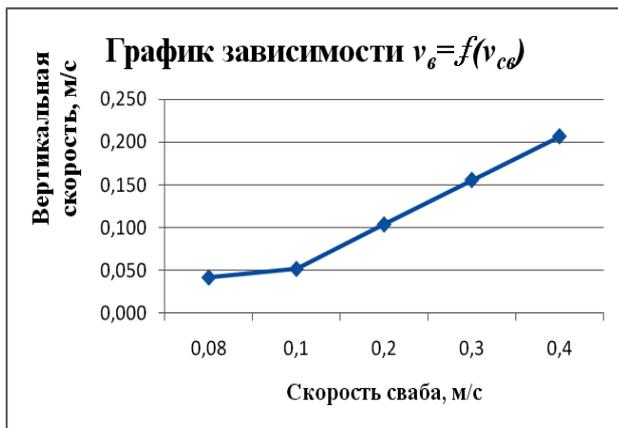


Рисунок 5. – График зависимости $v_v = f(v_{св})$

Из графика следует, что при возрастании скорости свабы с 8 до 40 см/с, вертикальная скорость

промывного фильтрационного потока в обсыпке напротив свабы увеличивается с 4 см/с до 20 см/с, т.е. прямо пропорционально.

Выводы

Разработана конструкция установки для поинтервальной реагентной декольматации фильтров на основе метода линейного свабирования в замкнутой камере, заполненной реагентом.

Разработана методика расчета гидродинамических параметров фильтрационного потока в гравийной обсыпке в зависимости от конструктивных параметров погружного устройства для регенерации, фильтрационных параметров гравийного фильтра и режимов обработки.

Получены аналитические зависимости для расчета радиальной и вертикальной скорости фильтрационного потока в гравийной обсыпке, рассмотрен пример расчета.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Квашнин, Г.П. Технология вскрытия и освоения водоносных пластов / Г.П.Квашнин. – М. : Недра, 1987. – 247с.
2. Тугай, А.М. Водоснабжение из подземных источников / А.М. Тугай, И.Т. Прокопчук // Справочник. – Киев.: Урожай, 1990. – 264 с.
3. Analysis of development Methods for gravel envelope wells [Electronic resource]. – Режим доступа: <http://roscoemoss.com/technical-resources/publications/> – Дата доступа 22.11.14.
4. Специальные работы при бурении и оборудовании скважин на воду / Д.Н. Башкатов [и др.] – М. : Недра, 1988. – 268 с.
5. Алексеев, В.С. Восстановление дебита водозаборных скважин / В.С. Алексеев, В.Т. Гребенников. – М. : «Агропромиздат», 1987. – 239 с.
6. Houben, G. Regenerierung und sanierung von Brunnen / G. Houben, C. Treskatis. – Munchen: Oldenbourgindustriever, 2003. – 280 s.
7. Шейко, А.М. Циркуляционно-реагентная регенерация скважин на воду: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.04, 05.23.16 / А.М. Шейко. – Минск, 2008. –135 с.
8. Устройство для реагентной обработки скважин на воду: а. с. 1597423 SU, Е ОЗ В 3/15 / В.Т. Гребенников, В. Е. Воропанов, Ю.А. Качура, К.Г. Иванищев, В.А. Попов; Всесоюзный НИИ ВОДГЕО. – № 4348781/23-33; заявл. 25.12.87; опубл. 07.10.90 // Производ.-издательский комбинат «Патент». – 1990.
9. Устройство для реагентной обработки скважины на воду: пат. 16996 / П.А. Автушко, В.В. Ивашечкин, А.В. Автушко. – Опубл. 01.12.2010
10. Курганов, А.М. Гидравлические расчеты систем водоснабжения и водоотведения: Справочник / А.М. Курганов, Н.Ф. Федоров. под общ. Ред. А.М. Курганова – Л. : Стройиздат. Ленингр. отд., 1986. – 449 с.
11. Веригин, Н.Н. О кинетике растворения солей при фильтрации воды в грунтах / Н.Н. Веригин – М : Госстройиздат, 1957. – С. 84-113.
12. Алексеев, В.С. Кинетика растворения кольматанта в прифильтровых зонах скважин / В. С. Алексеев, Г. М. Коммунар, В. Т. Гребенников // М. : НИИ ВОДГЕО. – 1977. – Вып. 70. – С. 30-33.

Поступила 23.05.2018

УДК 631.5 : 633.2

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КЛЕВЕРА ГИБРИДНОГО НА СЕМЕНА

А.С. Мееровский, доктор сельскохозяйственных наук,

Р.Т. Пастушок, кандидат сельскохозяйственных наук,

О.С. Грушевич, аспирант

РУП «Институт мелиорации»

г. Минск, Беларусь

Аннотация

Весенний посев клевера гибридного сорта Красавик на осушенной дерново-подзолистой среднесуглинистой почве формировал лучшую структуру травостоя, чем раннелетний, и за счет более высокой обсемененности головок (в 1,4 раза больше) урожайность семян была в 2,6 раза выше. Некорневые обработки посевов клевера борной кислотой и максибором 21 дважды за вегетацию (в фазы отрастания и бутонизации) улучшали структуру урожая семенников, увеличивая число головок, количество семян в головке, массу 1000 семян и урожайность. Внесение борной кислоты было экономически выгоднее.

Ключевые слова: клевер гибридный, травостой, урожайность семян, вегетация, бутонизация, технология возделывания

Abstract

A.S. Meerovsky, R.T. Pastushok, O.S. Grushevich

IMPROVING THE CULTIVATION OF CLOVER HYBRID FOR SEEDS

Spring sowing of clover hybrid Krasavik on drained sod-podzolic medium loamy soil formed better structure of herbage than early spring one did, due to higher amount of seeds on the plant head (in 1.4 times more) the productivity of seeds was higher in 2.6 times. Fertilizing of some clover areas with boric acid and maksibor 21 twice a vegetation (growing and budding phases) improved crop structure of clover for seedlings and also increased number of heads, seeds in a head, mass of 1000 seeds and productivity too. Boric acid is more profitable fertilizer.

Keywords: clover hybrid, herbage, seed productivity, vegetation, budding, technology of cultivation

Введение

Постановлением Совета Министров Республики Беларусь определены основные индикаторы подкомплекса кормопроизводства на 2016–2020 гг. – производство 45–50 ц к. ед. на условную голову, в т. ч. травяных – 30–35 ц; увеличение площади многолетних трав до 1 млн га, из которых доля бобовых и бобово-злаковых трав должна составлять 90 %; перезалужение луговых земель, из которых бобово-злаковые травостои должны составлять не менее 50 % [1].

На мелиорированных землях, занимающих 2,9 млн га, наряду с использованием клевера лугового и люцерны, перспективно возделывание вида, более устойчивого к временному преувлажнению. Расширению его площадей препятствует низкий уровень семеноводства. Причиной низких урожаев семян в большой мере является разрыв во времени между цветением головок на главном стебле клевера гибридного: между 1-й и 2-й – 2,7 дня, 2 и 3-й – 5,8, 3 и 4-й – 5,9, 4 и 5-й – 5 дней [2].

Клевер гибридный сорта Красавик районирован в 1983 году, поэтому работы по изучению его семенной продуктивности проводились. Изучали покровные культуры и нормы его посева под покровом, дозы и сроки химической прополки и уборки [3, 5, 9]. В условиях Гродненской области исследовали способ летнего посева клевера гибридного в качестве поукосной культуры после внесения раундапа [4].

По данным БелНИИЗемледелия, выращивание клевера гибридного целесообразно в северной и северо-восточной частях республики, т. к. их прохладный климат больше подходит для выращивания этого одноукосника [6,7].

Методика исследований

Исследования по усовершенствованию технологии получения семян клевера гибридного Красавик проводили в северной зоне республики (Витебская опытно-мелиоративная станция РУП «Институт мелиорации», Сенненский р-н) в 2014–2017 гг. Изучение некорневых подкормок клевера микроэлементами проводили в 2014–2015 гг., сроков посева – в

2016–2017 гг. Почва осушенная дерново-подзолисто-глееватая, среднесуглинистая, подстилаемая с глубины 0,5–0,6 м моренным суглинком с pH_{KCl} – 6,19–6,79. Содержание гумуса – 2,27–2,45 %; P_2O_5 – 109–121, K_2O – 158–172 мг/кг почвы; гидролитическая кислотность – 0,46–1,52 мг-моль на 100 г почвы; степень насыщенности основаниями – 90,5–96,7 %. Агротехника рекомендованная [8], норма посева – 5,5 млн шт./га (5 кг/га), способ сева – рядовой без покрова.

Изучение сроков посева, внесение микроэлементов и регуляторов роста проводили по схеме: Срок сева: 1. весенний (19.05.2016 г.); 2. раннелетний (20.06.2016 г.). Удобрения: 1. $N_0P_0K_0$; 2. $P_{40}K_{60}$ – фон; 3. Фон + борная кислота (B – 17 %); 4. Фон + молибденово-кислый аммоний (Mo – 54 %); 6. Фон + макситор 21 (20,8 % B + 0,2 % Mo). Обработка производилась ранцевым опрыскивателем. Повторность – 4-х кратная, площадь учетных делянок – 50 м², размещение делянок рендомизированное.

Для клевера гибридного оптимальная влажность почвы до фазы начала цветения составляет 70 – 80 % наименьшей влагоемкости (НВ), в цветение – 60 и в созревание семян – 40 %. Поэтому контроль влажности почвы в слое 0–20 см проводили каждую декаду. Влажность корнеобитаемого слоя почвы в год посева (2014 г.) была ниже оптимальных значений – 23,1–27,8 %. В III-й декаде июля и I-й декаде августа она составила 10,2–13,6 % (НВ – 28,1 %), что отрицательно сказалось на росте и развитии растений. Перезимовка 2014–2015 гг. была неблагоприятна для клевера, т. к. при высоте снежного покрова 2–5 см минимальная температура воздуха в декабре и феврале понижалась до -15,8...-17,2 °С. В результате наблюдалась гибель растений. Вегетационный период 2015 г. был теплый и сухой – средне-

месячная $t^{\circ}C$ воздуха апреля – июня превышала многолетние показатели на 2,2–1,1 °С, а количество осадков за вегетацию составило 335 мм (на 64 мм ниже нормы). Влажность почвы в июне – августе снижалась до влажности завядания (10,8–6,8 % ее объема), что снизило урожайность семян.

Погодные условия 2017 года были умеренно теплые и избыточно влажные, ГТК вегетационного периода – 1,8. В I-й декаде апреля $t^{\circ}C$ воздуха была выше нормы на 7,6 °С, что ускорило начало вегетации, а во II-й и III-й декадах заморозки до -1,6 °С сдерживали его рост. В начале бутонизации влажность почвы составила всего 48,8 % от НВ, и в целом дефицит влаги в мае - июне повлиял на цветение и завязываемость семян. В июле - августе количество осадков составило – 129,0 % нормы, а в период формирования семян влажность почвы была на 35,8 % выше оптимальных показателей.

Таким образом, метеорологические условия и гидрологический режим 2017 г. были неблагоприятны для формирования семян клевера.

Результаты исследований и их обсуждение

В 1-й год жизни (г. ж.) при весеннем севе густота стеблестоя клевера и количество стеблей на 1 м² к концу вегетации были примерно в 3 раза больше, чем при летнем (таблица 1).

Во 2-м г. ж. срок посева тоже сказался на структуре стеблестоя клевера и высота весенних посевов была в 1,2 раза больше, количество продуктивных стеблей на 1 м² – в 2,4, и число головок – в 2 раза больше, чем раннелетних.

Обсемененность головок у клевера весеннего срока сева была в 1,4 раза больше, чем летнего (таблица 2), и в результате урожайность семян была в 2,6 раза выше.

Таблица 1. – Густота стеблестоя клевера гибридного в конце вегетации 1 г. ж., шт./м²

ВАРИАНТ	Количество растений, шт./м ²		Количество побегов (стеблей) в кусте, шт./м ²	
	Весенний посев	Раннелетний посев	Весенний посев	Раннелетний посев
$N_0P_0K_0+H_2O$ – контроль	80	28	240	70
$P_{40}K_{60}$ – фон	92	29	294	88
$P_{40}K_{60}+H_3BO_3$	110	36	352	110
$P_{40}K_{60}+(NH_4)_2MoO_4$	104	34	333	106
$P_{40}K_{60}$ +Макситор 21	113	35	362	107

Таблица 2. – Структура и урожайность семенного посева клевера гибридного в зависимости от срока сева (среднее по вариантам)

СРОК СЕВА	Высота, см	Количество, шт./м ²				Количество семян в головке, шт.	Масса 1000 шт., г	Урожайность, ц/га
		Растений	Всего стеблей	в т. ч. продуктивных	Головок			
Весенний	112,3	55	311	161	440	96	0,9	2,5
Летний	90	21	115	67	218	71	0,9	0,9
НРС₀₅, ц/га								0,55

Некорневые подкормки клевера в разные фазы развития увеличивали количество растений (кустов) и продуктивных стеблей. Так, внесение борной кислоты (H₃BO₃) увеличило количество растений по сравнению с контролем (без обработки) на 29,3 %, продуктивных стеблей – на 36,3 %, молибденово-кислого аммония – (NH₄)₂MoO₄ на 23,9 и 30,7 и максибора – на 35,3 и 42,9 % соответственно. Следует отметить, что внесение борных препаратов обеспечило более высокую относительную прибавку количества продуктивных стеблей при их внесении фазу бутонизации (37,6–44,6 %), а молибденово-кислого аммония – при двукратном внесении в фазы отрастания и бутонизации (32,9 %). Что касается абсолютных количественных величин, то после внесения максибора в фазы отрастание + бутонизация формировались более сомкнутый стеблестой – 89 шт./м² растений и 238 шт./м² продуктивных стеблей.

Количество образовавшихся к уборке головок после некорневых подкормок микроэлементами в среднем составляло 419 шт./м² и было на 10,9–18,2 % больше, чем на контроле.

При внесении микроэлементов в фазу отрастания клевера максимальное количество головок на 1 м² образовалось в варианте с некорневой подкормкой максибором (таблица 3). В этом варианте было несколько больше семян в головке, это же касалось и массы 1000 семян. В результате внесение максибор 21 в фазу отрастания клевера увеличило урожайность семян по сравнению с контролем в 1,5 раза.

Внесение микроэлементов в фазу бутонизации клевера также увеличивало количество головок на 1 м², семян в головке и массу 1000 семян. При внесении микроэлементов в эту фазу структурные составляющие урожая и его величина тоже были максимальными при внесении максибор 21.

Некорневые обработки посевов клевера дважды за вегетацию – в фазы отрастания и бутониза-

ции – улучшали структуру урожая семенников клевера. Увеличивалось число головок на 1 м², количество семян в головке и масса 1000 семян. Также как и при внесении микроэлементов в другие сроки лучшие показатели структуры урожайности отмечены при внесении максибор 21. Однако следует отметить, что масса 1000 семян была несколько выше при внесении молибденово-кислого аммония. Что касается урожайности семян, то при внесении максибор 21 она была выше как при внесении в фазы отрастания и бутонизации, так и в остальных вариантах опыта.

Эффективность борных удобрений объясняется тем, что бор, содержащийся в почве, менее доступен в умеренно щелочной почве [10]. Поэтому при pH слоя пахотного почвы близкой к нейтральной, бор из удобрений H₃BO₃ и максибор 21 в засушливых условиях усваивался лучше, чем из почвы.

Изучение внесения микроэлементов показало, что в среднем за два года количество головок на 1 м² по сравнению с фоном увеличилось на 7,2–13,8 %, количество семян в головке – на 9,9–17,9 %, масса 1000 семян – на 2,2–8,6 % (таблица 4). Следует отметить, что внесение бора как в виде борной кислоты, так и в составе максибор 21 на элементы структуры урожая оказывало практически одинаковое влияние. Несколько ниже эти показатели были при внесении молибденово-кислого аммония.

Несмотря на различия во влиянии микроэлементов на структуру урожая, урожайность семян клевера между этими вариантами не различалась.

Расчет экономической эффективности изучаемых приемов показал, что наиболее выгодным был посев клевера гибридного весной. Условно-чистый доход при этом сроке, без учета прямых, затрат составил 320 у. е./га с рентабельностью 101 %. Ранне-летний посев клевера был убыточен из-за низкой урожайности.

Таблица 3. – Структура и урожайность семенного посева клевера гибридного при некорневой подкормке в разные фазы развития [9]

ВАРИАНТ	Количество головок, шт./м ²	Количество семян в головке, шт.	Масса 1000 семян, г	Урожайность, ц/га	Прибавка	
					ц/га	%
фаза отрастания						
N ₀ P ₀ K ₀ +H ₂ O-контроль	347	82	0,88	1,81	-	-
P ₄₀ K ₆₀ - фон	354	86	0,94	1,98	0,17	9,4
Фон + H ₃ BO ₃	413	108	0,99	2,58	0,77	42,5
Фон + (NH ₄) ₂ MoO ₄	403	107	0,98	2,43	0,62	34,3
Фон + Максибор 21	441	110	1,03	2,75	0,94	51,9
НРС ₀₅ , ц/га					0,32	
фаза бутонизации						
N ₀ P ₀ K ₀ +H ₂ O – контроль	355	91	0,96	1,96	-	-
P ₄₀ K ₆₀ - фон	380	107	0,97	2,18	0,22	11,2
Фон + H ₃ BO ₃	433	125	1,04	2,71	0,75	38,3
Фон + (NH ₄) ₂ MoO ₄	427	120	1,00	2,54	0,58	29,6
Фон + Максибор 21	462	133	1,06	2,92	0,96	49,0
НРС ₀₅ , ц/га					0,29	
фазы отрастания + бутонизации						
N ₀ P ₀ K ₀ +H ₂ O-контроль	389	98	0,97	2,02	-	-
P ₄₀ K ₆₀ - фон	400	99	0,95	2,10	0,08	4,0
Фон + H ₃ BO ₃	507	113	0,96	3,01	0,99	49,0
Фон + (NH ₄) ₂ MoO ₄	484	108	1,01	2,64	0,62	30,7
Фон + Максибор 21	533	117	0,97	3,27	1,25	61,9
НРС ₀₅ , ц/га					0,45	

Таблица 4. – Структура и урожайность семенного посева клевера в зависимости от агротехнических приемов (ср. за 2 года)

ВАРИАНТ	Количество головок, шт./м ²	Количество семян в головке, шт./м ²	Масса 1000 семян, г	Урожайность, ц/га	Прибавка	
					ц/га	%
N ₀ P ₀ K ₀ + H ₂ O – контроль	328	73	0,92	1,52	-	-
P ₄₀ K ₆₀ – фон	364	90	0,93	1,99	0,47	30,9
Фон + H ₃ BO ₃	406	103	1,00	2,38	0,86	56,6
Фон + (NH ₄) ₂ MoO ₄	397	99	0,95	2,22	0,70	46,1
Фон + максибор 21	415	106	1,01	2,39	0,87	57,2
НРС ₀₅ , ц/га					0,48	

Максимальный условно-чистый доход 397,4 у. е./га получен от внесения борной кислоты в фазы отрастание + бутонизация с рентабельностью 123 %. Эти показатели при внесении максибора 21 были несколько ниже (369,5 у. е./га и 91 %) из-за более высокой стоимости препарата. В среднем за два года условно-чистый доход от внесения борной кислоты составил 314 у. е./га при рентабельности 126 %.

Выводы

Изучение технологических приемов выращивания клевера гибридного сорта Красавик показало:

– при его весеннем посеве структура травостоя была лучше, чем при раннелетнем: высота 1,2 раза больше; продуктивных стеблей на 1 м² – в 2,4; число головок – в 2 раза больше. За счет бо-

лее высокой обсемененности головок при весеннем севе (в 1,4 раза больше, чем у летнего) урожайность семян была в 2,6 раза выше.

– некорневые обработки посевов клевера борной кислотой и максибором 21 дважды за вегетацию (в фазы отрастания и бутонизации) улучшали структуру урожая семенников, увеличивая число головок до 507–533 шт./м², количество семян в головке – до 113–117 шт. и массу 1000 семян – до 0,96–0,97 г. Урожайность семян в этих вариантах составила 3,01–3,27 ц/га.

– более высокий экономический эффект в среднем за 2 года (условно-чистый доход 314 у. е./га и рентабельность 126 %) обеспечило внесение Р₄₀К₆₀ + борной кислоты дважды за вегетацию в фазу отрастания и бутонизации клевера.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016-2020 годы: и постановление Совета Министров Республики Беларусь от 11 марта 2016г., № 196 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, –2016 – № 5 (41842).
2. Агротехника выращивания многолетних трав на семена / В.С. Дыбаль [и др.] Рекомендации / РУП «Институт мелиорации». – Минск, 2011. – 24 с.
3. Летковский, В.П. Основные приемы возделывания клевера гибридного на семена: автореф. дис. ...канд. с.-х.: 06.01.09 / В.П. Летковский ; Белорус. гос. сельскохоз. акад. – Горки, 1986 – 18 с.
4. Рутковская, Л.С. Основные приемы технологии возделывания клевера лугового и гибридного на дерново-подзолистой супесчаной почве западной части Республики Беларусь: автореф. дис. ...канд. с.-х.: 06.01.09 / Л.С. Рутковская; Белорус. Науч.-исслед.-т земледелия и кормов. – Жодино, 2000. – 18 с.
5. Саскевич, П.А. Влияние покровных культур и норм высева на семенную продуктивность клевера гибридного: автореф. дис. ...канд. с.-х.: 06.01.09 / П.А. Саскевич ; Белорус. гос. сельскохоз. акад. – Горки, 1990. – 19 с.
6. Семенов, А.Л. Семеноводство многолетних трав / А.Л. Семенов, К.С. Власова. – Минск : Урожай, 1971. – 152 с.
7. Возделывание клевера гибридного на семена : Отраслевой регламент / Е.П. Чаев [и др.] – Минск, 1996. – 11 с.
8. Возделывание клевера гибридного (розового). Типовые технологические процессы / Е.И. Чекель, Г.И. Гаджиева, А.П. Бударевич. – Организационно-технические нормативы возделывания кормовых и технических культур: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. Наук Беларуси, Научно-практ. центр по земледелию; рук. разработки Ф.И. Привалов [и др.] ; под общ. ред. В.Г. Гусакова, Ф.И. Привалова. – Минск: Бел. наука, 2012. – С. 160-169.
9. Мееровский, А.С. Комплексное применение пестицидов, микроэлементов и регуляторов роста при возделывании клевера гибридного на семена / А.С. Мееровский, Н.В. Кабанова, Е.М. Мишук // Мелиорация. – Минск, 2017 – № 1 (79). – С. 49-56.
10. Plant probs nutrient Imbalances [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://plantprobs.net/plant/nutrientImbalances/boron.html>. – Дата доступа 22.03.2018 г.

Поступила 6.06.2018

К ВОПРОСУ ИЗВЕСТКОВАНИЯ КИСЛЫХ ПОЧВ**П.Ф. Тиво**, доктор сельскохозяйственных наук,**В.Н. Филиппов**, кандидат сельскохозяйственных наук

РУП "Институт мелиорации"

г. Минск, Беларусь

Аннотация

Приводятся некоторые причины обострения проблемы известкования в Беларуси. Делается вывод о недопустимости декальцинирования почвы, которое может привести к снижению их плодородия, падению урожая и его качества. Обращается внимание на экономическую целесообразность применения в земледелии менее энергоемких видов известковых удобрений.

Ключевые слова: обменная кислотность почвы, величина pH, дозы известковых удобрений, прибыль, рентабельность

Abstract**P.Ph. Tivo, V.N. Philipov****LIMING OF ACIDIC SOILS. SOME ASPECTS**

Some reasons which cause the problems of liming of soils in Belarus are given. Decalcification of soil is concluded as negative effect which leads to decrease of soil productivity, crop and its quality. Less energy-intensive types of lime fertilizer used in agriculture are found as profitable ones.

Keywords: exchange acidity of soil, pH value, doses of calcareous fertilizers, profit, profitability

Введение

Подчеркивая необходимость создания благоприятной реакции среды почвы для растений, специалисты США считают, что при ведении земледелия на кислых почвах первый доллар должен быть истрачен на известкование. В условиях интенсификации сельскохозяйственного производства это особенно актуально. По имеющимся данным, средние ежегодные потери кальция и магния из пахотного слоя (в пересчете на CaCO_3) составляют 400–500 кг/га. Их нужно компенсировать, иначе неизбежны рост кислотности, активизация алюминия, снижение урожая, ухудшение качества и потеря гумуса, переход фосфатов в малодоступные для растений формы [1], уменьшение биологической активности почв [2, 3].

Практика известкования почв имеет многовековую историю. Первые сведения о нем можно найти у Плиния Старшего, римского писателя первого века нашей эры. В начале XIX века известкование широко применялось в сельском хозяйстве Англии, Франции, Голландии, Дании и Германии. А.Н. Соколовский в своё время писал, что отыскание и применение мергеля привело Северную Германию от бедности к богатству и из бесплодных пустошей создало благословенную землю [1].

У истоков научных исследований в этой области в бывшем СССР стояли Д.Н. Прянишников, К.К. Гедройц, О.К. Кедров-Зихман, С.С. Ярусов, Д.Л. Аскинази, Н.П. Ремезов, С.В. Щерба, Н.С. Авдонин, М.Ф.

Корнилов и многие другие ученые. Особенно большой вклад в решение проблемы внесли академик О.К. Кедров-Зихман и его ученики. О.К. Кедров-Зихман сформулировал основное теоретическое положение современного известкования, которое заключается в том, что для улучшения агрохимических свойств кислых почв прежде всего необходимо устранить их избыточную кислотность путем известкования, понизив ее до слабокислой реакции. На основе этого положения были рекомендованы полные или нормальные дозы извести, близкие к рассчитанным по однократной гидролитической кислотности. Были разработаны также приемы и способы применения малых доз извести, при этом роль известкования заключалась в дополнительной мобилизации питательных веществ из почвы и экономном использовании минеральных и органических удобрений [1,4].

По силе своего воздействия на рост и развитие растений реакция среды на дерново-подзолистых почвах в большинстве случаев выступает главным фактором, ограничивающим величину урожая. На территории, где реакция почвенной среды находится в интервале сильнокислого и кислого уровня, нельзя размещать ценные и высокоинтенсивные культуры, создать благоприятное азотное и фосфорное питание растений даже при достаточных запасах этих элементов в почве и внесенных с удобрениями, получить высокую оплату удобрений. Сред-

ний недобор растениеводческой продукции достигает на сильнокислых почвах 7–8 ц/га, на кислых 5–6, на среднекислых 3–4 ц/га зерновых единиц и колеблется в зависимости от вида выращиваемых культур и условий питания [5]. Из-за повышенной кислотности, например, в России ежегодно не добирают 16–18 млн т. растениеводческой продукции [6].

Интерес к этой проблеме вызван тем, что в последнее время в нашей республике используется недостаточное количество известковых удобрений. Так, в 2013–2016 гг. их было внесено 58 % от потребности. При этом в 83 районах отмечено подкисление пахотных почв и в 79 районах – почв сенокосов и пастбищ. Средневзвешенный показатель pH в KCl по республике снизился с 5,89 до 5,84, а, например, в Витебской области – с 6,09 до 6,04. Процесс подкисления реакции почв сопровождается увеличением доли почв с показателем pH менее 5,0. Особенно возросла доля сильно- и среднекислых почв в Гродненской и Могилевской областях. Применительно к республике количество почв с pH менее 5,0 увеличилось почти на 120 тыс. га и составило 461,3 тыс. га, или 9,3 % от площади пашни. Поэтому задача агрохимической службы состоит в том, чтобы темпы нейтрализации почвенной кислотности в результате известкования соответствовали темпам подкисления почв [7].

Обострение проблемы известкования в Беларуси обусловили следующие причины:

- расширение посевных площадей под интенсивными культурами, не переносящими кислую реакцию среды (сахарная свекла, пшеница, тритикале, рапс, ячмень);
- наличие осушенных земель, где наблюдаются значительные потери кальция и магния за счет дренажного стока;
- наряду с питательной функцией растений, смягчают отрицательное воздействие обменного алюминия кислой почвы на возделываемые культуры;
- переуплотнение корнеобитаемого слоя почвы тяжеловесной сельскохозяйственной техникой, тогда как органические удобрения и известкование благодаря оструктуриванию почвы в определенной степени противодействует этому негативному процессу;
- возрастание непроизводительных потерь минерального азота в результате снижения коэффициента его использования на кислых почвах;

- ухудшение качества продукции земледелия и овощеводства в условиях неблагоприятной реакции среды;

- радионуклидное загрязнение территории, где роль известкования заключается в ограничении поступления их в растения, особенно стронция (^{90}Sr).

Отрицательное влияние кислотности на почву и растение

Как известно, кислотность жидкой фазы почвы называется актуальной кислотностью. Ионами водорода и алюминия, находящимися в поглощенном состоянии, образуется потенциальная кислотность, которая подразделяется на обменную и гидролитическую, зависящие преимущественно от размеров и качественного состава почвенно-поглощающего комплекса [8]. Обменная кислотность, по мнению одних исследователей, определяется поглощенными ионами водорода, по мнению других, кислые свойства почвенно-солевой вытяжки зависят от присутствия в растворе обменного алюминия; согласно третьей точке зрения, обменная кислотность может определяться совместным влиянием ионов водорода и алюминия, соотношение между которыми варьирует в зависимости от генезиса той или иной почвы и свойства отдельных ее горизонтов [8–10].

При высокой кислотности почвы катион водорода (H^+) поступает в растения через корневую систему в избыточном количестве, в силу чего нарушается белковый и углеводный обмен, затрудняется фотосинтез. При очень кислой реакции рост и ветвление корней замедляются, почти прекращается образование корневых волосков, корни утолщаются, делаются грубыми и уродливыми. Одним из главных факторов, определяющих отрицательное действие кислых почв на растения, является наличие в них больших количеств подвижного алюминия. Так как при pH ниже 4,5–4,6 в минеральных почвах алюминий переходит в подвижное состояние, токсичность его усиливает отрицательное действие кислотности [8]. И только в торфяных почвах даже при относительно сильном подкислении в почвенном растворе не происходит накопление ионов алюминия и марганца, потому что минералы, из которых высвобождаются эти ионы, отсутствуют [11].

Сельскохозяйственные культуры неодинаково относятся к содержанию подвижного алюминия в почве. Согласно исследованиям Н.С. Авдонина, по

отношению к алюминию они разделяются так: 1-я группа – культуры устойчивые к высокому содержанию этого элемента в почве – тимopheевка луговая, овес, кукуруза; 2-я группа – среднеустойчивые культуры – люпин, горох, репа, фасоль; 3-я группа – культуры чувствительные к подобному токсиканту – ячмень, яровая пшеница, лен, турнепс; 4-я группа – культуры очень чувствительные к высокому содержанию алюминия – клевер луговой, столовая и кормовая свекла, озимая рожь и пшеница, люцерна. Наибольший вред алюминий наносит на ранних стадиях развития растений [8, 12, 13].

Повышенная кислотность влияет на подвижность и доступность важнейших для жизнедеятельности растений химических элементов – фосфора и калия. Наблюдается прямое неблагоприятное действие алюминия, заключающееся в том, что поступление фосфорнокислого алюминия в корневую систему растений подавляет способность последней перемещать фосфор в их надземные органы. В результате этого наблюдается специфическое фосфатное голодание растений. В модельных опытах с кукурузой дополнительное (к NPK) внесение алюминия увеличивало содержание фосфора в корнях кукурузы на 62 % при одновременном снижении содержания P_2O_5 в листьях на 8 %, а в стеблях на 14 %. Ухудшается также питание растений молибденом, магнием. В условиях кислой реакции среды отмечено подавление жизнедеятельности ряда микроорганизмов, особенно участвующих в процессах, обуславливающих азотный режим почв (резкое снижение процесса нитрификации), что ведет к снижению доступных для растений форм азота [5].

Положительное воздействие известковых удобрений на почву и растение

Известкование вызывает значительные изменения в почве: снижается кислотность или даже полностью устраняется, улучшается жизнедеятельность микроорганизмов в благоприятном для растений направлении [1, 13]. Кроме того, в результате известкования усиливается развитие корневой системы сельскохозяйственных культур и прежде всего многолетних трав, являющихся одним из важных источников органического вещества в почве. Как следствие, улучшается структура почвы, водно-воздушный и питательный режимы. Но возможны и отрицательные явления. Примером этого может служить резкое

усиление минерализации органического вещества почвы при избыточных дозах известковых удобрений, сопровождающееся уменьшением в ней содержания гумуса, усилением денитрификации, снижением доступности некоторых микроэлементов – меди, бора и др. и подщелачиванием почвы, вредным для льна и картофеля [4, 8, 14].

Скорость и полнота воздействия извести на почву зависят от равномерности смешивания ее и от состояния влажности последней. Тем более, что при достаточном увлажнении в почве все процессы протекают значительно быстрее и полнее. Число клубеньков на корнях бобовых культур резко возрастает там, где внесена известь и устранена кислотность, особенно в верхнем, хорошо аэрируемом слое почвы, где их количество увеличивается более чем в 10 раз [8].

Под влиянием известкования также усиливаются процессы превращения соединений фосфора и азота в усвояемые растениями. Это является результатом взаимодействия извести с фосфатами железа и алюминия, которые переходят в фосфаты кальция, более доступные для растений. Причем наряду с этим в результате усиления биологических процессов разложения фосфорорганических соединений высвобождаются преимущественно доступные минеральные. Существенно влияет известкование и на азотный режим благодаря усилению минерализации органического азота почвы [5, 12, 15, 16].

Следует различить прямое действие содержащихся в известковых материалах кальция и магния как коагуляторов диспергированных частиц подзолистых почв и косвенное действие известкования на рост и развитие сельскохозяйственных растений (особенно многолетних трав), что в свою очередь приводит к накоплению органического вещества в почве, интенсивному развитию корневой системы, т.е. к усилению действия растений на физические свойства почвы. В большинстве случаев, особенно на кислых суглинистых почвах, известкование усиливает агрегирование распыленных почвенных частиц, и в известкованной почве увеличивается содержание водопрочных агрегатов [8].

Большое количество работ, выполненных разными исследователями на дерново-подзолистых почвах, показало, что известь, обеспечивает сдвиг почвенной кислотности в благоприятную сторону,

увеличивает сумму поглощенных оснований и степень насыщенности ими почвенного поглощающего комплекса. Последнее наблюдалось нами и на торфяной почве (таблица 1). При этом установлено, что с повышением доз доломитовой муки сужалось соотношение между кальцием и магнием и увеличивалась степень насыщенности почвы основаниями, чего нельзя сказать о магии при использовании мела в качестве известкового удобрения [17].

Увеличение степени насыщенности основаниями на 10 % сопровождается повышением урожай зерновых на 2–2,5 ц/га на суглинистых почвах и 4,5–6,5 ц/га на супесчаных [5].

Кроме того, исследования, выполненные на дерново-подзолистой супесчаной почве, показали, что за пределами рН выше 5,3 отмечалось усиление процесса нитрификации, активности полифенолоксидазы, каталазы, инвертазы и численности микроорганизмов. Это приводило к значительному улучшению азотного режима почвы. Отмеченные изменения положительно сказались на продуктивности возделываемых с.-х. культур. Так, смещение реакции среды на 2 и более единицы рН выше (с 4,5 до 6,0 и более) сопряжено с возрастанием урожайности ячменя на 9,0 ц/га без внесения удобрений и на 14 ц/га при внесении удобрений. Для озимой ржи эти показатели находились в пределах 7–8 ц/га [5]. В исследованиях на среднем суглинке экспериментальной базы "Устье" Оршанского района на 6-й год после внесе-

ния извести по 1-й гидролитической кислотности прибавка урожайности зерна озимой пшеницы достигла 15 ц/га [18].

По мнению Т.Н. Кулаковской [5], под влиянием известкования наблюдается значительное возрастание эффективности калийных удобрений. Данное обстоятельство обусловлено двумя причинами. Первая и главная: при известковании резко возрастают урожаи, и соответственно растет потребление растениями калия, поступление которого в них характеризуется более интенсивными темпами, чем фосфора. Вторая причина заключается в том, что внесение в почву кальция изменяет степень подвижности и доступности растениям калия почвенных запасов. Между калием и кальцием в той или иной степени проявляется антагонизм. Отсюда возникает потребность в дополнительном внесении калия, что связано с положительной реакцией культур на внесение калийных удобрений при известковании и на почвах с реакцией среды, близкой к нейтральной. Ранее к такому выводу пришел академик В.И. Шемпель, особенно применительно к многолетним травам [19–20].

Под влиянием известкования тип гумуса фульватный изменялся на гуматно-фульватный, что указывает на повышение его качества [21]. Нейтрализация избыточной кислотности способствует увеличению доступности растениям фосфора и этим самым позволяет, в случае достаточного содержания P_2O_5 в почве, снизить дозы фосфорных удобрений [5, 15].

Таблица 1. – Влияние известкования на агрохимические свойства торфяной почвы, урожайность многолетних трав и сбор сырого протеина

ВАРИАНТ	рН в КС1	Гидролитическая кислотность	Обменный кальций	Обменный магний	Степень насыщенности основаниями, %*	Урожайность сухой массы, ц/га	Сбор сырого протеина	
							ц/га	%
МГ-ЭКВ НА 100 Г ПОЧВЫ								
Без известкования	4,60	53,4	59,1	3,0	55,2	68,8	9,4	100,0
Доломитовая мука, т/га $CaCO_3$:								
2	5,10	44,1	66,8	4,5	63,0	79,6	12,0	127,7
4	5,35	39,4	72,1	5,2	67,3	77,8	11,6	123,4
8	5,76	33,8	89,1	11,5	75,5	74,7	11,3	120,2
16	6,25	26,4	102,3	19,2	82,5	70,5	10,5	111,7
Мел 4	5,5	38,5	80,4	3,1	69,4	71,9	10,5	111,7

* С учетом Ca^{2+} , Mg^{2+} и других катионов

Известкование кислых почв способствует улучшению качества растениеводческой продукции. Отмечено повышение содержания крахмала в клубнях картофеля на 0,5–2,2 %; увеличение сырого протеина в зерне на 0,5–1 %; сахара в сахарной свекле на 0,7–1,0 %. Благоприятное влияние известкования на рост бобовых приводит к увеличению содержания в сене протеина, а также кальция и фосфора, что улучшает качество кормов [5].

Таким образом, известь вызывает значительные изменения свойств почвы. Несмотря на это, она не может полностью удовлетворить растения в питательных веществах. Поэтому известкование необходимо сочетать с внесением органических и минеральных удобрений. Совместное применение извести и навоза позволяет уменьшить дозы последнего без снижения урожая [12].

Действие извести не исчерпывается влиянием на агрохимические свойства почвы и ее пищевой режим. В результате известкования коренным образом изменяются и физические свойства почвы. Прежде всего, кальций, внесенный с известью, улучшает микроструктуру почвы, делает коллоиды более водопрочными, причем их количество возрастает с увеличением доз извести. Понижается объемная масса почвы, улучшается аэрация и водный режим. При этом почва быстрее прогревается. Под влиянием известкования тяжелые почвы становятся более рыхлыми, что уменьшает тяговое усилие при их обработке на 10–15 % [22].

Рекомендуемые уровни pH для возделываемых культур

Необходимые для них интервалы кислотности приведены в таблице 2. Из этих данных следует, что наименее требовательными к кислотности являются картофель, люпин, овес, озимая рожь [23].

Для достижения величины pH солевой вытяжки в вышеприведенной таблице дозы извести определяются в соответствии с "Инструкцией о порядке известкования..." [24]. Применительно к торфяным почвам можно пользоваться данными таблицы 3.

Подходы к определению потребности почв в известковании заметно различаются в отдельных странах, что, прежде всего, касается торфяников. В Германии, например, не проводится регулирование реакции среды, если величина pH выше 4,0–4,5. К тому же определяется этот показатель там не в 1 М KCl вытяжке (как у нас), а в 0,1 М [26–28]. В последнем случае он оказывается выше на 0,2–0,3 единицы, чем в первом. Примерно такие же различия нами отмечались при определении кислотности почвы в 0,01 М CaCl₂ (таблица 4). Причем самую высокую кислотность имела почва при использовании для вытеснения ионов водорода 1М BaCl₂ вытяжки.

О наличии кислых пахотных торфяных почв в республике можно судить по данным таблицы 5. Применительно к обследованной площади (466755 га) торфяных почв под сенокосами и пастбищами приводятся такие данные по степени кислотности (%): I группа – 0,2, II – 1,6, III – 13,7, IV – 33,2, V – 27,8, VI – 15,9 и VII – 7,7 [7].

Таблица 2. – Оптимальные интервалы кислотности для возделывания сельскохозяйственных культур (pH)

ПОЧВЫ	В среднем	В том числе по типам севооборотов		
		со льном, картофелем, люпином, овсом, озимой рожью	зерно-травяно-пропашные с кукурузой, корнеплодами	зерно-свекловичные, прифермские (клевер, люцерна), овощекормовые
Дерново-подзолистые:				
песчаные	5,3–5,8	5,3–5,5	5,5–5,8	5,5–5,8
супесчаные	5,5–6,2	5,5–5,8	5,6–6,0	5,8–6,2
суглинистые	5,5–6,7	5,5–6,0	6,1–6,5	6,5–6,7
Торфяно-болотные	5,0–5,3	–	–	–
Минеральные почвы сенокосов и пастбищ	5,8–6,2	–	–	–

Таблица 3. – Необходимые дозы извести для торфяных почв [25]

рН _{KCl}	Гидролитическая кислотность мг-экв на 100 г почвы	Степень насыщенности основаниями, %	Доза СаСО ₃ при массе пахотного слоя 20 см	
			до 500 т/га	более 500 т/га
Менее 3,9	Свыше 100	Менее 25	10–12	12–16
3,91–4,3	100–60	25–50	4–6	6–8
4,31–4,7	60–40	50–65	2,5–4,0	3,5–5
4,71–5,0	40–30	65–75	1–2	2–3
Более 5,0	Менее 30	Более 75	не нуждается	–

Таблица 4. – Влияние различных почвенных вытяжек на величину рН

ВИД ПОЧВЕННОЙ ВЫТЯЖКИ	ПОЧВА	
	Торфяная	Дерново-подзолистая
Дистиллированная вода	6,90	6,66
0,1 М КСl	6,44	6,22
1 М КСl	6,22	5,94
0,1 М СаСl ₂	6,11	5,92
0,01 М СаСl ₂	6,44	6,25
0,01 М ВаСl ₂	6,45	6,21
0,1 М ВаСl ₂	6,03	5,78
1 М ВаСl ₂	5,57	5,37

Таблица 5. – Распределение пахотных торфяных почв по группам кислотности

ОБЛАСТЬ	Площадь, га	По группам кислотности, %							Средне-взвеш. рН
		I	II	III	IV	V	VI	VII	
		<4,00	4,01–4,50	4,51–5,00	5,01–5,50	5,51–6,00	6,01–6,50	>6,50	
Брестская	67 879	0,1	2,3	26,4	43,6	19,3	6,1	2,2	5,29
Витебская	8 037	0,4	1,2	8,1	25,9	26,8	16,4	21,2	5,89
Гомельская	61 418	0,2	1,9	17,1	44,1	24,5	11,7	0,5	5,40
Гродненская	2 839		0,3	11,0	27,9	24,1	16,4	20,3	5,88
Минская	89 928	0,2	1,8	18,5	37,0	27,2	12,2	3,1	5,48
Могилевская	3 022		1,6	14,7	37,6	25,1	14,4	6,6	5,56
Беларусь	233 123	0,2	2,0	20,0	40,3	24,1	10,5	3,0	5,43

По нашим данным [17], оптимальный уровень рН в КСl для торфяных почв – 5,0, который достигается при исходной величине рН 4,6–4,7 внесением доломитовой муки по 1/4 гидролитической кислотности, или 4 т/га. Дальнейшее повышение ее доз не только не увеличивает урожай, но и активизирует процессы минерализации органического вещества. Ежегодная убыль его из слоя почвы 5–15 см составила на контроле (РК) 1,1 %, а на фоне 8 и 16 т/га СаСО₃ соответственно 1,4 и 1,5 % при НСР₀₅ – 0,33 %. Известкование по 1/8–1/4 гидролитической кислотности практически не влияло на разложение торфа. Изменился

и фракционный состав органического вещества. В варианте с высокой дозой доломитовой муки несколько уменьшилось содержание легкогидролизуемых веществ и негидролизуемого остатка. Одновременно увеличилось количество первой фракции гуминовых кислот. Меньшие дозы извести слабо воздействовали на этот процесс.

Изучено влияние способов и сроков внесения известковых удобрений на реакцию среды. Заделка доломитовой муки дисковыми боронами имеет преимущество перед поверхностным ее внесением. В последнем случае она концентрируется в слое почвы

0–5 см, кислотность которого изменяется. При этом весеннее, осеннее и зимнее известкование оказало равное действие на величину pH. Неравномерно распределялась известь в пахотном слое и при заделке ее только плужной обработкой, поскольку она частично попадала на дно борозды.

Величина pH слоя почвы 0–30 см после известкования не остается постоянной. Происходит постепенное его подкисление, обусловленное выносом оснований, особенно на фоне высоких доз доломитовой муки. При этом ежегодное вымывание CaO + MgO достигало 80–250 кг/га.

В условиях Латвии за 20-летний период действия дренажа через дрены, заложенные на глубине 1,2 м и на расстоянии 16 м, отведено влаги 2000 мм. За это время из окультуренной торфяной почвы дренажным стоком выщелочено более 2300 кг кальция, 900 кг магния, 60 кг калия и много других веществ. Наиболее выражен этот процесс на дерново-карбонатном суглинке (таблица 6).

Велись наблюдения за потерями элементов питания растений на дренированных почвах и в нашем институте. Показано, что заметное увеличение ионного стока под влиянием мелиорации произошло в отношении калия, сульфатов и нитратов. Отмечено также, что с увеличением степени мелиорированности водосбора от 35 до 55% годовой вынос минеральных соединений увеличился более чем на треть. Что касается выноса кальция с дренажным стоком, то он достигал 112–154 кг/га [30].

На основании проведенных в Беларуси исследований в лизиметрах установлено, что наибольшие потери элементов питания растений имели место на дерново-подзолистых песчаных почвах и особенно на торфяно-болотных, используемых для возделывания пропашных культур. При этом их потери возрастали в годы с повышенным количеством атмосферных осадков. Средние же цифры ежегодных потерь, например, на торфяных почвах (в сево-

обороте) составляли за период (1981–2000 гг.) 131,6 кг/га CaO и 20,4 MgO, под травами – 46,3 и 8,3 кг соответственно [31].

В Литве на осушенной дерново-глееватой выщелоченной суглинистой почве также доказано влияние обеспеченности осадками на вынос питательных веществ дренажным стоком на окультуренных пастбищах при повышенных дозах минеральных удобрений. Так, в годы обеспеченности 10 и 90 % потери кальция составляли соответственно 263 и 55 кг/га, а магния – 106 и 25 кг/га. Усилилось и вымывание нитратов с 14,3 до 61,1 кг/га [32].

Приведенные выше данные свидетельствуют о повышенном выносе кальция и магния из мелиорированных почв. Это необходимо иметь в виду при использовании таких земель и их известковании [33–34].

Кроме того, расходуются основания и на нейтрализацию физиологической кислотности минеральных удобрений. Для этих целей на 1 т туков затрачивается CaO, т: для аммиачной селитры – 0,42, мочевины – 0,67, аммиачной воды – 0,28, хлористого калия – 0,11 [5]. Выносятся кальций и магний из почвы также урожаем, особенно многолетними бобовыми травами (до 150–200 кг/га).

Заслуживают внимания исследования на сработанной торфяной почве с колебанием содержания органического вещества от 4,9 до 38,8 % и pH около 5, где выявлено положительное влияние различных видов известковых удобрений при внесении по 4 т/га в расчете на CaCO₃. Более высокая доза (6 т/га) оказалась неэффективной [35]. Причем по экономическим показателям более выгодным было здесь применение дефеката по сравнению с использованием доломитовой муки. Указанная закономерность отмечалась и другими исследователями [36].

Данные о продуктивности севооборотов при известковании минеральных почв приведены в таблице 7.

Таблица 6. – Средние потери кальция и магния из почвы на осушенных пахотных землях, кг/га на 1 мм дренажного стока в год [29]

ПОЧВА	Ca	Mg
Дерново-карбонатный суглинок	0,95–1,71	0,24–0,65
Дерново-подзолистый легкий суглинок на морене	0,86–1,32	0,24–0,41
Дерново-подзолистая песчаная на суглинке	0,65–0,89	0,17–0,22
Низинный хорошо окультуренный торфяник	1,20–1,40	до 0,43

Таблица 7. – Эффективность внесения извести в типичных пятилетних звеньях севооборотов (суммарная расчетная прибавка, ц/га к.ед.) [23]

ЗВЕНО СЕВООБОРОТА	Гранулометрический состав почвы	Исходная pH		
		4,5 и ниже	4,6–5,0	5,1–5,5
Картофель – ячмень – озимая рожь – многолетние травы (2 года)	Суглинистые	32,9	20,8	12,9
	Супесчаные	28,8	18,5	10,9
Кормовые корнеплоды – ячмень – клевер – кукуруза – озимая пшеница	Суглинистые	57,9	30,8	15,6
	Супесчаные	51,7	26,4	12,6
Сахарная свекла – ячмень – озимая рожь – клевер – озимая пшеница	Суглинистые	50,7	34,9	21,1
	Супесчаные	44,8	30,6	17,3
Картофель – яровая пшеница – овес – озимая рожь – однолетние травы	Суглинистые	20,9	14,8	8,0
	Супесчаные	19,2	13,2	7,3

Нейтрализация избыточной кислотности почв предполагает равномерное внесение известковых удобрений по площади поля, что подтверждается данными Ю.П. Сиротина, К.Н. Березиной [37]. Результаты их исследований свидетельствуют, что известкованная по 0,5 гидролитической кислотности почва, по данным среднего образца, имела pH 5,3, в то время как фактически в пределах пахотного слоя этой серии опыта были очаги почвы с pH ниже 4, и очаги с pH более 5,5. Даже на почве, известкованной полной нормой по гидролитической кислотности (г.к.), при pH среднего образца, равной 5,8, почти 1/3 исходных проб (28 %) имела кислотность ниже 5,5. Таким образом, исследования, проводившиеся в стационарном полевом опыте, указывают на значительную неоднородность (гетерогенность) известкованной почвы по кислотности, что наблюдали и другие авторы [1]. В этой связи некоторые зарубежные ученые предлагают вносить полдозы извести вдоль участка, а вторую половину – поперек поля [38]. Однако высокое качество известкования можно обеспечить при использовании более совершенных машин, созданных РУП "НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства", которые распределяют известковые удобрения с неравномерностью не более 10–15 %.

Уровень рентабельности при известковании почв I группы составляет 62,3 %, второй – 37,6, третьей – 9,2 %, при окупаемости затрат в течение, соответственно, 3,1, 3,6 и 4,5 лет. Энергоотдача для почв первой группы кислотности достигает – 1,32, второй – 1,06, третьей – 0,79. Важным способом уменьшения реальных энергетических затрат может стать применение менее энергоемких (по сравне-

нию с доломитовой мукой) видов известковых мелиорантов, например, сыромолотого доломита, известковой муки (отходы крупных строительных комбинатов), местного мела и дефеката. Энергозатраты на производство сыромолотого доломита на 50–55 % ниже, чем доломитовой муки. Он имеет следующие экологические преимущества: снижение потери Ca и Mg от вымывания, уменьшение запыленность воздуха, возможность внесения любыми центробежными разбрасывателями. Даже с учетом пониженной нейтрализующей способности и повышенной влажности общие энергозатраты на весь комплекс работ по использованию сыромолотого доломита на 30 % ниже, чем доломитовой муки. Поскольку около половины затрат на известкование почв доломитовой мукой падает на ее стоимость и перевозку по железной дороге, то применение местных известковых удобрений существенно снижает их [39].

Заключение

Как известно, научной основой теории и практики известкования кислых почв явилось учение академика К.К. Гедройца о почвенном поглощающем комплексе. Однако некоторые частные вопросы все же пока остаются. Поэтому данная проблема не потеряла своей актуальности и в настоящее время.

На основании литературных источников и наших результатов исследований можно считать доказанным, что известкование торфяных почв имеет свою специфику. Оптимальный уровень pH здесь примерно на одну единицу меньше, чем на кислых дерново-подзолистых почвах. Это во многом обусловлено различной природой кислотности почв. Если в минеральных почвах она определяется водородом и

еще более вредным для растений – алюминием, то в торфяниках – исключительно катионами водорода.

Отмечено также, что с увеличением степени мелиорированности водосбора от 35 до 55 % годовой вынос минеральных соединений увеличивается более чем на треть.

Приведены и некоторые причины обострения проблемы известкования в современных условиях, среди них фигурируют такие факторы, как радио-

нуклидное загрязнение территории; расширение посевных площадей сельскохозяйственных культур, требующих нейтральной или близкой к ней реакции среды; наличие осушенных земель, где из-за дренажного стока возрастают потери кальция и магния, что необходимо компенсировать известковыми удобрениями; снижение доз внесения фосфорных удобрений, которые смягчают отрицательное влияние подвижного алюминия на растения и т.д.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шильников, И.А. Известкование почв / И.А. Шильников, Л.А. Лебедева. – М.: Агропромиздат, 1987. – 171 с.
2. Карягина, Л.А. Микробиологические основы повышения плодородия почв / Л.А. Карягина. – Минск : Наука и техника, 1983. – 181 с.
3. Влияние известкования на комплекс почвенных микроорганизмов и гумусовое состояние дерново-подзолистой почвы в многолетнем опыте / Л.Г. Бакина [и др.] // Почвоведение. – 2014. – № 2. – С. 225-234.
4. Кедров-Зихман, О.К. Известкование почв и применение микроэлементов / О.К. Кедров-Зихман. – М. : Сельхозиздат, 1957. – 431 с.
5. Кулаковская, Т.Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев / Т.Н. Кулаковская. – Минск : Ураджай, 1978. – 272 с.
6. Литвинович, А.В. Продолжительность действия известковых мелиорантов в почвах и эффективность известкования / А.В. Литвинович, З.П. Небольсина // Агрохимия. – 2012. – № 10. – С. 79-94.
7. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2013–2016 гг.) / И.М. Богдевич [и др.]; под общ. ред. И.М. Богдевича; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – 275 с.
8. Сапожников, Н.А. Научные основы системы удобрения в нечерноземной полосе. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Н.А. Сапожников, М.Ф. Корнилов. – Л. : Колос, 1977. – 255 с.
9. Палавеев, Т. Кислотность почв и методы её устранения / Т. Палавеев, Т. Тотев; пер. с болг.; Под ред. и с предисл. А.В. Петербургского. – М. : Колос, 1983. – 165 с.
10. Чернов, В.А. О природе почвенной кислотности / В.А. Чернов; под ред. И.Н. Антипова-Каратаева. – М. : Изд-во Академии наук СССР, 1947. – 186 с.
11. Минеральные удобрения. Пер. с нем. Н.С. Корогодова и Г.П. Шульцева. – М.: Колос, 1975. – 399 с.
12. Авдонин, Н.С. Повышение плодородия кислых почв / Н.С. Авдонин. – М.: Колос, 1969. – 304 с.
13. Амосова, Н.В. Механизмы алюминотолерантности у культурных растений / Н.В. Амосова, О.Н. Николаева, Б.И. Синзыныс // Сельскохозяйственная биология. Биология растений. – 2007.– № 1. – С. 36-42.
14. Известкование почв / Е.В. Козловский [и др.]. – Л. : Колос. Ленингр. отд-ние, 1983. – 286 с.
15. Кирпичников, Н.А. Действие и последствие фосфорных удобрений на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве при различной степени известкования / Н.А. Кирпичников, С.Н. Адрианов // Агрохимия. – 2007. - № 10. – С. 14-23.
16. Известкование кислых почв. Под ред. Н.С. Авдонина, А.В. Петербургского, С.Г. Шедерева. – М.: Колос, 1976. – 304 с.
17. Желязко, В.И. Использование бесподстильного навоза на мелиорируемых агроландшафтах. Теория и практика: монография / В.И. Желязко, П.Ф. Тиво. – Минск : ИООО "Право и экономика", 2006. – 296 с.
18. Применение удобрений в интенсивном земледелии: справ. пособие / М.П. Шкель, [и др.]; под ред. М.П. Шкеля. – Минск : Ураджай, 1989. – 216 с.
19. Шемпель, В.И. Основные вопросы системы удобрения дерново-подзолистых почв с повышенной кислотностью / В.И. Шемпель, К.Т. Старовойтов. – Минск, 1957. – 38 с.

20. Шемпель, В.И. Эффективность известкования дерново-подзолистых почв в Белорусской ССР / В.И. Шемпель, В.С. Рубанов, Н.П. Кукреш // Вопросы известкования кислых почв: Материалы координационной конференции, посвященной 50-летию начала научной деятельности академика О.К. Кедрова-Зихмана. – Горки: БСХА, 1973. – С. 184-192.
21. Чеботарев, Н.Т. Влияние извести и минеральных удобрений на содержание, фракционный состав и баланс гумуса дерново-подзолистой почвы Евро-Северо-Востока / Н.Т. Чеботарев, А.А. Юдин, Н.В. Булатова // Пермский аграрный вестник. – 2016. – № 4. – С. 87-91.
22. Вильдфлуш, Р.Т. Краткий справочник по известкованию кислых почв / Р.Т. Вильдфлуш, А.И. Горбылева. Изд. 2-е перераб. и доп. – Минск : Ураджай, 1971. – 208.
23. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапа. – Минск: Беларус. навука, 2007. – 390 с.
24. Инструкция о порядке известкования кислых почв сельскохозяйственных земель / В.В. Лапа [и др.]; РУП "Институт почвоведения и агрохимии". – Минск, 2008. – 30 с.
25. Мееровский, А.С. Известкование торфяно-болотных почв / А.С. Мееровский, З.А. Хапкина // НТИ Мелиорация и водное хозяйство. – 1975. – № 5. – С. 9-11.
26. Бергман, В. Анализ почв и применение удобрений / В. Бергман, А. Гютер, В. Витгер; пер. с нем. А.Н. Кулюкина; под ред. и предисл. А.В. Петербургского. – М. : Колос, 1969. – 104 с.
27. Державин, Л.М. Практика применения удобрений в ФРГ (по материалам зарубежной командировки) / Л.М. Державин // Сельское хозяйство за рубежом. – 1978. – № 10. – С. 2-7.
28. Известкование при минимальной обработке почв (Германия, Австрия) // Информационные сообщения / Белорусский центр информации и маркетинга Агропромышленного комплекса. Серия 1. Вып. 5. Земледелие и растениеводство. – Минск, 1998. – С. 25-27.
29. Штиканс, Ю.А. Повышение эффективности известкования кислых почв / Ю.А. Штиканс. – Л. : Колос. Ленингр. отд-ние, 1977. – 128 с.
30. Скоропанов, С.Г. Расширенное воспроизводство плодородия торфяных почв / С.Г. Скоропанов, В.С. Брезгунов, Н.В. Окулик. – Минск: "Наука и техника", 1987. – 247 с.
31. Миграция питательных веществ в почвах Республики Беларусь / Г.В. Пироговская [и др.] // Агрохимический вестник. – 2002. – № 4. – С. 23-25.
32. Барзарявичене, Я.Б. Выщелачивание NPK и некоторых других веществ на культурных пастбищах при повышенных дозах минеральных удобрений / Я. Барзарявичене, П. Балзарявичюс // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1983. – № 4. – С. 79-85.
33. Научные основы и технология использования удобрений и извести: методические рекомендации / А.Н. Небольсин [и др.]; под ред. В.А. Семенова. – СПб, 1997. – 52 с.
34. Небольсин, А.Н. Теоретические основы известкования почв / А.Н. Небольсин, З.П. Небольсина. – СПб, ЛНИИСХ, 2005. – 252 с.
35. Пироговская, Галина. Экономическая эффективность применения известковых мелиорантов на деградированных торфяных почвах / Галина Пироговская, Виктор Сорока // Аграрная экономика. – 2017. – № 7. – С. 38-46.
36. Клебанович, Н.В. Известкование почв Беларуси / Н.В. Клебанович, Г.В. Василюк. – Минск : изд. БГУ, 2003. – 322 с.
37. Сиротин, Ю.П. Исследования степени однородности известкованной дерново-подзолистой почвы по кислотности / Ю.П. Сиротин, К.Н. Березина // Вопросы известкования кислых почв: Материалы координационной конференции, посвященной 50-летию начала научной деятельности академика О.К. Кедрова-Зихмана. – Горки : БСХА, 1973. – С. 53-55.
38. Кук, Д.У. Системы удобрения для получения максимальных урожаев / Д.У. Кук; пер. с англ. Н.В. Гаделия. Под ред. и с предисл. Э.И. Шконде. – М. : Колос, 1975. – 416 с.
39. Василюк, Г.В. Эффективность известкования кислых почв / Г.В. Василюк, Н.В. Клебанович // Земляробства і ахова раслін. – 2003. – № 3. – С. 21-24.

Поступила 28.05.2018

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД МНОГОЛЕТНИЕ БОБОВО-ЗЛАКОВЫЕ ТРАВЫ НА АНТРОПОГЕННО- ПРЕОБРАЗОВАННОЙ ТОРФЯНОЙ ПОЧВЕ

Н.Н. Цыбулько, доктор сельскохозяйственных наук

РУП «Институт почвоведения и агрохимии»,

г. Минск, Беларусь

И.И. Жукова, кандидат сельскохозяйственных наук

Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка

г. Минск, Беларусь

А.В. Шашко, младший научный сотрудник

РНИУП «Институт радиологии»,

г. Гомель, Беларусь

С.С. Романенко, кандидат сельскохозяйственных наук

РУП «Институт почвоведения и агрохимии»,

г. Минск, Беларусь

Аннотация

На антропогенно-преобразованной торфяной почве применение фосфорных и калийных удобрений в дозах $P_{90}K_{120}$ под многолетние бобово-злаковые травы обеспечивает рентабельность производства молока на уровне 95 %, а при повышении дозы калия до 180 кг/га – до 108 %. Внесение K_{240} приводит к снижению рентабельности до 107 %, несмотря на увеличение прибыли по отношению к варианту $P_{90}K_{180}$. Экономически наиболее эффективным под многолетние бобово-злаковые травы при использовании их для производства молока является дробное внесение N_{60} (по 30 кг/га азота удобрений под первый и второй укосы) на фоне $P_{90}K_{180}$. Прибыль составляет 1172,84 руб./га (591,1 долл. США/га), и рентабельность производства – 119 %.

Ключевые слова: азотные удобрения, антропогенно-преобразованная торфяная почва, калийные удобрения, дозы, многолетние травы, эффективность, рентабельность

Abstract

N.N. Tsybulko, I.I. Zhukova, A.V. Shashko, S.S. Romanenko

PROFITABILITY OF MINERAL FERTILIZERS FOR PERENNIAL LEGUME-CEREAL GRASSES ON ANTHROPOGENIC-TRANSFORMED PEAT SOIL

Phosphoric and potash fertilizers added to anthropogenic-transformed peat soils in $P_{90}K_{120}$ doses for perennial legume-cereal grasses provide profitability of milk industry of 95 %, if the dose is increased up to 180 kg per ha, the profitability of 108 % will be obtained. Dose of K_{240} reduces profitability to 107 %, despite the increase in benefit in relation to $P_{90}K_{180}$ variant. Fractional application of N_{60} (30 kg per ha nitrogen fertilizer under the first and second cuttings) on $P_{90}K_{180}$ base is recognized as more profitable method for perennial legume-cereal grasses which are used in milk industry. Benefit is 1172.84 rub. per ha (591.1 U.S. dollar per ha), profitability of production is 119 %.

Keywords: nitrogen fertilizers, anthropogenic-transformed peat soil, potash fertilizers, doses, perennial grasses, efficiency, profitability

Введение

На территории Белорусского Полесья в составе сельскохозяйственных земель около 0,7 млн. га занимают осушенные торфяно-болотные почвы [1]. Вследствие длительного интенсивного сельскохозяйственного использования возникла проблема трансформации агроландшафтов с органогенными торфяно-болотными почвами. В структуре почвенного покрова мелиорированных земель появились новые разновидности торфяных почв с уменьшающимся содержанием органического вещества. В результате эти земли стали представлять собой сложные почвенные комбинации, различающиеся водно-воздушным режимом, содержанием органического вещества и другими свой-

ствами [2, 3]. На месте торфяно-болотных почв образовались антропогенно-преобразованные торфяные почвы, включающие деградированные торфяно-минеральные, минеральные остаточно-торфяные и минеральные постторфяные почвы, которые согласно классификации отнесены к деградированным разной степени минерализации [4, 5].

В настоящее время площади антропогенно-преобразованных торфяных почв составляют около 200 тыс. га, и в перспективе могут достигнуть 350 тыс. га и более [6, 7]. По уровню содержания органического вещества, водно-физическим и агрохимическим свойствам эти почвы значительно отличаются как от торфяных, так и от минеральных почв [8, 9].

За последние годы проведен целый ряд исследований, в которых изучались диагностические признаки, свойства и плодородие антропогенно-преобразованных торфяных почв, режимы минерального питания сельскохозяйственных культур на этих почвах [10–13].

Цель настоящей работы – изучить эффективность разных доз азотных и калийных удобрений при возделывании многолетних бобово-злаковых трав на антропогенно-преобразованной торфяной почве.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2012–2014 годах в стационарном полевом опыте на территории земледользования Государственного предприятия «Новое Полесье» Лунинецкого района Брестской области. Объектом исследования являлась антропогенно-преобразованная торфяная почва. Агрохимические показатели пахотного (0–25 см) слоя почвы следующие (средние значения): органическое вещество – 53,1 %, общий азот – 1,54 %, минеральный азот – 36,2 мг/кг почвы (35,3 кг/га), рН в КСl – 5,44, подвижные формы (в 0,2 М НСl) P₂O₅ – 737 и K₂O – 665 мг/кг почвы.

Возделывали бобово-злаковую травосмесь, включающую тимофеевку луговую (6 кг/га), овсяницу луговую (6 кг/га), кострец безостый (6 кг/га) и люцерну рогатый (5 кг/кг). Посев трав беспокровный. Размещение делянок в опыте рендомизированное. Повторность вариантов в опыте четырехкратная. Общая площадь делянки составляла 20 м², учетная площадь – 12 м². Схема опыта приведена в таблице 1.

Агрохимические показатели почв определяли по методикам: органическое вещество – по Тюрину в

модификации ЦИНАО по ГОСТ 26212–91 [14]; рН_{КСl} – потенциометрическим методом по ГОСТ 26483–85 [15]; подвижные формы фосфора и калия – по ГОСТ 26207–91 [16]; общий азот – по ГОСТ 26107-84 [17]; N-NH₄ – по ГОСТ 26489-85 [18]; N-NO₃ – по ГОСТ 26488-85 [19].

Полученные данные обрабатывали методами дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализа [20] с использованием компьютерного программного обеспечения (*Excel 7.0, Statistic 7.0*).

Результаты и их обсуждение

Продуктивность многолетних бобово-злаковых трав по годам исследований зависела от метеорологических условий вегетационных периодов, укосов и уровней применения удобрений. В 2012 году урожайность сена многолетних трав за два укоса составила в контрольном варианте 89,1 ц/га, в том числе первый укос 56,1 ц/га, второй укос – 33,0 ц/га (таблица 2).

Внесение под первый укос P₉₀K₁₂₀ повысило общую продуктивность трав на 24,4 ц/га сена, однако прибавка была незначительной (НСР₀₅ = 27,00). Более высокие дозы калийных удобрений (варианты 3 и 4) обеспечили достоверное увеличение урожайности по отношению к контрольному варианту. Прибавка сена в варианте с P₉₀K₁₈₀ составила 34,0 ц/га, в варианте с P₉₀K₂₄₀ – 38,5 ц/га. Различия между вариантами с разными дозами калия были незначительными. Азотные подкормки трав в дозах 30-90 кг/га обеспечили по отношению к фоновому варианту (P₉₀K₁₈₀) увеличение урожайности, однако достоверная прибавка сена (27,5 ц/га) получена только в варианте 7 с дробным применением N₉₀ (N₆₀ под первый укос и N₃₀ под второй укос).

Таблица 1. – Схема применения удобрений в опыте

ВАРИАНТЫ ОПЫТА	Дозы удобрений под 1-й укос, кг/га д.в.			Дозы удобрений под 2-й укос, кг/га д.в.		
	N	P	K	N	P	K
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

Таблица 2. – Влияние минеральных удобрений на продуктивность многолетних бобово-злаковых трав

ВАРИАНТЫ ОПЫТА	Урожайность сена, ц/га			Прибавка сена, ц/га	
	1-й укос	2-й укос	Общая урожайность	к контролю	к P ₉₀ K ₁₈₀
2012 год					
1. Контроль	56,1	33,0	89,1	-	-
2. P ₉₀ K ₁₂₀	72,9	40,6	113,5	24,4	-
3. P ₉₀ K ₁₈₀	78,1	45,0	123,1	34,0	-
4. P ₉₀ K ₂₄₀	81,0	46,6	127,6	38,5	-
5. N ₃₀ P ₉₀ K ₁₈₀	82,9	56,1	139,0	49,9	15,9
6. N ₆₀ P ₉₀ K ₁₈₀	83,5	60,4	143,9	54,8	20,8
7. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₈₀	88,3	62,3	150,6	61,5	27,5
<i>HCP_{0,5}</i>	<i>15,90</i>	<i>11,10</i>	<i>27,00</i>	-	-
2013 год					
1. Контроль	33,0	27,1	60,1	-	-
2. P ₉₀ K ₁₂₀	49,7	32,8	82,5	22,4	-
3. P ₉₀ K ₁₈₀	64,0	44,2	108,2	48,1	-
4. P ₉₀ K ₂₄₀	64,0	45,3	109,3	49,2	-
5. N ₃₀ P ₉₀ K ₁₈₀	78,5	51,5	130,0	69,9	21,8
6. N ₆₀ P ₉₀ K ₁₈₀	92,0	58,6	150,6	90,5	42,4
7. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₈₀	88,7	58,8	147,5	87,4	39,3
<i>HCP_{0,5}</i>	<i>13,61</i>	<i>6,52</i>	<i>20,13</i>	-	-
2014 год					
1. Контроль	39,0	22,4	61,4	-	-
2. P ₉₀ K ₁₂₀	42,1	32,5	74,6	13,2	-
3. P ₉₀ K ₁₈₀	60,5	33,8	94,3	32,9	-
4. P ₉₀ K ₂₄₀	59,9	37,0	96,9	35,5	-
5. N ₃₀ P ₉₀ K ₁₈₀	70,2	45,7	115,9	54,5	21,6
6. N ₆₀ P ₉₀ K ₁₈₀	76,8	51,6	128,4	67,0	34,1
7. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₈₀	81,0	57,1	138,1	76,7	43,8
<i>HCP_{0,5}</i>	<i>12,69</i>	<i>6,73</i>	<i>19,42</i>	-	-

В 2013 году общая (первый и второй укосы) продуктивность трав на контроле составила 60,1 ц/га, в том числе первый укос 33,0 ц/га, второй укос – 27,1 ц/га. Фосфорные и калийные удобрения в дозах P₉₀K₁₂₀ обеспечили существенную прибавку сена – 22,4 ц/га (HCP₀₅ = 20,13). Дополнительная калийная подкормка трав под второй укос дозой 60 кг/га (K₁₂₀ под первый укос и K₆₀ под второй укос) достоверно повысила урожайность по отношению как контрольному варианту (прибавка 48,1 ц/га), так и к варианту 2 с P₉₀K₁₂₀ (прибавка 25,7 ц/га). Внесение K₂₄₀ (K₁₈₀ под первый укос и K₆₀ под второй укос) не способствовало дальнейшему повышению продуктивности.

Азотные подкормки трав дозами N₃₀ под первый укос (вариант 5) и N₃₀ под первый укос + N₃₀ под второй укос (вариант 6) обеспечили прибавки сена к

фоновому варианту (P₉₀K₁₈₀) соответственно 21,8 и 42,4 ц/га. Более высокая доза азотных удобрений (N₆₀ под первый укос и N₃₀ под второй укос) не дала достоверной прибавки урожайности по отношению к варианту с N₆₀P₉₀K₁₈₀.

В 2014 году действие минеральных удобрений также отличалось своей спецификой. При урожайности сена за два укоса в контрольном варианте 61,4 ц/га, внесение фосфорных и калийных удобрений в дозах P₉₀K₁₂₀ и P₉₀K₁₈₀ обеспечили прибавки соответственно 13,2 и 32,9 ц/га (HCP₀₅ = 19,42), то есть варианты с разными дозами калия также имели между собой существенные различия. В то же время применение K₂₄₀ (K₁₈₀ под первый укос + K₆₀ под второй укос), как и в предыдущем 2013 году, не способствовало дальнейшему достоверному повышению урожайности трав.

За счет азотных удобрений формировалось дополнительно от 21,6 (вариант 5) до 43,8 (вариант 7) ц/га сена по отношению фосфорно-калийному фону.

В среднем за 3 года исследований продуктивность многолетних трав составила на контрольном варианте 70,2 ц/га сена или 35,8 ц/га кормовых единиц. В результате применения фосфорных и калийных удобрений продуктивность возросла до 46,0–56,7 ц/га кормовых единиц. При внесении $P_{90}K_{120}$ в среднем за 3 года получена прибавка 10,2 ц/га кормовых единиц, однако она была незначительной ($HCP_{0,5} = 11,31$). При увеличении дозы калия до 180 кг/га (вариант 3) прибавка урожайности возросла до 19,6 ц/га. Повышение дозы удобрения до 240 кг/га (вариант 4) не способствовало дальнейшему достоверному росту урожайности (таблица 3).

Внесение азотных удобрений в дозе N_{30} на фоне $P_{90}K_{180}$ обеспечило дополнительно 10,0 ц/га кормовых единиц, а при увеличении доз до 60 и 90 кг/га прибавки возросли соответственно до 16,5 и 18,8 ц/га.

В среднем за 3 года исследований наиболее высокая урожайность многолетних бобово-злаковых трав, составившая 145,5 ц/га сена или 74,2 ц/га кормовых единиц, сформирована в варианте 7 с применением $N_{90}P_{90}K_{180}$.

В среднем по Беларуси норматив окупаемости минеральных удобрений прибавкой урожая многолетних бобово-злаковых трав на пашне составляет 16,6 кг сена на 1 кг NPK [21]. По результатам полевого опыта на антропогенно-преобразованной торфяной почве проведена оценка эффективности разных доз внесения минеральных удобрений под многолетние бобово-злаковые травы. Окупаемость 1 кг фос-

форных и калийных удобрений, внесенных за два укоса трав в дозах $P_{90}K_{120}$, составила 9,5 сена или 4,9 кормовых единицы. При увеличении дозы калийных удобрений до 180 кг/га (вариант 3) эти показатели возросли соответственно до 14,2 кг сена и 7,3 кормовых единиц. Повышение дозы калия до 240 кг/га снижало окупаемость фосфорных и калийных удобрений (таблица 4).

Эффективность азотных удобрений также зависела от доз их применения. Наиболее высокая окупаемость 1 кг внесенного азота получена в варианте с N_{30} – 65,3 кг сена или 33,3 кормовых единицы. При увеличении доз азотных удобрений до N_{60} и N_{90} на 1 кг азота получено соответственно 54,0 и 41,0 кг сена или 27,5 и 20,9 кормовых единицы. Окупаемость полного (NPK) минерального удобрения по вариантам опыта изменялась в пределах 19,3–21,5 кг сена или 9,9–10,9 кормовых единицы. Наиболее эффективным оказался вариант с применением $N_{60}P_{90}K_{180}$.

Основным принципом оценки экономической эффективности удобрений является сопоставление показателей прироста урожая с дополнительными затратами на его получение. Исходя из этого, на основе данных стоимости прибавки урожая, действующих закупочных цен на продукцию, производственных затрат на возделывания многолетних бобово-злаковых трав проведены расчеты экономической эффективности применения минеральных удобрений под данные культуры [22].

При возделывании многолетних трав производственные затраты, включающие эксплуатационные затраты, стоимость семян, удобрений, затраты

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

ВАРИАНТЫ ОПЫТА	Средняя урожайность за 3 года, ц/га		Прибавка, ц/га к. ед.	
	сена	корм. ед.	к контролю	к $P_{90}K_{180}$
1. Контроль	70,2	35,8	-	-
2. $P_{90}K_{120}$	90,2	46,0	10,2	-
3. $P_{90}K_{180}$	108,6	55,4	19,6	-
4. $P_{90}K_{240}$	111,2	56,7	20,9	-
5. $N_{30}P_{90}K_{180}$	128,2	65,4	29,6	10,0
6. $N_{60}P_{90}K_{180}$	141,0	71,9	36,1	16,5
7. $N_{90}P_{90}K_{180}$	145,5	74,2	38,4	18,8
$HCP_{0,5}$	22,18	11,31	-	-

Таблица 4. – Окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожая многолетних бобово-злаковых трав в среднем за 3 года исследований

ВАРИАНТЫ ОПЫТА	Прибавка, ц/га		Окупаемость удобрений прибавкой, кг		
	к контролю	к РК	РК	N	НРК
Сено					
1. Контроль	-	-	-	-	-
2. P ₉₀ K ₁₂₀	20,0	-	9,5	-	-
3. P ₉₀ K ₁₈₀	38,4	-	14,2	-	-
4. P ₉₀ K ₂₄₀	41,0	-	12,4	-	-
5. N ₃₀ P ₉₀ K ₁₈₀	58,0	19,6	-	65,3	19,3
6. N ₆₀ P ₉₀ K ₁₈₀	70,8	32,4	-	54,0	21,5
7. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₈₀	75,3	36,9	-	41,0	20,9
Кормовые единицы					
1. Контроль	-	-	-	-	-
2. P ₉₀ K ₁₂₀	10,2	-	4,9	-	-
3. P ₉₀ K ₁₈₀	19,6	-	7,3	-	-
4. P ₉₀ K ₂₄₀	20,9	-	6,3	-	-
5. N ₃₀ P ₉₀ K ₁₈₀	29,6	10,0	-	33,3	9,9
6. N ₆₀ P ₉₀ K ₁₈₀	36,1	16,5	-	27,5	10,9
7. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₈₀	38,4	18,8	-	20,9	10,7

на уборку, транспортировку и доработку дополнительной продукции (сена 2-х укосов трав), колебались по вариантам опыта в зависимости от доз применения минеральных удобрений от 444,30 до 1051,78 рублей на 1 га (от 223,95 до 530,16 долл. США) (таблица 5).

Удельный вес эксплуатационных затрат в составе всех производственных затрат при возделывании трав на контрольном варианте составил 90 %, в вариантах с применением фосфорных и калийных удобрений – 60–63 и в вариантах с полным (НРК) минеральным удобрением – 54–57 %.

Таблица 5. – Производственные затраты на возделывание многолетних трав, в среднем за 3 года исследований

ВАРИАНТЫ ОПЫТА	Производственные затраты всего, рублей на 1га	В том числе, рублей на 1 га			
		эксплуатационные затраты	стоимость семян	затраты на удобрения	затраты на уборку и доработку дополнительной продукции
1. Контроль	444,30	398,30	46	-	-
2. P ₉₀ K ₁₂₀	706,90	442,30	46	174,6	44,00
3. P ₉₀ K ₁₈₀	798,22	482,56	46	185,4	84,26
4. P ₉₀ K ₂₄₀	821,34	488,72	46	196,2	90,42
5. N ₃₀ P ₉₀ K ₁₈₀	920,44	526,12	46	220,5	127,82
6. N ₆₀ P ₉₀ K ₁₈₀	986,82	554,06	46	231	155,76
7. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₈₀	1051,78	563,74	46	276,6	165,44

Курс долл. США – 1.9839 рублей.

Затраты на применение минеральных удобрений колебались в зависимости от их доз от 174,60 до 276,60 руб./га (от 88,0 до 139,4 долл. США/га). Удельный вес затрат на удобрения в производственных затратах составлял 23–26 %.

Экономическую эффективность возделывания многолетних бобовозлаковых трав при внесении разных доз минеральных удобрений рассчитывали через выход кормовых единиц на 1 га и производство молока. Норматив производства молока на 1 кормовую единицу принимался 0,98 литра. Удельный вес кормов в себестоимости молока составлял 50 %. Закупочная цена молока – 613,00 рублей за 1 тонну.

При выходе с 1 га от 3580,0 до 7420,0 кормовых единиц расчетное производство молока колебалось по вариантам опыта от 3508,4 до 7271,6 литров, а стоимость произведенного молока – от 2150,65 до 4457,49 рублей или от 1084,1 до 2246,8 долл. США (таблица 6).

На контрольном варианте (без удобрений) прибыль составила 631,02 рублей на 1 га (318,1 долл. США), а в вариантах с применением фосфорных и калийных удобрений в дозах P₉₀K₁₂₀, P₉₀K₁₈₀ и P₉₀K₂₄₀ она составила соответственно 674,80, 865,83 и 881,76 руб./га (340,1, 436,4 и 444,4 долл. США).

Применение на фоне P₉₀K₁₈₀ азотных удобрений в дозах от 30 до 90 кг/га способствовало существенному повышению эффективности производства многолетних бобово-злаковых трав. Так, в варианте N₃₀P₉₀K₁₈₀ прибыль составила 1043,98 руб./га (526,2

долл. США/га). При дробном применении под травы азотных удобрений в дозах N₆₀ (по 30 кг/га азота под каждый укос) и N₉₀ (60 кг кг/га под первый укос и 30 кг/га под второй укос) получен одинаковый экономический эффект. Прибыль составила соответственно 1172,84 и 1176,97 руб./га или 591,1 и 593,2 долл. США на 1 га.

На рисунке приведены данные рентабельности производства молока при использовании сена многолетних бобово-злаковых трав, полученного при внесении разных доз минеральных удобрений. В варианте с применением под травы фосфорных и калийных удобрений в дозах P₉₀K₁₂₀ рентабельность производства молока составила 95 %. При повышении дозы калия до 180 кг/га рентабельность возросла до 108 %, а при внесении K₂₄₀ она составила 107 %, хотя прибыль возросла по сравнению с вариантом P₉₀K₁₈₀.

В варианте с применением под многолетние травы азотных, фосфорных и калийных удобрений в дозах N₃₀P₉₀K₁₈₀ благодаря повышению их продуктивности рентабельность производства молока увеличилась до 113 %. Также наблюдался рост этого показателя при дробном внесении под два укоса 60 кг/га азота удобрений, который составил 119 %. Более высокая доза (N₉₀) привела к снижению рентабельности производства до 112 %.

Таким образом, экономически наиболее эффективным под многолетние бобово-злаковые травы при использовании их для производства молока яв-

Таблица 6. – Экономическая эффективность возделывания многолетних бобово-злаковых трав при использовании их для производства молока

ВАРИАНТ	Выход кормовых единиц с 1 га	Расчетное производство молока, литров	Стоимость произведенного молока, рублей	Выручка, приходящаяся на корма в стоимости молока, рублей	Производственные затраты, рублей	Прибыль, рублей
1. Контроль	3580,0	3508,4	2150,65	1075,32	444,30	631,02
2. P₉₀K₁₂₀	4600,0	4508,0	2763,40	1381,70	706,90	674,80
3. P₉₀K₁₈₀	5540,0	5429,2	3328,10	1664,05	798,22	865,83
4. P₉₀K₂₄₀	5670,0	5556,6	3406,20	1703,10	821,34	881,76
5. N₃₀P₉₀K₁₈₀	6540,0	6409,2	3928,84	1964,42	920,44	1043,98
6. N₆₀P₉₀K₁₈₀	7190,0	7046,2	4319,32	2159,66	986,82	1172,84
7. N₉₀P₉₀K₁₈₀	7420,0	7271,6	4457,49	2228,75	1051,78	1176,97

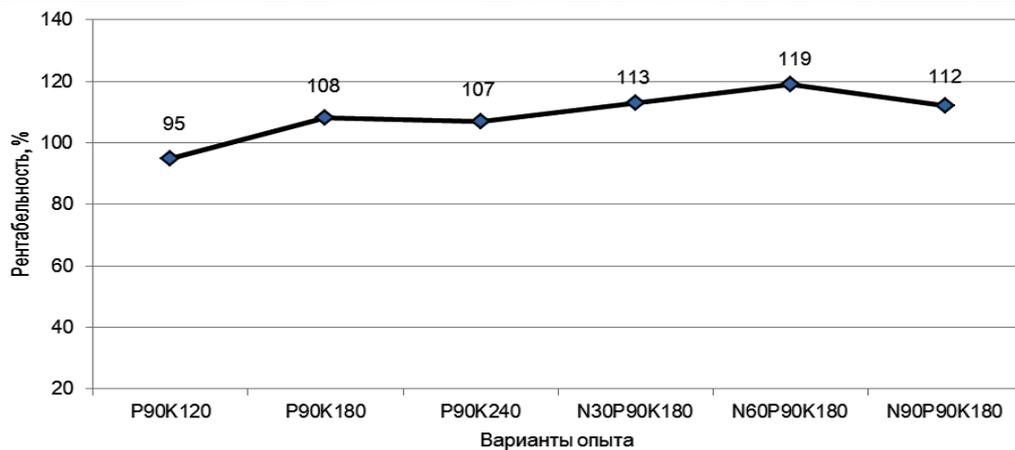


Рисунок 1. – Рентабельность производства молока при использовании сена многолетних бобово-злаковых трав, полученного при внесении разных доз минеральных удобрений

ляется дробное внесение N_{60} (по 30 кг/га азота удобрений под первый и второй укосы) на фоне $P_{90}K_{180}$, обеспечивающее прибыль 1172,84 руб./га (591,1 долл. США/га) и рентабельность 119 %.

Выводы

1. На антропогенно-преобразованной торфяной почве при содержании в почве подвижных соединений фосфора 730–740 и калия 600–700 мг/кг почвы оптимальными дозами фосфорных и калийных удобрений под многолетние бобово-злаковые травы являются $P_{90}K_{180}$. Увеличение дозы калия до 240 кг/га не способствует существенному увеличению урожайности.

2. При запасе в почве в период весенней вегетации многолетних бобово-злаковых трав минерального азота в среднем 35–40 кг/га наиболее высокую их урожайность 145,5 ц/га сена или 74,2 ц/га кормовых единиц обеспечивает дробное внесение N_{90} (N_{60} под первый укос и N_{30} под второй укос) на фоне $P_{90}K_{180}$.

3. При увеличении доз фосфорных и калийных удобрений от $P_{90}K_{120}$ до $P_{90}K_{180}$ окупаемость их прибавкой кормовых единиц возрастает с 4,9 до 7,3, а

при повышении дозы калия до 240 кг/га окупаемость удобрений снижается. Наиболее высокая окупаемость 1 кг внесенного азота получена в варианте с N_{30} – 65,3 кг сена или 33,3 кормовых единицы. При увеличении доз азотных удобрений до N_{60} и N_{90} наблюдается снижение их окупаемости прибавкой продукции.

4. На антропогенно-преобразованной торфяной почве применение под многолетние бобово-злаковые травы фосфорных и калийных удобрений в дозах $P_{90}K_{120}$ обеспечивает рентабельность производства молока на уровне 95 %, а при повышении дозы калия до 180 кг/га повышается до 108 %. Внесение K_{240} приводит к снижению рентабельности до 107 %, несмотря на увеличение прибыли по отношению к варианту $P_{90}K_{180}$.

5. Экономически наиболее эффективным под многолетние бобово-злаковые травы при использовании их для производства молока является дробное внесение N_{60} (по 30 кг/га азота удобрений под первый и второй укосы) на фоне $P_{90}K_{180}$. Прибыль составляет 1172,84 руб./га (591,1 долл. США/га) и рентабельность производства 119 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вахонин, Н.К. Эколого-экономические аспекты эффективности мелиорации и сельскохозяйственного использования земель Полесья // Проблемы рационального использования природных ресурсов и устойчивое развитие Полесья : сб. докл. Междунар. науч. конф. (Минск, 14-17 сент. 2016 г.). В 2 т. Т.1 / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]; редкол.: В.Г. Гусаков (гл. ред.) [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2016. – С. 26-31.

2. Мееровский, А.С. Сохранение и эффективное использование мелиорированных земель в Белорусском Полесье // Европейское Полесье – хозяйственная значимость и экологические риски : материалы Междунар.

- семинара, г. Пинск, 19-21 июня 2007 г. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]; редкол.: И.И. Лиштван [и др.]. – Минск : Минсктиппроект, 2007. – С. 37-39.
3. Мееровский, А.С. Проблемы использования и сохранения торфяных почв / А.С. Мееровский, В.П. Трибис // Новости науки и технологий. – 2012. – №4(23). – С. 3-9.
 4. Полевая диагностика почв Беларуси. Практическое пособие / гос. ком. по имуществу Респ. Беларусь, Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т почвоведения и агрохимии; под ред. Г.С. Цытрон. – Минск: Учебн. Центр подгот., повышения квалификации и переподгот. кадров землеустроит. и картографогеодез. службы. – 2011. – 175 с.
 5. Цытрон, Г.С. Антропогенно-преобразованные почвы Беларуси / Г.С. Цытрон. – Минск, 2004. 124 с.
 6. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: практ. пособие / Под ред. Г.И. Кузнецова, Н.И. Смяна. – Минск : Оргстрой, 2001. – 432 с.
 7. Атлас почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / В.В. Лапа [и др.]; под общ. ред. В.В. Лапа, А.Ф. Черныша ; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – 170 с.
 8. Пригодность почв Республики Беларусь для возделывания отдельных сельскохозяйственных культур: рекомендации / В.В. Лапа [и др.]. – Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии, 2011. – 64 с.
 9. Эколого-экономическое обоснование мелиорации торфяно-болотных комплексов и технологии их рационального использования / Под общ. ред. проф. Ю.А. Мажайского. – Рязань : ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2012. – 302 с.
 10. Адаптивные системы комплексного применения удобрений, регуляторов роста и пестицидов при уходе за посевами зерновых культур на антропогенно-преобразованных торфяных почвах (рекомендации) / Мин. сельск. хоз. и прод. Респ. Беларусь, РУП «Научн.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию», РУП «Ин-т мелиорации», РУП «Ин-т защиты растений». – Минск, 2008. – 48 с.
 11. Семененко, Н.Н. Экономическая эффективность комплексного применения средств интенсификации возделывания озимого тритикале на антропогенно-преобразованных торфяных почвах / Н.Н. Семененко // Мелиорация. – 2010. – №2(64). – С. 123-128.
 12. Применение биотехнологических мероприятий и средств интенсификации нового поколения при возделывании кукурузы на антропогенно-преобразованных торфяных почвах Полесья (методические рекомендации) / РУП «Ин-т мелиорации», 2013. – 40 с.
 13. Семененко, Н.Н. Торфяно-болотные почвы Полесья : трансформация и пути эффективного использования / Н.Н. Семененко. – Минск : Беларуская навука, 2015. – 282 с.
 14. Почвы. Определение органического вещества в модификации ЦИНАО: ГОСТ 26212–91. Введ. 1993.07.01. – Минск: Изд-во стандартов, 1992. – 6 с.
 15. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение рН по методу ЦИНАО: ГОСТ 26483–85. Введ. 07.01.86. Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1987. – 4 с.
 16. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО: ГОСТ 26207–91. Введ. 07.01.93. Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1992. – 6 с.
 17. Почвы. Методы определения общего азота: ГОСТ 26107-84. Введ. 07.01.85. Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1985. – 6 с.
 18. Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО : ГОСТ 26489-85. – Введ. 01.07.86. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1986. – 6 с.
 19. Почвы. Определение нитратов по методу ЦИНАО : ГОСТ 26488-85. – Введ. 01.07.86. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1986. – 5 с.
 20. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
 21. 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.
 22. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И.М. Богдевич [и др.] / РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии». – Минск, 2010. – 24 с.

Поступила 25. 05.2018

**ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ
ВЫРАБОТАННЫХ МЕЛКОКОНТУРНЫХ ТОРФЯНИКОВ НА ОСНОВЕ
ПРИМЕНЕНИЯ АГРОБИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ**

Т.Ю. Анисимова, кандидат сельскохозяйственных наук

А.А. Данилин

ВНИИ органических удобрений и торфа

г. Владимир, Россия

Аннотация

Представлены предварительные данные в полевом двухфакторном опыте по изучению влияния применения минеральных удобрений и подсева клеверо-тимофеечной смеси без повреждения дернины. При определении зеленой массы всходов клевера разница между вариантами с подсевом и без подсева составила 68 кг/га. При применении удобрений в дозах $N_{60}P_{60}K_{90}$ и $N_{60}P_{90}K_{120}$ различия между вариантами также были существенны и составили 38–45 кг/га. Оптимальным был вариант с подсевом трав и внесением $N_{60}P_{90}K_{120}$, прибавка относительно контроля составила 148 кг/га.

Ключевые слова: мелконтурный выработанный торфяник, минеральные удобрения, многолетние травы, сев без повреждения дернины

Abstract

T.Ju. Anisimova, A.A. Danilin

**INCREASE IN PRODUCTIVE CAPACITY OF
DEGRADED FINELY COUNTER PEAT AREAS
BASED ON AGROBIOTECHNOLOGY**

The preliminary data of two-factor field study according mineral fertilizers impact and sowing of the clover-timothy mixture without damage to the sod are presented. The green mass of clover shoots is determined, the difference between the options with and without seeding was 68 kg / ha. Fertilizers $N_{60}P_{60}K_{90}$ and $N_{60}P_{90}K_{120}$ gave a significant difference of 38–45 kg/ha. Option with grass sowing and $N_{60}P_{90}K_{120}$ is the most profitable, yield increase according control variant was 148 kg/ha.

Keywords: degraded finely counter peat area, mineral fertilizers, perennial grasses, safe sowing for sod

Введение

Торфяная залежь с её экологически полезными ресурсами представляет интерес для сельскохозяйственного производства. Как показали результаты ранее проведенных исследований, на окультуренных торфяниках достигается наиболее высокая окупаемость, низкая себестоимость высококачественной продукции [1, 2].

На территории РФ находится 9260 торфяных месторождений до 10 га (мелкоконтурных), которые занимают площадь 108,6 тыс. га в нулевой границе [3]. Наибольшее количество мелкозалежных и мелкоконтурных торфяников расположено в Северо-Западном, Центральном и Приволжском федеральных округах. Так, в Центральном федеральном округе из 7287 разведанных месторождений 2390 – площадью до 10 га, 1298 – мелкозалежные и охраняемые, т.е. почти половина, на территории Владимирской области из 723 торфяных месторождений 421 – месторождения площадью от 1 до 10 га [4]. Так как мелкоконтурные торфяники в основном расположены по краям полей с минеральными почвами, их использование в сельскохозяйственном производстве имеет свои особенности, связанные со свойствами торфяных почв.

Мелкозалежные и мелкоконтурные торфяники следует отводить под культурные сенокосы и пастбища [5, 6]. При разработке приемов интенсификации земледелия на торфяных почвах разной стадии антропогенной эволюции важнейшее значение имеет объективная оценка состояния свойств и прогноз их возможных изменений во времени под влиянием биотических и абиотических факторов [7].

Осушенные заброшенные торфяники представляют экологическую опасность в связи с возникновением торфяных пожаров, причиной которых является в основном несоблюдение противопожарной безопасности при палах сухой травы, разжигании костров и т.д., сельскохозяйственное использование делает их безопасными в этом отношении [8].

С учетом складывающихся в последнее время тенденций, направленных на обеспечение продовольственной безопасности России, в т.ч. на интенсификацию животноводческой отрасли, которая в свою очередь требует развития собственной качественной кормовой базы, осушенные торфяники можно рассматривать как потенциал для создания высокопродуктивных агрофитоценозов [9].

Перезалужение выведенных из сельскохозяйственного использования торфяников даже без при-

менения минеральных удобрений является дорогостоящим мероприятием. Затраты составляют от 500 \$/га и выше. Поиск низкозатратных способов эффективного использования выработанного заброшенного мелкоконтурного торфяника за счет применения комплекса агробиотехнологических мероприятий является актуальным в научном и производственном аспектах.

Методика

Исследования проводятся на Байгушском торфяном месторождении, расположенном в 1,5 км на северо-восток от д. Байгуши Судогодского района Владимирской области и находящемся на территории торфо-болотного района Мещерская низменность (рисунок 1).



Рисунок 1. – Местоположение торфяного массива

Рекогносцировочная разведка торфяного месторождения проведена в 1943 г. Ивановским УТФ, в ходе которой была установлена категория запасов С₂ (оцененные). В 1963-1965 гг. массив использовали для добычи торфа на удобрение. До разработок мощность торфяного слоя в среднем составляла 1,09 см (максимальная – 1,40 см), а уже в 1975 г. снизилась до 40–50 см. В 1970-е годы торфяник стали использовать под сенокос, силами Судогодской опытной станции проведены научные исследования по эффективности использования минеральных удобрений при выращивании многолетних трав.

Согласно данным геологоразведки 1977 г. тип торфяной залежи был определен как переход-

ный (А – 15,4 %, R – 45 %). Общая площадь торфяного массива составляла 13,8 га, запасы торфа – 30 тыс. м³ (или 6 тыс. т 40 %-ной влажности) [10].

Мелиорация (осушение) проведена в 1985 г. Водоприёмником являлся овраг, тип использования определен как сельскохозяйственный: окультуренный сенокос. В 1990-е гг. в сельскохозяйственном использовании находилось 20–25 % площади (I и II торфяные карты), которые почти полностью сработаны и использовались в основном для выращивания зерновых культур и под сенокос. Торфяник на картах III, IV и V также частично сработан и в настоящее время полностью заброшен. По данным космической съёмки 2016 г. площади карт составляют: I – 1,62 га, II – 1,61 га, III – 1,4 га, IV – 2,24 га, V – 2,58 га, общая площадь торфяника – 9,45 га (без учета площадей под каналами) [11].

В 2017 г. на площади I карты изучаемого торфяника, которая покрыта естественной растительностью, заложен полевой опыт по определению эффективности применения минеральных удобрений и подсева клеверо-тимофеечной смеси без нарушения дернины на свойства почвы и продуктивность фитоценоза. Растительность представлена разными видами осок, злаковыми травами (полевица, мятлик, пырей, тимофеевка), бобовыми травами (клевер, донник, люпин многолетний).

Схема опыта:

1. без удобрений – контроль
2. без удобрений + подсев трав
3. N₆₀P₆₀K₉₀
4. N₆₀P₆₀K₉₀ + подсев трав
5. N₆₀P₉₀K₁₂₀
6. N₆₀P₉₀K₁₂₀ + подсев трав

Площадь делянки – 125 м² (12,5х10), повторность двукратная, общая площадь под опытом – 0,15 га.

Дозы минеральных удобрений установлены на основе обобщения литературных источников и откорректированы в зависимости от содержания подвижного фосфора и обменного калия в почве опытного участка [1, 6].

Объект исследования – болотно-подзолистая (дерново-подзолистая грунтово-оглееная) и торфяная болотная (торфянисто-глеевая) почвы [12] со следующими агрохимическими показателями: с содержанием гумуса- 1,86–2,0 %, рН_{KCl} – 6,1–6,4; содер-

жание подвижных фосфора и составило 56–75 мг/кг почвы, обменного калия – 46,5–58,2 мг/кг. Мощность пахотного слоя – 27–39 см.

Запланированные механизированные работы в связи со сложными погодными условиями 2017 г. проведены вручную. Скашивание естественных трав было проведено 21–24 июня с помощью триммера на максимально возможном низком срезе, сев клеверотимофеечной смеси (клевер красный – 8 кг/га, тимофеевка сорт «Утро» – 4 кг/га) проведен 26 июня поверхностно без повреждения дернины, внесение минеральных удобрений – 4 июля.

Результаты и обсуждение

Количество осадков в июне и июле на фоне пониженных температур воздуха превышало среднее многолетние значения. Температура воздуха в этот период была ниже нормы на 1,4–2,9 °С (рисунки 2, 3).

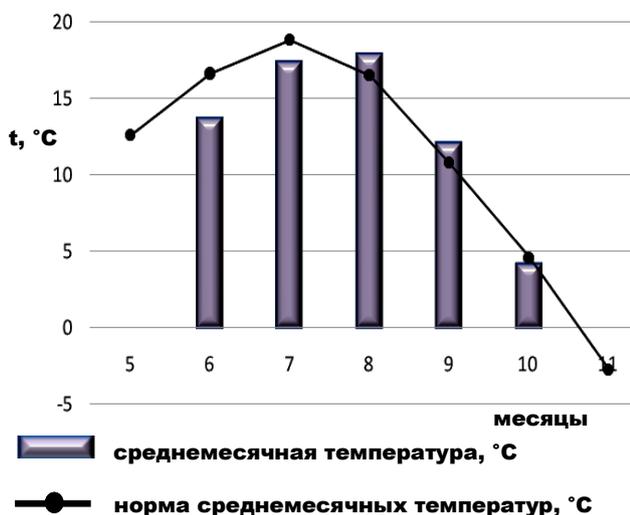


Рисунок 2. – Среднемесячные температуры воздуха



Рисунок 3. – Сумма осадков в период проведения исследований

ГТК был равен 2,2 и свидетельствовал о переувлажнении, что впоследствии благоприятно повлияло на всхожесть клевера. В августе отмечен бездождный период, температуры воздуха были близки к среднее многолетним значениям (ГТК=0,4). В сентябре и октябре погодные условия характеризовались как влажные, температура воздуха в сентябре была выше нормы на 1,3 °С, в октябре – ниже на 0,4 °С.

Для определения уровня залегания грунтовых вод в непосредственной близости с полевым опытом была пробурена скважина глубиной 1,5 м и в неё помещена полипропиленовая труба диаметром 110 мм с отверстиями в нижней части, защищенными от проникновения от частиц почвы. Среднемесячные колебания УГВ в июле и августе составили 20-30 см, в сентябре и октябре – 5–10 см и зависели в основном от метеорологических факторов (рисунок 4). Так,

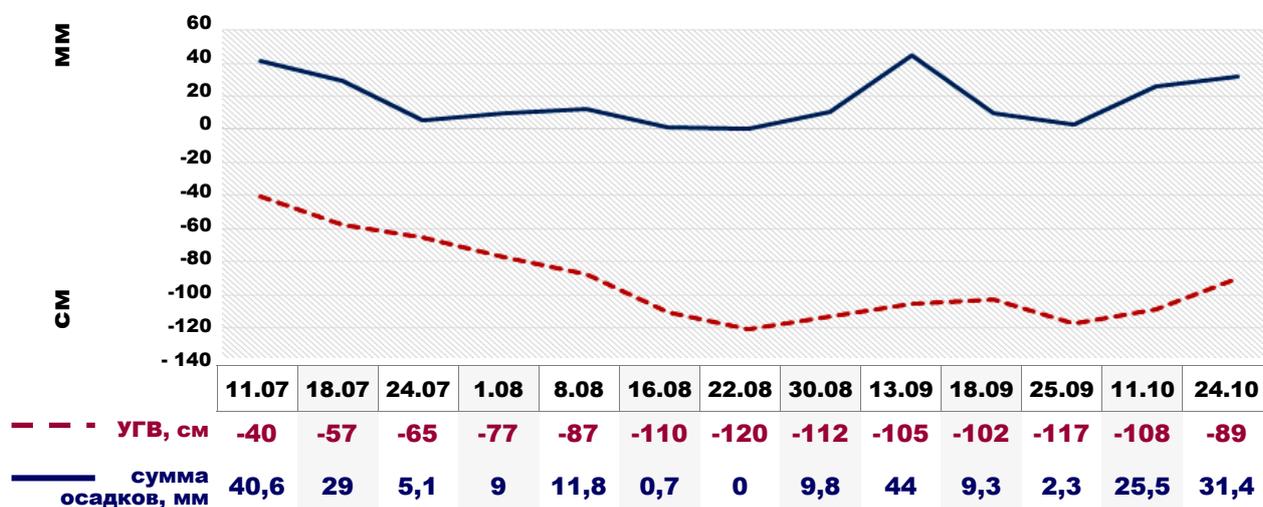


Рисунок 4. – Изменение УГВ в период исследований

в августе осадков выпало 35 % от нормы на фоне повышенных температур воздуха, что способствовало увеличению суммарного испарения и в свою очередь повлияло на снижение уровня грунтовых вод. Повышение УГВ в скважине в сентябре–октябре было связано с обильными осадками, которые в сентябре составили 57 мм – 110 % от нормы, в октябре – 8 мм и 136 % соответственно.

В 2017 г. из-за обильных осадков на фоне пониженных температур воздуха каналы между картами и основной канал в течение лета и осени были переполнены водой (рисунок 5).



Рисунок 5. – Канал между картами и основной канал

В связи с аномальными погодными условиями травосмесь к концу сентября не сформировала укосную массу, учет растительной массы клевера проводили в фазу всходов. На рисунке 6 видны различия между растениями разных вариантов опыта.

Статистическая обработка данных полевого опыта по определению влияния применения подсева трав (фактор А) и минеральных удобрений (фактор В) на биометрические параметры всходов клевера и



Рисунок 6. – Влияние применения минеральных удобрений и подсева трав на всходы клевера

урожаем его зеленой массы была проведена с использованием дисперсионного анализа и программы STAT.EXE. В вариантах с применением минеральных удобрений высота побегов относительно контроля была выше в среднем на 41–52 %. Различия между вариантами при определении массы побегов клевера в вариантах с подсевом и внесением минеральных удобрений были существенны (таблица 1).

Таблица 1. – Биометрические параметры всходов клевера, дата учета – 25.09.2017 г.

ВАРИАНТ	Средняя высота побегов, см	Количество растений, шт./м²	Вес 10 сырых растений, г	Вес 1-го сухого растения, г
1. без удобрений - контроль	7,5	80	0,8	0,11
2. без удобрений + подсев трав	9,1	65	1,5	0,27
3. N₆₀P₆₀K₉₀	11,0	84	1,2	0,20
4. N₆₀P₆₀K₉₀ + подсев трав	10,6	68	2,3	0,40
5. N₆₀P₉₀K₁₂₀	11,4	72	1,7	0,26
6. N₆₀P₉₀K₁₂₀ + подсев трав	13,1	92	2,6	0,52
НСР (А)			0,53	0,12
НСР (В)			0,65	0,14

Таблица 2. – Урожай зеленой массы клевера в фазу полных всходов, г/м². Дата учета – 25.09.2017 г.

Фактор А	Фактор В			
	без удобрений	N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀	Среднее по фактору В
Без подсева трав	6,4	10,3	12,2	9,6
С подсевом трав	10,2	17,7	21,2	16,4
Среднее по фактору А	8,3	13,9	16,7	13,0
НСР (А)	3,8			
НСР (В)	4,6			

Разница в урожае зеленой массы побегов клевера между вариантами с подсевом и без подсева (фактор А) составила 6,8 г/м² (таблица 2). По фактору В (фон НРК) различия между вариантами также были существенны. Внесение минеральных удобрений в обеих дозах повысило урожай зеленой массы на 3,8–4,5 г/м². Оптимальным был вариант с подсевом трав и внесением N₆₀P₉₀K₁₂₀, прибавка относительно контроля составила 14,8 г/м².

Заключение

Получены экспериментальные предварительные данные по влиянию действия различных

агроприемов на выработанных мелкоконтурных и мелкозалежных торфяниках.

При определении зеленой массы побегов клевера в полевом опыте разница между вариантами с подсевом и без подсева составила 6,8 г/м². Применение удобрений в дозах N₆₀P₆₀K₉₀ и N₆₀P₉₀K₁₂₀ различия между вариантами также были существенны. Внесение минеральных удобрений в обеих дозах повысило урожай зеленой массы на 3,8–4,5 г/м². Лучшим был вариант с подсевом трав и внесением N₆₀P₉₀K₁₂₀, прибавка относительно контроля составила 14,8 г/м².

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Торф, торфяные почвы, удобрения / А.И. Поздняков [и др.] – М.: ВНИИМЗ. – 1998. – 239 с.
2. Ефимов, В. Н. Торфяные почвы и их плодородие/ В.Н. Ефимов. – Л.: Агропромиздат, 1986. – 264 с.
3. Государственный баланс запасов полезных ископаемых Российской Федерации на 1 января 2008 года, вып. 96. Торф. – М.: Российский федеральный геологический фонд, 2008. – 204 с.
4. Ежегодный доклад «О состоянии окружающей среды и здоровья населения Владимирской области в 2016 году» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://dpp.avо.ru/ezegodnyj-doklad.-monitoring-sostoania-okruzausej-sredy>. – Дата доступа 20.02.2018.
5. Уланов, А.Н. Торфяные и выработанные почвы южной тайги Евро-Северо-Востока России / А.Н.Уланов. – Киров, 2005. – 320 с.
6. Агротехнические требования по возделыванию сельскохозяйственных культур на торфяноболотных почвах / С. Г. Скоропанов [и др.] // Библиография. – 1990. – №. 10. – С. 22.
7. Продуктивность антропогенно-преобразованных сильноминерализованных торфяных почв и их плодородие / Л. Н. Лученок [и др.] // Мелиорация – 2010. – №1(63). – С. 147-157.
8. Зайдельман, Ф.Р. Рекомендации по защите торфяных почв от деградации и уничтожения при пожарах / Ф.Р. Зайдельман. – М. : Книжный дом ЛИБРОКОМ, 2011. – 85 с.
9. Косолапов, В. М. Мелиорация важный фактор развития кормопроизводства / В.М. Косолапов, И. А. Трофимов // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – №. 1. – С.43-45.
10. Торфяные месторождения Владимирской области по состоянию изученности на 1 января 1977 г. – М. : Министерство геологии РСФСР : Трест Геолторфразведка, 1978. – 368 с.
11. Калькулятор для расчета площадей, длины и расстояний по картам Google [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://3planeta.com/googlemaps/google-maps-calculator-ploschadei.html>. – Дата доступа 26.02.2017.
12. Классификация и диагностика почв СССР / В.В. Егоров [и др.] – М : Колос. – 1977. – 224 с.

Поступила 15.06.2018

УДК 631.559.633.2/4

**ПРОДУКТИВНОСТЬ СИЛЬФИИ ПРОНЗЕННОЛИСТНОЙ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА РАЗМНОЖЕНИЯ**

А.А. Киселев, кандидат сельскохозяйственных наук

С.И. Станкевич, кандидат сельскохозяйственных наук

Т.К. Нестеренко, кандидат сельскохозяйственных наук

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

г. Горки, Беларусь

Аннотация

В статье изложены результаты шестилетних исследований по изучению структуры урожайности и урожайности зеленой массы сильфии пронзеннолистной, выращенной семенами и в результате посадки корневыми черенками с различной густотой. Выявлено, что наибольшее влияние на стеблеобразующую способность оказала густота стояния растений. Наибольшую же высоту и площадь листьев первого укоса формирует травостой с более загущенной посадкой. При загущенном посеве (посадке) растения были в среднем на 3,8 см выше. Анализ данных показывает, что вариант посадки корневыми черенками при схеме размещения 70 тыс. шт/га позволяет получать наибольшую урожайность по вариантам опыта, которая в годы с оптимальным увлажнением достигает 112,4–112,8 т/га зеленой массы.

Ключевые слова: структура урожайности, зеленая масса, густота стояния, способ размножения, корневые черенки

Abstract

**A.A. Kiselev, S.I. Stankevich, T.K. Nesterenko
PRODUCTIVITY OF SILPHIUM PERFO-
LIATUM L. DEPENDING ON PROPAGATION
WAYS**

The article presents 6 years study of productivity structure and productivity of green mass of *Silphium perfoliatum* L. grown both by seed and by root stem of different density methods. It was found that density of plants affects stem-forming ability. Herbage of a highest plant density has the biggest and the highest leaves of the first mowing. Due to intensively sowing the plants were higher by 3.8 sm. Analysis of date shows that variant of root stem sowing with location scheme of 70 thousand plant units per hectare allows us to obtain productivity by experimental variants of 112.4–112.8 t/ha if hydration is optimal during the year.

Keywords: productivity structure, green mass, density of herbage, propagation way, root stems

Введение

В последнее время остро встает вопрос необходимости обеспечения животных кормами собственного производства при минимальном использовании покупных кормов. Однако корма, полученные из традиционно возделываемых в хозяйствах кормовых культур, не позволяют сбалансировать рационы животных по ряду питательных веществ, прежде всего по содержанию протеина и обменной энергии. Кроме того в стойловый период, продолжительность которого велика в кормах часто наблюдается недостаток углеводов, биологически активных соединений и ряда микроэлементов. Всё это служит причиной большого перерасхода кормов на единицу произведенной продукции [3].

Особого внимания требует рост продуктивности, который невозможен без укрепления кормовой базы. Несоответствие корма зоотехническим требованиям влечет за собой не только снижение

продуктивности животных, но и существенно снижает продуктивное долголетие молочного скота. Для этого необходимо возделывать такие кормовые культуры, которые обеспечивают высокую продуктивность и получение дешевых высококачественных кормов. Кроме того, потепление климата обуславливает также необходимость использования для производства кормов новых засухоустойчивых культур и корректировку структуры посевных площадей [4].

Малораспространенные кормовые культуры характеризуются комплексом ценных хозяйственных признаков, они могут расширить перечень кормовых культур и тем самым укрепить сырьевую базу для производства высококачественных кормов. Многолетние малораспространенные травы позволяют решать проблемы кормопроизводства при минимальных затратах труда и себестоимости. Им свойственна широкая адаптивность и экологическая пла-

стичность биологических свойств, что позволяет им эффективно произрастать в самых различных почвенно-климатических условиях [1, 3].

Сильфия пронзеннолистная, способна дополнить ассортимент ценных кормовых культур в условиях нашей республики и может стать ведущим звеном в составе зеленого конвейера и ценным источником сырья при заготовке силоса. Однако многие вопросы технологии возделывания этой культуры требуют зонального подхода и многолетнего изучения [5].

Цель настоящего исследования – изучить влияние способа размножения сильфии пронзеннолистной на ее продуктивность в условиях северо-восточной части Беларуси.

Методика исследований

Одной из центральных задач исследований явилось изучить влияние густоты посева (посадки) на продуктивность сильфии пронзеннолистной.

Для решения данной задачи на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА» в 2011 году был заложен и проводился полевой опыт по следующей схеме:

А) Способы размножения: семенами и корневыми черенками.

Б) Густота посева (посадки): 35 тыс. растений на 1 га и 70 тыс. растений на 1 га.

Посадку сильфии пронзеннолистной делением кустов растений со старовозрастных посадок производили вручную согласно схеме опыта.

Опыт заложен с систематическим (последовательным) размещением вариантов со смещением по повторностям. Повторность 4-кратная. Учетная площадь делянок 10 м².

Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом моренным суглинком с глубины около 1 м. Агрохимические показатели подпахотного 20–40 и пахотного 0–20 см слоя следующие: рН в КСl 6,1 – 6,6, гидролитическая кислотность 1,16 – 0,86 мг.-экв. на 100 г почвы, степень насыщенности основаниями 91 – 96 %, содержание гумуса (по Тюрину) 0,98 – 1,72 %, подвижных оснований P₂O₅ – 98–178 мг и K₂O – 164 – 192 мг на 1 кг почвы.

Почва опытного участка является типичной для северо-восточного региона РБ, является пригод-

ной для возделывания многолетних трав и других сельскохозяйственных культур.

Минеральные удобрения вносились в дозах Р₆₀К₉₀. Посев и посадка проводился без покрова широкорядным способом.

По мере необходимости проводили междурядные обработки. Первую культивацию проводили на глубину 5–7 см, последующие – до 10–12 см. Вторую культивацию вносили азотные удобрения из расчета 45–60 кг действующего вещества на гектар. При необходимости сорняки в рядах дополнительно пропалывали вручную. Под последнюю культивацию внесли по 45–60 кг фосфора и калия. В июле растения обычно уже смыкаются, в междурядьях и уход за ними на этом заканчивается.

Учёты и анализы проводили по общепринятым методикам:

1. Фенологические наблюдения за сроками наступления очередных фаз развития проводили визуально. Началом наступления очередной фазы развития считалось наступление ее у 10 % растений, а полная фаза отмечалась при наступлении ее у 75 % растений на делянках.

2. Облиственность растений рассчитывали в процентах от общего веса побегов.

3. Площадь листьев определяли способом высечек. Все листья с 10 типичных растений делянки обрывали и взвешивали. При помощи ручного сверла в виде металлической трубки определенного диаметра с заостренными краями делали 20 – 50 высечек общей площадью не менее 10–20 см². После взвешивания высечек общую площадь оборванных листьев в пробе (см²) рассчитывали по формуле:

$$П = МП_1 / КМ_1,$$

где М – масса листьев, г; П₁ – площадь одной высечки, см²; К – число высечек; М₁ – масса высечек, г. Разделив общую площадь листьев в пробе на число выборочных растений, определяли площадь листьев на одном растении, а умножив последний показатель на густоту растений на 1 га рассчитывали площадь листового аппарата (м²/га).

4. Учет урожая зеленой массы проводился методом сплошного скашивания со всей делянки с последующим взвешиванием.

5. Полученные результаты по урожайности обрабатывались методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [2].

Таблица 1. – Структура урожайности за 2012-2017гг (первый укос)

ВАРИАНТЫ	Высота растений, см	Количество стеблей на 1 растение, шт.	Облиственность, %	S листьев, тыс. м ² /га
Посев семенами				
2012				
35000	62	1,0	60,0	11,3
70000	68	1,0	62,0	15,1
2013				
35000	111	2,4	45,3	15,1
70000	114	2,4	46,5	17,8
2014				
35000	151	3,9	43,3	19,5
70000	157	3,0	44,6	21,3
2015				
35000	149	3,9	42,3	19,3
70000	156	3,0	43,6	21,1
2016				
35000	153	4,3	43,3	19,8
70000	155	3,5	43,4	21,1
2017				
35000	151	5,6	43,8	20,1
70000	153	5,8	43,9	20,9
Посадка корневыми черенками				
2012				
35000	110	4,1	43,1	22,4
70000	115	3,6	44,2	26,8
2013				
35000	170	6,2	43,2	39,5
70000	176	5,9	46,3	46,6
2014				
35000	170	7,1	35,2	34,5
70000	176	6,8	36,3	38,6
2015				
35000	164	7,0	36,2	34,0
70000	166	6,8	36,3	38,2
2016				
35000	162	7,1	37,2	33,5
70000	163	6,9	36,8	37,3
2017				
35000	154	7,3	38,9	26,3
70000	154	7,4	38,7	26,8

Результаты и обсуждение

Анализ структуры урожайности сальфии пронзеннолистной представлен в таблице 1. Структуру травостоя мы рассматривали с первых укосов, так как именно в первом укосе наибольшая урожайность зеленой массы и отчетливее прослеживаются различия по вариантам.

Сальфия характеризуется хорошей стеблеобразующей способностью и облиственностью растений. На небольшие изменения густоты посева растение реагирует слабо, однако интенсивное образование стеблей ведет к уменьшению доли

листьев в урожае. В исследованиях полевого опыта установлено, что наибольшее влияние на стеблеобразующую способность сальфии оказала густота стояния растений. Так больше стеблей на растение приходилось при густоте стояния растений – 35 тыс. растений на гектар, и составило от 1 в 2012 году до 4,3 шт. к 2016 году, при посеве семенами. При посадке черенков количество стеблей увеличивалось от 4,1 в 2012 году до 7,1 шт. к 2016 году. Лишь в 2017 году более загущенный посев и посадки имели несколько больше стеблей на растении.

Высота растений, формирование стеблей в кусте на растениях была лучшей на посадках, где растения высаживались корневыми черенками. Облиственность же большей была при посеве семенами.

Растения, посеянные из семян, в 2012 году сформировали по 1 стеблю с соцветиями высотой 62–68 см. Причем при загущенном посеве растения были в среднем на 6 см выше. Процент облиственности оказался достаточно высоким, в среднем – 61 %. Несмотря на высокую облиственность площадь листьев была небольшой. В посеве с 70 тыс. растениями площадь листовой поверхности была выше на 33 %, чем в варианте с 35 тыс. растений.

При посадке корневыми черенками растения в 2012 г. достигали 110 – 115 см в высоту, имели по 3-4 и более стебля на одно растение. Облиственность составляла не более 45 %, а площадь листьев с 1 га – 26,8 тыс. м²/га при более загущенной посадке.

С каждым последующим годом сальфия формировала более высокие растения с увеличивающимся количеством стеблей на 1 растение при снижении облиственности и увеличении площади листьев на м². Лишь в 2015 году вследствие недостатка влаги показатели структуры урожая отличались от предыдущих лет пользования. Так высота растений вместо прироста снизилась, количество стеблей осталось почти на прежнем уровне. Несколько снизился и показатель облиственности по всем вариантам опыта, а также отмечено уменьшение площади листьев. В 2016 и в 2017 годах сохранилась тенденция снижения высоты растений, уменьшения площади листьев и увеличения количества стеблей на 1 растение независимости от варианта опыта.

Учет урожайности зеленой массы проводили в фазе цветения растений сальфии. Учета урожайности при посеве семенами в первый год не проводили, так как растения находились в фазе розетки, и в этот период не рекомендуется скашивание.

Урожайность зеленой массы культуры за 2012–2017 годы исследований представлены в таблице 2. За первые три года пользования наблюдалось ежегодное нарастание урожая сальфии пронзеннолистной: от 13,8 т/га в 2012 г. при посеве 35 тыс. шт/га до 110,3 т/га в 2014 г. при посадке рассадой такой же густотой и от 24,3 т/га до 112,4 т/га соответственно при размещении 70 тыс. растений на 1 га. У сальфии, как у многих долголетних видов, в первые годы жизни не наблюдается высокой урожайности. Своей максимальной продуктивности такие растения могут достигать только в последующие годы.

В 2015 году в течение вегетационного периода наблюдался дефицит влажности, поэтому урожайность снизилась относительно предыдущего года на 3,2–15,5 %.

В результате проведенных исследований установлено, что при посеве сальфии семенами урожайность культуры в первые три года пользования была существенно ниже, чем в аналогичных вариантах вегетативного размножения. Загущенный посев семенами повысил урожай зеленой массы в 1,7 раза в первый год и в 1,2 раза во второй год пользования. В 2014 году урожайность в варианте с 70 тыс. растениями на 1 га составила 98,4 т/га зеленой массы и 88,4 т/га в варианте с 35 тыс. растениями на 1 га. В вариантах с посадкой корневыми черенками урожайность составила 112,4 и 110,3 т/га соответственно, что больше вариантов с посевом семенами на 14,2–24,8 %.

Таблица 2. – Урожайность зеленой массы сальфии пронзеннолистной, т/га

Схема размещения растений, шт/га	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Посев семенами						
35000	13,8	57,6	88,4	81,9	99,9	97,5
70000	24,3	66,3	98,4	95,3	102,1	99,1
Посадка корневыми черенками						
35000	50,7	88,3	110,3	93,2	111,7	103,6
70000	64,2	99,7	112,4	95,1	112,8	103,1
НСР ₀₅	3,56*	6,09*	5,85*	5,93*	6,93*	6,93*
	4,12**	7,18**	5,99**	6,03**	7,05**	6,99**

* – для фактора 1; ** – для фактора 2

Посадка корневыми черенками способствовала получению значительно большего урожая, чем посев семян. Так, в 2012 г. урожайность в варианте с корневыми черенками оказалась выше в 3,7 раза при размещении 35 тыс. растений на 1 га и в 2,6 раза выше при размещении 70 тыс. растений на 1 га. В последующие годы эта разница постепенно снижалась.

При посадке черенками наиболее высокий урожай зеленой массы сальфии пронзеннолистной отмечен при загущенной ее посадке. Наибольшей урожайность была в 2014 году – 112,4 т/га и в 2016 году – 112,8 т/га. Это на 14,0 т/га выше, чем при посеве семенами при этой же схеме размещения в 2014 году и на 10,7 т/га соответственно – в 2016 году. В эти годы погодные условия были благоприятными, что положительно сказалось на урожайности.

В 2017 году растения сальфии пронзеннолистной начали вегетацию позже обычного из-за прохладной погоды в весенний период, что сказалось на урожайности. Так при посеве семенами и размещении 35 тыс. растений на 1 га урожайность составила 97,5 т/га зеленой массы, при размещении 70 тыс. растений на 1 га – 99,1 т/га. При посадке корневыми черенками с густотой 35 тыс. растений на 1 га урожайность составила – 103,6 т/га, при размещении 70 тыс. растений на 1 га – 103,1 т/га.

В целом из-за погодных условий 2017 года урожайность была ниже прошлогодней на 5,8 т/га или 5,3 %.

Учитывая продолжительный период использования данной культуры на одном месте, можно гово-

рить о том, что в последующие годы различия в продуктивности между различными способами посева (посадки) нивелируются. Поэтому, несмотря на то, что на второй год жизни или в первый год пользования посадки корневыми черенками сальфии обеспечивают преимущество перед семенными посевами, этот способ размножения также можно рекомендовать к использованию.

Выводы

1. Наибольшее влияние на стеблеобразующую способность сальфии оказала густота стояния растений. Так больше стеблей на растение приходилось при густоте стояния растений – 35 тыс. растений на гектар, и составило от 1 в 2012 году до 5,6 шт. к 2017 году, при посеве семенами.

2. Наибольшую площадь листьев первого укоса формирует травостой сальфии пронзеннолистной с более загущенной посадкой. В 2012-2017 гг она составила 26,8-46,6 тыс. м²/га.

3. Под влиянием способа размножения значения показателей структуры урожайности и урожайность зеленой массы сальфии пронзеннолистной в более старовозрастных посадках (посевах) уравниваются.

4. Анализ данных показывает, что вариант посадки корневыми черенками при схеме размещения 70 тыс. шт/га позволяет получать наибольшую урожайность по вариантам опыта. Даже в первый год пользования можно получить до 64,2 т/га зеленой массы, а в среднем за шесть лет пользования урожайность составляет 97,9 т/га зеленой массы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абрамова, А.Ф. Биолого-хозяйственная оценка малораспространенных кормовых культур в условиях Северного Зауралья: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.09. / А.Ф. Абрамова. – Омск, 2007. – 15с.
2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.
3. Капустин, Н. И. Агробиологические особенности новых и традиционных кормовых культур, технологий их возделывания и приемы биологизации земледелия в Северо-Западном регионе: автореф. дис. ...доктора с.-х наук: 06.01.01. / Н.И. Капустин; РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева. – Москва, 2012 – 36 с.
4. Соответствие фаз развития кормовых культур для приготовления бобово-злаковых травяных кормов / Н.П. Лукашевич [и др.] // Земледелие и защита растений. – 2013. – № 2. – С. 17-20.
5. Станкевич, С.И. Влияние способа размножения на продуктивность сальфии пронзеннолистной / С.И. Станкевич, А.А. Киселев, Т.К. Нестеренко // Вестник Белорус. гос. с.-х. акад. – 2017. – № 3. – С. 77-81.

Поступила 24.05.2018

ПРОДУКТИВНОСТЬ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ТРАВСТОЕВ НА ДЕРНОВО-ГЛЕЕВАТЫХ ПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

А.В. Сорока, кандидат сельскохозяйственных наук

Н.Н. Костюченко

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси

г. Брест, Беларусь

Аннотация

Проведена оценка продуктивности пастбищных бобово-злаковых травостоев с дополнительным бобовым компонентом на дерново-глеевой песчаной почве. Установлено, что включение в травосмеси дополнительного бобового компонента (клевера лугового, люцерны посевной, лядвенца рогатого, эспарцета) не способствовало значительному увеличению продуктивности травостоев. Урожайность зеленой массы травостоев составила 314,3–320,6 ц/га, выход кормовых единиц – 57,5–60,6 ц/га, сбор сырого протеина 12,1–12,4 ц/га.

Ключевые слова: пастбищные травостои, продуктивность, бобовый компонент

Abstract

A.V. Soroka, N.N. Kostjuchenko

PRODUCTIVITY OF LEGUME-CEREAL HERBAGE ON SODDY-GLEY SANDY SOILS OF BELARUSIAN POLESYE

Productivity of legume-cereal herbage with an additional legume component on soddy-gley sandy soil was estimated. It was established that an additional legume component in the grass mixture (red clover, sowing alfalfa, Lotus corniculatus, sainfoin) did not increase productivity of the herbage significantly. The yield of green mass was 314,3–320,6 c/ha, the yield of fodder units was 57,5–60,6 c/ha, the collection of crude protein was 12,1–12,4 c/ha.

Keywords: herbage, productivity, legume component

Стратегия развития сельскохозяйственного производства Белорусского Полесья предусматривает интенсификацию животноводства, что требует соответствующего уровня кормовой базы. Почвенно-климатические условия региона благоприятны для формирования долгодетных высокопродуктивных, преимущественно бобово-злаковых травостоев, что доказано многочисленными научными исследованиями [1-3].

В настоящее время большой интерес вызывает создание бобово-злаковых пастбищных травостоев на основе райграса пастбищного и клевера ползучего [1–3]. Включение бобовых многолетних трав способствует обогащению белком пастбищного корма и повышению общего урожая [5–7]. По данным А. А. Кутузовой [8], увеличение доли бобовых всего на 1 % способствует росту продуктивности на 79 к.ед. и сбора протеина на 3,1 кг/га.

Однако на распространенных в Полесье песчаных почвах традиционные многолетние бобовые травы не всегда стабильны в травостоях. В связи с этим, в Белорусском Полесье для рационального подбора бобовых компонентов в пастбищных травосмесях необходимы дополнительные научные исследования.

Цель исследования – установить влияние дополнительных бобовых компонентов на продуктив-

ность бобово-злаковых травостоев на дерново-глееватых песчаных почвах в условиях Полесского региона.

Полевые исследования бобово-злаковых травостоев проводили в 2010–2013 гг. на землях опытного стационара хозяйства ГУСП «Племзавод Мухавец» Брестского района.

Почва опытного участка дерново-глееватая песчаная на водно-ледниковом связанном песке, сменяемом с глубины 0,4 м рыхлым песком. Мощность пахотного горизонта 20–25 см. Агрехимическая характеристика пахотного слоя почв опытного стационара следующая: гумус – 4,18%, подвижный фосфор – 118 мг/кг, обменный калий – 150 мг/кг.

Объектами исследования – травосмеси с различным видовым составом. В состав травосмеси входили: фестулолиум (10 кг/га), райграс пастбищный (10 кг/га), овсяница луговая (5 кг/га), овсяница красная (3 кг/га), клевер ползучий (4 кг/га). В остальные травосмеси добавляли дополнительный бобовый компонент: клевер луговой – 4,5 кг/га, люцерну посевную – 6 кг/га, лядвенец рогатый – 5,5 кг/га, эспарцет – 15 кг/га.

Опыты по изучению сравнительной продуктивности многолетних трав проводили в 4-х кратной повторности с рендомизированным размещением вариантов. Общая площадь делянки – 20 м². Посев беспокровный. В период вегетации проводили от 4 до 5

укосов в зависимости от года пользования.

Агротехника в опытах общепринятая. В качестве предшественников под многолетние травы использовали зерновые. В почву вносились фосфорные и калийные удобрения – P₆₀K₁₂₀. Для борьбы с сорной растительностью проводили подкашивание травостоя на высоте 10 см через 30 дней после посева.

Учеты и наблюдения проведены согласно методическим указаниям по проведению полевых опытов с кормовыми культурами [9].

Ботанический состав анализировался путем разбора образцов по видам трав и их взвешивания. Пробы на ботанический анализ брались со всех повторностей каждого варианта, смешивались, отбиралась средняя проба.

Учет урожайности зеленой массы проводился путем скашивания с помощью косилки на высоте 5–6 см от поверхности почвы и взвешивания зеленой массы травостоя.

Пробы на химический анализ отбирались накануне скашивания (но не раньше, чем за 1–2 дня до него) в сухую погоду, после схода росы. Масса средней пробы не менее 1 кг. Зоотехнический анализ кормов проводился в аккредитованной лаборатории Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси, осуществляющей контроль за качеством и безопасностью кормов, комбикормов и комбикормового сырья в Брестской области. Химический состав кормов был изучен по общепринятым методикам зоотехнического анализа и в соответствии с действующими ГОСТами:

– сырой протеин – ГОСТ 13496.4-93. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы опреде-

ления содержания азота и сырого протеина (титриметрический метод определения азота по Кьельдалю);

– сырая клетчатка – ГОСТ 13496.2-91. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения сырой клетчатки;

– сухое вещество – ГОСТ 27548-97. Корма растительные. Методы определения содержания влаги.

Содержание кормовых единиц и обменной энергии определяли по ГОСТу 27978-88. Корма зеленые. Технические условия.

На основе полученных данных рассчитывали продуктивность травостоев.

В ходе исследований установлено, что пастбищные травостои на дерново-глеевой песчаной почве в среднем за 2010–2013 годы формировали урожайность зеленой массы 314,3–320,6 ц/га. Включение дополнительных компонентов (клевера лугового, люцерны посевной, лядвенца рогатого, эспарцета) не способствовало существенному повышению урожайности зеленой и сухой массы травостоев (таблица 1).

При анализе продуктивности пастбищных травостоев выявлены незначительные отличия между травосмесью с клевером ползучим и травосмесями, содержащими дополнительный бобовый компонент. Выход кормовых единиц бобово-злаковых травостоев на дерново-глеевой песчаной почве в среднем за четыре года находился на уровне 57,5–60,6 ц/га, сбор сырого протеина – 12,1–12,4 ц/га (таблица 2).

Одним из важнейших критериев при оценке урожайности смешанных посевов является доля бобового компонента. В ходе исследований выявлено,

Таблица 1. – Урожайность пастбищных травостоев на дерново-глеевой песчаной почве за вегетационный период

ТРАВΟΣМЕСИ	Урожайность за вегетационный период, ц/га				Среднее значение за 4 года, ц/га
	1-й г.ж. ¹	2-й г.ж.	3-й г.ж.	4-й г.ж.	
Травосмесь с клевером ползучим	<u>264,3</u> 51,8	<u>385,0</u> 77,6	<u>347,8</u> 68,2	<u>285,3</u> 60,4	<u>320,6</u> 64,5
Травосмесь с клевером ползучим + клевер луговой	<u>255,3</u> 50,3	<u>390,8</u> 78,0	<u>340,6</u> 67,1	<u>294,3</u> 62,4	<u>320,3</u> 64,4
Травосмесь с клевером ползучим + люцерна посевная	<u>253,9</u> 49,5	<u>391,1</u> 79,1	<u>334,9</u> 65,3	<u>284,6</u> 60,3	<u>316,1</u> 63,5
Травосмесь с клевером ползучим + лядвенец рогатый	<u>259,5</u> 50,6	<u>383,3</u> 77,3	<u>348,2</u> 67,9	<u>283,9</u> 60,1	<u>318,7</u> 64,0
Травосмесь с клевером ползучим + эспарцет	<u>252,6</u> 49,5	<u>375,5</u> 75,5	<u>344,0</u> 67,4	<u>285,2</u> 60,4	<u>314,3</u> 63,2
НСР ₀₅	<u>24,3</u> 4,8	<u>33,5</u> 6,7	<u>26,9</u> 5,3	<u>23,7</u> 5,1	–

Примечание: 1 – урожайность зеленой массы, ц/га; 2 – урожайность сухого вещества, ц/га

Таблица 2. – Продуктивность пастбищных травостоев на дерново-глебоватой песчаной почве в среднем за 2010–2013 гг.

ТРАВОСМЕСИ	Выход кормовых единиц, ц/га	Сбор сырого протеина, ц/га
Травосмесь с клевером ползучим	60,6	12,4
Травосмесь с клевером ползучим + клевер луговой	59,9	12,3
Травосмесь с клевером ползучим + люцерна посевная	58,4	12,2
Травосмесь с клевером ползучим + лядвенец рогатый	58,8	12,3
Травосмесь с клевером ползучим + эспарцет	57,5	12,1

что общая доля бобового компонента в течение четырех лет жизни постепенно увеличивалась с 9,7–13,7 % до 36,8–49,6 % в зависимости от состава травостоя (таблица 3).

Таблица 3. – Участие бобовых компонентов в формировании урожайности пастбищных трав на дерново-глебоватой песчаной почве

БОБОВЫЙ КОМПОНЕНТ	Ботанический состав, %			
	1 г.ж.	2 г.ж.	3 г.ж.	4 г.ж.
Клевер ползучий	9,7	22,2	37,4	38,8
Клевер ползучий	6,9	18,8	30,1	37,6
Дополнительный бобовый компонент – клевер луговой	6,7	16,3	9,2	4,4
Клевер ползучий	7,8	19,7	32,5	32,8
Дополнительный бобовый компонент – люцерна	4,5	4,9	6,3	7,4
Клевер ползучий	8,1	18,5	25,9	35,8
Дополнительный бобовый компонент – лядвенец	5,6	10,2	11,2	13,8
Клевер ползучий	7,6	17,7	30,0	35,2
Дополнительный бобовый компонент – эспарцет	3,9	2,1	1,9	1,6

В первый год жизни пастбищных травостоев содержание бобового компонента не превышало 13,7 %. При этом в травосмесях с двумя бобовыми компонентами клевер ползучий занимал 6,9–8,1 % от общего состава, а на дополнительный бобовый компонент приходилось 3,9–6,7 %. В травосмеси с участием только клевера ползучего клевер составил 9,7 %.

На второй год жизни процент участия в урожае бобовых трав повысился и находился в пределах 19,8–35,1 %. Среди бобовых компонентов отмечено увеличение содержания в травостое клевера ползучего – в 2,3–2,7 раз в зависимости от состава травос-

меси, клевера лугового – в 2,4, лядвенца – в 1,8 раза по сравнению с предыдущим годом. Содержание эспарцета в травостоях уменьшилось, а люцерны практически не изменилось.

На третий год жизни пастбищных травостоев доля бобового компонента продолжала увеличиваться и составила 37,4% в травосмеси с клевером ползучим и 31,9–39,3 % в травосмесях с дополнительным бобовым компонентом. Наибольшая доля в урожае среди бобовых компонентов приходилась на высокоотавный клевер ползучий – 25,9–32,5 %. Этому способствовало изреживание фестулолиума и райграса пастбищного в травостое, а также разрастание клевера благодаря достаточной влагообеспеченности почвы и биологическим особенностям культуры: интенсивному развитию и укоренению боковых побегов при стратификации в ранние фазы развития [9]. Ценотическая активность клевера лугового уменьшилась в 1,8 раз относительно прошлого года, а люцерны, лядвенца и эспарцета значительно не изменилась.

На четвертый год жизни общая доля бобового компонента в пастбищных травостоях увеличилась незначительно относительно прошлого года. Содержание клевера лугового в травостое уменьшилось в 2 раза по сравнению с предыдущим годом. Однако за счет разрастания клевера ползучего общая доля участия бобовых трав в урожае сильно не изменилась.

Среди бобовых компонентов наиболее конкурентоспособным оказался клевер ползучий – основной бобовый компонент многолетних пастбищных травостоев. В среднем за четыре года процент его участия в исследуемых вариантах травосмесей составил 22,3–27,5 %. Более стабильным содержанием клевера ползучего в урожае характеризовались третий и четвертый годы жизни травостоев, где процентное участие клевера составило в среднем 31,2 и 36,0 %. Среди дополнительных бобовых компонентов наибольшим содержанием отличался лядвенец рогатый. Доля эспарцета в составе бобовозлаковых травосмесей оказалась самой низкой по сравнению с остальными бобовыми травами.

Качество корма характеризуется содержанием протеина, кормовых единиц и обменной энергии. При анализе вышеуказанных показателей оказалось, что в связи с оптимальной долей бобового компонента, полученный корм отличался довольно высокой питательной ценностью (таблица 4).

Таблица 4. – Химический состав и энергетическая ценность пастбищной травосмеси в среднем за четыре года жизни (2010–2013 гг.)

ТРАВОСМЕСЬ	Содержание		Обменная энергия, МДж/кг сухого вещества	Питательность сухого вещества, к.ед.
	сырого протеина, % в сухом веществе	сырой клетчатки, % в сухом веществе		
Травосмесь с клевером ползучим	19,23	23,49	10,77	0,94
Травосмесь с кл. ползучим + клевер луговой	19,10	23,80	10,72	0,93
Травосмесь с кл. ползучим + люцерна посевная	19,20	24,13	10,66	0,92
Травосмесь с кл. ползучим + лядвенец рогатый	19,15	24,19	10,65	0,92
Травосмесь с кл. ползучим + эспарцет	19,20	24,45	10,60	0,91

Из данных таблицы видно, что отличия между пастбищными травостоями незначительные: питательная ценность находилась в пределах 0,91–0,94 к.ед., обменная энергия – 10,60–10,77 МДж/кг, сырой протеин – 19,10–19,23 % в сухом веществе.

Заключение

Проведена сравнительная оценка продуктивности многолетних бобово-злаковых травостоев с разными бобовыми компонентами на дерново-глебоватой песчаной почве в условиях Белорусского Полесья. Установлено, что оптимальным бобовый компонентом для пастбищных травосмесей является клевер ползучий, доля которого составляет в среднем за четыре года жизни – 22,3–27,5 % в зави-

симости от состава травосмеси. Введение в травосмесь дополнительного бобового компонента (клевера лугового, люцерны посевной, лядвенца рогатого, эспарцета) не оказало существенного влияния на повышение общей доли бобового компонента и увеличение продуктивности пастбищных травостоев. Разработанные бобово-злаковые пастбищные травосмеси на хорошо осушенной дерново-глебоватой песчаной почве с оптимальной долей бобового компонента в травостое способствуют получению высокопитательного пастбищного корма с содержанием 0,91–0,94 кормовых единиц и 19,2–19,4 % сырого протеина в сухом веществе соответственно (в среднем за четыре года).

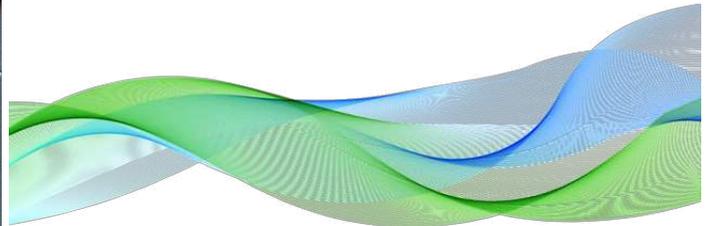
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Создание и использование высокопродуктивных бобово-злаковых пастбищ / В.К. Павловский [и др.]. – РУП «Институт мелиорации», 2007. – 67 с.
2. Мееровский, А.С. Оптимизация травостоев сенокосов и пастбищ / А.С. Мееровский, А.Л. Бирюкович. – Минск : Белорусская наука, 2009. – 231 с.
3. Шелюто, Б. В. Создание и рациональное использование пастбищ: рекомендации / Б. В. Шелюто, Т. К. Нестеренко. – Горки : БГСХА, 2016. – 36 с.
4. Система применения удобрений / В.В. Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапы – Гродно : ГГАУ, 2011. – 418 с.
5. Жеруков, Б. Х. Продуктивность разнопоспевающих травостоев в зависимости от видового состава / Б. Х. Жеруков, К. Г. Магомедов, Ф. Х. Тукова // Кормопроизводство. – 2003. – № 4. – С. 11–12.
6. Лукашев, В. Н. Роль многолетних бобовых трав в системе кормопроизводства / В. Н. Лукашев // Кормопроизводство. – 2001. – № 6. – С. 18–22.
7. Шелюто Б.В. Пастбищное хозяйство: теория и практика: практическое пособие / Б.В. Шелюто, А.А. Шелюто, А.А. Горновский. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2010. – 108 с.
8. Кутузова, А. А. Пути увеличения производства растительного белка / А. А. Кутузова // Кормопроизводство. – 1983. – № 10. – С. 92–97.
9. Новоселов, Ю.К. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / Ю.К. Новоселов, Г.Д. Харьков, Н.С. Шеховцов. – М. : ВИК, 1983. – 198 с.
10. Лепкович, И.П. Луговое хозяйство в России / И.П. Лепкович. – СПб. : Профи-информ, 2005. – 424 с.

Поступила 18.06.2017



КЛИМКОВ
Василий Тихонович
(к 80-летию со дня рождения)



Родился 18 мая 1938 года на хуторе Затище Круглянского района Могилевской области в семье служащего. В 1939 году вместе с семьей переехал на постоянное место жительства в г. Толочин Витебской области. В 1955 году окончил Толочинскую среднюю школу №1 и в 1956 году поступил в Белорусскую сельскохозяйственную академию (БСХА) на гидромелиоративный факультет.

Во время учебы в БСХА брал годичный отпуск, во время которого работал в строительных организациях Бешенковичского района Витебской области в должности масте-

ра, начальника участка. После отпуска продолжил учебу в БСХА, которую окончил с отличием в 1962 году и был направлен на работу в Белорусский научно-исследовательский институт мелиорации и водного хозяйства.

В институте работал на должностях: младший научный сотрудник, аспирант, главный инженер лаборатории, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией.

Во время работы в институте в 1969 году защитил кандидатскую диссертацию на тему: «Исследование конструктивных особенностей пластмассового дренажа», а в 1997 году – докторскую диссертацию на тему: «Совершенствование конструкций мелиоративных систем на основе полимерных материалов». В 2008 году присвоено звание профессора.

Работал над выполнением НИР государственной тематики и хоздоговорных работ. Лауреат Всесоюзной выставки научно-технического творчества молодежи. За участие в выставках награжден серебряной и бронзовыми медалями, дипломами и грамотами ВДНХ СССР и БССР. Неоднократно премировался за выполненные работы.

Избирался в руководящие посты общественных организаций, был в течение 17 лет ученым секретарем совета по защите диссертаций. Академик Белорусской Инженерной Академии (2004 год).

Участвовал в научной конференции в Чехословакии в 1984 году, в 1989 году был командирован в составе научной делегации в Китайскую Народную Республику.

В 2002–2017 гг. работал в Белорусском национальном техническом университете профессором кафедры водоснабжения и водоотведения.

Основное направление научной деятельности – совершенствование конструкций мелиоративных систем, главным образом, сельскохозяйственного дренажа и водоснабжения, отличающиеся практической направленностью, что отражено в 8 нормативных документах.

Опубликовал 150 научных работ, имеет 18 патентных документов на изобретения, подготовил двух кандидатов технических наук.

Подготовил к публикации монографию «Гидротехнический Дренаж и новые материалы», в которой представлены результаты всесторонних лабораторных и полевых исследований различных материалов в дренажных конструкциях в различных природных условиях республики. Целью монографии является максимально эффективное использование новых материалов при реконструкции и модернизации существующих дренажных систем без проведения дорогостоящих экспериментов.

Василий Тихонович всегда пользовался заслуженным авторитетом у своих коллег. Его ценили за профессионализм, высокие человеческие качества. Ему присущи такие замечательные черты, как порядочность, интеллигентность, доброжелательность.

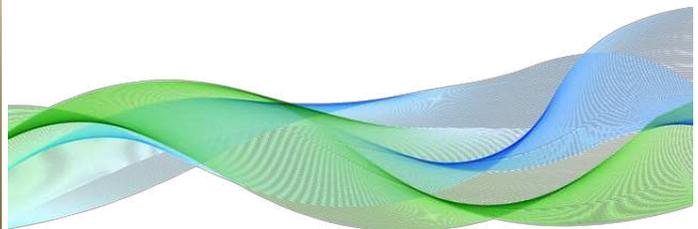
Доктор технических наук, профессор
М.Г. Голченко

*Доктор технических наук профессор, профессор,
заслуженный изобретатель Республики Беларусь*
В.Н. Кондратьев

Кандидат технических наук, доцент
А.И. Митрахович



ГОЛЧЕНКО
Михаил Герасимович –
ученый от земли и для земли
(к 75-летию со дня рождения)



Доктор технических наук, профессор, заслуженный работник народного образования БССР, основатель и руководитель научно-педагогической школы по оросительным мелиорациям.

Родился 20 апреля 1943г. в д. Плещицы Шкловского района в многодетной бедной крестьянской семье.

В 1960 году Михаил Герасимович окончил с серебряной медалью Заходскую среднюю школу и в тот же год поступил в Белорусскую сельскохозяйственную академию на гидромелиоративный факультет. В 1965 году после окончания академии был призван в ряды Советской Армии. Служил в Ракетных войсках стратегического назначения. После службы был направлен на работу в БСХА на кафедру сельскохозяйственных мелиораций на должность ассистента. Здесь он работает по настоящее время, пройдя все ступеньки педагогического роста.

В 28 лет Михаил Герасимович защитил кандидатскую диссертацию, основной вывод которой: в условиях неустойчивого режима естественной тепловлагообеспеченности территории Белоруссии получать высокие, и главное, устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур невозможно без применения оросительных мелиораций.

С 1973 по 1984 гг. работал зам. декана и деканом гидромелиоративного факультета БСХА. С 1984 по 1986 год – освобожденным секретарем партийного комитета академии. Неоднократно избирался депутатом Горецкого городского Совета народных депутатов.

Указом Президиума Верховного Совета БССР в 1990 г. за большой личный вклад в подготовку высококвалифицированных кадров для села, разработку и внедрения научных достижений в сельскохозяйственное производство, активное участие в общественной жизни присвоено почетное звание «Заслуженный работник народного образования Белорусской ССР».

Далее, в 2009г., защитил докторскую диссертацию на тему: «Научно-практические основы орошения сельскохозяйственных угодий на минеральных почвах Республики Беларусь».

Под руководством М.Г. Голченко 11 аспирантов защитили в Советах Минска, Москвы и Каунаса кандидатские диссертации. При его непосредственном участии и руководстве разработано около 20 нормативных документов в области оросительных мелиораций. Разработки внедрены при составлении более 300 проектов для орошения около 160 тыс. га земель. Инициатор и организатор создания учебно-опытного оросительного комплекса БСХА «Тушково», который функционирует с 1985 года. Опубликовал более 400 научных учебно-методических и справочно-информационных работ, в том числе около 40 учебников, учебных пособий, монографий, книг, справочников, типовых программ.

Разработки неоднократно экспонировались на ВДНХ СССР, Республиканских выставках, в 1995 г. на выставке для фермеров Республики Беларусь и в 2004 г. на II Республиканском экологическом форуме. Награжден бронзовой медалью ВДНХ СССР, а также Почетными грамотами Министерств сельского хозяйства СССР и БССР, Академии наук БССР, ВАК РБ, Министерств мелиорации и водного хозяйства СССР и БССР, Концерна «Белмелиоводхоз», БГСХА. Национальный комитет по ирригации и дренажу Российской Федерации в 2006 году наградил нагрудным знаком «За заслуги в мелиорации».

И сейчас Михаил Герасимович продолжает свою активную научно-педагогическую деятельность. В 2017 году вышла подготовленная совместно с членом-корреспондентом НАН РБ, профессором А.П. Лихацевичем книга «Орошаемое плодовоовощеводство», которая допущена Министерством образования РБ в качестве учебного пособия для студентов агрономических специальностей учреждений высшего образования. Готовится к третьему переизданию учебник для студентов ВУЗов по специальности «Мелиорация и водное хозяйство» «Сельскохозяйственные мелиорации» (соавторы А.П. Лихацевич, Г.И. Михайлов). Продолжается работа по подготовке к изданию нового учебного пособия «Практикум по орошаемому плодовоовощеводству». Осуществляет руководство аспирантами.

Кандидат технических наук
А.С. Анженков

Правила для авторов

1. В журнале печатаются оригинальные материалы, не опубликованные ранее в других печатных изданиях.
2. Объем статьи должен составлять не менее 0,35 авторского листа (14 тыс. печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и др.), но не более 0,5 авторского листа (20 тыс. печатных знаков), включая текст, иллюстрации, таблицы, библиографию.
3. К статье необходимо приложить: экспертное заключение о возможности опубликования; краткие сведения об авторах: фамилия, имя и отчество автора полностью, ученое звание, должность, полное название учреждения (организации), телефон, адрес и e-mail для связи с автором. Если авторов несколько, то сведения представляются по каждому автору отдельно.
4. Согласно Постановлению ВАК Беларуси от 28 февраля 2014 г. N 3 (глава 5 Инструкции по оформлению диссертации, автореферата и публикации по теме диссертации) представляемые материалы должны включать следующие элементы: индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК); ключевые слова; аннотацию на русском и английском языках (500 знаков); введение; основную часть, включающую графики и рисунки; заключение, завершаемое четко сформулированными выводами; список цитированных источников.
5. В разделе «Введение» должен быть дан краткий обзор литературы по исследуемой проблеме, указаны нерешенные ранее вопросы, сформулирована и обоснована цель работы.
6. Основная часть статьи должна содержать описание методики, объектов исследования и подробно освещать содержание исследований, проведенных автором (авторами). Полученные результаты должны быть обсуждены с точки зрения их научной новизны и сопоставлены с соответствующими известными данными.
7. В разделе «Заключение» должны быть в сжатом виде сформулированы основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения.
8. Список литературы оформляется в соответствии с «Инструкцией по оформлению диссертации, автореферата и публикаций по теме диссертации», располагается в конце текста, ссылки нумеруются согласно порядку цитирования в тексте и заключаются внутри квадратных скобок (например: [1], [2]). Обязательно указывается общее количество страниц статьи от начала до окончания. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.
9. Иллюстрации, формулы, уравнения и сноски, встречающиеся в статье, должны быть пронумерованы в соответствии с порядком цитирования в тексте.
10. 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.
11. Электронный вариант следует набирать в Microsoft Word, формулы – в формульном редакторе Office. Вставку символов выполнять через меню «Вставка\Символ». Выключку вверх и вниз (H^2 , H_1) выполнять через меню «Формат\Шрифт\Верхний индекс», «Формат\Шрифт\Нижний индекс». Латинские буквы набираются курсивом. Греческие буквы и другие математические знаки брать из гарнитуры «Symbol». Математические формулы (\lim , \sum , \ln , \sin , Re , Im и т. д.) и цифры набираются прямым начертанием.
12. Рисунки даются в виде отдельных файлов в формате TIF, JPG не менее 600 точек на дюйм. Текст на рисунках должен быть набран гарнитурой Arial Narrow, полужирный. Размер кегля 12 пт. Площадь простых рисунков не должна превышать 100-150 см², размер сложных – не более 130x160 мм. На обороте рисунков указываются фамилии авторов, название статьи и номер рисунка.
13. Размерность всех величин, используемых в статьях, должна соответствовать Международной системе единиц измерения (СИ).
14. Редакция оставляет за собой право сокращать текст и вносить редакционную правку.