



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

Федеральное государственное бюджетное научное
учреждение Федеральный исследовательский центр
«Почвенный институт имени В.В. Докучаева»

Всероссийский научно-исследовательский институт
мелиорированных земель – филиал Федерального
государственного бюджетного научного учреждения
Федерального исследовательского центра
«Почвенный институт имени В.В. Докучаева» (ВНИИМЗ)

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПРИОРИТЕТНЫЕ ЗАДАЧИ
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АГРАРНОЙ НАУКИ
НА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ**

ЧАСТЬ 2

Материалы международной научно-практической конференции,
ВНИИМЗ, г. Тверь, 25 сентября 2020 года

ТВЕРЬ 2020

УДК 631.6; 631.4; 631.5; 631.8
ББК П065.9
С56

Ответственные за выпуск:

О.Н. Анциферова, кандидат сельскохозяйственных наук;
Т.Н. Пантелеева

С56 Современное состояние, приоритетные задачи и перспективы развития аграрной науки на мелиорированных землях. Часть 2: материалы международной научно-практической конференции, ВНИИМЗ, г. Тверь, 25 сентября 2020 г. – Тверь: Тверской государственный университет, 2020. – 200 с.

В сборнике представлены материалы международной научно-практической конференции «*Современное состояние, приоритетные задачи и перспективы развития аграрной науки на мелиорированных землях*» (Россия, ВНИИМЗ, г.Тверь, 25 сентября 2020 г.). На конференции рассмотрены приоритетные задачи и перспективы развития аграрной науки на мелиорированных землях, освещены проблемы современных систем земледелия и инновационных агро- и биотехнологий, обсуждены вопросы управления плодородием почв, агромелиоративным состоянием и продуктивностью мелиорированных земель, отражены актуальные вопросы кормопроизводства в условиях мелиорации и эффективного использования почвенных и водных ресурсов.

Издается в авторской редакции

Подписано в печать 2.11.2020. Формат 60х84 ¹/₁₆.

Усл. печ. л. 11,6. Тираж 300. Заказ № 298.

Редакционно-издательское управление

Тверского государственного университета.

Адрес: 170100, г. Тверь, Студенческий пер. 12, корпус Б.

Тел. РИУ (4822) 35-60-63.

ISBN 978-5-7609-1581-8

ISBN 978-5-7609-1583-2

© Коллектив авторов, 2020

© ВНИИМЗ, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ III. Управление плодородием почв, агромелиоративным состоянием и продуктивностью мелиорированных земель

Кашулина Г.М., Чуева Н.В., Коробейникова Н.М. Перспективы использования сидератов для поддержания плодородия почв экспериментальных участков ботанического сада на Кольском полуострове. <i>ФГБНУ «Полярно-альпийский ботанический сад-институт КНЦ РАН», г. Апатиты, РФ</i>	6
Касатиков В.А., Шабардина Н.П. Действие и последствие агрохимиката на основе осадка городских сточных вод на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы и урожайность злаковой травосмеси. <i>ВНИИОУ – филиал ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», п. Вяткино, Владимирская обл., РФ</i>	13
Самбуу А.Д., Аюнова О.Д., Монгуш Ш.В. Плодородие агромелиоративных почв юга Тувы. <i>Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, Тувинский государственный университет, г. Кызыл, Тува, РФ</i>	17
Анциферова О.А. Пестрота запасов продуктивной влаги под озимым рапсом в условиях контрастного почвенного покрова. <i>ФГБОУ ВО Калининградский ГТУ, г. Калининград, РФ</i>	23
Ахметьева Н.П., Михайлова А.В. Использование торфяных почв и удобрений в центральных областях Российской Федерации. <i>Институт водных проблем РАН, ГЕОХИ РАН, г. Москва, РФ</i>	30
Дуброва Ю.Н. Использование сапропелевых мелиорантов на основе потенциала местных месторождений. <i>УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», г. Горки, Беларусь</i>	36
Степанова Н.Е. Контроль плодородия почв в волгоградском регионе. <i>ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, г. Волгоград, РФ</i>	41
Иванова Ж.А., Конашенков Е.А. Точная система удобрения и агрофизическое состояние дерново-подзолистой почвы. <i>ФГБНУ АФИ, Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения – Санкт-Петербургский ФИЦ РАН, г. Санкт-Петербург, РФ</i>	46
Кузьменко Н.Н. Влияние разных систем удобрений и известкования на показатели плодородия дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы. <i>ФГБНУ ФНЦ Лубяных культур, ОП г. Торжок, РФ</i>	52
Меньшикова С.А. Перспективы развития исследований агромелиоративных технологий и приемов повышения плодородия почв Нечерноземной зоны. <i>ФГБНУ ВНИИГиМ, г. Москва, РФ</i>	58
Трешкин И.А. Новые виды органических удобрений на дерново-подзолистых почвах Нечерноземной зоны. <i>ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (ВНИИМЗ), г. Тверь, РФ</i>	64
Кузьмин Е.А., Кузьмин А.Е. Цеолит как сорбент питательных элементов в почве. <i>ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (ВНИИМЗ), г. Тверь, РФ</i>	67

РАЗДЕЛ IV. Актуальные вопросы кормопроизводства в условиях мелиорации

Капсамун А.Д., Павлючик Е.Н., Иванова Н.Н., Анциферова О.Н., Пушкина Л.В. Кормовая ценность многолетних бобовых трав, выращенных на осушаемых землях Нечерноземья. <i>ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (ВНИИМЗ), г. Тверь, РФ</i>	69
Павлючик Е.Н., Капсамун А.Д., Иванова Н.Н., Епифанова Н.А. Формирование травостоев бобово-злакового типа на мелиорированных землях Тверской области. <i>ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (ВНИИМЗ), г.Тверь, РФ</i>	75
Иванова Н.Н., Анциферова О.Н., Капсамун А.Д., Павлючик Е.Н., Вагунин Д.А., Амбросимова Н.Н. Клевер ползучий – основа пастбищных травосмесей на осушаемых землях Нечерноземья. <i>ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (ВНИИМЗ), г. Тверь, РФ</i>	83
Иванов Д.А., Карасева О.В., Рублюк М.В. Результаты долговременного мониторинга урожайности многолетних трав в пределах агроландшафта моренного холма. <i>ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (ВНИИМЗ), г. Тверь, РФ</i>	90
Алехина Ю.В., Дрозд Д.А. Особенности биологического развития клевера лугового при дополнительном увлажнении дождеванием. <i>УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», г. Горки, Республика Беларусь</i>	93
Кукреш А.С. Повышение продуктивности многолетних бобово-злаковых травосмесей путем применения бактериальных препаратов и орошения дождеванием. <i>УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», г. Горки, Республика Беларусь</i>	99
Иванова Ж.А., Филиппов П.А., Филиппова П.С. К вопросу о поиске оптимальной концентрации йода для подкормки однолетних трав в агрофизическом стационаре. <i>ФГБНУ АФИ, Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения – Санкт-Петербургский ФИЦ РАН, г. Санкт-Петербург, РФ</i>	103
Уланов Н.А. Влияние агроклиматических условий на продуктивность старопашотных выработанных торфяников в условиях регулируемого водного режима. <i>Кировская лугоболотная опытная станция – филиал ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», п. Юбилейный, Кировская обл., РФ</i>	107
Иванов Д.А., Пугачёва Л.В., Лисицын Я.С. Динамика значений коэффициентов фитоценоотического сходства агрофитоценоза овса с подсевом трав в пределах агроэкологического стационара. <i>ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (ВНИИМЗ), г. Тверь, РФ</i>	110
Иванов Д.А., Рублюк М.В., Карасева О.В. Особенности пространственно-временной динамики урожайности пятикомпонентной травосмеси в пределах осушаемого агроландшафта. <i>ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (ВНИИМЗ), г. Тверь, РФ</i>	116
Иванова Н.Н., Капсамун А.Д., Павлючик Е.Н., Анциферова О.Н., Вагунин Д.А., Амбросимова Н.Н., Пантелеева Т.Н. Оптимальный способ сохранения брошенных осушаемых земель ЦР Нечерноземья – возделывание козлятника восточного. <i>ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (ВНИИМЗ), г. Тверь, РФ</i>	120

Рублюк М.В., Иванов Д.А., Карасева О.В. Питательная ценность и продуктивность бобово-злаковой травосмеси в мелиорированных агроландшафтах. <i>ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (ВНИИМЗ), г. Тверь, РФ</i>	128
Вагунин Д.А., Иванова Н.Н., Епифанова Н.А., Амбросимова Н.Н. Использование козлятника восточного в многолетних травостоях на мелиорированных землях нечерноземной зоны РФ. <i>ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (ВНИИМЗ), г.Тверь, РФ</i>	134
РАЗДЕЛ V. Эффективное использование почвенных и водных ресурсов	
Кашенко Н.М., Васильев В.В., Ковалев В.П. Расчет параметров дренажа полевых систем сельскохозяйственного назначения. <i>Балтийский Федеральный университет им. И. Канта, г. Калининград, РФ, УО БГСХА, г. Горки, Беларусь, ООО «Бюро мелиоративных технологий», г. Калининград, РФ</i>	141
Ковалев И.В. Диагностика полугидроморфных минеральных почв и эффективность их осушения разными видами дренажа. <i>МГУ им. М.В. Ломоносова, факультет почвоведения, г. Москва, РФ</i>	147
Рязанцев А.И., Антипов А.О., Евсеев Е.Ю., Смирнов А.И. Направления совершенствования регулирующих устройств для многоопорных дождевальных машин кругового действия типа «Кубань-ЛК1». <i>ФГБНУ ВНИИ «Радуга», Государственный социально-гуманитарный университет, г. Коломна, Рязанский ГАТУ им. П.А. Костычева, г. Рязань, РФ</i>	155
Лытов М.Н. Функциональная структура комбинированной системы орошения для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза. <i>ФГБНУ ВНИИ-ГиМ им. А.Н. Костякова, Волгоградский филиал, г. Волгоград, РФ</i>	160
Майер А.В. Передвижной поливной миниагрегат для полевых исследований. <i>ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, Волгоградский филиал, г. Волгоград, РФ</i>	165
Майер А.В. Регулирование гидротермического режима в агрофитоценозах и система орошения для его осуществления. <i>ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, Волгоградский филиал. г. Волгоград, РФ</i>	169
Зинковская Т.С., Зинковский В.Н., Анциферова О.Н., Сорокина В.А., Шапаронян Л.А., Подолян Е.А. К методике экологической оценки качества выполнения мелиоративных работ на агроландшафтах. <i>ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (ВНИИМЗ), г. Тверь, РФ</i>	177
Анженков А.С., Шкутов Э.Н., Иванов В.П., Свиридович Т.Г. Оценка эффективности нового метода утилизации валов ДКР. <i>РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Республика Беларусь</i>	184
Насонов С. Ю. Технология производства планировочных работ мелиоративным клин-планировщиком. <i>ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ</i>	191
Цыркунова Ю.С. Источники данных и функции ГИС, применяемые для автоматизации процессов проектирования в мелиорации. <i>УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», г. Горки, Республика Беларусь</i>	195

РАЗДЕЛ III. Управление плодородием почв, агромелиоративным состоянием и продуктивностью мелиорированных земель

УДК 631.874

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИДЕРАТОВ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ БОТАНИЧЕСКОГО САДА НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ

Кашулина Г.М., д.б.н., Чуева Н.В., Коробейникова Н.М.

ФГБНУ «Полярно-альпийский ботанический сад-институт КНЦ РАН»,
г. Анапиты, Россия

Зеленое удобрение считается одним из наиболее эффективных средств поддержания плодородия почв (например, Довбан, 1990). Сидераты, обогащая почву органическим веществом, улучшают ее агрохимические, физико-химические и физические свойства.

На экспериментальном участке самого северного на территории России ботанического сада – Полярно-альпийского ботанического сада-института КНЦ РАН (ПАБСИ) в летний сезон 2017 года был проведен демонстрационный эксперимент с выращиванием различных видов сидератных растений. Основной целью проведения демонстрационного эксперимента была оценка количества выращенной биомассы сидератных растений и ее соизмеримость с рекомендуемыми для региона дозами органических удобрений. На 15 площадках было заложено 4 варианта опыта: 1 – контроль – без посадки сидератных культур (пл. 8, 11 и 14); 2 – овес *Avena sativa* (пл. 2, 3, 4, 6, 7 и 10); 3 – овес + вика – *Vicia faba* (пл. 1, 5, 9); 4 – овес + однолетний люпин *Lupinus angustifolia*, сорт Агата + горох *Pisum sativum* L., сорт Орегон шуга (пл. 12, 13, 15). Посев растений был произведен 25 июня. Нормы высева сидератных культур были следующими: на площадках № 2, 3, 4, 6, 7 и 10: – 80 г/м² овса; на площадках 1, 5 и 9 – 80 г/м² овса и 40 г/м² вики; на площадках № 12, 13 и 15 – овес 24 г/м², гороха 14 г/м² и, в зависимости от внешних признаков уровня плодородия почв на площадке, 16 (пл. 13 и 15 – бедные почвы) или 10 (пл. 12 – богатая почва) г/м² люпина.

Перед посевом растений в почву на всех площадках, включая контроль, были внесены: известь 200 г/м² и комплексное удобрение «Фертика», содержащее NPK 12/8/14% в количестве 40 г/м². Норма внесения извести и удобрений были рассчитаны по результатам обследования коллекционного питомника травянистых растений (Кашулина и др., 2017), расположенного рядом с участком, где проводился демонстрационный эксперимент.

Учет биомассы на каждой площадке был произведен 3 сентября. Для этого была срезана вся надземная часть растений на 4-х квадратах 50х50см. На каждом учетном квадрате было подсчитано число произрастающих полезных растений, и взвешены растения каждого вида в сыром и воздушно-сухом видах. Для сорняков на площадках с посевами сидератных растений и в контроле определялся только суммарный сырой и воздушно-сухой вес.

Агрохимическое опробование почв площадок было проведено 21 сентября. На каждой экспериментальной площадке почвенным буром были отобраны смешанные (из 10 индивидуальных образцов) образцы почв из пахотного горизонта на глубину 15 см. К анализу почвенные образцы были подготовлены протираванием свежих образцов через сито 2 мм. Агрохимический анализ включал определение потери при прокаливании (ППП), полевой влажности, рН вытяжки 1Н КСl при соотношении почва-раствор 20:50, нитратного и аммиачного азота, извлеченного 2% K₂SO₄ в соотношении 10:150. Нитратный азот определялся дисульфифеноловым методом, аммиачный - методом Несслера. Фосфор и калий извлекались 0,2Н НСl вытяжкой в соотношении почва-раствор 1:50, фосфор определялся методом Кирсанова, калий – пламенно фотометрическим методом.

Как показали результаты агрохимического анализа (табл. 1), почвы на площадках значительно различаются по содержанию органического вещества, оцененного по величине PPP. Самым низким содержанием органического вещества характеризуются площадки, расположенные в правой части участка – пл. 13, 14, 15. Например, на пл. 13 величина PPP была наименьшей и составила всего 3.9%. Наоборот, самое высокое содержание органического вещества было свойственно площадкам в левой части участка – пл. 10, 11, 12. Величина PPP на этих площадках превышала 8%.

Почвы на большинстве площадок после выращивания сидератных растений характеризовались слабокислой реакцией: рН солевой вытяжки варьировала от 5.40 (пл. 11) до 6.16 (пл. 14). Сравнение результатов данного эксперимента и обследования почв коллекционного питомника травянистых растений осенью 2016 года (Кашулина и др., 2017), показало, что примененные дозы извести перед посевом сидератных растений были достаточны, чтобы существенно снизить кислотность почв экспериментального участка. Если по данным 2016 года 7% образцов почв коллекционного питомника, не известковавшихся длительное время, имели кислую реакцию (рНКСl от 4 до 4.5) и 30% - среднекислую (рНКСl от 4.5 до 5), то поч-

вы на всех площадках демонстрационного эксперимента после летнего внесения извести осенью имели слабокислую реакцию (pH_{KCl} 5.4-6.2). То есть, внесенные дозы извести позволили создать реакцию среды оптимальную для выращивания большинства сидератов. В то время как почвы коллекционных питомников травянистых растений явно нуждаются в известковании.

Сравнение результатов агрохимических анализов и существующих шкал обеспеченности почв региона элементами питания (Елсаков и др., 1980; Переверзев, 2004) показали, что почвы площадок демонстрационного эксперимента характеризуются очень высокой обеспеченностью доступным для растений фосфором. Однако сельскохозяйственные растения в регионе положительно отзываются на внесение фосфора вместе с калием, азотом и органическими удобрениями и поэтому рекомендованы для поддержания плодородия почв в регионе (Елсаков и др., 1980; Елсаков и др., 1983; Переверзев, Кислых, 1978). Предпосевное внесение фосфора и выращивание растений в демонстрационном эксперименте не сказалось на уровне обеспеченности почвы фосфором: его концентрации остались на уровне необработанных почв коллекционного питомника травянистых растений (Кашулина и др., 2017).

Таблица 1. Агрохимические свойства почв площадок демонстрационного эксперимента с сидератами

№ пл.	Вариант	pH_{KCl}	ППП, %	Питательные элементы, мг/100 г			
				N-NH ₄	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Овес+вика	6.04	7.7	1.06	0.13	69.4	17
2	Овес	5.44	7.1	0.73	0	54.9	13
3	Овес	5.55	5.8	0.53	0	64.8	13
4	Овес	5.58	7.2	1.59	0	78.01	13
5	Овес+вика	5.60	6.6	1.13	0	63.6	13
6	Овес	5.67	5.2	0.26	0	69.4	15
7	Овес	5.52	6.8	0.60	0	75.2	13
8	Контроль	5.70	4.7	0.46	0.41	46.3	13
9	Овес+вика	5.77	5.2	0.53	0	63.6	11
10	Овес	5.59	8.6	0.73	0	75.2	13
11	Контроль	5.40	8.3	0.79	0.33	78.1	15
12	Овес+ люпин+горох	5.60	8.8	0.60	0	66.5	11
13	Овес+люпин+горох	6.12	3.9	0.26	0	52.0	13
14	Контроль	6.16	4.5	0.40	0	54.9	13
15	Овес+люпин+горох	6.00	5.7	0.46	0.57	57.8	13

В соответствии со шкалой обеспеченности, разработанной В.Н. Перверзевым (2004) для почв Кольского полуострова, почвы площадок демонстрационного эксперимента характеризуются средним уровнем обеспеченности калием. Предпосевное внесение калия и выращивание растений в демонстрационном эксперименте также не сказалось на уровне обеспеченности почв калием после окончания вегетационного сезона. Концентрации доступного калия на площадках демонстрационного эксперимента (табл. 1) также остались на уровне необработанных почв коллекционного питомника травянистых растений (Кашулина и др., 2017).

В отличие от фосфора и калия, обеспеченность почв доступными минеральными формами азота характеризуется как экстремально низкая. Содержание доступных минеральных форм азота на площадках демонстрационного эксперимента (табл. 1) варьировало в том же диапазоне, что и на почвах коллекционного питомника травянистых растений (Кашулина и др., 2017). Однако в почвах коллекционного питомника доля нулевых значений в наборе данных для $N-NO_3$ составляла только 26% , в почвах с площадок демонстрационного эксперимента – уже 73%. Таким образом, использование почв экспериментального участка ПАБСИ требует ежегодного внесения умеренных доз фосфорных и калийных удобрений, а также высоких доз азотных удобрений.

Как показали результаты агрохимического анализа (табл. 1), почвы даже на выровненном (перепаханном) участке значительно различаются по содержанию органического вещества, кислотности и обеспеченности основными элементами питания. Так, по величине ППП площадки демонстрационного эксперимента различались в 2.2 раза. По содержанию доступного калия и фосфора – около 1.5 раз; по содержанию аммиачного азота и суммы аммиачного и нитратного азота - почти в 6 раз; по pH солевой вытяжки на 0.76 pH-единиц. Одним из наиболее значимых факторов, оказывающих влияние на агрохимические показатели, является содержание органического вещества в почвах. Достоверная положительная корреляция с ППП была выявлена для аммиачного азота ($r = 0.60$), суммы нитратного и аммиачного азота ($r = 0.51$) и фосфора ($r = 0.72$).

Число выросших сидератных растений и биомасса растений на площадках демонстрационного эксперимента представлена в табл.2. При одинаковой норме посева овса на больших площадках (80 г/м²) количество выросших растений значительно варьировала между площадками. Например, на пл. 3 на 1 м² выросло 667 растений овса, а на пл. 10 – 1364. При

совместном посеве овса и вики общее количество сидератных растений увеличивается. При этом соотношение растений овса и вики сохранялось постоянным на всех площадках, независимо от исходного уровня плодородия почв на площадке.

Таблица 2. Число растений, высота растений, а также сырая и воздушно-сухая биомасса надземной части каждого вида сидератных растений и сорняков на площадках демонстрационного эксперимента

№ пл.	Культура	Число растений, шт/м ²	Вес сырой, г/м ²	Вес сухой, г/м ²	Высота, см
1	Овес	902	2190	555	68
	Вика	237	670	180	77
	Сорняки	-	160	16	-
2	Овес	794	2540	750	84
	Сорняки	-	330	110	87
3	Овес	667	1860	695	70
	Сорняки	-	250	65	75
4	Овес	698	2110	655	74
	Сорняки	-	250	85	96
5	Овес	862	2280	765	80
	Вика	233	480	140	78
	Сорняки	-	120	25	-
6	Овес	711	1840	725	72
	Сорняки	-	160	55	74
7	Овес	930	2355	835	75
	Сорняки	-	210	80	63
8	Сорняки	-	920	190	29
9	Овес	1220	1930	770	72
	Вика	356	440	155	66
	Сорняки	-	65	17	-
10	Овес	1364	3366	1120	82
	Сорняки	-	187	40	79
11	Сорняки	-	1320	280	-
12	Люпин	27	307	87	72
	Горох	23	187	60	70
	Овес	636	2066	786	-
	Сорняки	-	187	47	-
13	Люпин	68	840	207	42
	Горох	39	280	120	51
	Овес	351	520	187	-
	Сорняки	-	40	20	-
14	Сорняки	-	667	213	-
15	Люпин	82	780	210	67
	Горох	56	440	160	55
	Овес	930	1740	590	68
	Сорняки	-	100	24	-

При совместном посеве овса, люпина и гороха и общее количество выросших растений и растений различного вида также значительно варьировало между участками. Например, общее число растений на пл. 13 (бедная почва) составило всего 457, а на пл. 15 (богатая почва) – 1068 шт./м². В этом варианте соотношение выросших растений различного вида также значительно варьировало между площадками. При этом наиболее значительно, более 2.5 раз, варьировало число растений овса и люпина.

Распределение сырой биомассы сидератных растений между площадками достоверно (при вероятности 99%) коррелировало с распределением числа растений: коэффициент корреляции для овса между этими показателями составил 0.75, для суммы всех сидератных растений – 0.69. Сырой суммарный вес надземной части всех растений, выросших за неполный вегетационный период (с 25 июня по 3 сентября) в демонстрационном эксперименте, варьировал от 1640 на пл. 13 до 3366 г/м² на пл. 10 (табл. 2). За счет корней, остающихся в почве, общая биомасса будет составлять еще более высокую величину. Для поддержания плодородия окультуренных почв в Мурманской области рекомендовано внесение от 4 до 9 кг навоза (Елсаков и др., 1980; Елсаков и др., 1983). Т.е., полученная в демонстрационном эксперименте биомасса сопоставима с рекомендуемыми нормами внесения традиционных органических удобрений.

Значительное варьирование выращенной биомассы между площадками, в почву которых было внесено одинаковое количество минеральных удобрений, связано с неоднородностью исходного плодородия почв на участке, используемом для эксперимента. Корреляционный анализ показал, что распределение сырой биомассы сидератных растений между площадками достоверно коррелировало ($r = 0.67$) с содержанием органического вещества в почвах, оцененного по величине ППП. Содержание органического вещества определяло не только содержание важных для растений элементов питания (см. выше), но и полевую влажность почвы, которая также достоверно коррелировала ($r = 0.92$) с величиной ППП.

Информация о соотношения биомассы разных сидератных культур в смешанных посевах может быть полезной при выборе вида зеленых удобрений. В варианте совместного посева овса и вики (пл. 1, 5, 9) соотношение овса и вики оставалось постоянным независимо от общей биомассы. Т.е., обе культуры одинаково реагировали на варьирующее плодородие почв. В то же время распределение сырой биомассы между видами при совместном посеве овса и бобовых растений уже зависело от исходного

плодородия почвы. На наиболее плодородной почве (пл. 12) на долю овса пришлось около 80% биомассы. В то же время на менее плодородных площадках (пл. 13, 15) доля овса была значительно ниже: 32 и 59%, соответственно. Доля бобовых растений, наоборот, при этом выросла до 68 и 41%, на пл. 13 и 15, соответственно. На пл. 13 с наименее плодородной почвой (табл. 1) наибольшую биомассу обеспечил люпин. Что делает его наиболее перспективным для поднятия плодородия наиболее бедных почв.

Одно из полезных свойств сидератных растений – это борьба с сорняками. В отсутствие сидератных растений (контроль – пл. 8, 11, 14) биомасса сорняков варьировала от 667 на пл. 14 до 1320 г/м² на пл. 11. Т.е. при относительно высоком плодородии почвы и с применением удобрений биомасса сорняков приближается к биомассе на площадках с посадками сидератных растений, т.е. сорняки также можно использовать как сидератные растения. В случае, когда был произведен посев сидератных растений, биомасса сорняков была значительно ниже и варьировала от 40 на пл. 13 до 330 г/м² на пл. 4. Доля сорняков от общей биомассы варьировала от 2.4 (пл. 13) до 11.8% (пл. 3). При этом более высокая доля сорняков была приурочена к площадкам с моно посевом овса (пл. 2, 3, 4, 6, 7, 10). Наоборот, наименьшая – к смешанным посевам овса с бобовыми растениями (пл. 1, 5, 9, 12, 13, 15).

Таким образом, демонстрационный эксперимент показал, что почвы экспериментального участка ПАБСИ в настоящее время характеризуются низким плодородием. Для повышения плодородия этих почв необходимо, в первую очередь, повысить в них содержание органического вещества. Полученная в демонстрационном эксперименте биомасса оказалась сопоставима с рекомендуемыми нормами внесения традиционных органических удобрений в регионе. При этом применение зеленых удобрений может быть эффективным не только для повышения плодородия почв экспериментального участка, но и для борьбы с сорняками. Считаем целесообразным проведение дальнейших исследований по разработке методов поддержания плодородия почв коллекционных питомников заполярного ботанического сада с использованием сидератов.

Библиографический список

1. Довбан К. И. Зеленое удобрение. М.: Агро-промиздат, 1990. 208 с.
2. Елсаков Г.В., Василисков В.Ф., Переверзев В.Н., Титова М.В. Использование мелиорированных земель под кормовые культуры. Мурманск: Кн. изд-во, 1980. 88 с.
3. Елсаков Г.В., Кислых Е.Е., Супрунов О.В., Третьякова Е.П., Чуриков А.М. Агрохимия почв и качество кормов в Мурманской области. Мурманск: Кн. изд-во, 1983. 92с.
4. Кашулина Г.М., Коробейникова Н.М., Виравчева Л.Л., Чуева Н.В. Агрохимическая

характеристика почв коллекционных питомников интродуцированных лекарственных травянистых растений ПАБСИ // Биоразнообразие и культуроценозы в экстремальных условиях: сборник материалов V Всероссийской научно-практической конференции. Апатиты: КаэМ, 2017. С. 83-87.

5. Переверзев В.Н., Кислых Е.Е. Азот в почвах Кольского полуострова. Л.:Наука, 1978. 126 с.

6. Переверзев В.Н. Лесные почвы Кольского полуострова. М.: Наука, 2004. 232 с.

УДК 631.95:628.381.1

ДЕЙСТВИЕ И ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ АГРОХИМИКАТА НА ОСНОВЕ ОСАДКА ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ ЗЛАКОВОЙ ТРАВОСМЕСИ

Касатиков В.А., д-р с.-х. наук, профессор (e-mail: kasv47@yandex.ru)

Шабардина Н.П., старший научный сотрудник

*Всероссийский НИИ органических удобрений и торфа –
филиал ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», п. Вяткино,*

Судогодский р-н, Владимирская область, РФ

Резюме. Целью данных исследований являлось изучение действия и последствий агрохимиката на основе осадка сточных вод на урожайность злаковой травосмеси, агрохимические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы. Исследования проводились в полевом опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве. Площадь делянки опыта 10м². Агрохимикат получен при термофильно-мезофильном компостировании субстрата на основе смеси осадка сточных вод ОСК МУП «Владимирводоканал» г.Владимир и опилок. Оптимизация гумусового состояния, физических, агрохимических и биологических свойств пахотного слоя почвы в результате действия агрохимиката способствовала повышению урожайности злаковой травосмеси пропорционально его дозам. Характер изменения агрохимических свойств дерново-подзолистой супесчаной почвы и макроэлементного состава райграса однолетнего определяется дозой агрохимиката.

Ключевые слова: агрохимикат, осадок сточных вод, урожайность, злаковая травосмесь.

Осадки сточных вод (ОСВ) и бытовые органические отходы являются одним из основных отходов производственной деятельности человека. Использование осадка городских сточных вод на удобрение в составе компоста – один из приемов его утилизации [1, 2].

Разработка научно обоснованных экологически безопасных приемов использования ОСВ в хозяйственном обороте, внедрение и совершенствование технологии по их переработке способствуют сокращению объемов накопленных и вновь образованных отходов. В отечественном земледелии используется не более 7-10% ОСВ в качестве удобрений [3], что связано с

недостаточным внедрением современных технологий получения ОСВ, а также агрохимикатов на их основе. В странах ЕС использование ОСВ в сельскохозяйственном производстве составляет около 40% [4].

Внесение ОСВ и компостов на их основе проявляется в положительном влиянии на агрохимические свойства почв, их микроэлементный состав, увеличении запасов органического вещества, возрастании биологической активности почвы. Особенно отчетливо почвоулучшающие свойства данных органических удобрений проявляются на песчаных, супесчаных и малоплодородных деградированных почвах [5, 6].

Целью настоящего исследования являлось изучение действия и последствий агрохимиката на основе осадка сточных вод с очистных сооружений г. Владимира на урожайность злаковой травосмеси, агрохимические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы.

Условия, материалы и методы. Исследования проводились в 2019-2020 гг. в полевом опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве. Агрохимикат – получен при мезофильно-термофильном компостировании субстрата на основе смеси осадка сточных вод ОСК МУП «Владимирводоканал» и опилок. Агрохимикат вносился в почву весной в 2019 г. под перепахку зяби.

Почва опытных участков дерново-подзолистая супесчаная, развитая на флювиогляционной супеси, подстилаемой моренным суглинком. Площадь делянки полевого опыта 10 м². Статистическая обработка полученных данных была проведена с использованием дисперсионного анализа и программы Statistika 6.0.

В почвенных образцах проводилось определение агрохимических параметров согласно следующим методам исследований: рН солевой вытяжки; подвижные формы фосфора и калия определяли в вытяжке Кирсанова, фосфор – колориметрически по методу Дениже, калий – методом пламенной фотометрии; содержание органического углерода – колориметрически по методу Тюрина в модификации Никитина (Практикум по агрохимии, 2001) [7]. Содержание в биомассе райграса однолетнего N, P₂O₅, K₂O, определяли по ГОСТ: 27548-87, 26226-84, 13496.4-84, 26657-85.

Результаты и обсуждение. В течение вегетации злаковой травосмеси содержание минерального азота в пахотном слое почвы (0-20 см) по действию агрохимиката характеризовалось наличием обеих форм минерального азота (табл. 1). Выявлена положительная динамика увеличения содержания N-NH₄. Так если в фазу всходов его уровень не превышал 0,96 мг/кг

с максимумом на варианте с дозой удобрения 60 т/га, то в фазу колошения содержание $N-NH_4$ на данном варианте достигло 4,67 мг/кг почвы за счет разложения органического удобрения и протекания обменных процессов в системе удобрение-почва. В отличие от динамики $N-NH_4$ для $N-NO_3$ характерно наличие максимума накопления в варианте с максимальной дозой органического удобрения в фазу кущения (в июньский период высоких положительных температур). При этом уровень $N-NO_3$ в слое почвы 0-20 см составлял 8,7% от нормативного. В фазу колошения происходит снижение содержания $N-NO_3$ по вариантам опыта, обусловленное интенсивным использованием его биомассой райграса и повышением почвенной влажности до 18-20%. При этом степень влияния органического удобрения на аммиачный и нитратный режим почвы зависела от его дозы и была пропорциональна ее величине. Наиболее наглядно данная зависимость проявляется в суммарных показателях азотного режима почвы.

Таблица 1. Действие агрохимиката на динамику содержания подвижного азота в дерново-подзолистой супесчаной почве, мг/кг с. в, слой 0-20 см.

Вариант опыта	Содержание, мг/кг. а.с. в.						В среднем
	N-NH ₄			N-NO ₃			
	Всходы	Кушение	Коло- шение	Всходы	Кушение	Коло- шение	N-NH ₄ + N-NO ₃ , мг/кг
1.Контроль, б/у	0,39	1,31	3,71	2,01	7,61	2,10	5,70
2.Осадок сточ- ных вод, 20 т/га	0,59	3,07	3,94	2,19	8,61	3,12	7,17
3.Агрохиимкат, 30 т/га	0,77	1,98	3,73	2,43	9,60	2,67	7,06
4.Агрохиимкат, 60 т/га	0,96	2,10	4,67	3,04	11,37	2,68	8,26

Анализ изменения агрохимических свойств пахотного слоя почвы по действию и последствию различных доз агрохимиката и исходного ОСВ выявил снижение обменной кислотности почвы, пропорционально дозам удобрения (табл. 2). При этом выявлена обратная зависимость $H_{гидр.}$ от $pH_{сол.}$. По последствию агрохимиката и ОСВ выявлено увеличение суммы поглощенных оснований, наиболее выраженное при дозе агрохимиката 60 т/га. При этом наблюдается увеличение емкости катионного обмена (ЕКО). Их значения выросли соответственно с 8,66 на контроле до 9,19 по последствию ОСВ 20 т/га и с 9,20 до 9,36 мг.-экв./100 г почвы по последствию агрохимиката. Данная зависимость обусловлена кислотно-основными свойствами агрохимиката, а также фактором разложения под влиянием почвенного биоценоза органической массы удобрения и, как следствие, разрушением органоминеральных комплексов в их составе, с высво-

бождением катионов Ca^{+2} и Mg^{+2} . Как известно, по содержанию фосфора ОСВ существенно превосходят традиционные виды органических удобрений. По этой причине в условиях использования ОСВ при производстве агрохимиката и его применении происходят выраженные изменения фосфатного режима почвы. По последствию данного агрохимиката с содержанием P_2O_5 , равном 1,7%, наблюдался повышенный рост значений этого элемента в слое 0-20 см (табл. 2). В наименьшей степени положительное влияние агрохимиката выражено в изменении калийного режима почвы.

Таблица 2. Последствие агрохимиката на агрохимическую характеристику дерново-подзолистой супесчаной почвы, слой 0-20 см

Вариант опыта	рН _{KCL}	Н _г	S (Ca+Mg)	ЕКО	P ₂ O ₅ подв.	K ₂ O обм.	Гумус, %
1.Контроль, б/у	4,6	2,48	6,18	8,66	32	49	1,08
2.Осадок сточных вод, 20 т/га	5,6	2,13	7,06	9,19	208	66	1,23
3. Агрохиимкат, 30 т/га	5,9	1,87	7,49	9,36	125	65	1,39
4. Агрохиимкат, 60 т/га	6,0	1,44	7,76	9,20	197	68	1,53

Оптимизация гумусового состояния, физических, агрохимических и биологических свойств пахотного слоя почвы по действию и последствию ОСВ в дозе 20 т/га и агрохимиката в дозе 30-60 т/га способствовала повышению урожайности злаковой травосмеси. При этом прибавки урожайности злаковой травосмеси превышали уровень контроля и действие исходного осадка сточных вод, находясь в пропорциональной зависимости от их доз (табл. 3).

Таблица 3. Действие и последствие агрохимиката на урожай злаковой травосмеси (16% влажность)

Вариант опыта	Урожай сена по действию агрохимиката	Урожай сена по последствию агрохимиката	Среднее за 2 года	Прибавка к контролю	
	ц/га	ц/га	ц/га	ц/га	%
1.Контроль, б/у	13,1	33,3	23,2	-	-
2.Осадок сточных вод, 20 т/га	16,8	59,0	37,9	14,7	63,4
3. Агрохимкат, 30 т/га	18,3	43,8	31,1	7,9	34,0
4. Агрохимкат, 60 т/га	23,6	53,3	38,4	15,2	65,5
НСР ₀₅	1,14	2,36	-	-	-

Агрономическая эффективность агрохимиката в сумме за 2 г исследований проявляется в повышении урожайности злаковой травосмеси на 34-65 % пропорционально его дозам. Данная зависимость обусловлена исходным агрохимическим составом агрохимиката, а также его влиянием на

азотный режим и агрохимические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы (табл. 1, 2).

Выводы. В результате исследований была выявлена эффективность действия осадка городских сточных вод и агрохимиката на его основе на азотный режим и агрохимические свойства почвы. Действие и последствие ОСВ и агрохимиката повышает урожайность злаковой травосмеси в сумме за 2 года соответственно на 63,4 и 34-65,5% при максимальных значениях в варианте с дозой агрохимиката 60 т/га.

Библиографический список

1. Анциферова Е.Ю. Эколого-агрохимическая оценка осадков сточных вод, используемых в качестве удобрения: автореф. ... канд. биол. наук. М.: МГУ, 2003. 23 с.
2. Анализ опыта почвенного пути утилизации осадков сточных вод / Сюняев Н.К., Тютюнькова М. В., Слипец А. А. и др. М.: ФГОУ ВПО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2008. 108с.
3. Курганова Е.В., Копейкина Л.И., Гюнтер Л.И., Беляева С.Д. Комплексная оценка осадков сточных вод // Агрохимический вестник. 1999. № 3. С. 38-40.
4. Laturnus, F. Organic contaminants from sewage sludge applied to agricultural soils/ F. Laturnus, K. von Arnold, C. Grøn. // Environ. Sci. Pollut. Res. -2007. - №14. P. 53–60.
5. Касатиков В.А., Черников В.А., Раскатов В.А. и др. Агроэкологические и технологические аспекты использования осадков городских сточных вод в качестве удобрения // Экологические и технологические вопросы производства и использования органических и органоминеральных удобрений на основе осадков городских сточных вод и твердых бытовых отходов: материалы межд. симпозиума. Владимир, 2004. С. 29-39.
6. Касатиков В.А., Раскатов В.А., Шабардина Н.П. Влияние микробиологических деструкторов лигнинсодержащих отходов на агроэкологические свойства компоста на основе осадка сточных вод и опилок. Доклады МСХА, 2010. Вып. 283. С.806-811.
7. Практикум по агрохимии. Учеб. Пособие. 2-е изд., /Под редакцией академика РАН Минеева В.Г. – М.: Изд-во МГУ, 2001.-689с.

УДК 631.452

ПЛОДОРОДИЕ АГРОМЕЛИОРАТИВНЫХ ПОЧВ ЮГА ТУВЫ

Самбуу А.Д.¹ д.б.н., г.н.с., Аюнова О.Д.¹ н.с., Монгуш Ш.В.² аспирант

¹Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов

СО РАН, Кызыл, Россия,

²Тувинский государственный университет, Кызыл, Россия

Тува находится на широте степной зоны Европейской части России и Западно-Сибирской равнины, но природные условия резко отличаются от них. Горно-котловинный рельеф определяет основные особенности климата и почвенно-растительного покрова отдельных ее районов. Он же является важным фактором, влияющим на характер почвенного покрова.

Вся территория Тувы лежит выше 500 м над уровнем моря, горы занимают 82%, равнинные участки – 18%. Для неё характерно чередование горных хребтов с межгорными впадинами. Как в горной стране, в межгорных котловинах Тувы и обрамляющих их горах четко выражена вертикальная зональность ландшафтов. Широтное расположение горных хребтов обуславливает резкие различия в растительности и почвах склонов южной и северной экспозиций, где проявляется предгорная (горная) "аридно-теневая" и "гумидно-предгорная" зональность [1].

Наиболее ярко выраженной чертой климата является резкая континентальность, обусловленная, главным образом, удалением от морей и океанов. В холодную часть года территория Тувы находится в обширном Азиатском антициклоне. Зима морозная безветренная, в котловинах малоснежная. Лето умеренно тёплое в горах и жаркое в котловинах. Средняя температура января в котловинах составляет минус 28-35°C, июля 15-20°C, среднегодовая температура – минус 3,7°C, высота снежного покрова в котловинах – 10-20 см. Амплитуда крайних значений температуры воздуха за год составляет 82–90°, амплитуда экстремальных значений температуры на поверхности почвы – 118°. В Убсунурской котловине осадков выпадает 150-200 мм/год, в Тувинской котловине – 200–350 мм, в Тоджинской котловине – 350-400 мм, в горных районах от 400-600 мм до 800-1000 мм/год; максимум осадков выпадает летом [2].

Согласно В.А. Носину [3] почвы межгорных котловин относят к степной зоне суббореального пояса Евразии. В сложении форм современного почвенного покрова Тувы принимают участие аллювиальные, делювиальные, пролювиальные, моренные и флювио-гляциальные четвертичные отложения, меньшее значение имеют отложения гравитационные (осыпи, курумы), эоловые и озерные. Удельное значение в качестве материнских почвообразующих пород принадлежит образованиям элювиального генезиса. Широкое распространение как почвообразующие породы имеют аллювиальные и пролювиально-аллювиальные отложения во всех котловинах Тувы. Четвертичные отложения заполняют поймы рек и низкие террасы, на высоких террасах встречаются третичные аллювиальные отложения. В котловинах наблюдается двучленность аллювиальных почвообразующих пород – мелкозёмистый поверхностный горизонт истилающая галечниковая толща.

Объекты и методы исследования

Республика Тыва является регионом, в котором главной отраслью хозяйства является сельскохозяйственное производство, с преимуществен-

ным развитием животноводства. Поэтому пойменные аллювиальные почвы межгорных степных котловин являются наиболее продуктивными сельскохозяйственными угодьями.

Цель работы – анализ динамики основных показателей почвенного плодородия агромелиоративных почв юга Тувы.

Объектами исследования служили аллювиальные почвы Эрзинского и Тес-Хемского районов, которые расположены в Убсунурской котловине на юге Тувы. Ключевые участки заложены в сельхозугодиях хозяйств районов (таблица).

Таблица

Ключевые участки в хозяйствах	Географические координаты	Место-положение	Угодье	Название почвы по классификации	
Эрзинский район					
Морен	50°19'33,32" 95°25'47,76"	Пойма р. Морен	Пашня	Аллювиальная дерновая остеп-ненная карбо-натная мало-мощная супе-счаная на песча-ном аллювии	Аллювиальная ти-пичная гидромета-морфическая мел-кая слабо гумуси-рованная су-песчаная на песча-ном аллювии
Кызыл-Сылдыс	50°15'54,27" 95°11'47,44"	Пойма р. Эрзин	Пашня	Аллювиальная дерновая солон-чаковая сред-несуглинистая на аллювии-про-лювии	Аллювиальная темногомусовая гидрометаморфи-ческая засоленная мелкая сильно гу-мусированная среднесуглинистая на аллювии про-лювии
			Пастбище		
			Сенокос		
Тес-Хемский район					
Чодураа	50°31'09,04" 94°53'32,76"	Пойма р. Тес-Хем	Пашня	Аллювиальная дерновая мало-мощная легко-суглинистая на аллювиальных отложениях	Аллювиальная тем-ногомусовая гидро-метаморфическая мелкая сильно гуму-сированная легко-суглинистая на аллю-виальных отложе-ниях
			Пастбище		
			Сенокос		
Танды-Сыны	50°34'47,63" 94°21'17,63"	Пойма р. Тес-Хем	Пашня	Аллювиальная дерновая остеп-ненная ма-ло-мощная лег-ко-суглинистая напесчано-галечниковом аллювии	Агро-темногомусо-вая аллювиальная типичная мелко-пахотная мало-гумусированная легкосуглинистая на песчано-галеч-никовом аллювии
			Пастбище		
			Сенокос		

Название почв дано по классификациям 1977 и 2004 гг. [4, 5]. Отбор смешанных почвенных образцов проводился в почвенных разрезах до глубины 100 см. Учет показателей плодородия почвы осуществляли по единым методикам, принятым в агрохимической службе. Для картирования нами использованы ГИС-технологии, данные дистанционного зондирования, наземных обследований. Химические анализы почв выполнены в аккредитованной испытательной лаборатории ФГУ Государственной станции агрохимической службы «Тувинская», представляющая федеральную агрохимическую службу в Туве. Статистическая обработка данных выполнена по программе *Statistica* 8.

Результаты и обсуждение

В Туве почвы низших уровней поверхности речных долин, подвергающиеся в той или иной мере временному затоплению паводковыми водами, образуют большую, разнородную группу, выделяемую под общим названием «аллювиальных почв». В степных котловинах выделяют аллювиальные слоистые, аллювиальные дерновые, аллювиальные дерновые остепненные, аллювиальные заболоченные, аллювиальные дерновые солончаковатые почвы [3]. Пойменные почвы занимают большую площадь (ок. 354 тыс. га, или 2% от общей площади республики): под пашней около 8%, сенокосами – 12%, пастбищами – 62% от площади сельскохозяйственных угодий республики [6].

Эффективное плодородие почв сельскохозяйственных угодий зависит от различных свойств, важное значение среди которых имеют физико-химические свойства. К ним относятся содержание гумуса, реакция почвенного раствора, степень насыщенности почв основаниями, емкость поглощения. Важнейшим фактором плодородия почв является органическое вещество (гумус), продукт векового существования и отмирания растений, почвенных животных, микроорганизмов [7].

Аллювиальные почвы в Туве формируются под влиянием дернового процесса. В верхнем слое формируется гумусовый горизонт, в горизонте С имеется наличие ржавых, охристых пятен или жилок, иловатых прослоек в супесчаной массе. Профили имеют вверху коричневато-темно-серую окраску, к низу буро-серую, неясно-комковатую структуру в верхних горизонтах, сменяющуюся на бесструктурное состояние в нижних.

В пахотном слое Убсунурской котловины отмечается легкосуглинистый гранулометрический состав и рыхлое сложение, ниже сложение становится плотным, а гранулометрический состав – песчаным. На участке

Морен – слюдястыйсредний или легкий суглинок. Среднее содержание гумуса в слое 0-20 см (из 4 разрезов) составляет от 0,8-1,5 (ниже минимального содержания) до 3,24% –слабогумусированный. Содержание гумуса в слое 20-40 см снижается в 3 раза, а в слое40-60 см – почти в 6 раз. По содержанию подвижного фосфора в слое 0-20 см почвы относятся к низкойгруппировке (11-18 мг/кг), а обменного калия – повышенной (113-189 мг/кг).Содержание его постепенно снижается с глубиной. Содержание обменногокальция и магния высокое, со средним отношением Ca:Mg порядка 3:1.Реакция среды слабощелочная. Содержание щелочногидролизуемого азота очень низкое.

В почвах сенокосов содержание гумуса, подвижного фосфора среднее, щелочногидролизуемого азота низкое, обменного калия в Тес-Хемском районе низкое, Эрзинском – повышенное.

В почвах пастбищ содержание гумуса никое, подвижного фосфора среднее, щелочногидролизуемого азота очень низкое, обменного калия в Тес-Хемском районе среднее, в Эрзинском районе – низкое.

Почвенно-поглощающий комплекс в аллювиальных почвах сельскохозяйственных земель двух районов юга Тувы при различных типах использования насыщен кальцием и магнием, причем содержание кальция значительно превышает содержание магния в 2,5-4 раза.

Помимо основных питательных элементов, важнейшую роль в жизни растений составляют микроэлементы, которые используются растениями в крайне незначительных количествах. В почвах пашни содержание всех микроэлементов низкое. В почвах сенокосов и пастбищ содержание микроэлементов низкое, марганца – среднее. В пахотной и пастбищной почве по кадмию и свинцу происходит незначительное увеличение.

Поваловому содержанию тяжелых металловсредние показатели фоновых концентраций меди, свинца, кадмия в почвах Эрзинского районанаходятся в пределах второй группы эколого-токсикологической оценки, при незначительных и средних значениях коэффициентаварьирования признака (1-32%), что непредставляет опасности для здоровья человека и животных. Незначительное превышение ПДК наблюдается на пастбищах и сенокосах по цинку, меди и марганцу – среднеев почвах хозяйства «Чодураа» Тес-Хемского района, кобальта – высокое.

Заключение

Наблюдения по аллювиальным дерновым почвам исследованных районов позволяют заключить, что большинству этихпочв свойственна

карбонатность верхней части профиля (часто с самой поверхности), в количественном выражении обычно весьма умеренная. Карбонатные новообразования, как правило, не наблюдаются, горизонты общего карбонатного пропитывания обычно едва намечаются или, во всяком случае, выражены не резко. Более глубокие части почвенной толщи или сохраняют первичную окисленность аллювия, или же бывают бескарбонатными.

В современном почвообразовательном процессе уже нет аккумуляции свежего аллювия, поэтому идет довольно интенсивное и быстрое остепнение аллювиальной дерновой почвы. Аллювиальные почвы карбонатные, но карбонаты распределяются по профилю неравномерно и не образуют четко выделяющегося карбонатного горизонта.

Результаты проведенных исследований почв показали, что аллювиальные почвы пастбищ и сенокосов содержат гумуса в верхнем слое среднегумусные, на пашне его меньше на 0,2-3%. Длительное сельскохозяйственное использование аллювиальных почв, приводит к снижению содержания гумуса.

Валовое содержание тяжелых металлов в аллювиальных почвах находится в пределах второй группы эколого-токсикологической оценки. Небольшое превышение ПДК по цинку наблюдается на естественных угодьях меди и марганцу, кобальта – высокое.

Валовое содержание микроэлементов во всех почвах снижаются с глубиной, и только в пахотной и пастбищной почве по кадмию и свинцу происходит незначительное увеличение.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-05208\19 мк.

Библиографический список

1. Фридланд В.М. Структуры почвенного покрова мира. – М.: Мысль, 1984. – 236 с.
2. Ефимцев Н.А. Климатический очерк / Природные условия Тувинской автономной области. – М.: Наука, 1957. – С. 46–65.
3. Носин В.А. Почвы Тувы. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 342 с.
4. Классификация и диагностика почв СССР. – М.: Колос, 1977. – 224 с.
5. Шишов В.Д., Тонконогов И.И. и др. Классификация и диагностика почв России. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
6. Жуланова В.Н., Соловьева В.М., Чупрова В.В. Оценка плодородия аллювиальных почв Тувы на основе мониторинга реперных участков // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. № 11 (97), 2012. – С. 48–54.
7. Самбуу А.Д., Красноборов, Севастьянов и др. Природные ресурсы Республики Тыва. Т. 1. – Новосибирск: Изд-во Гарамонд, 2018. – 488 с.

**ПЕСТРОТА ЗАПАСОВ ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГИ
ПОД ОЗИМЫМ РАПСОМ В УСЛОВИЯХ КОНТРАСТНОГО
ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА**

Анциферова О.А., канд. с.-х. наук, доцент

*ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический универси-
тет», кафедра агропочвоведения и агроэкологии,
г. Калининград, Россия*

Озимый рапс занимает в Калининградской области второе место после озимой пшеницы по площади сева [1]. Урожайность маслосемян рапса за последнее десятилетие варьировала от 19,8 до 36,0 ц/га в среднем по региону в зависимости от погодных условий, плодородия почв, агротехники возделывания. В литературе указывается, что для хорошего урожая озимого рапса требуется 600-800 мм осадков в год [2]. Климат Калининградской области благоприятен для получения высоких урожаев культуры (средне-многолетнее количество осадков по Калининграду составляет 781 мм, по Черняховску 752 мм при среднегодовых температурах около +8⁰С [3]).

Обеспеченность влагой является важным слагающим урожая на фоне оптимального минерального питания. Однако официальные опубликованные данные по запасам продуктивной влаги (ЗПВ) в почвах Калининградской области относятся к середине 20 в. [4]. Ввиду несомненной актуальности данной проблемы нами проводится научный мониторинг ЗПВ в разных геоморфологических районах Калининградской области с целью выявления закономерностей накопления и расхода влаги [5-6]. Динамика ЗПВ под озимым рапсом еще не изучена в регионе. Поэтому задачами исследования явилось: 1) выявление особенностей варьирования ЗПВ в пахотном горизонте (0-20 см) и метровой толще почв (0-100 см) в течение основного периода выращивания озимого рапса (апрель – июль 2018 г.); 2) сравнительный анализ динамики ЗПВ на почвах разной степени гидроморфизма в условиях холмистого рельефа моренной равнины.

Исследование проводилось в 2018 г. в Зеленоградском районе Калининградской области (Самбийская холмистая равнина) на ключевом участке (площадь поля 100 га). Изучена динамика ЗПВ на 12 ареалах почв, сгруппированных по основным элементам рельефа: 1) четыре ареала на буроземах неоглеенных и глееватых супесчаных и легкосуглинистых, расположенных на различных вершинах холмов; 2) четыре ареала на буроземах глееватых супесчаных и легкосуглинистых (склоны холмов); 3) четыре

ареала на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах в понижениях. Таким образом, были охвачены все основные почвы поля.

Изучение влажности осуществляли буровым методом (бур Эдельмана) с послойным отбором проб каждые 10 см. Полевую влажность анализировали термостатно-весовым методом в 4-кратной повторности из каждой пробы. Плотность почвы определена с помощью режущих колец Качинского; максимальная гигроскопическая влага (МГ) по Николаеву адсорбционным методом (экспозиция почвенных проб над насыщенным раствором K_2SO_4). Расчет влажности завядания проводили умножением МГ на коэффициент 1,5. Запасы продуктивной влаги (мм водяного слоя) определяли по формуле: $ЗПВ = (W_{п} - ВЗ) \cdot h \cdot d \cdot 0,1$, где $W_{п}$ – полевая влажность (%), $ВЗ$ – влажность завядания, h – мощность слоя почвы (см), d – плотность слоя почвы ($г/см^3$), 0,1 – коэффициент пересчета в мм. Оценку ЗПВ проводили по рекомендованной шкале [7]. Пробные снопы озимого рапса убирали с каждой из площадок мониторинга в 4-кратной повторности. Обмолот проводили вручную. Статистическая обработка данных выполнена в программе MS Excel.

Погодные условия 2018 г. отражены на рис. 1. По сравнению со среднегодовыми данными (781 мм [3]) 2018 г. выдался сухим (617 мм)

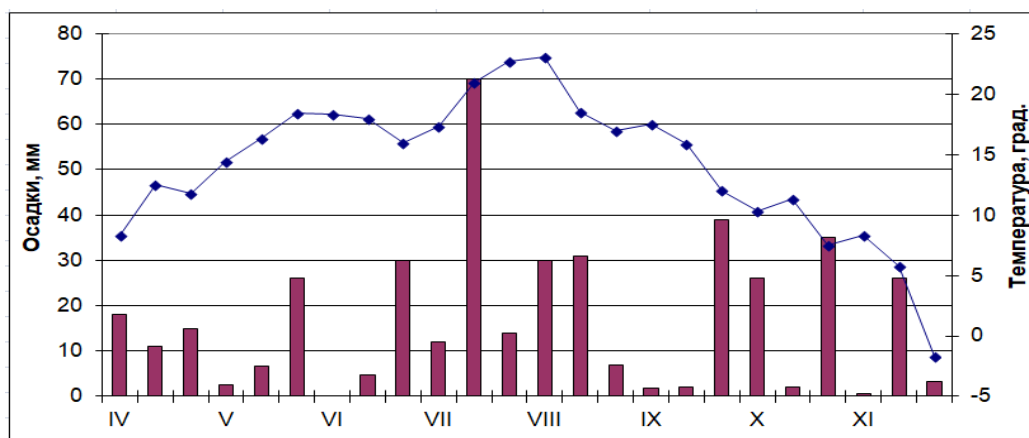


Рис. 1. Осадки и температура за период апрель - ноябрь 2018 г. (по данным метеостанции г. Калининграда)

Технология возделывания озимого рапса включала предпосевное внесение удобрений и три минеральные подкормки (табл. 1).

Известно, что озимый рапс требователен к почвенной влаге в течение всей вегетации. Период цветения и налива семян – критический по отношению к влаге для культуры [2].

Уже в начале апреля среднесуточные температуры превысили $+5^{\circ}C$ и возобновилась вегетация озимого рапса.

Таблица 1. Удобрение озимого рапса в 2018 г. Гибриды F1: Династи, Висби. Предшественник – озимая пшеница.

Мероприятия	Сроки	Виды, дозы
Предпосевное внесение комплексных минеральных удобрений	2-я декада августа 2017 г.	Диаммофоска 200 кг/га N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂
Первая минеральная подкормка	2-я декада марта 2018 г.	Фаза развития розетки листьев (ВВСН 17-19). Аммонийная селитра 150 кг/га, N ₅₂
Вторая минеральная подкормка	3-я декада марта 2018 г.	Фаза стеблевания (ВВСН 21-30). POLIFOSKA21 140 кг/га, N ₂₉ Mg ₆ S ₄₉
Третья минеральная подкормка	3-я декада апреля 2018 г.	Фаза бутонизации (ВВСН 52-55). Аммонийная селитра 150 кг/га, N ₅₂

Запасы влаги в пахотном горизонте буроземов на вершинах холмов были удовлетворительными, на склонах варьировали от хороших до удовлетворительных (табл. 2). В метровой толще буроземов разной степени оглеения к началу возобновления вегетации озимого рапса ЗПВ были очень хорошими (табл. 3). Существенных различий по запасам влаги между буроземами на вершинах холмов и склонах не было.

В дерново-глеевых почвах понижений наблюдалось поверхностное затопление и переувлажнение, поэтому ЗПВ характеризуются избыточными значениями по всему профилю (табл. 2). Вследствие высокой влажности осенью 2017 г. и весной 2018 г. в замкнутых понижениях озимый рапс полностью погиб. В открытых понижениях между холмами рапс сохранился, но посевы были изреженными.

Увеличение среднесуточных температур на фоне низкого количества осадков стимулировало быстрое прохождение рапсом фаз развития. Это сопровождалось интенсивным водопотреблением и иссушением почвы. Поэтому уже в первой половине мая с началом цветения ЗПВ в пахотном горизонте снизились до уровня плохих. Но в метровой толще буроземов они оставались хорошими, что и позволило успешно развиваться растениям.

В начале мая в значениях ЗПВ проявились индивидуальные особенности почв, что выразилось в увеличении коэффициентов вариации внутри групп вершин и склонов (табл. 2-3). Пестрота в запасах продуктивной влаги в ареалах буроземов является следствием влияния ряда факторов, которые прямо и опосредованно связаны с поступлением, удержанием и расходом влаги в почве, прежде всего физических свойств почв, геоморфологических особенностей, густоты посевов.

Таблица 2. Запасы продуктивной влаги (мм) в почвах под озимым рапсом. Пахотный горизонт (0–20 см)

Ареал	Апрель		Май		Июнь		Июль	
	I	II	I	II	I	II	I	II
Вершины холмов								
1	39,7	23,6	10,0	12,1	2,6	15,4	7,1	31,9
2	32,4	20,3	11,6	9,5	4,1	5,8	3,5	26,3
3	35,3	24,1	12,4	18,5	8,0	16,0	11,2	28,4
4	33,2	12,0	3,8	6,6	5,2	7,0	11,4	26,5
Среднее по вершинам	$35,2 \pm 1,6$	$20,0 \pm 2,8$	$9,5 \pm 1,9$	$11,7 \pm 2,6$	$5,0 \pm 1,2$	$11,1 \pm 2,7$	$8,3 \pm 1,9$	$28,3 \pm 1,3$
V*, %	9,4	28,0	41,0	45,6	46,0	48,6	45,8	9,2
Склоны холмов								
5	45,2	22,8	18,0	11,7	8,7	14,6	19,4	29,8
6	34,5	21,5	15,4	10,5	0,4	5,0	2,9	22,5
7	34,9	20,5	10,6	15,0	5,3	13,9	7,5	30,0
8	31,5	17,0	5,9	17,2	3,6	13,3	5,1	34,1
Среднее по склонам	$36,5 \pm 3,0$	$20,5 \pm 1,3$	$12,5 \pm 2,7$	$13,6 \pm 1,6$	$4,5 \pm 1,8$	$11,7 \pm 2,3$	$8,7 \pm 3,7$	$29,1 \pm 2,4$
V, %	16,4	12,2	42,4	22,8	77,8	38,5	85,0	16,5
Понижения								
9	96,0	73,4	44,4	42,0	41,8	36,9	40,1	41,5
10	78,4	78,4	71,8	45,7	32,3	28,8	30,7	32,2
11	58,9	45,8	20,5	19,7	16,6	17,7	16,0	31,7
12	69,2	64,2	61,7	37,4	22,4	23,5	34,5	34,3
Среднее по понижениям	$75,6 \pm 7,9$	$65,5 \pm 7,2$	$49,6 \pm 11,3$	$36,2 \pm 5,8$	$28,3 \pm 5,6$	$26,7 \pm 13,4$	$30,3 \pm 5,2$	$34,9 \pm 2,3$
V, %	20,8	22,0	45,4	31,8	39,2	30,7	34,0	12,9

* V – коэффициент вариации, %

Таблица 3. Запасы продуктивной влаги (мм) в почвах под озимым рапсом. Слой 0 – 100 см

Ареал	Апрель		Май		Июнь		Июль	
	I	II	I	II	I	II	I	II
Вершины холмов								
1	196,7	150,1	115,6	79,3	51,7	55,9	45,5	101,6
2	194,0	172,6	149,1	117,7	86,6	85,5	70,7	118,5
3	211,2	182,0	137,3	111,0	62,2	75,8	67,5	119,5
4	195,5	155,5	140,9	136,8	129,8	101,0	101,3	126,5
Среднее по вершинам	199,4 ± 4,0	165,1 ± 7,4	135,7 ± 7,2	111,2 ± 12,0	82,6 ± 17,4	79,6 ± 9,5	71,3 ± 11,5	116,5 ± 5,3
V, %	4,0	9,0	10,5	21,5	42,0	23,7	32,2	9,1
Склоны холмов								
5	221,8	184,4	178,0	118,6	101,0	96,1	93,1	128,3
6	154,5	134,8	123,5	98,0	72,5	77,3	77,7	131,8
7	198,0	158,8	110,5	112,8	100,1	104,3	93,4	144,4
8	186,1	165,2	149,7	135,7	87,3	103,4	96,2	147,5
Среднее по склонам	190,1 ± 14,0	160,8 ± 10,2	140,4 ± 15,0	116,3 ± 7,8	90,2 ± 6,7	95,3 ± 6,3	90,1 ± 4,2	138,0 ± 4,7
V, %	14,7	12,7	21,3	13,4	14,8	13,1	9,3	6,8
Понижения								
9	334,9	311,4	263,2	265,7	261,7	251,7	238,0	237,1
10	309,1	307,2	293,1	259,5	209,5	199,4	209,6	209,1
11	250,5	231,3	187,9	169,8	154,4	138,8	121,0	147,4
12	285,3	277,7	267,6	243,3	230,4	120,8	205,6	217,7
Среднее по понижениям	295,0 ± 18,0	281,9 ± 18,4	253,0 ± 22,7	234,6 ± 22,1	214,0 ± 22,6	177,7 ± 29,9	193,6 ± 25,3	202,8 ± 19,4
V, %	12,2	13,1	17,9	18,8	21,1	33,6	26,1	19,1

Однако, несмотря на пестроту внутри групп, достоверных различий в ЗПВ между буроземами на вершинах холмов и на склонах в слое 0-100 см не было к началу цветения озимого рапса (1 декада мая).

Из общего количества потребленной продуктивной влаги на вершинах и склонах получилось, что примерно 50 % расходовалось рапсом в период от возобновления вегетации до цветения и 50 % от цветения до полного созревания (первая декада июля)

Различия в ЗПВ в первой половине июля между буроземами вершин и склонов холмов достигли в среднем 18,8 мм в пользу большего увлажнения почв склонов (табл. 3). Однако из-за высоких значений коэффициента вариации внутри буроземов вершин, различия между группами оказались недостоверными (t_{05} теоретическое 2,45, а t_{05} фактическое 1,54; $НСП_{05} = 30\text{мм}$).

К уборке рапса (10-12 июля) запасы продуктивной влаги в метровой толще буроземов на вершинах холмов были на уровне плохих, а на склонах на границе плохих и удовлетворительных. Примечательно, что наименьшие ЗПВ (45,5 мм) характерны для бурозема легкосуглинистого – единственного ареала автоморфной почвы на поле (остальные почвы являются глееватыми).

В дерново-глеевых почвах понижений ЗПВ достоверно выше (по всем срокам с начала апреля до первой половины июля) по сравнению с вершинами и склонами холмов (табл. 2-3). Связано это как с режимом увлажнения депрессий (атмосферная влага + намывные склоновые воды + влияние грунтовых вод), так и со строением и свойствами профиля: более тяжелым гранулометрическим составом пахотного горизонта, наличием глинистых прослоек, повышенным содержанием гумуса (3,5 – 8 %),

В среднем урожай на вершинах холмов составил $4,03 \pm 0,55$ т/га, а на склонах $2,56 \pm 0,47$ т/га при высокой пестроте внутри групп почв (рис. 2)

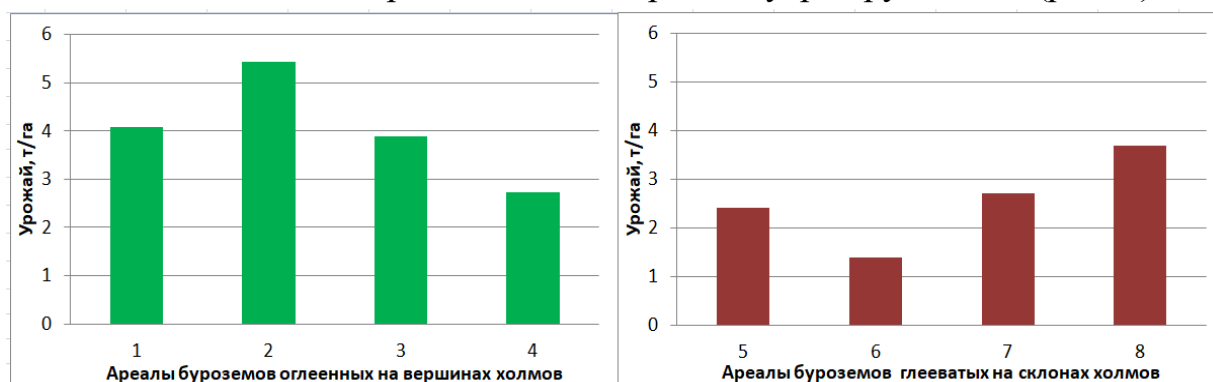


Рис. 2. Биологический урожай семян озимого рапса на буроземах различных элементов рельефа

Несмотря на выраженные различия (на вершинах холмов урожай в среднем на 1,47 т/га выше, чем на склонах), варьирование урожайности внутри большинства ареалов на склоновых позициях делает эти различия недостоверными (при $НСР_{05} = 1,54$ т/га). Причина более низкого урожая рапса на склонах – отрицательное влияние переувлажнения в экстремально сырой осенний период 2017 г. Это привело к изреживанию всходов, быстрому выносу минеральных элементов из почв, общему ослаблению растений. Поэтому в 2018 г. более активный расход продуктивной влаги наблюдался в ареалах с густым стеблестоем на автономных позициях рельефа. Суммарно от начала возобновления вегетации до уборки снижение ЗПВ в слое 0 – 100 см составило 128 мм на вершинах холмов, и 100 мм на склоновых буроземах.

На периферии западин и в открытых понижениях с дерново-глеевыми почвами несмотря на сильное изреживание (в среднем около 10 шт./м² к уборке) и более низкую урожайность (около 2 т/га) расход ЗПВ за период роста озимого рапса в 2018 г. составил 120 – 130 мм в метровой толще.

Заключение

В результате изучения 12 ареалов почв в условиях контрастного почвенного покрова установлены границы варьирования ЗПВ в группах почв на разных элементах рельефа. Общее количество потребленной рапсом продуктивной влаги из слоя 0 – 100 см составило 100 – 130 мм. Пестрота пространственного распределения и динамики ЗПВ связана с почвенно-геоморфологическими особенностями и состоянием посевов. Выяснилась тенденция более активного расхода продуктивной влаги для формирования урожая на вершинах холмов. Фактором, снижающим урожайность озимого рапса на склоновых глееватых буроземов является осеннее переувлажнение. Избыточное увлажнение на дерново-глеевых почвах в понижениях вследствие поверхностного застоя воды приводят к полной гибели урожая.

Библиографический список

1. Посевные площади и валовые сборы в Калининградской области в 2016 г. / А.Г. Шагун, В.Н. Грибанова, Г.С. Зиновьева – Калининград: Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики, 2017. - 146 с.
2. Рапс и сурепица (Выращивание, уборка, использование) / Под общ. ред. Д. Шпаара. – М.: ИД ООО «DLV АГРОДЕЛО», 2207 – 320 с.
3. Географический атлас Калининградской области / гл. ред. В.В. Орленок. – Калининград: Изд-во КГУ; ЦНИТ, 2002. – 276 с.
4. Агроклиматический справочник по Калининградской области. – Ленинград: Гидрометеорологическое изд-во, 1961. – 130 с.

5. Анциферова О.А. Пространственная пестрота запасов продуктивной влаги в почвенных микрокомбинациях / О.А. Анциферова // Известия КГТУ. 2017. №. 47. С.156-165.
6. Анциферова О.А. Оценка запасов продуктивной влаги под озимой пшеницей в условиях неоднородного рельефа / О.А. Анциферова, Е.Д. Самарина // Известия КГТУ. – 2018. - № 50. – 126 – 137.
7. Вадюнина А.Ф. Методы исследования физических свойств почв /А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М., 1986. – 335 с.

УДК 631.615

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ И УДОБРЕНИЙ В ЦЕНТРАЛЬНЫХ ОБЛАСТЯХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ахметьева Н.П.¹, к.г.-м.н., с.н.с., Михайлова А.В.², к.х.н.

¹ФГБНУ Институт водных проблем РАН, г. Москва, Россия

²ФГБНУ Институт геохимии и аналитической химии

им. В.И. Вернадского РАН, г. Москва, Россия

В институте водных проблем РАН совместно с ГЕОХИ РАН выполнена работа по изучению современного состояния болот центральных областей РФ (Московской, Тверской, Владимирской и Рязанской) и их трансформации за последние 100 лет [1-4]. Выполнены химические анализы торфа (естественного, осушенного, пироженного) и определено содержание элементов в торфе некоторых болотных массивов (Галицкий Мох и Озерецко-Неплюевский в Тверской области, Дубненский в Московской области и Маккеевский Мыс в Рязанской области). Эти исследования были направлены главным образом на решение экологических вопросов современности в связи с интенсивным изменением антропогенной нагрузки на болота – торфопроизрастков, осушения болот в 1960-1980 гг. XX века под сельское хозяйство, сильных торфяных пожаров 1972, 2010 и 2011 гг., а в последние годы – их затопления или подтопления. Выполненные работы могут быть использованы в решении вопроса о возможности использования некоторых изученных торфяных массивов для сельского хозяйства. В приводимых таблицах даны ответы по агрохимической оценке исследованных торфяных массивов – содержанию N, P, K, зольности, степени разложения торфа, реакции среды ($pH_{\text{водн.}}$ и $pH_{\text{сол.}}$). Отмечены физические характеристики и свойства торфа (их водопроницаемость, глубина залегания уровня болотных вод (УБВ), влажность, степень набухания, мощность торфа, тип подстилающих материнских пород).

Перейдем к описанию вышеперечисленных болотных массивов.

1. Галицкий Мох: болото площадью 2600 га, преимущественно мезо-

трофное, средняя мощность торфа – 1.83 м, максимальная – 4.5 м, его зольность около 15%, степень разложения 20-55%. Здесь на выгоревшей территории в 1500 кв.м, после сильного пожара 2010 г., была заложена мониторинговая площадка, где в 2010-2015 гг. в период летней межени проводилось изучение химического состава пирогенного торфа и золы, изменения гидрологических характеристик торфа (положения УБВ, влажности, набухания, изменения коэффициента фильтрации торфа), проводились микробиологические исследования, наблюдения за восстановлением наземной флоры и фауны. Приводим химический состав торфа и золы (табл. 1), болотной воды (табл. 2), содержание металлов в торфе представлено в работе [1].

Таблица 1. Химический состав водной вытяжки из золы и пирогенного торфа бывшего болота Галицкий Мох за август 2010–2015 гг., а также негорелого торфа (2006 г. – до пожарный период)

Показатель	Фон - природный торф (2006 г.)	Год					
		2010	2011	2012	2013	2014	2015
УБВ, м	0.65	0.8	0.6	0.35	0.5	1	0.7
<i>Горизонт 1, 0.1÷0.15 м (зола)</i>							
pH _{водн.}	6.0	7.4	6.2	8.2	8.2	7.8	7.9
Цветность, град. цветности	110	178	135	150	31	144	179
ПО, мг С/100 г	100	87	52.7	43.7	5.6	91.2	28.3
<i>мг/100 г золы</i>							
P _{кис.} *	1.8	121	2	1.19	36.5	28.5	28.7
SO ₄ ²⁻	2.9	99	345	165	47.5	158	48.7
Ca ²⁺	4.6	25.8	16.3	10.5	51.5	182	102.8
Fe _{общ.}	187	152	185	154	8.87	15.7	2.74
N-NH ₄ ⁺	1.33	7.4	3.37	24.9	6.8	5.8	2.4
N-NO ₃ ⁻	68.3	1.75	11.1	2.84	3	2	6.4
<i>Горизонт 2, 0.3÷0.4 м (пирогенный торф)</i>							
pH _{водн.}	4.2	6.7	7.1	7.6	7	6.2	6.9
Цветность, град. цв.	90	203	65	<5	10.5	300	223
ПО, мг С/100 г	68	60	6.1	61.6	44.6	189	59.5
<i>мг/100 г сухого торфа</i>							
P _{кис.}	3.37	16.7	17	24	6	2.27	2.25
SO ₄ ²⁻	23.4	59	20	450	517.1	424	181.9
Ca ²⁺	2	80	14	14	89.2	182	74.4
Fe _{общ.}	633	1068	56	69	12.4	376	6.88
N-NH ₄ ⁺	55.1	6.6	1.64	6.4	21.3	11.9	0.39
N-NO ₃ ⁻	1.89	2.04	0.72	7.93	2.1	4.3	14.2

В табл. 1 – P_{кис.} – подвижные (доступные) формы фосфат-ионов, определенные по методу Кирсанова и пересчитанные на "фосфор".

Таблица 2. Изменение химического состава болотных вод
в результате пожара

Показатель	09.2003 (до по- жара)	Колодец				Шурф			
		08. 2010	08. 2011	06. 2012	08. 2012	2011	2012	2013	2015
pH _{водн.}	6.1	7.1	7.2	6.5	6.6	5.1	7	6.6	6.1
ПО, мг О/см ³	59.4	12	31	90	25	99	36	30	25.6
Цветность, град. цв.	450	191	80	–	105	120	90	110	90
Eh, мВ	-0.52	–	–	–	-0.37	–	–	–	–
<i>мг/дм³</i>									
M _z	127	249	377	200	302	–	–	–	–
HCO ₃ ⁻	1.6	182	4	153	216	30.5	90	134	91.5
NO ₃ ⁻	0.3	6.2	0.29	15.3	1.3	1.7	4.1	0.88	0.95
NO ₂ ⁻	0.01	-	0.022	0.035	0.03	0.02	0.24	-	0.02
NH ₄ ⁺	0.54	3.84	1.5	1.04	0.3	1.6	6.5	8.5	1.5
Cl ⁻	1.3	4	4	4.8	10	2.9	11	5.5	4.4
SO ₄ ²⁻	22	10	25	127	67	7.8	308	110	133
PO ₄ ³⁻	0.1	0.57	0.31	0.12	0.52	0.49	0.07	0.08	0.19
Ca ²⁺	1.8	50	–	110	4.3	–	–	–	–
Mg ²⁺	3	7.3	–	–	0.7	–	–	–	–
Fe _{общ.}	5.7	4.2	1.6	1.6	2.1	2.5	20.8	3.38	0.2

После пожаров сильно изменились водно-физические свойства пиро-генного торфа. Коэффициент фильтрации такого торфа по нашим лабора-торным исследованиям стал составлять 1.9-100 м/сут, тогда как в естест-венных условиях он равен 1.4-11.5 м/сут (по вертикали). Зола обладает очень высоким коэффициентом фильтрации – до 100 м/сут.

Для естественных мезотрофных торфов месторождения Галицкий Мох характерна высокая влагоемкость, она составляет 600% и выше, в зависимости от состава и степени разложения торфа. Пирогенный торф на болоте Галицкий Мох имеет максимальную влагоемкость на глубинах 0.1, 0.2, 0.4, 0.55 и 0.7 м соответственно 49, 71, 117, 105 и 93%. Гигроскопичес-кая влажность этих же слоев горелого торфа составила 22.2, 10.4, 9.5, 9.0 и 5.4% соответственно. Экспериментально показано различие в содержании в природном и пирогенном торфе органического вещества: если в природ-ное торфе его содержится больше 90%, то после тления торфа уже – 50%, при более длительной температурной минерализации на поле остается около 20%. Торф имеет сложный химический и фазовый состав, поэтому горение (тление) торфа до сих пор – не до конца изученный процесс [5].

После пожара на исследуемом участке торфяника был разбит огород.

Здесь была посеяна морковь, укроп, чеснок, корневой сельдерей и другая зелень, посажен также картофель. Урожай овощей был средним (длина моркови в среднем 20 см, размер картофеля со среднее куриное яйцо). После 2014г. огород был ликвидирован, т. к. площадка стала интенсивно зарастать иван-чаем, полынью, крапивой и густой порослью ивы.

2. Озерецко-Неплюевское болото: имеет площадь около 7 тыс. га, низинное, мощность торфа 2-4м, подстилающие породы – суглинки и сапропели, отличающиеся низкой водопроницаемостью; характерно глубокое залегание УБВ в 2-3 м и пониженная влажность торфа в 45-60% (по сравнению с другими болотами). На болоте почти ежегодно случаются пожары. Ниже приводим табл. 3 химического состава торфа, взятого на бывшем поле фрезерной разработки торфа, естественная влажность которого равна 45%. Местные жители пос. Озерки обрабатывают огороды на дренированных торфяниках. Выращивают картофель, морковь, свеклу, зелень.

Таблица 3. Химический состав торфа болота Озерецко-Неплюевского болота, 2006 г.

Показатель	Глубина отбора образца, м			
	0.1	0.4	0.6	0.8
pH _{водн.}	7.2	7.12	6.69	7.54
pH _{солевой}	7.09	7.16	6.75	8.24
Fe ³⁺	87	156	24	2.95
Fe ²⁺	59	181	179	36
N-NH ₄ ⁺ , мг N/100 г	52.6	23.3	61.5	40.7
N-NO ₃ ⁻ , мг N/100 г	2.44	0.61	3	0.39
Сумма поглощенных оснований (S), мг-экв/100г с.т.	95.6	41.6	139	211
Гидролитическая кислотность (H), мг-экв/100г с.т.	23.2	10.3	39.4	4.94
Степень насыщенности основаниями (V), %	80.5	0.2	78	97.7
Фосфор по Кирсанову, мг P ₂ O ₅ /100г	13.6	18.8	6.92	1.08
Зольность, %	63.7	99.1	20.0	67.3
Удельная электропроводность воды, мСм/м	7.53	10	14.6	5.25
Na ⁺ , мг/100 г с.т.	10	1.37	16	3
K ⁺ , мг/100 г с.т.	7	1.8	17	8
ПО, мгС/100г	0.4	0.06	0.58	0.15
Цветность, град.цв.	50	40	70	50
Сухой остаток, %	2.14	0.16	1.16	0.75
HCO ₃ ⁻ , %	0.081	0.018	0.089	0.069
Ca ²⁺ , %	0.044	0.008	0.098	0.73
Mg ⁺ , %	0.007	0.002	0.015	0.01
Cl ⁻ , %	0.016	0.005	0.03	0.006
SO ₄ ²⁻ , мг/100 г с.т.	61.7	10.5	326	358

3. Дубненский торфяной массив, расположенный севернее д. Окаево Сергиево-Посадского городского округа МО [4, 6]: площадь болота око-

ло 1170 га, мощность верхового торфа – 4-6 м, переходного – 2.0-2.5 м, низинного, развитого на пойме и низкой террасе р. Дубна, – до 2 м.

На низинном торфе с 1980-ых годов выращивают морковь, картофель, свеклу, зелень. Близ д. Нушпалы мелиорируемые низинные торфяники засеивают многолетними травами.

4. Низинное болото Макеевский Мыс: в 1984г. в Клепиковском районе РО близ д. Макеевка было осушено низинное болото для создания сельскохозяйственных полей общей площадью 2000га. Была построена водонасосная станция на р. Пра, прорыт магистральный канал с отходящими от него каналами. По полю, на глубине 0.5 м, был проложен дренаж в виде керамических труб диаметром 88 мм с отверстиями. На полях сажали капусту, картофель, морковь, овощные культуры – помидоры, огурцы и зелень. Хозяйство было успешным, рентабельным, но в 1990-ые годы развалилось. В настоящее время насосная станция разрушена, поля не возделываются, а в 2002, 2007 и 2010 гг. здесь были сильные пожары.

Летом 2014 г. авторы статьи обследовали эти места. Низинные болота сохранились в пойме р.Пры. Здесь была заложена скважина ручного бурения глубиной 1.6 м до подстилающих флювиогляциальных песков. Скважина вскрыла:

1. до глубины 0.15 м – торф сильно обгоревший с золой черного цвета, (значение зольности 87.9%, значение рН 8.2 единиц, степень насыщенности основаниями 100%, горизонт богат кальцием и магнием);

2. с 0.15 м и ниже – слои представлены низинным торфом, хорошо разложившимся, с зольностью 26.9-27.2%, с высоким содержанием кальция и магния, с цветностью болотной воды в 105-115 градусов цветности, значение Eh минус 302 мВ.

Уровень залегания болотных вод 0.6 м.

Химический состав торфа приведен в табл. 4, где разрез 1 – торф с поймы р. Прыи разрез 2 – торф с бывшего сельскохозяйственного поля.

Бывшие осушенные и сгоревшие торфяные поля, используемые под сельскохозяйственные угодья, имели в 2014 г. мощность торфяной почвы до 0.3-0.35м. Они были представлены разнотравным лугом, с глубины около 0.2м залегал перегной черного цвета со значением зольности в 91.5-94.5%, рН около 7.1-7.5 единиц, относительно высоким содержанием минерального азота и очень высоким содержанием фосфора. В 2018г. бывшие поля заросли осиной, березой высотой 2-3 м и сосной высотой 1-1.5 м.

Таблица 4. Химический анализ торфа (Макеевский Мыс),
29 сентября – 2 октября 2014 г.

Показатель	Название и номер пробы, глубина отбора			
	Разрез 1			Разрез 2
	№36/14 h=0.15м, торф с золой	№37/14 h=0.35м, торф низинный, хорошо разложившийся	№38/14 h=0.5м, торф низинный, хорошо разложившийся	№39/14 h=0.2м, перегной
pH _{водн.}	8.2	6.8	6.8	7.5
pH _{солевой}	8.1	6.6	6.4	7.1
Fe ³⁺ , мг/100 г	0.27	2.6	1.32	5.94
Fe ²⁺ , мг/100 г	0.06	5.09	6.81	8.05
Fe _{общ.} , мг/100 г	0.33	7.69	8.13	14
NH ₄ ⁺ поглощенный, мг N/100 г	1.3	2	9.4	11.5
S, мг-экв/100г	514.6	199.3	192.4	25.5
H, мг-экв/100г	0	25.6	29.6	10.7
V, %	100	88.6	86.7	70.4
P _{кис.} , мгP ₂ O ₅ /100г	0.87	5.67	2.89	33.1
Зольность, %	87.9	26.9	27.2	91.5
Кальцийобменный, мг-экв/100г	142.8	120.2	112	16.4
Магнийобменный, мг-экв/100г	38.8	25.8	52.1	2.9
<i>Водная вытяжка (1:50)</i>				
Удельная электропро- водность воды, мСм/м	16.5	12	12.1	4.0
ПО, мгС/100г	6.3	41.4	75.6	17
Цветность, град.цв.	11	115	105	46
Сухой остаток, %	0.42	0.52	0.82	0.25
N-NO ₃ ⁻ , мг N/100 г	1.7	2.3	1.1	1.3
HCO ₃ ⁻	0	237.8	78.1	15.3
Cl ⁻ , %	0.436	0.28	0.218	0.01
SO ₄ ²⁻ , мг/100 г	0.011	0.008	0.007	0.007

Основные площади торфяных почв независимо от направленности хозяйства наиболее целесообразно занимать под многолетние травы. Пропашные культуры (морковь, картофель и свекла) не рекомендуется использовать на одной площади более трех лет подряд. Их следует включать в севооборот многолетних трав.

В настоящее время добыча торфа в качестве биотоплива в центральных областях практически не производится. Проводится лишь его добыча для изготовления удобрений. Только в Московской области насчитывается около 1700 малых торфоразработок общей площадью 25 тыс.га. Они находятся в районах – Талдомском, Егорьевском, Шатурском, Зуевском и Лухомском.

вицком. В последние годы открылись торфоразработки для изготовления удобрений на территории национальных парков «Мещера» (Владимирская область) и «Мещерский» (Рязанская область).

В целом можно заключить, что низинные торфяные почвы бывших болот вполне пригодны для использования в сельском хозяйстве для выращивания неприхотливых культур. Необходимым условием использования таких почв являются соблюдение режима севооборота – выращивание корнеплодов один-два года, затем два-три года – различные травы, сохраняющие выветривание органических веществ торфа.

Библиографический список

1. Ахметьева Н.П., Белова С.Э., Джамалов Р.Г., Куличевская И.С., Лапина Е.Е., Михайлова А.В. Естественное восстановление болот после пожаров // Водные ресурсы. 2014. Т. 41. № 4. С. 343-354.
2. Ахметьева Н.П., Беляев А.Ю., Гринченко О.С., Кричевец Г.Н., Кудряшова В.В., Лапина Е.Е., Михайлова А.В. Заказник «Журавлиная Родина»: современное состояние и охрана от торфяных пожаров на осушенном болоте «Дубненский массив» // Труды Инсторфа. 2016. № 14(67). С. 12-21. <http://instorf.ru/>
3. Ахметьева Н.П., Михайлова А.В., Кричевец Г.Н., Беляев А.Ю. Трансформация антропогенно нарушенных торфяных болот в новый тип ландшафта в центральных районах Европейской части России // Труды Инсторфа. 2019. № 20(73). С. 3-10. <http://instorf.ru/>
4. Ахметьева Н.П., Михайлова А.В., Кричевец Г.Н., Беляев А.Ю. Торфяные болота центральных областей Европейской части России: их трансформация за последние 100 лет. М.: ГЕОС, 2020. 132с.
5. Максимова Е.Ю. Постпирогенное почвообразование в лесостепной зоне (на примере островного бора г. Тольятти): дис. ... к.н. Уфа, 2018. 331 с.
6. Гринченко О.С., Свиридова Т.В., Конторщиков В.В. Многолетняя динамика экосистем северного Подмосковья (обоснование создания природного парка «Журавлиный край») // Экосистемы: экология и динамика. 2020. Т. 4. № 1. С. 104-137.

УДК 631.6:631.86

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САПРОПЕЛЕВЫХ МЕЛИОРАНТОВ НА ОСНОВЕ ПОТЕНЦИАЛА МЕСТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Дуброва Ю.Н., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
*Учреждение образования «Белорусская государственная орден
Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени
сельскохозяйственная академия», г. Горки, Республика Беларусь*

В последнее время для повышения урожайности сельскохозяйственных культур, выращиваемых на легких почвах, занимающих более 50% сельскохозяйственных земель Беларуси, большое внимание уделяется ис-

пользованию природных органических и органоминеральных удобрений, мелиорантов, полученных на основе потенциала местных природных источников.

Основной причиной сложной культивации растений на легких почвах, является недостаток влаги, образующийся из-за повышенной водопроницаемости и незначительной влагоемкости, влага не задерживается в корнеобитаемом горизонте, и опускается ниже. Водный режим формируется количеством и частотой выпадающих осадков. Низкое содержание гумуса, незначительное наличие коллоидов и элементов питания являются отличительными признаками легких почв, большая водо- и воздухопроницаемость и слабая водоподъемная сила объясняют низкое содержание влаги в таких почвах. Легкие почвы имеют низкое содержание важных элементов питания – минерального азота, фосфора, калия, кальция. В значительных недостающих элементах, как правило, находятся азот и фосфор [1].

На пахотные земли Республики Беларусь в среднем требуется внесение органических удобрений с от 12,0 до 16 т/га, или 57 млн. т. Данная норма позволит создать бездефицитный баланс гумуса. В настоящее время в среднем вносится около 8 т/га органических материалов.

Одним из приоритетных направлений повышения плодородия песчаных почв является создание и использование мелиорантов на основе потенциала местных природных источников (торф, сапропель, твердый остаток производства гуминовых препаратов из торфа) и современных технологий переработки эффективных грунтов, создания сапропелевых удобрений, биологически активных препаратов для ведения органического сельского хозяйства.

Высокая стоимость азотных и фосфорных удобрений в последнее время явилась триггером для поиска альтернативных путей в создании удобрений, разработке сапропелевых месторождений с повышенным содержанием фосфора и азота в сырье. Содержание данных элементов в некоторых залежах, как показывают исследования, может составлять 1,5-4 и более процентов на сухое вещество. Применяемые в настоящее время сапропелевые удобрения из местного сырья с повышенным содержанием азота, фосфора, кальция, органического вещества, микроэлементов в дозах 30-50т/га практически заменяют минеральные удобрения и карбонатные материалы в основную заправку, что позволяет экономить до 390 долл. США на 1га сельхозугодий за счет существенной замены минеральных туков.

На территории Беларуси насчитывается около 1900 гляциогенных озер площадью более 1 га. Все они, за редким исключением, являются сапропелепродуктивными. Ресурсы озерного сапропеля Беларуси хорошо изучены и составляют более 4 млрд. м³ (1,6 млрд. т.). В республике в настоящее время сапропель добывается из девяти озер. Общий объем добычи составляет около 200 тыс. т, что несопоставимо мало по сравнению с огромными ресурсами, из которых 2,8 млрд. м³ сосредоточено в озерах и 1,2 млрд. м³ – под торфом. Ресурсы торфа в республике в 2,5 раза больше, чем сапропеля и составляют около 4 млрд. т [2].

Важнейшей агрохимической характеристикой сапропелей является реакция среды сапропеля. От уровня pH зависит развитие растений, их урожайность, энергия жизнедеятельности микроорганизмов, т.е. биологическая активность субстрата (таб. 1). При выборе дозы внесения сапропелей в почвы рекомендуется учитывать окультуренность полей, наличие гумусового горизонта, кислотность почвы.

Таблица 1. Влияние больших доз сапропеля на некоторые свойства дерновоподзолистых почв

№ п/п	Вариант опытов	Гумус, %	Азот общий, %	pH
1	Контроль (без сапропеля)	2.69/2.58	0.11/0.20	5.2/5.2
2	Сапропель 500 т/га	3.28/3.36	0.29/0.29	6.9/6.8
3	Сапропель 800 т/га	3.37/3.60	0.32/0.30	7.0/6.8
4	Сапропель 1300 т/га	4.12/4.31	0.36/0.35	7.0/6.9

После внесения сапропелевых удобрений хорошие прибавки к урожаю показывают картофель, кукуруза, зерновые культуры, капуста, морковь, томаты, цветы. Успешно используются сапропелевые удобрения и в лесных питомниках, особенно при выращивании деревьев хвойных пород. Так, саженцы ели за три года за счет применения сапропелевых удобрений дают в условиях Белоруссии, сходных с условиями Эстонии, прирост веса стеблей, корней и хвои в 2-3 раза по сравнению с контрольными образцами. Отдача от сапропелевых удобрений для различных сельскохозяйственных культур колеблется в широких пределах, но не менее 35-50% прироста урожая.

Сапропель, внесенный в больших дозах (200-800 т/га при влажности 60%), создает благоприятные условия оструктурования почвы, резко уве-

личивая в ней количество водопроточных агрегатов и образуя наиболее благоприятную в агрохимическом отношении комковую структуру (таб. 2). Под влиянием больших доз сапропеля в почвах заметно увеличивается количество гумуса, общего азота и поглощенных оснований, уменьшается как обменная, так и гидролитическая кислотность, резко повышается ёмкость поглощения, а степень насыщенности почв основаниями доходит до 97-99% [3].

Таблица 2. Рекомендуемые дозы внесения сапропелей в зависимости от механического состава почвы

Механический состав почв	Уровень плодородия почв	Доза сапропеля, т/га
Песчаный	Низкий	160-180
	Средний	120-140
Супесчаный	Низкий	140-180
	Средний	120-140
	Высокий	60-80
Суглинистый	Низкий	100-120
	Средний	80-100
	Высокий	40-50

Институтом природопользования НАН Беларуси в рамках проекта государственной научно-технической программы выявлены перспективные участки совместного размещения запасов торфа и сапропеля в Кличевском районе Могилевской области, разработаны технологии добычи и переработки с выпуском эффективных торфо-сапропелевых грунтов, сапропелевых удобрений и биологически активного гуминового продукта. В районе имеются ранее выбывшие из активной разработки торфяные месторождения с запасами сапропеля (Гончанское, Нивское, Миложня и др.). По составу и свойствам, горнотехническим условиям залегания торфа и сапропеля наиболее перспективным для повторного освоения является месторождение Нивское [4].

Журнал Scientific American совместно со Всемирным экологическим форумом назвали топ-10 технологий, идей и открытий, способных изменить мир к лучшему. Возглавляют список умные гранулированные удобрения на базе торфа и сапропелей, разработаны в лаборатории биогеохимии и агроэкологии Института природопользования НАН Беларуси. Отличительной особенностью удобрений является контролируемая доставка питательных веществ к корням растений. Их оболочка позволяет менять скорость высвобождения минеральных удобрений в зависимости от почвенно-климатических условий и вида сельскохозяйственной культуры.

Они питают растения на протяжении всего вегетационного периода. Не выносятся осадками за пределы корнеобитаемого слоя почвы. Не загрязняют окружающую среду.

Геологические условия и свойства месторождений определяют технологии добычи и переработки сапропеля. С точки зрения энергозатратности технологий, наименьшими вложениями энергии при добыче 1 тонны сапропелевого сырья характеризуется экскаваторная технология на выбывшем из эксплуатации торфяном участке, подстилаемом сапропелем. Имеющейся инфраструктура по добыче и переработке торфяного сырья значительно упрощает добычу сапропеля.

Использование открытого способа добычи сапропеля с помощью экскаватора минимизируют текущие затраты и увеличивают прибавки урожая до 40 кормовых единиц в расчете на 1 т внесенного сапропелевого удобрения, при нормативе окупаемости органических удобрений в республике 30 к. ед. на 1 т. Экономическая эффективность добычи сапропеля из подобных месторождений увеличивается. Однако следует отметить, что целесообразность применения сапропеля в растениеводстве очевидна при перемещении сырья на расстояние до 15 км от места заготовки.

Технология получения сапропеля из озера с помощью средств гидромеханизации заключается в откачке, так называемой пульпы – густо растворённого в воде сапропеля, которая заливается на специальные земельные участки на определенном расстоянии от озера, где несколько месяцев оттаивается и высыхает, озёрная вода при этом уходит в почву и возвращается в экологический круговорот, а сапропель потом перерабатывается, где из него вырабатываются несколько видов грунтов, органических удобрений, кормовых добавок, компонентов буровых растворов. Средства механизации этой технологии включают бустерную станцию, плавучий и наземный пульпопроводы. Данная технология представляет интерес, несмотря на то, что суммарные затраты энергии на получение сырья несколько выше, но это компенсируется возможностями современных средств механизации с использованием энергоэффективного силового оборудования, которые позволят более полно использовать озерный потенциал сапропеля.

Кроме того, одновременно с сапропелем вносится в среднем 16,5 т/га органического вещества, обогащающего почву гуминовыми и фульвовыми кислотами. После минерализации органических веществ часть элементов питания, находящихся в поглощенном состоянии, высвобождается, стано-

вится доступной для растений и усваивается в результате ионно-обменных реакций. Этим объясняется последствие сапропелевых удобрений.

Исходя из вышесказанного, основные направления по улучшению плодородия всех видов почв, в том числе легких, должны быть направлены на использование сапропелевых удобрений, которые кроме заметного улучшения экологической ситуации на мелиорируемых участках дают возможность вовлечь в сферу сельскохозяйственного использования ценное агрохимическое сырье, что способствует созданию условий для внедрения механизмов органического сельского хозяйства.

Библиографический список

1. Земледелие. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://moodle.ggau.by/mod/page/view.php?id=655> – Дата доступа: 07.03.20.
2. Курзо Б.В. Возможности совместного освоения месторождений торфа и сапропеля для целей сельского хозяйства в Беларуси / Б.В. Курзо, Т.И. Макаренко, О.М. Гайдукевич // Научный журнал Восточно-Европейского института торфяного дела Тверского государственного технического университета. Тверь. № 19 (72). 2019. – с 26-32.
3. Свойство сапропеля как удобрения для восстановления плодородия почв. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studylib.ru/doc/4238631/otzyvchivost.-sel.skochozajstvennyh-kul.tur-na-sapropelnye> – Дата доступа: 17.06.2020.
4. Организация производства по получению высокоэффективных органоминеральных грунтов и удобрений путем переработки торфа, и сапропеля месторождений Кличевского района Могилевской области. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://marr.by/ru/projects/project-mogreg/78-klichev-area/304-organizatsiya-proizvodstva-po-polucheniyu-vysokoeffektivnykh-organomineralnykh-gruntov-i-udobrenij-putem-pererabotki-torfa-i-sapropelya-mestorozhdenij-klichevskogo-rajona-mogilevskoj-oblasti> – Дата доступа: 17.06.2020.

УДК 631. 674

КОНТРОЛЬ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ В ВОЛГОГРАДСКОМ РЕГИОНЕ

Степанова Н.Е., к.с.-х.н., доцент

*ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»,
г. Волгоград, Россия*

Агрохимическое обследование, дает четкую картину состояния плодородия почв Волгоградской области, на основе которой разрабатываются конкретные для каждого района программы сохранения и повышения ее плодородия. Это позволяет обеспечивать землепользователей оперативной информацией для более эффективного использования того минеральных удобрений, которым они располагают на сегодняшний день.

Проблема охраны почвы состоит в том, что человек, применяя мощные орудия обработки почвы и средства химизации, в ряде случаев нарушает естественный ход эволюции и направляет его в иное русло. Урожайность сельскохозяйственных культур часто ограничивается недостатком питательных веществ, необходимых им в силу биологических потребностей. В ряде исследований, проведенных в зоне светло-каштановых почв доказано, что при регулярном орошении главным фактором, лимитирующим продуктивность посевов сельскохозяйственных культур, является именно недостаток элементов питания в почве в доступной для растений форме.

На территории Волгоградского региона научными исследовательскими организациями постоянно ведется контроль состояния почв. В данной работе представлены результаты исследований проведенные ФГБУ «САС» Михайловская» в 2018 году, в ведение которой входит десять районов северо -западной части Волгоградской области: Алексеевский, Еланский, Киквидзенский, Кумылженский, Михайловский, Нехаевский, Новонинский, Новониколаевский, Серафимовичевский, Урюпинский. Общая площадь обслуживаемой территории составляет 2396,1 тыс. га сельскохозяйственных угодий, в том числе пашни – 1780,8 тыс. га, многолетних насаждений – 7,2 тыс. га, сенокосов – 57,5 тыс. га, пастбищ – 550,1 тыс. га, залежь – 0,5 тыс. га.

Актуальность работы подтверждается выполнением задач долгосрочной областной целевой программы «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы», связанных с увеличением производства сельскохозяйственной продукции и повышением ее конкурентоспособности.

Согласно агроклиматическому районированию Волгоградской области территория входит в теплый район засушливой области. Недостаток влаги для Волгоградского региона в последние десятилетия является уже нормой. Зима, как правило, умеренно холодная. Среднемесячная температура января минус 9,6°С с абсолютным минимумом минус 35°С. Лето в довольно теплое. Среднемесячная температура июля в среднем плюс 24,2°С, а максимально температура воздуха может достигать плюс 41°С.

Осадки в течение года распределяются неравномерно, что типично для всей области. Среднегодовое количество осадков составляет 344 мм. Наибольшее их количество приходится на теплый период (апрель – сентябрь). Летние осадки выпадают в виде кратковременных ливней и не

успевают полностью впитываться в почву, стекая по склонам. В целом увлажнение территории района неустойчивое, в вегетационный период недостаточное, засуха приносит значительный вред сельскому хозяйству.

Территория зоны обслуживания ФГБУ «Станция агрохимической службы «Михайловская» расположена в пределах двух почвенных зон: черноземной и каштановой. Черноземная зона приурочена к северо-западной части области и представлена двумя подзонами – южный чернозем и обыкновенный чернозем. Волгоградская область располагается в пределах двух почвенных зон: 1) черноземные почвы, они занимают порядка 22 % всей площади, которые представлены двумя подзонами: обыкновенный чернозем; южный чернозем, 2) каштановые почвы, занимают 44% территории, к ним так же относят интразональные почвы – 14%.

Подзона обыкновенного и южного черноземов на территории Волгоградской области располагается на территории Серафимовичского и Кумылженского районов. Данная подзона является переходной от обыкновенных чернозёмов к южным, чем и обусловлено ее выделение в особый регион, территория данной подзоны наиболее освоена под сельскохозяйственное производство. Процент пашни по отношению к другим сельскохозяйственным угодьям составляет 80,1% . На территории области подзона обыкновенного и южного чернозёмов занимает в основном два геоморфологических района: на северо-западе по правобережью реки Хопра, Калачевскую возвышенность и междуречье рек Хопра и Медведицы (Хопёрско-Бузулукскую равнину. Почвенный покров подзоны разнообразный, механический состав почв – от глинистого до супесчаного, но преобладает тяжелосуглинистый. Подзона южного чернозема по освоенности под сельскохозяйственное производство занимает второе место в области после подзоны обыкновенного и южного чернозёмов, занимает междуречье Бузулука и Медведицы. Подзона южного чернозёма расположена на северо-западе Хопёрско-Бузулукской равнины (Новоаннинский, Киквидзенский, Еланский, Алексеевский, частично Михайловский районы). На западе южный чернозем распространяется на Калачевскую возвышенность (Нехаевский, частично Алексеевский, Кумылженский районы). Почвообразующие породы в основном представлены глинами, тяжелыми суглинками, механический состав почв тяжелый. В пределах этих административных районов пашня по отношению к другим сельскохозяйственным угодьям составляет 76%.

Полевые опыты сопровождались наблюдениями и учетами, выполненными при соблюдении требований методик В.Н. Плешакова, Б.И. Доспехова, отбор почвенных образцов проводили в естественном сложении в 5...6 кратной повторности послойно от 0,0 до 1,0 м почвенными бурами БП-500 и БП-100 [1, 2, 3].

Каштановая зона на территории обслуживания ФГБУ «САС «Михайловская» представлена тёмно-каштановой подзоной, которая включает междуречье Иловли и Медведицы в пределах следующих административных районов: Серафимовичский и Михайловский. По правобережью Дона тёмно-каштановые почвы занимают северо-западный полого-волнистый район Донской гряды. Склоны к правому берегу Дона короткие, круглые, сильно изрезаны как древними, так и современными эрозионными формами. Рельеф западной части междуречья Иловли и Медведицы равнинный с длинным пологим склоном. Процессы эрозии выражены слабо. Почвенный покров не отличается пестротой, это в основном тёмно-каштановые маломощные, среднемощные почвы, развитые на лессовидных суглинках, солонцы в этой части составляют незначительный процент.

На территории Волгоградской области работают 3 станции агрохимической службы: ФГБУ "Центр агрохимической службы "Волгоградский", ФГБУ "Станция агрохимической службы "Михайловская" и ФГБУ "Станция агрохимической службы "Камышинская". В 2016 году они провели эколого-токсикологическое исследование почв Волгоградской области. Результаты исследования приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты исследований агрохимической лаборатории

Район	Значение фосфора	Значение обменного калия	Средне взвешенное значение гумуса	Содержание микро и макро элементов
1	2	3	4	5
Еланский район	39,0 мг/кг	430,3 мг/кг	5,2%	Сера, медь, кобальт, цинк и марганец в почвах Еланского района остаются на низком уровне
Киквидзенский район	34,4 мг/кг	427,7 мг/кг	На черноземах обыкновенных – 6,3% На черноземах южных – 5,0%	Наблюдается дефицит макро- и микро-элементов

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
Алексеевский район	26,6 мг/кг	360,0 мг/кг	Значение гумуса на черноземах южных – 4,8% На черноземах обыкновенных – 5,5%	Наблюдается дефицит макро- и микро- элементов
Кумылженский район	20,5 мг/кг	332,4 мг/кг	Значение гумуса – 3,6 %	Наблюдается дефицит макро- и микро- элементов
Новоаннинский район	32,8 мг/кг	385,4 мг/кг	Значение гумуса – 6,3 %	Наблюдается дефицит макро- и микро- элементов
Серафимовичский район	23,0 мг/кг	336,5 мг/кг	Средневзвешенное значение гумуса на темно-каштановых почвах – 2,9% На черноземах южных – 3,4 %	Наблюдается дефицит макро- и микро- элементов
Урюпинский район	35,5 мг/кг	319, 5 мг/кг	Средневзвешенное значение гумуса на черноземах южных - 4,5 %, а на черноземах обыкновенных 6,5 %	Наблюдается дефицит макро- и микро- элементов
Дубовский район	32,1мг/кг	340,0 мг/кг	1,73 % - содержание гумуса	Наблюдается дефицит макро- и микро- элементов
Светлоярский район	32,5 мг/кг	423,0 мг/кг	Средневзвешенное содержание гумуса - 2,04%	Наблюдается дефицит макро- и микро- элементов
Николаевский район	39,3 мг/кг	523,0 мг/кг	Значение гумуса - 2,22%	Наблюдается дефицит макро- и микро- элементов
Быковский район	40,9 мг/кг	429 мг/кг	Среднее значение гумуса - 1,69%	Наблюдается дефицит макро- и микро- элементов

По результатам изученности земель установлено, что на территории Волгоградской области имеются такие негативные процессы, как ветровая эрозия, засоление, подтопление, водная эрозия и другие [4,5].

В результате проведенного эколого-токсикологического обследования остаточных количеств пестицидов (гексохлоран, дихлордифенил трихлорметилметан и перитроидов) в почве не обнаружено. Средний уровень валового и подвижного содержания тяжелых металлов и токсичных эле-

ментов не превышает предельно допустимые концентрации и ориентировочно допустимые концентрации химических веществ в почве, согласно ГН 2.1.7.2041-06, ГН 2.1.7.2511-09, колебания показателей радиоактивного фонда соответствуют многолетним наблюдаемым значениям естественного фонда.

Библиографический список

1. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основными статистической обработкой результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351с.
2. Система орошаемого земледелия Волгоградской области с программированным выращиванием урожаев сельскохозяйственных культур / Под общ. ред. И.П. Кружилина. – Волгоград: Ниж.-Волж. Кн. изд.-во, 1987. – 240 с.
3. Филин, В.И. Особенности применения удобрений при программировании урожая с/х культур на каштановых и светло-каштановых почвах в условиях орошения / В.И. Филин. – М., 1976. – ч.2. – С. 52-54.
4. Кузнецова, Н.В. Влияние минеральных удобрений на питательный режим светло-каштановых почв при различной водообеспеченности. / Н.В. Кузнецова, Н.Е. Степанова. // Современные проблемы, перспективы и инновационные тенденции развития аграрной науки: материалы науч.-практ. конф. (ФГОУ ВПО ДГСХА). – Махачкала: Изд. ДГСХА, 2010. – Ч. 2. – С. 325 - 327.
5. Степанова, Н.Е. Светло-каштановые почвы Городищенского района Волгоградской области. / Н.Е. Степанова. // «Вестник Прикаспия» Научно-теоретический и практический журнал. ГНУ Прикаспийский НИИ аридного земледелия Россельхозакадемии, 2015. - № 1. – С. 11-14.

УДК 631.81:53

ТОЧНАЯ СИСТЕМА УДОБРЕНИЯ И АГРОФИЗИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

Иванова Ж.А. * к. с.-х. н., Конашенков Е.А. ** м.н.с.

**ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»,
г. Санкт-Петербург, Россия*

*** «СевероЗападный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения - Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук»,
г. Санкт-Петербург, Россия*

Высокая пространственная неоднородность почвенного плодородия – один из серьёзных факторов снижения отдачи от применения удобрений в Нечернозёмной зоне России (Литвинович, 2007; Иванов и др., 2014). Несмотря на многообразие природы и, часто, рукотворное происхождение (Иванов, Конашенков, Федотенков, 2007; Иванов, Конашенков, 2012), основным инструментом преодоления её последствий выступают точные системы удобрения. Условия их эффективного применения на разных поле-

вых и овощных культурах теперь известны (Иванов, Конашенков, 2014; Иванов, Лапа, Конашенков, Иванова, 2017), но последствия для агрофизических кондиций почвы изучены недостаточно полно. С целью восполнения этого пробела выполнено комплексное исследование, где предметом изучения стали агрофизические свойства дерново-подзолистых почв.

Методической основой исследования служил пятилетний модельно-полевой опыт, выполненный в опорном пункте АФИ, КХ «Прометей» Гдовского района Псковской области. Опыт закладывался в 2007 году в полиэтиленовых сосудах без дна площадью 1 м² с искусственно сформированной в них верхней частью профиля дерново-слабоподзолистой почвы от супесчаного до среднесуглинистого гранулометрического состава и окультуренности: Апах. – 0-22 см и А₂В – 22-40 см. Набором сосудов из элементарных почвенных контуров формировалась контрастная по физическим свойствам почвенная структура в виде литогенной мозаики.

В сосудах последовательно возделывались культуры овощного севооборота (редька чёрная, картофель, свёкла столовая, капуста белокочанная, морковь столовая) на фоне зональной («ЗСУ») и двух вариантов точной («ТСУ-1» и «ТСУ-2») органо-минеральных систем удобрения. В варианте «ЗСУ» дозы удобрений были едиными по элементарной структуре почвенного покрова и определялись её средневзвешенными свойствами и планируемой урожайностью культур: редька чёрная (30 т/га) – известь, 4,5 т/га + N95P20K125; картофель (40 т/га) – навоз, 45 т/га + N100P30K90; свёкла столовая (50 т/га) – N130P50K150; капуста белокочанная (60 т/га) – известь, 2,1 т/га + навоз, 50 т/га + N20P10K90; морковь (50 т/га) – N100P50K130. В варианте «ТСУ-1» открытию ротации севооборота предшествовало точное (с учётом свойств каждой почвенной разновидности) окультуривание почвы, рассчитанное на формирование оптимальных параметров, преимущественно, агрохимических свойств. Применительно к изучаемой элементарной структуре почвенного покрова дозы мелиорантов и удобрений варьировали: известь – 0-20 т/га, торф низинный – 0-900 т/га, Р₂О₅ в форме фосфоритной муки – 0-750 кг/га, К₂О в форме сульфата калия – 0-1710 кг/га. Дозы мелиорантов и удобрений рассчитывали, исходя из доведения соответствующих свойств почвы до хорошо окультуренных параметров с учётом зональных нормативов затрат их изменения у разных разновидностей. В последующем дозирование велось равномерно, но с учётом произошедших изменений в свойствах окультуриваемых почв. В варианте «ТСУ-2» дозы удобрений определялись с учётом свойств каждой

почвенной разновидности в отдельности, но в целом за ротацию севооборота они были идентичными варианту «ЗСУ».

Повторность в опыте четырёхкратная. Определение комплекса физических и агрофизических свойств выполнено по завершении эксперимента с использованием стандартизированных и общепринятых методик.

Как и предполагалось гипотезой исследования уровень изменения агрофизических свойств в опыте зависел от доз мелиорантов и буферности отдельных параметров. Наиболее существенные позитивные изменения относятся к варианту «ТСУ-1», в котором применялись высокие дозы органических и известковых удобрений. Они заметны даже по трансформации одного из самых стабильных физических свойств почвы – гранулометрического состава (табл. 1).

Таблица 1. Агрофизические свойства почвы в конце опыта

Вид и разновидность почвы		Агрофизические свойства почвы					
окультуренность	гранулометрический состав	содержание фракций, %		агрегаты, 0,25-10мм, %	плотность, средняя, г/см ³	плотность твёрдой фазы, г/см ³	пористость, %
		<0,01 мм	<0,001 мм				
1	2	3	4	5	6	7	8
Контроль – без удобрений							
хорошая	песчаный	6,6	1,3	38,3	1,39	2,70	49
	супесчаный	12,3	1,5	80,5	1,33	2,70	51
	легкосуглинистый	22,8	3,2	83,5	1,20	2,60	54
	среднесуглинистый	32,2	10,9	74,3	1,27	2,61	51
слабая	песчаный	4,8	0,6	18,4	1,42	2,73	48
	супесчаный	11,7	0,8	73,4	1,38	2,70	49
	легкосуглинистый	22,0	2,9	58,8	1,37	2,64	48
	среднесуглинистый	32,5	8,7	74,3	1,35	2,68	50
Среднее по структуре		18,1	3,7	62,7	1,34	2,67	50
Коэффициент вариации, %		60	105	37	5	2	4
«ЗСУ»							
хорошая	песчаный	7,2	1,9	25,9	1,35	2,66	49
	супесчаный	12,5	1,6	83,2	1,30	2,60	50
	легкосуглинистый	21,3	3,0	84,7	1,16	2,52	54
	среднесуглинистый	32,0	10,3	80,5	1,21	2,50	52
слабая	песчаный	5,6	0,6	23,0	1,41	2,75	49
	супесчаный	11,8	0,8	84,6	1,36	2,70	50
	легкосуглинистый	21,5	2,6	78,1	1,25	2,61	52
	среднесуглинистый	33,0	8,5	80,3	1,29	2,64	51
Среднее по структуре		18,1	3,7	67,5	1,29	2,62	51
Коэффициент вариации, %		58	99	40	6	3	3

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
«ТСУ-1»							
хорошая	песчаный	8,2	2,4	25,9	1,25	2,61	52
	супесчаный	13,0	1,9	89,1	1,24	2,64	53
	легкосуглинистый	21,5	3,3	78,8	1,19	2,58	54
	среднесуглинистый	33,2	11,7	73,8	1,19	2,53	53
слабая	песчаный	6,6	1,3	64,8	1,35	2,60	48
	супесчаный	13,6	1,7	90,9	1,34	2,61	49
	легкосуглинистый	23,2	3,4	79,8	1,14	2,54	55
	среднесуглинистый	35,7	11,3	84,1	1,16	2,60	55
Среднее по структуре		19,4	4,6	73,4	1,23	2,59	52
Коэффициент вариации, %		56	94	29	6	1	5
«ТСУ-2»							
хорошая	песчаный	7,5	1,9	35,5	1,37	2,68	49
	супесчаный	12,8	1,5	78,7	1,30	2,63	51
	легкосуглинистый	21,4	3,0	83,4	1,19	2,56	54
	среднесуглинистый	31,7	11,0	84,2	1,22	2,56	52
слабая	песчаный	5,6	0,8	76,3	1,39	2,60	47
	супесчаный	12,0	0,8	84,7	1,34	2,63	49
	легкосуглинистый	22,8	2,9	71,5	1,25	2,59	52
	среднесуглинистый	32,9	8,9	84,2	1,27	2,50	51
Среднее по структуре		18,3	3,9	74,8	1,29	2,59	51
Коэффициент вариации, %		57	100	22	6	2	4

И хотя за пятилетний период он не претерпел коренных изменений (структура почвенного покрова в целом продолжала относиться к пылеватопесчаной супеси, тем не менее, содержание в почве фракций физической глины увеличилось на 1,5 %, в том числе илистых частиц – на 0,9 %. В почве элементарных контуров с песчаными и супесчаными разновидностями возросла и доля фракций пыли. Вполне ожидаемо, изменения затронули в большей степени слабокультуренные почвы, содержание в которых физической глины увеличилось на 2,0, а ила – на 1,2 %. Связано это с применением высоких доз торфа и навоза, обеспечивших, с одной стороны, поступление в почву значительной массы органических коллоидов, с другой стороны, усиление биологического выветривания минералов. Известкование почвы при этом способствовало быстрой коагуляции коллоидов. Аналогичные закономерности в ослабленном виде весьма устойчивых тенденций прослеживались и в вариантах «ЗСУ» и «ТСУ-2».

По данным сухого рассева почвы, в конце ротации севооборота высокой долей макроструктурных агрегатов (0,25...10 мм) характеризовались все почвенные разновидности, кроме песчаных. Однако в составе песчаных и супесчаных почв фракция 0,25...1 мм была представлена в основ-

ном, неагрегированными частицами среднего и крупного песка. Поэтому суглинистые и супесчаные разновидности с одинаковым содержанием макроструктурных агрегатов не могли обладать равными поглотительными свойствами.

Доля агрегатов менее 0,25 мм (пыли) продолжала оставаться господствующей (61,7-81,4%) в составе песчаной почвы и слабой, и хорошей окультуренности. Достаточно широко она была представлена и в составе слабоокультуренных супесчаных и легкосуглинистых разновидностей (26,3-41,0%).

Нельзя не отметить, что элементарные почвенные контура структуры почвенного покрова, принципиально отличающиеся уровнем окультуренности почвы, по степени оструктуренности разнились всего на 22 относительных процента. Это могло стать следствием низкой исходной гумусированности хорошо окультуренного вида почвы, а также значительного содержания трудно поддающейся агрегированию песчаной фракции.

Все три варианта системы удобрения оказали положительное влияние на структурное состояние почвы, но только её слабоокультуренных разновидностей. В среднем по структуре почвенного покрова содержание агрегатов 0,25...10 мм увеличилось в варианте «ЗСУ» на 10,3, «ТСУ-1» - на 23,7, «ТСУ-2» - на 23,0%. У исходно хорошо окультуренных разновидностей ощутимого оструктурирующего действия системы удобрения не наблюдалось. Показатели общих физических свойств почвы (средняя плотность, пористость) тоже имели заметную связь с дозами органических удобрений и извести. В вариантах «ЗСУ» и «ТСУ-2» положительные изменения имели характер тенденции, а в варианте «ТСУ-1» были статистически достоверными – плотность почвы уменьшилась на 0,11 г/см³, а общая пористость увеличилась на 3 %.

Исходная пространственная вариабельность агрофизических свойств почвенной структуры была неодинаковой – высокой по гранулометрическому составу и структурному состоянию и низкой – по показателям плотности и пористости. Преимущество вариантов точной системы удобрения в части уменьшения мелкомасштабной неоднородности свойств почвы не вызывает сомнения. Так, коэффициент пространственной вариации показателя оструктуренности снизился на 8-15 % (в варианте «ЗСУ» остался на уровне контроля). Но, как видно из данных таблицы 2, более существенное выравнивание контрастных физических свойств даже на фоне точной системы удобрения потребует не одно пятилетие.

На контрастной по физическим свойствам структуре дерново-подзолистой почвы изучаемые варианты органо-минеральной системы удобрения обеспечили повышение продуктивности овощного севооборота от 95 до 122 %. Преимущество вариантов точной системы удобрения проявилось как в показателях агрономической эффективности, так и в степени влияния на пространственную вариабельность урожайности сельскохозяйственных культур.

Таким образом, абсолютные показатели изменения весьма консервативных физических свойств последней зависели от применённых за ротацию доз удобрений и исходных характеристик этих почв. На фоне высоких доз органических удобрений и извести (вариант «ТСУ-1») в гранулометрическом составе почвы наблюдалось увеличение доли фракций физической глины на 1,5, а илистых частиц – на 0,9 % (у слабокультуренных разновидностей – на 2,0 и 1,2 % соответственно). Доля макроструктурных агрегатов повысилась на 11 % (у слабокультуренных разновидностей – на 23,7 %). В этом варианте системы удобрения регистрировались и лучшие показатели оптимизации общих физических свойств почвы – уменьшение средней плотности на 0,11 г/см³ и увеличение общей пористости на 3 %. В вариантах «ЗСУ» и «ТСУ-2» отмеченные изменения носили характер весьма устойчивой тенденции и не имели существенных различий по абсолютной величине.

Библиографический список

1. Иванов, А.И. Методико-технологические аспекты и результаты оценки точных систем удобрения [Текст] / А.И. Иванов, А.А. Конашенков // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2014. № 3. С. 20-24.
2. Иванов, А.И. Равномерность внесения навоза и пестрота почвенного плодородия [Текст] / А.И. Иванов, А.А. Конашенков, Д.В. Федотенков // Плодородие. 2007. № 2. С. 16-18.
3. Иванов, А.И. Агроэкологические последствия неравномерного внесения навоза в овощном севообороте [Текст] / А.И. Иванов, А.А. Конашенков // Агрохимия. 2012. № 6. С. 66-72.
4. Иванов, А.И. Оценка параметров пространственной неоднородности показателей почвенного плодородия [Текст] / А.И. Иванов и др. // Агрохимия. 2014. № 2. С. 39-49.
5. Иванов, А.И. Биологические особенности ответа культур овощного севооборота на точные системы удобрения [Текст] / А.И. Иванов, В.В. Лапа, А.А. Конашенков, Ж.А. Иванова // Сельскохозяйственная биология. 2017. т. 52. № 3. С. 454-463.
6. Литвинович, А.В. Пространственная неоднородность агрохимических показателей пахотных дерново-подзолистых почв [Текст] / А.В. Литвинович // Агрохимия. 2007. № 5. С. 89-94.

УДК:631.8:631.452

ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ И ИЗВЕСТКОВАНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ

Кузьменко Н.Н., к.с.-х.н.,

ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» ОП

г. Торжок, Россия

Объемы применения минеральных и органических удобрений в земледелии России в настоящее время резко сократились. Дозы удобрений, которые фактически применяют в сельском хозяйстве в настоящее время, на порядок ниже научно обоснованных. Объемы известкования – наиболее эффективного агромероприятия на кислых дерново-подзолистых почвах, сведены к нулю. Урожай сельскохозяйственных культур формируется в основном за счет почвенного плодородия, что постепенно приводит к снижению естественного плодородия почв. В Нечерноземной зоне 55% пашни характеризуется низким содержанием гумуса, 36% - средним и только 9% - высоким [1, 2].

Проблема снижения почвенного плодородия требует получения информации, необходимой для контроля и прогноза возможного изменения уровня плодородия почвы во времени и разработки комплекса мероприятий для ее сохранения. Оценить количественно изменения почвенных процессов, протекающих с малой скоростью можно только спустя десятилетия. Выявить влияние природных и антропогенных факторов при неоднократном их повторении и регулярном наблюдении за ними возможно только в длительных опытах [3]. Цель наших исследований – изучить влияние разных систем удобрений и известкования на показатели плодородия дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в льняном севообороте.

Объекты и методы исследований. Исследования проведены в длительном опыте, заложенном в 1948 г. на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в Тверской области (г. Торжок) в 8-польном севообороте со следующим чередованием: 1. пар чистый – 2. озимая рожь с подсевом многолетних трав (клевер красный и тимopheевка) – 3. многолетние травы 1-го года пользования – 4. многолетние травы 2-го года пользования – 5. лен-долгунец – 6. картофель – 7. ячмень – 8. овес. Для обсуждения результатов предложены варианты с применением систем удобрений, эквивалентных по количеству элементов за севооборот: 1 – без удобрения (контроль), 2 –

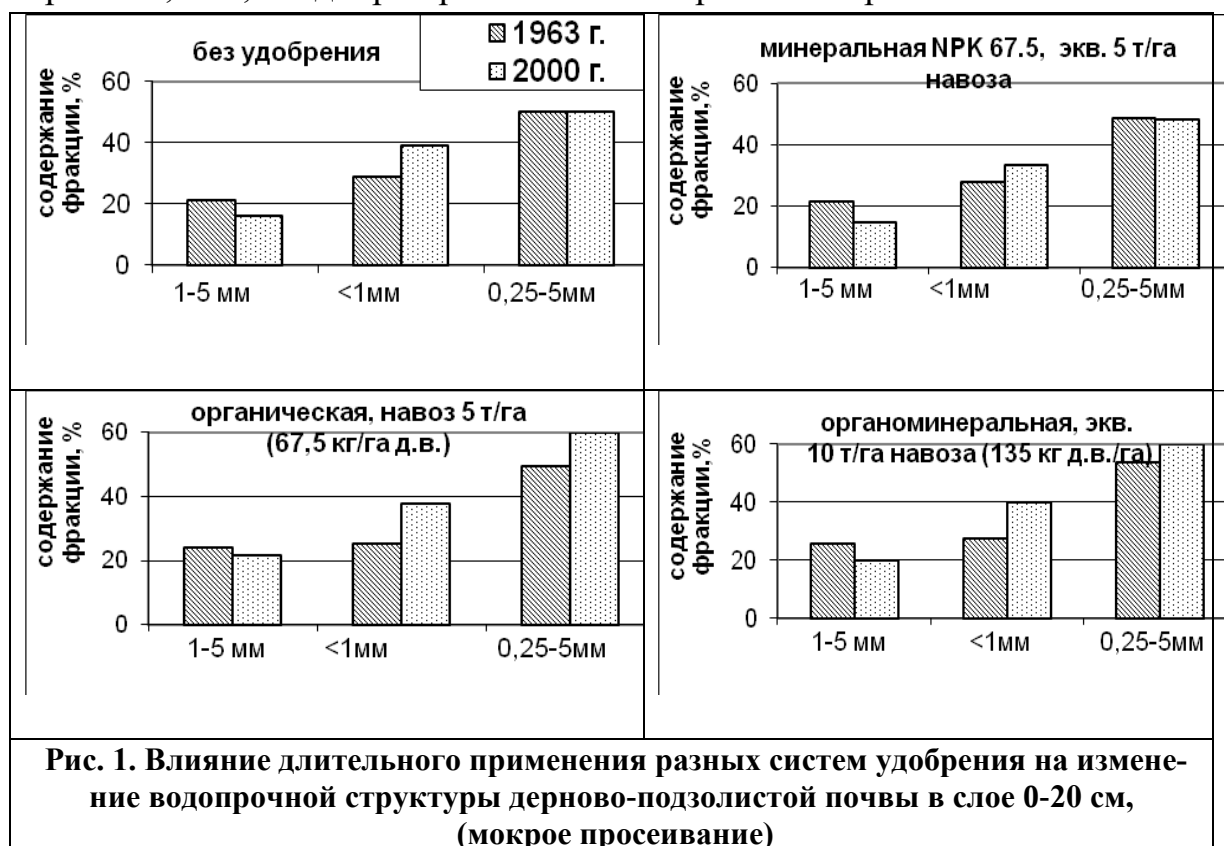
органическая система (навоз 5 т/га = 67,5 кг д.в./га), 3 – минеральная система (NPK 67,5), эквивалентно 5 т навоза/га, 4 – органическая (навоз 10 т/га = 135 кг д.в./га), 5 – органо-минеральная система (навоз 5 т/га + NPK 67,5 кг д.в./га = 135 кг д.в./га), эквивалентно 10 т навоза/га. Известкование в этих вариантах (за исключением контрольного) проводили всего 1 раз за время проведения опыта – в 2004 г. в паровом поле. В схеме опыта есть варианты, где изучается роль известкования: 6 – без удобрения + CaCO_3 0,5 г.к. в каждой ротации, 7. NPK 72,5, 8. NPK 72,5 + CaCO_3 0,5 г.к. в каждой ротации. Дозы удобрений приведены в расчете на 1 га севооборотной площади (Н – навоз в т, NPK – минеральные удобрения в кг д.в.). Навоз КРС вносили в паровом поле под озимую рожь в 2004 г. Для известкования использовали доломитовую муку с содержанием CaCO_3 82 %.

Опыт заложен методом рендомизации, повторность – четырехкратная, площадь опытной делянки составляет 90 м². Наблюдения и исследования в опыте проводили в соответствии с Методическим указаниями по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями (М., 1983) и Методикой полевого опыта (Б.А. Доспехов, 1979). Структурно-агрегатный состав почвы определяли по методу Саввинова, содержание алюминия – по методу Соколова, содержание обменных катионов – трилометрическим методом, кислотность почвы – в вытяжке KCl. Содержание гумуса определяли по методу Тюрина, фракционно-групповой состав – в 0,1 н. NaOH вытяжке.

Результаты исследований. Результаты многолетних наблюдений показали, что под влиянием удобрений количество наиболее ценных в агрономическом отношении почвенных агрегатов размером 0,25-10 мм увеличилось на 2,9-12,6 % в сравнении с вариантом без применения удобрений. При органической и органоминеральной системе удобрения их количество было наибольшим – 70,0-79,3%. Длительное применение минеральной системы удобрения без известкования приводило к распылению структуры почвы. Содержание пылеватых частиц (<0,25 мм) в сравнении с органической системой, эквивалентной по сумме NPK за севооборот было на 9,2 % больше, а глыбистых частиц (>10 мм) – наоборот меньше на 11,7%, что приводит к снижению водоустойчивости и большему размыванию почвы.

За 5 ротаций севооборота (с 1963 по 2000 г.) произошли изменения в агрегатном составе почвы. Применение органической и органоминеральной системы в отличие от минеральной системы, способствовало больше-

му образованию водопрочных агрегатов ($> 0,25$ мм). В тоже время за анализируемый период произошли и негативные изменения: уменьшилась доля наиболее ценных водопрочных агрегатов размером 1-5 мм и увеличилась доля частиц мелкой фракции (< 1 мм), т.е. происходит распыление структуры почвы. Эта закономерность отмечается при всех изучаемых системах удобрения (рис.1). Изменилось и качество отдельных агрегатов, так наибольшему размыванию подвержена почва при минеральной системе удобрения. Коэффициент водоустойчивости (отношение агрегатов $>0,25$ мм при мокром просеивании к содержанию агрегатов того же размера при сухом просеивании) при минеральной системе удобрения составил 0,74 ед. против 0,81-0,89 ед. при органической и органоминеральной системе.



Плодородие почв во многом определяется содержанием гумуса и его качественным составом. Гумусовые вещества большую роль играют в формировании структуры почвы, которая оказывает положительное влияние на физические свойства почвы. Кроме того, органическое вещество поддерживает устойчивость режима питания растений, биологическую активность почвы, повышает буферность, емкость и устойчивость почв к неблагоприятным воздействиям природного и антропогенного характера.

В результате применения разных систем удобрений произошли существенные изменения запасов органического вещества почвы. Наиболь-

шие изменения произошли в варианте без применения удобрений. За одну ротацию 8-польного севооборота с 1956 по 1963гг. содержание гумуса снизилось с 1,95 до 1,71 % (на 0,24 % абсолютных), за период с 1956 по 2011гг. запасы гумуса от исходного уровня уменьшились на 49 % (табл. 1).

Таблица 1. Содержание и хозяйственный баланс гумуса в почве при длительном применении разных систем удобрений

Период определения	Система удобрения				
	без удобрения	Н 5	Н 10	НПК 67,5 экв. Н 5	Н 5 + НПК 67,5 экв.Н 10
Содержание гумуса, %					
2 ротация (начало), 1956 г.	1,95	1,90	1,77	1,68	1,84
2 ротация (конец), 1963 г.	1,71	1,84	2,29	1,99	2,25
3 ротация, 1970 г.	1,44	1,55	1,56	1,26	1,54
5 ротация, 1987 г.	1,22	1,42	1,50	1,16	1,47
7 ротация, 2003 г.	1,08	1,34	1,44	1,10	1,34
8 ротация, 2011 г.	1,00	1,25	1,35	1,06	1,27
Изменение запасов гумуса, ± % к исходному уровню					
1956-2011 гг.	-49	-34	-24	-37	-31
Баланс, ± т/га ежегодно					
1956 - 1963 гг.	-1,03	-0,26	2,23	1,33	1,76
1956 - 1970 гг.	-1,18	-0,81	-0,49	-0,97	-0,69
1970 - 1987 гг.	-0,41	-0,24	-0,11	-0,19	-0,13
1987 - 2011 гг.	-0,28	-0,29	-0,19	-0,13	-0,25
1956 - 2011 гг.	-0,52	-0,39	-0,23	-0,34	-0,31

Однако и длительное применение удобрений в дозах 67,5 и 135 кг д.в. на 1 га севооборотной площади не обеспечило сохранение исходного уровня органического вещества дерново-подзолистой почвы. При минеральной системе удобрения (НПК 67,5 кг д.в.) потери гумуса были наибольшие – 37%. Наименьшие потери – 24 % за весь период проведения опыта и самое высокое содержание гумуса в 8-й ротации – 1,35 % отметили при длительном применении органической системы удобрения при дозе навоза 10 т на 1 га севооборотной площади. Темпы снижения запасов гумуса в почве при органоминеральной системе удобрения были несколько выше, чем при равной ей органической системе удобрения (Н 5 + НПК 67,5 кг д.в. = Н 10) и составили 31 %. Наибольшее снижение запасов гумуса отмечали в первых ротациях. За период 1956-1970 гг. (2-3 ротация) потери составляли 0,49-0,97 т/га ежегодно, затем потери независимо от системы удобрения снизились и за период 1988-2011 гг. (6-8 ротация) составили 0,13-0,29 т/га (табл. 1).

Периодическое известкование по 0,5 г.к. 1 раз за севооборот благодаря улучшению физико-химических и биологических свойств почвы способствовало снижению потерь гумуса дерново-подзолистой почвы. В начале 2-й ротации севооборота (1956 г.) запасы гумуса в почве в вариантах без известкования и при известковании были практически одинаковы – 58,5 т/га без применения удобрений и 52,2-52,5 т/га при внесении удобрений в дозе 72,5 кг д.в./га. К концу 8-й ротации (2011 г.) отмечается постепенное снижение запасов гумуса во всех вариантах, но в вариантах, где проводилось периодическое известкование, запасы гумуса на протяжении всего периода проведения опыта были выше. На фоне без применения удобрений на 1,8-6,9 т/га и на фоне внесения минеральных удобрений на 4,2-7,8 т/га. В среднем по 2 фонам снижение запасов гумуса без известкования составило 45 %, при известковании 31 % от исходного уровня (рис. 2).



Рис. 2. Влияние известкования на изменение запасов гумуса в почве

Наряду со снижением общих запасов гумуса в почве за истекший период существенно изменился и состав гумуса (табл. 1). Анализы по качественному составу гумуса, которые были проведены в данном опыте в разные годы другими исследователями [4, 5] показывают, что тип гумуса в большинстве вариантах был ближе к гуматно-фульватному. Соотношение Сгк/Сфк при применении удобрений в период 1956-1970 гг. по данным А.П. Лимонова [4] было в пределах 0,46-0,67, по данным Б.Н. Золотаревой с соавторами [6] за этот же период в пределах 0,61-0,70, в 1984 и 1987 гг. – 0,51-0,86.

Результаты наших исследований показали, что длительное сельскохозяйственное использование дерново-подзолистой почвы без известкования привело к подкислению почвы и снижению насыщенности почвы основаниями. Известкование почвы в 2004 г., проведенное впервые в вариантах, где изучаются разные системы удобрения, снизило кислотность почвы с 4,6 до 5,2 рН в среднем. Содержание обменного Са²⁺ в почвенном погло-

щающем комплексе увеличилось с 1,86 до 3,00 мг-экв/100 г почвы, обменного Mg с 0,60 до 1,59 мг-экв/100 г. Несмотря на то, что содержание обменных катионов абсолютно мало, его увеличение в 1,6 и 2,6 раза отразилось на закреплении гуминовых кислот, в том числе фракции II и III.

Результаты анализов по фракционно-групповому составу гумуса [6] показали, что общее содержание гуминовых кислот в среднем по вариантам увеличилось с 9,2 до 16,4 %. Содержание фульвокислот, наоборот снизилось с 59,7 до 44,7 %. Содержание фракции I а – «агрессивные фульвокислоты» снизилось с 11 до 9,4 %. Преобладание фульвокислот над содержанием гуминовых кислот определяет крайне низкое соотношение Сгк/Сфк, которое после известкования было в пределах 0,26-0,50, что характерно для фульватного типа гумуса. Среди исследуемых вариантов проявляется отрицательное воздействие минеральной системы удобрения на показатели состава гумуса. Так, суммарное количество трех фракций гуминовых кислот в почве в этом варианте до известкования было самым низким – 7,3 %, даже ниже, чем в контрольном варианте. Содержание фульвокислот, наоборот, самое высокое – 63,6 %. Положительное влияние на качество гумуса оказывало применение навоза в дозе – 10т/га, который, также как и известь был внесен в 2004 г. В этом варианте отмечалось наиболее высокое содержание гуминовых кислот в составе гумуса – 19,7% от С_{общ.} почвы (рис. 3). Соотношение Сгк/Сфк было самое высокое и составило 0,50.



Заключение

Применение органической системы удобрения (10 т навоза на 1 га севооборотной площади) улучшило структурно-агрегатный состав почвы и каче-

ственный состав гумуса, но не обеспечило исходный уровень органического вещества почвы. При этом потери гумуса за 8 ротаций севооборота были наименьшие и составили 24 %. Длительное применение минеральной системы удобрения (67,5 кг д.в./га) без известкования привело к распылению почвенной структуры, снижению ее водоустойчивости, качества гумуса и наибольшим его потерям – на 37 % от исходного уровня. При применении органо-минеральной системы удобрения (5 т навоза + 67,5 кг д. в. минеральных удобрений/га) потери гумуса составили 31 %. Известкование кислой дерново-подзолистой почвы по 0,5 г.к. в каждой ротации увеличило содержание гуминовых кислот в составе гумуса и позволило снизить его потери на 14 % в сравнении с не известкованной почвой.

Библиографический список

1. Бюллетень Географической сети опытов с удобрениями. Выпуск 8. Плодородие пахотных почв Российской Федерации (по данным локального мониторинга). М., 2010.- 50 с.
2. Чекмарев П. А. Состояние плодородия почв и мероприятия по его повышению в 2012 г. // Агрохимический вестник. 2012. - № 1. - С. 2–4.
3. Шевцова Л.К., Канзываа С.О., Романенков В.А. Гумусное состояние почв при длительном применении удобрений и их последствиях // Плодородие. 2003. - №6. - С. 16-19.
4. Лимонов А.П. Изменение содержания гумуса дерново-подзолистой песчано-легкосуглинистой почве за две ротации восмипольного льняного севооборота // Агрохимия. 1974. - №3. - С. 59-62.
5. Золотарева Б.Н., Петрова Л.И., Мироненко Л.М. Влияние систематического применения минеральных и органических удобрений на изменение содержания и состава гумуса дерново-подзолистой почвы // Агрохимия. 1991. - №10. - С. 75-84.
6. Хайдуков К.П., Шевцова Л.К., Кузьменко Н.Н. Изменение гумусового состояния дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы при длительном применении различных систем удобрения // Проблемы агрохимии и экологии. 2016. -. №3. - С. 22-25.

УДК 631.82:631.48

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ АГРОМЕЛИОРАТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРИЕМОВ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

Меньшикова С.А., к.с.-х.н.

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Нечерноземная зона занимает более половины площади Европейской части России, вместе с тем это наиболее густозаселенная территория страны. Факторы, определяющие формирование естественных почвообразовательных процессов на территории Нечерноземной зоны, обуславливают

пестроту и разнообразие типов почв и осложняют их сельскохозяйственное использование. Широтное расположение, характер и сочетание отдельных форм рельефа, распределение по территории лесов, болот и водных объектов, гидротермический режим и другие природно-зональные особенности ведут к удорожанию себестоимости продуктов аграрного производства в этой зоне. Для рационального и эффективного использования земельных и водных ресурсов Нечерноземной зоны необходим детальный и тщательный учет этих особенностей и проведения широкого комплекса мелиоративных мероприятий.

При вовлечении в оборот и активной эксплуатации сельскохозяйственных земель неизбежно будет происходить снижение их природно-ресурсного потенциала. Рост сельскохозяйственного производства без соблюдения мер по сохранению компонентов окружающей природной среды приводит к быстрому истощению плодородного слоя почвы, угнетению биотической составляющей. Скорость восстановления плодородного слоя при не рациональном ведении сельскохозяйственной деятельности значительно уступает скорости его сработки.

Почвенный покров Нечерноземной зоны представлен в основном подзолистыми и дерново-подзолистыми типами различного механического состава и разной степени оподзоленности. Также здесь присутствуют серые лесные, торфяно-болотные и торфяные почвы подзолистого и глеевого подтипов. В целом эти почвы характеризуются плохой оструктуренностью, невысоким естественным плодородием, повышенной кислотностью, избыточной увлажненностью пахотного слоя в осенний, весенний период и во время выпадения летних ливневых дождей. Немного более высоким плодородием отличаются дерново-карбонатные, серые лесные и аллювиальные почвы. Торфяные, торфяно-глеевые, торфяно-подзолисто-глеевые почвы рассматриваемой зоны характеризуются высоким потенциальным плодородием [1]. Для их использования в сельском хозяйстве проводят, в первую очередь, гидротехнические мелиорации, обеспечивающие оптимальный водно-воздушный режим в корнеобитаемом слое. Для менее плодородных дерново-подзолистых почв требуется внесение недостающих элементов минерального питания растений. Для почвообразования суть этих мероприятий сводится к тому, что должна урегулироваться кислотность, биогенная и гидрогенная аккумуляция ряда элементов.

В настоящее время производители сельскохозяйственной продукции преимущественно ориентированы на получение высоких урожаев и после-

дующей прибыли, при этом процессы, происходящие в почве при внесении удобрений, практически перестали рассматривать и оценивать в долгосрочной перспективе. Отсутствие научно обоснованного планирования по мелиорации малопродуктивных земель, вовлеченных в сельскохозяйственный оборот, провоцирует ещё большее снижение почвенного плодородия.

Традиционные мелиоративные приемы, такие как регулирование уровня влажности почвы, регулирование уровня минерального питания, уровня pH и других показателей, способствуют ускорению процессов почвообразования и восстановлению природно-ресурсного потенциала территории. Современная мелиоративная наука представляет собой инструмент целенаправленного и прочного воздействия на почву с целью изменения её свойств и режимов для последующего повышения плодородия. При этом плодородие нужно рассматривать как взаимосвязь элементарных составляющих факторов плодородия, находящихся в энерго- и массообмене между почвой и растением. Влияние на уровень питания, аэрации и влажности смещает течение разложения органических остатков в сторону аэробного или анаэробного хода развития процесса. В аэробных условиях разложение идет с интенсивным образованием гумуса и окисленных минеральных соединений, ограничиваемый природными факторами, главным образом температурой. В анаэробных условиях органическое вещество будет разлагаться значительно медленнее с образованием восстановленных соединений, угнетающих рост и развитие растений, но при этом с накоплением торфяной массы.

Одной из основных характеристик, отражающих почвенное плодородие, является содержание в ней гумусовых веществ – высокомолекулярных азотсодержащих органических соединений. Интенсивный биологический круговорот веществ и благоприятный химический состав растительного опада, характеризующийся высокой зольностью и повышенным содержанием азота, будет способствовать развитию почвообразовательного процесса. Насыщенность процесса формирования надземной и корневой массы травянистых растений определяет интенсивность образования и накопления гумуса. С точки зрения химического элементного состава комплексы гумусовых кислот основных типов почв НЗ РФ (за исключением торфяно-болотных) включают (в % к сухому беззольному веществу): от 40 до 60 % углерода, от 20 до 50 % кислорода, от 3 до 5 % водорода. Содержание азота во всех группах гумусовых веществ варьируется от 2,5 до 5 % [2].

Важным источником образования гумуса являются растения со значительной долей корней от всей фитомассы. Хорошо разветвленная корневая система с большим количеством корневых волосков обуславливает активное развитие биохимических и микробиологических процессов в ризосфере и прилегающей к ней зоне. Ризомасса некоторых растений, например, может достигать 85-97%. Поступление органических остатков непосредственно в почву и их разложение в условиях тесного контакта с минеральными соединениями способствуют процессам гумификации и закреплению образующихся гумусовых веществ. Таков генезис дерновых почв, формирующихся под травянистой растительностью [2]. Вместе с аккумуляцией гумуса в верхних горизонтах почвы увеличивается содержание питательных веществ, улучшаются водно-физические и физико-химические свойства, почва становится более структурированной, усиливаются микробиологические процессы и в конечном итоге формируются плодородные почвы. Для поддержания структуры почвы обязательно образование различных неспецифических органических соединений, принимающих участие в агрегировании почвенной массы и гумусовых кислот, играющих ведущую роль в формировании водопрочных агрегатов.

Синтез органического вещества определяется комплексом условий. Деятельность человека, в частности мелиорация, воздействует на почву значительно более быстрыми темпами, чем это происходит в процессе природного почвообразования. Азот, углерод, кальций, магний, другие зольные элементы циркулируют в биосфере по замкнутым взаимосвязанным путям под влиянием химических, биологических и других процессов. Для повышения почвенного плодородия требуется целенаправленное закрепление или депонирование и регулирование биофильных элементов в соединениях, доступных или потенциально доступных растениям [3].

Исследования по изучению депонирующих процессов малопродуктивных почв обусловлены необходимостью создания на мелиорируемых землях экологически устойчивых природных систем. Комплексное мелиоративное регулирование факторов жизни растений направлено не только на повышение урожайности, но и на формирование плодородия почв за счет потенциальных возможностей самих растений: их надземной фитомассы, корневой системы и почвенных микроорганизмов, обитающих в ризосфере. Чтобы увеличить скорость почвообразования требуется создать наилучшие условия для развития растительного покрова. Однако для поч-

вообразовательного процесса важно как повышение биологической продуктивности, так и характер разложения органических соединений.

В упрощенном виде связь содержания гумуса, количественного содержания углерода со структурой почвы проявляется в следующем: чем более почвы насыщены углеродом, тем стабильнее их структура. Установлено, что серые лесные и каштановые почвы относятся к мало насыщенным органическим углеродом, луговая слитизированная и пойменная луговая – к умеренно насыщенным, а черноземы, характеризующиеся наиболее благоприятной почвенной структурой, – к насыщенным. В черноземе депонируется в 2,6 раза больше углерода, чем в дерново-подзолистой почве. [4]. Такая связь прослеживается до определенного уровня содержания углерода в органическом веществе почвы и темпы нарастания содержания органического вещества ограничиваются физико-химическими свойствами её типа, особенностями климата и способом обработки в ходе сельскохозяйственного использования.

При оценке влияния типов земледелия и систем удобрения на структурно-агрегатный состав дерново-подзолистой супесчаной почвы и качественные характеристики почвенного органического вещества выявлено, что вклад структурно-агрегатных отдельностей размером 2-1 мм в общие запасы органического углерода ($C_{орг}$) в гумусовом горизонте в 1,3-4,2 раза больше, чем отдельностей других размеров. Вклад каждой фракции размером 2-1, 0,5-0,25 и <0,25 мм в общие запасы $C_{орг}$ составлял по 14-21%, а остальных физических фракций – по 4-12%. При этом обработка почвы и внесение органических удобрений сопровождаются существенным перераспределением $C_{орг}$ между физическими фракциями с убылью в одних и накоплением в других [5].

Установлено, что дерново-подзолистые почвы недонасыщены органическим веществом. Следовательно, в почвах подзолистого типа возможна дополнительная фиксация и стабилизация углерода. Но биоклиматический потенциал Нечерноземной зоны лимитирует процесс сорбции органического углерода минеральной фазой этих почв. Тогда как в Черноземье климат создаёт благоприятные условия для микробиологической деятельности, способствующие глубокой переработке органического вещества под воздействием ферментов и его прочному закреплению на поверхности тонкодисперсных почвенных частиц [4]. Также отмечено, что накопление активного органического материала в ряду зональных и интразональных почв зависит не столько от биоклиматического потенциала, свойственного

природно-географической зоне, сколько от литологической, гидрологической и флористической специфичности мест залегания почв, а также вовлеченности почв в земледелие [6].

Таким образом, траекторию развития будущих исследований агро-мелиоративных технологий необходимо определять через поиск новых путей и методов закрепления и сохранения органической составляющей в почвенной структуре. При этом нужно понимать, что важнее: долгосрочное депонирование углерода в почве или быстрое его включение во внутрипочвенные процессы, поддерживающие агроэкосистемные функции территории. Оценивать закрепление органического вещества возможно через распределение трансформированного органического углерода в структурных фракциях. Стабилизация углерода способствует ускорению процессов почвообразования, повышению плодородия и восстановлению природно-ресурсного потенциала территорий. Восстановление ранее утраченных запасов почвенного органического углерода в землях сельскохозяйственного назначения и подвергшихся эрозии будет препятствовать росту концентрации диоксида углерода в атмосфере.

Библиографический список

1. Панаяди А.Д. Проблемы мелиоративного устройства Нечерноземной зоны. – М.: Колос, 1974. – 228 с.
2. Кауричев И.С. Почвоведение / И.С. Кауричева, Н.П. Панов, Н.Н. Розов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 719 с.
3. Максименко В.П., Меньшикова С.А. Интенсификация процесса депонирования органических соединений на деградированных и малопродуктивных землях Нечерноземной зоны // Мелиорация земель - неотъемлемая часть восстановления и развития АПК Нечерноземной зоны Российской Федерации: материалы международной научно-практической конференции. – М.: ВНИИГиМ, 2019. – С. 545 – 550.
4. Когут Б.М., Семенов В.М. Оценка насыщенности почвы органическим углеродом // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2020. – Вып. 102. – С. 103 – 124.
5. Когут Б.М., Яшин М.А., Семенов В.М., Авдеева Т.Н., Маркина Л.Г., Лукин С.М., Тарасов С.И. Распределение трансформированного органического вещества в структурных отдельностях дерново-подзолистой супесчаной почвы // Почвоведение. – 2016. - № 1. – С. 52 – 64.
6. Семенов В.М., Зинякова Н.Б. Запасы активного органического вещества и эмиссионный потенциал зональных и интразональных почв на территории Европейской части России // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. - 2018, Том XXIX, № 3. – С. 8 – 19.

НОВЫЕ ВИДЫ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

Трешкин И.А., к.с.-х.н.

*ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (ВНИИМЗ),
г. Тверь, Россия*

Основу пахотного фонда России составляют дерново-подзолистые почвы, которые занимают 23,7% площадей Нечерноземной зоны. Возделывание сельскохозяйственных культур сопровождается потерей части питательных веществ за счет выноса элементов питания с урожаем и частичной минерализации гумусного слоя, что приводит к снижению почвенного плодородия и деградация почв.

Продуктивность земель напрямую зависит от уровня плодородия почвы и количества вносимых удобрений. Хорошие результаты имеют те хозяйства, где постоянно заботятся о воспроизводстве плодородия почв, вносят расчетные дозы удобрений, нейтрализуют повышенную почвенную кислотность. К сожалению, многие сельскохозяйственные производители уже в течении длительного периода не закупают минеральные туки, значительно уменьшилось количество вносимых на поля минеральных удобрений и средств химической мелиорации почв.

Кроме того, уменьшилось поголовье крупного рогатого скота, и как следствие, сократился выход навоза. Известно, что внесение навоза имеет невысокую отдачу. Тонна органического вещества за ротацию севооборота позволяет получить дополнительно лишь 0,4-0,5 ц/га зерна. К отрицательным свойствам традиционных органических удобрений следует отнести большие объемы их внесения и соответственно связанные с этим финансовые затраты. Многие виды таких удобрений медленно разлагаются в почве и имеют низкую концентрацию элементов питания, а также содержат огромное количество всхожих семян сорных растений, в связи с чем повышение дозы вносимых удобрений приводит к более сильному засорению поля.

В значительной мере снизить вышеназванные негативные явления позволяют новые виды органических компостов. К ним относится компост многоцелевого назначения (КМН), производимый по технологии Всероссийского научно-исследовательского института мелиорированных земель, и биогумус, технология производства которого применительно к условиям Тверской области разработана на кафедре агрохимии и почвоведения Твер-

ской государственной сельскохозяйственной академии. Оба вида органических удобрений являются экологически чистыми, не содержат тяжелых металлов, болезнетворных бактерий и всхожих семян сорных растений. Они высоко концентрированы, в связи с этим содержат во вносимой дозе значительные количества питательных веществ, и, что особенно важно, способствуют мобилизации питательных элементов из почвенных запасов.

Наиболее концентрированным по содержанию питательных веществ является КМН. В одной физической тонне его находится 35-37кг NPK, тогда как в ТНК – лишь 13,4 кг. Из биогумуса, заготовленного на открытом воздухе, теряется свыше 50% азота и около 40% калия.

Как показывают результаты исследований, на более гумусированных почвах действие удобрений менее выражено, но оно пролонгировано. На почвах, обогащенных органическим веществом, значительно снижаются потери элементов питания из удобрений за счет миграции, что уменьшает вероятность загрязнения природных ресурсов.

В опытах, проведенных на дерново-подзолистых супесчаных почвах опытного поля Тверской ГСХА, изучалось сравнительное влияние традиционных органических удобрений (ТНК) и новых (КМН и биогумус).

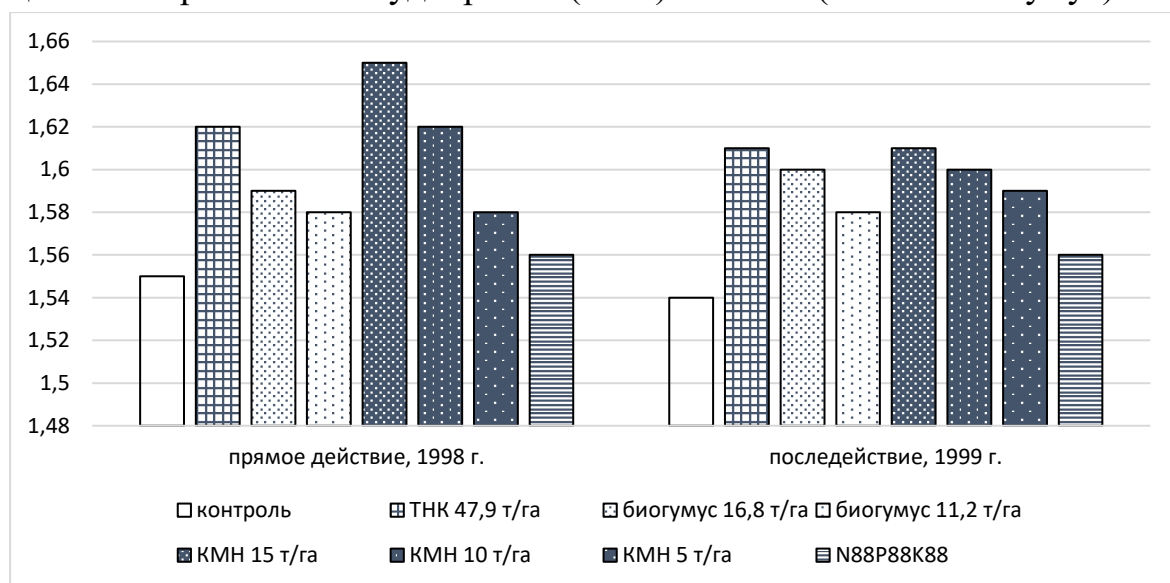


Рис. 1. Влияние КМН и биогумуса на содержание С органического вещества в дерново-подзолистой супесчаной почве, % на сухую массу

В конце вегетационного периода наибольшее количество углеродного гумуса – 1,65% наблюдалось в варианте с КМН в дозе 15 т/га. На фоне биогумуса также выявлено возрастание содержания органического вещества в почве – 1,59%, которое оказалось меньшим, по сравнению с КМН, на 0,06%.

В год последствия удобрений наибольшее содержание органического вещества отмечено в вариантах с КМН 15 т/га и ТНК – 1,61 %. Остальные виды органических компостов также обеспечили положительную прибавку содержания органического вещества в почве, но в меньших размерах. Доза вносимых удобрений также влияет на обеспеченность почв элементами питания. Чем выше доза, тем заметнее прибавка элементов питания. В сравнительном отношении из всех исследуемых видов удобрений наибольшее влияние на улучшение питательного режима оказывают КМН и биогумус.

В супесчаной разновидности дерново-подзолистых почв на фоне КМН мобилизация фосфора составила 1,5-26,2 кг/га и калия 33-187 кг/га. Не выявлено мобилизационного эффекта от применения ТНК и биогумуса применительно к фосфору.

Наши исследования свидетельствуют о том, что новые виды удобрений обеспечивают получение значительной прибавки урожайности, улучшают химические, водно-физические и биологические свойства почвы, увеличивают содержание органического вещества в почве. Они экономически рентабельны.

Таблица. Эффективность новых видов удобрений при их использовании под ячмень и влияние на плодородие дерново-подзолистой почвы

Виды компостов	Прибавка органического вещества в почве, т/га	Качественный состав гумуса, ГК/ФК	Снижение плотности почвы, г/см ³	Коэффициент структурности почвы	Прибавка зерна ячменя, ц/га	Содержание белкового азота в зерне, %	Уровень рентабельности, %
Контроль	0,0	0,77	0,00	1,6	0,0	1,52	14,0
Торфонавозный компост, 60 т/га	5,5	0,90	0,09	3,0	6,0	2,10	77,8
Биогумус, 9 т/га	5,4	0,88	0,08	2,8	4,5	2,08	46,0
КМН, 9 т/га	5,9	0,92	0,08	3,2	6,5	2,20	98,0

Новые удобрения способствовали развитию большего числа растений и формированию продуктивных побегов, увеличению массы 1000 зерен. Зерно удобренных вариантов оказалось богаче зольными элементами и белковым азотом.

Новые виды удобрений обладают повышенной биологической активностью и способны мобилизовать питательные вещества из почвенных

запасов. В связи с этим нецелесообразно постоянно удобрять пахотные дерново-подзолистые почвы только КМН и биогумусом. В таком случае может произойти излишняя мобилизация имеющихся в них питательных веществ, что приведет к снижению эффективного почвенного плодородия. Использование КМН и биогумуса следует чередовать с внесением традиционных органических удобрений в рекомендуемых для конкретной зоны дозах, и вносить их один раз за ротацию севооборота.

УДК 631.81.095

ЦЕОЛИТ КАК СОРБЕНТ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВЕ

Кузьмин Е.А., к.т.н., Кузьмин А.Е.

*ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (ВНИИМЗ),
г. Тверь, Россия*

Из обширного экспериментального материала известно, что только 40-60% вносимых в почву азота, калия, фосфора удобрений усваивается растениями. Остальное количество или закрепляется в почве в недоступном для питания растений соединениях, или с грунтовыми водами попадает в конечном итоге в реки, ручьи, озёра, способствуя зарастанию их водной растительностью.

Введение в сельскохозяйственный оборот брошенных ранее пахотных земель связано с дополнительными расходами на их рекультивацию: свodka кустарника, распахивание дернины и т.п. Использование уже эксплуатируемой длительное время пашни требует сохранения в ней питательных элементов. Торф в виде сорбента используется мало, т.к. например, на территории Тверской области закрыты почти все торфодобывающие предприятия. Нами в поисковой работе использовался уже известный природный сорбент – цеолит. Этот материал применялся в лабораторных исследованиях как в смеси с почвой, так и в виде прослоек. В стеклянные фильтрационные колонки диаметром 5 см и длиной 20 см набивалась дерново-подзолистая почва с $\text{НРК}_{90} + 1\text{Гк}$ известковой муки (фон); первый вариант – почва с измельченным цеолитом 720 мг на колонку + фон, второй вариант – слой цеолита 0,5 см на глубине 20 см + фон, третий вариант – слой цеолита 1 см + фон. Одинаковый вес и геометрические размеры образца служили гарантией одинаковой плотности почвы. Исходя из средне-многолетнего количества выпадающих осадков (520 см^3) за вегетацию в 105 дней для данной местности (Тверская область) и имитируя периодичность выпадения осадков – 1 раз в сутки водой порциями по 5 мл/сут.,

промывали водой фильтрационные колонки. Фильтрат собирали и определяли в нём с помощью стандартных методик содержание K_2O , P_2O_5 , NO_3 , NH_4 , Ca. Изучались дерново-подзолистые почвы, одна из них старопашотная (№2) – с большим запасом питательных веществ в мг/100 г, табл. 1. Данные по опытам представлены в таблице 2.

Таблица 1. Агрохимические характеристики почв

	pH	Гк	S		MgO	NH_4	NO_3	P_2O_5	K_2O
Почва 1	4,7	5,0	6,4	2,6	0,6	8,6	0,9	17,8	5,0
Почва 2	5,6	2,7	13,0	4,9	0,5	6,0	7,7	50,2	27,0

Таблица 2. вынос питательных элементов из почв

	Почва 1					Почва 2				
	CaO	NO_3	NH_4	P_2O_5	K_2O	CaO	NO_3	NH_4	P_2O_5	K_2O
фон	57,20	12,46	1,91	0,054	17,17	55,20	15,30	0,48	0,16	65,30
1 вариант	50,0 -13	9,78 -22	1,81 -10	0,03 -44	9,42 -45	49,0 -11	15,70 +3	0,51 +6	0,01 -94	41,60 -36
2 вариант	20,0 -65	8,8 -29	0,9 -50	0,04 -26	10,3 -40	41,60 -25	11,50 -25	0,44 -8	0,03 -81	12,60 -81
3 вариант	27,80 -51	11,99 -4	0,67 -65	0,05 -7	11,61 -32	28,70 -48	5,10 -67	0,45 -6	0,01 -94	5,72 -91

Каждая вторая строка в графе (числа со знаками $\pm$) показывает уменьшение или увеличение содержания элементов в фильтрате в % к фону. Из таблицы 2 следует, что добавка цеолита способствует уменьшению вымывания Ca из почвы известковой муки (из системы: почва+мелиорант+минеральные удобрения). Количество цеолитов в 720 мг на колонку (7,5 т/га) получено из полевых опытов как величина, способствующая максимальной урожайности сельскохозяйственных культур для данных почв. Однако больший эффект достигается при наличии прослойки 0,5-1 см. Потери кальция уменьшаются по сравнению с 1 вариантом в 5 раз. Важно, что также в 2-10 раз снижается вымывание азота, фосфора и калия. Менее прочно «схватывается» азот нитратный и аммиачный, более – фосфор и калий, особенно для почвы №2. Таким образом, прослойки цеолитов 0,5-1 см оптимально закрепляют кальций, снижая его потери на 50% и уменьшают вымывание основных питательных элементов: азота (на 10-60%), фосфора (на 20-90%), калия (на 25-90%) по сравнению с фоном. Оставаясь поглощёнными, питательные элементы используются корневой системой растений. Далее можно прослойки цеолитов на глубине 20 см путём глубокой вспашки выносить на поверхность почвы и путём обработки её сельскохозяйственными орудиями равномерно распределить по профилю пахотного слоя. Способы создания прослоек различных материалов в почве достаточно полно описаны в сельскохозяйственной литературе.

РАЗДЕЛ IV. Актуальные вопросы кормопроизводства в условиях мелиорации

УДК 636.086.

КОРМОВАЯ ЦЕННОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ БОБОВЫХ ТРАВ, ВЫРАЩЕННЫХ НА ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

Капсамун А.Д., д-р с.-х. наук, вед.н.с., **Павлючик Е.Н.**, канд. с.-х. наук,

Иванова Н.Н., канд. с.-х. наук, **Анциферова О.Н.**, канд. с.-х. наук,

Пушкина Л.В., зав. лабораторией массовых анализов

ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (ВНИИМЗ),

г. Тверь, Россия

Изложены результаты исследований кормовой ценности культур выращенных на осушаемых землях Нечерноземья (Тверская область). Объектами исследований являются высокопродуктивные сенокосные травостои на основе клевера лугового, люцерны изменчивой, козлятника восточного Гале и интенсивных видов злаковых трав (кострец безостый сорт Вегур, двукисточник тростниковый сорт Урал, тимopheевка луговая сорт Вик 9, овсяница луговая ВИК5) в условиях гумидной зоны Нечерноземья. В ходе исследований в сравнительном аспекте проанализированы образцы силоса из клевера лугового, люцерны изменчивой и козлятника восточного, приготовленного с использованием смеси злаковых трав, содержащих в составе сахара, эффективность их влияния на качество брожения и сохранность. Установлено, что при силосовании слабо проявленной массы козлятника восточного (74...76%), качество полученного корма заметно повышалось. Так, силос из массы козлятник + злаки, скошенной в фазе бутонизации - начала цветения, по содержанию и соотношению кислот уже соответствовал первому классу качества, а при более глубоком проявлении (65...70% влажности), корм получился более качественным. Исключением было лишь общее кислотообразование (сумма ОК), которое более активно протекало в силосах: клевер луговой + люцерна + злаки и люцерна + клевер + злаки.

Проблема резко сократившихся в последние годы объемов внесения органических и минеральных удобрений заставляет искать альтернативные пути решения проблем сохранения и восстановления плодородия почв. Определяющая роль в решении этой проблемы должна отводиться многолетним бобовым травам, являющиеся практически единственным средством повышения урожайности, улучшение качественного состава органического вещества, защиты почвы от эрозии и деградации, создания условий для формирования устойчивых экосистем. Изучение развития систем сельскохозяйственных культур, является важной задачей теоретического растениеводства. Результаты этих исследований позволяют, адаптивно размещать посевы кормовых культур в тех частях агроландшафта, где

культивируемые растения не испытывают значительной конкуренции за воду и элементы питания со стороны других членов агроценоза. Бобово-злаковые травосмеси, как правило, превосходят одновидовые посевы по уровню и стабильности урожаев, сбалансированности элементов питания, степени влияния на плодородие почв, при этом значительно снижают затраты на производство кормов и повышается коэффициент энергетической эффективности. Зеленая трава из травосмеси не вызывает тимпанита у животных.

Для улучшения качества, снижения потерь питательных веществ и повышения продуктивности скота необходимо постоянное совершенствование и разработка новых технологических приемов и способов консервирования кормов. Особенно остро стоит вопрос заготовки объёмистых кормов из бобовых культур (козлятник восточный, люцерна изменчивая и клевер луговой), относящихся к группе трудносилосующихся трав и, в то же время, являющихся одним из основных источников белка для жвачных животных.

В связи с этим приготовление высококачественного силоса, сенажа в чистом виде и в смеси с другими травами требует особых технологических приемов: выбора соответствующей фазы вегетации (в которой данная культура имеет оптимальное соотношение питательных веществ); использования углеводных добавок, бактериальной закваски и химических консервантов (Победнов, 2000; Косолапов и др., 2009; Победнов, Косолапов, 2014; Капсамун, 2014)

Высказывается мнение, что эффективность силосования, во многом зависит от обеспеченности растений сахаром.

Целью исследований являлось изучить кормовую ценность многолетних бобовых трав, выращенных на осушаемых землях Нечерноземья, дать сравнительную оценку эффективности силосования клевера лугового, люцерны изменчивой, козлятника восточного с включением сахаросодержащих злаковых трав с целью получения качественных кормов (силоса, сенажа) для жвачных животных.

Методика исследований

Объектами исследований были из бобовых трав (50-55%): клевер луговой, козлятник восточный, злаковых (45-50%): тимофеевка луговая (ВИК 9), костреч безостый (Вегур), двукосточник тростниковый (Урал) на разных стадиях развития в свежем и провяленном виде, убранных в фазы бутонизации – начала цветения бобовых.

Исходную массу и готовый корм анализировали на содержание сухого вещества и сырых питательных веществ (протеина, клетчатки, жира, золы и БЭВ). Оценку качества силоса дополнительно проводили по содержанию продуктов брожения (рН, органические кислоты). Оценку качества кормов определяли по общепринятым методикам и ОСТ 10 202-97.

Результаты исследований

Результаты лабораторных исследований химического состава бобовых и злаковых трав и их смеси представлены в таблице 1.

Таблица 1. Химический состав зеленой массы многолетних трав перед закладкой (фаза бутонизации - начала цветения)

Культура	Сухое вещество, %	Состав сухого вещества, %				
		Сырой протеин	Сырой жир	Сырая клетчатка	Сырая зола	БЭВ
Свежескошенные в фазе стеблевания- начала бутонизации						
Клевер+злаки (50:50%)	16,5±0,27	16,8±0,13	4,5±0,13	19,5±0,33	10,0±0,23	49,2±0,38
Люцерна+злаки(50:50%)	18,0±0,12	18,2±0,58	2,9±0,15	25,0±0,30	10,4±0,30	43,5±1,30
Козлятник+злаки(50:50%)	18,6±0,21	24,0±0,21	2,9±0,15	22,4±0,35	7,05±0,16	42,72±0,44
Свежескошенная в фазе бутонизации						
Клевер+злаки	20,9±0,12	14,0±1,35	3,6±0,08	21,8±0,50	9,7±0,42	50,9±1,42
Люцерна+злаки	21,6±0,22	16,8±1,08	2,7±0,29	24,6±1,38	9,0±0,09	47,0±2,27
Козлятник+злаки	29,5±0,58	23,5±0,31	2,4±0,12	24,0±0,50	7,5±0,31	42,6±1,01
Сильфии пронзеннолистн	21,6±0,37	17,25±0,78	2,78±0,65	25,5±1,65	8,81±0,48	45,66±2,09
Свежескошенная в фазу цветения						
Клевер+злаки	22,2±0,14	17,0±0,38	3,4±0,05	22,5±0,60	7,8±0,06	49,3±0,33
Люцерна+злаки	22,8±0,12	17,1±0,24	2,7±1,10	23,4±1,12	7,1±0,11	49,7±1,43
Козлятник+злаки	23,4±0,38	21,8±0,39	3,4±0,11	25,0±0,37	6,0±0,22	43,9±0,92
Козлятник+сильфия	23,8±0,27	18,4±0,37	1,86±0,32	25,21±0,77	7,81±0,35	46,67±2,21
Сильфия пронзеннолист	23,9±0,17	18,2±0,25	3,58±0,12	26,47±0,34	10,61±0,1	51,10±1,47

Содержание сухого вещества в свежескошенной травосмеси колебалось от 16,35 до 18,0%, сырого протеина в его составе – 16,8 до 24,0, золы – от 8 до 10,05%. При этом, люцерна плюс злаки превосходила клевер + злаки по содержанию сухого вещества на 1,5%, сырого протеина – 1,4% и сырой клетчатки – 5,5%. Однако уступала по содержанию сырого жира на 1,6% и БЭВ на 5,7%. Такие особенности химического состава травосмеси (клевер+злаки) дают определенные преимущества для успешного силосования в сравнении с травосмесью люцерна плюс злаки.

Снижение влажности сырья за одинаковый срок наиболее глубоким было у смеси клевер+злаки, который по содержанию сухого вещества превосходил смеси люцерна плюс злаки и козлятник восточный плюс злаки.

Естественным следствием проявления многолетних бобовых трав в фазе стеблевания - начала бутонизации и бутонизации - начала цветения было повышение содержания сухого вещества на 2,5-4,5%. Выявлено также снижение в сухом веществе сырого жира на 0,56-1,25%, сырого протеина – на 2,8% при увеличении на 2,6% сырой клетчатки и на 1,7% – сырой залы (табл.1).

Снижение влажности сырья за одинаковый срок наиболее глубоким было у смеси (клевер + злаки), который, по содержанию сухого вещества превосходило смесь (люцерн + злаки) и (козлятник + злаки) на 0,8-1,8%. Кроме того, смесь клевер плюс злаки имел в составе сухого вещества больше БЭВ (на 5,8-8,3%) и меньше сырого протеина (на 2,6-9,9%).

По процентному содержанию в сухом веществе основных питательных веществ, энергетической питательности зеленая масса смеси многолетних бобовых трав со злаковыми травами первого укоса обладают наивысшим качеством в ранние фазы вегетации. В это время многолетние бобово-злаковые травосмеси представляют собой ценное растительное сырье для производства объемистых кормов для высокопродуктивного молочного и мясного скота.

Однако, начиная с фазы начала цветения качество зеленой массы многолетних бобовых трав, особенно травосмесь козлятник плюс злаки по энергетической питательности (10,7 МДж ОЭ) резко снижается. По величине этого показателя травосмесь козлятник плюс злаки заметно уступает смеси люцерны плюс злаки, энергетическая питательность, которой в эту фазу вегетации составляет 10,7..10,8 МДж ОЭ в 1кг сухого вещества. В фазе полного цветения смесь козлятник плюс злаки уже малоценен для производства объемистых кормов, особенно сена. Его энергетическая питательность не превышает 8,7МДж ОЭ в одном килограмме сухого вещества, что объясняется значительным увеличением (1,5-1,8 раза) содержание сырой клетчатки, а также повышением в ее составе количества лигнина. Наличие этого вещества в растениях козлятника восточного до фазы бутонизации – начала цветения заметно ниже, чем в люцерне и клевере (табл. 2).

По данным таблицы 2 наиболее высокую энергетическую и протеиновую питательность сухого вещества смеси свежескошенных многолетних бобовых трав имело в фазе стеблевания - начала бутонизации. При этом наибольшим количеством переваримой и обменной энергии, переваримого протеина отличался козлятник восточный, наименьшим – клевер луговой.

Таблица 2. Показатели для оценки технологических и кормовых свойств многолетних бобовых трав первого укоса

Культура	Влаж-ность, %	Сахаро-протен. отнош.	Содержание в сухом веществе, г/кг			Пер-сть органич в-ва, %	ОЭ в кг СВ, МДж
			сырой протеин	сахар	сырая клетчатка		
Фаза стеблевания – начало бутонизации							
Козлятник	84,20	0,17	224	37,8	215	77,80	10,85
Люцерна	81,90	0,29	212	62,0	242	71,60	10,56
Клевер	83,20	0,32	169	54,0	152	71,30	10,06
Бобово-злаковая смесь	74,16	0,86	138	119,0	327	76,95	9,98
Фаза бутонизация - начала цветения							
Козлятник	71,95	0,19	184,40	33,15	252,1	75,44	10,03
Люцерна	72,86	0,28	212,5	59,5	278,25	71,20	10,08
Клевер	74,20	0,24	161,5	38,25	174,25	69,88	9,69
Бобово-злаковая смесь	71,21	0,96	126,5	121,50	229,5	73,50	9,89

Люцерна и козлятник превосходили клевер луговой по концентрации в сухом веществе кормовых единиц на 0,09-0,12, обменной энергии на 0,96-1,16 МДж и переваримого протеина на 26,6-18,2г.

Результаты лабораторной оценки эффективности силосования трудносилосующихся бобовых трав с использованием смеси злаковых трав, содержащих в составе сахара, по эффективности их влияния на качество брожения и сохранность питательной ценности растительных кормов представлены в таблице 3.

Таблица 3. Качество силосов многолетних бобовых трав + злаковых трав

Культура	рН	Содержится в силосах, %			В сухом веществе силоса, %					ОЭ в1кг СВ, МДж
		Кислот			про- теин	жир	клет- чатка	зола	БЭВ	
		молочной	уксусной	масляной						
Козлятник + злаки	4,65	73,84	26,16	0	20,87	4,14	29,32	7,85	37,81	10,88
Люцерна + клевер +злаки	4,78	78,41	16,48	5,11	18,44	2,50	30,17	6,42	42,47	10,56
Клевер+ лю- церна +злаки	4,69	73,27	18,47	7,18	16,80	4,50	21,70	9,57	47,43	10,06
Козлятник +сильфия	4,85	65,00	35,00	0	22,87	2,29	29,45	7,04	38,35	9,26
Сильфия пронзеннол.	4,65	61,00	39,00	0	11,25	1,78	32,88	8,81	45,28	8,79

Приведенные данные показывают, что при силосовании свежескошенных бобовых трав в фазе бутонизации – начала цветения лучшие пока-

затели из большинства контролируемых, как в среднем по опытам, так и по отдельным видам силосуемых трав были получены при консервировании многолетних бобовых трав с добавлением к ним злаковых трав. Силос из массы козлятник + злаки, скошенной в фазе бутонизации - начала цветения, по содержанию и соотношению кислот уже соответствовал первому классу качества. Присутствие злаковых трав (40...60%) оказало влияние на процесс силосования, коррелировало с содержанием сахара в растениях (смеси) и сахаро-буферным отношением. Его эффективность для стимулирования молочнокислого брожения была наивысшей при силосовании козлятника восточного в фазе стеблевания начала бутонизации. Однако по мере развития растений, положительное влияние злаковых растений несколько уменьшилось.

Анализ данных показывает, что силос из козлятника восточного + злаки в фазе бутонизация (при влажности 79,74%) был темно-зеленого цвета, запах травянистый, приятный, консистенция отличная, масса влажная, при сжатии в руке выделялся сок, не оставляет следов на руках. Содержание кислот в силосах преимущественно молочное и составляла 73,27...78,41%, (рН =4,65..4,85).

Исключением было лишь общее кислотообразование (сумма ОК), которое более активно протекало в силосах с клевер луговой + люцерны + злаки и люцерны + клевер + злаки. Однако даже в оптимальном варианте подкислять сырье до уровня, обеспечивающего стабильное сохранение корма, не удавалось. Масляная кислота накапливалась в количествах превышающих требования стандарта к качественным кормам почти во всех вариантах силосования люцерны изменчивой Вега (табл. 3).

Заключение

1. Присутствие злаковых трав (40-60%) при консервировании бобовых трав (клевер луговой и козлятник восточный) оказала положительное влияние на процесс силосования, коррелировало с содержанием сахара в травосмеси.
2. Подобранная травосмесь злаковых трав: кострец безостый Вегур, двукисточник тростниковый Урал, тимopheевка луговая Вик 9, по предварительным данным, являются эффективным способом консервирования козлятника восточного, обеспечивая быстрое протекание фазы молочнокислой ферментации.

Библиографический список

1. Бондарев, В.А. Технологии приготовления высококачественного энергонасыщенного силоса из высокобелковых трав./В.А.Бондарев, А.А.Панов, Н.И.Лошманова,

- Г.Г. Нефедов // Кормопроизводства.-2004.-№4 С.29-32.
2. Григорьев Н.Г. и др. Оценка качества основных видов кормов для жвачных животных / ВНИИ кормов. – М., 1990. – 43с.
 3. Дуборезов В.М. Приготовление качественного силоса / В.М. Дуборезов, Ю.П. Дуксин, П.Н.Курилов, Ю.В. Маркин //Кормопроизводство.-1998.- №7. – С.26-28.
 4. Капсамун, А.Д. Агрозоотехническая оценка кормов из бобовых культур, возделываемых на осушаемых землях гумидной зоны / А.Д. Капсамун, Е.Н. Павлючик, Н.Н. Иванова.// Международный науч.-исслед. журнал,- Екатеринбург.-2015.- №6.- ч.2. С. 53-56
 5. Косолапов, В.М. Кормопроизводство – основа сельского хозяйства России // Кормопроизводство.- 2010.- №8. – С. 3-5.
 6. Косолапов, В.М. Кормопроизводству – сбалансированное развитие /В.М.Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова // АПК: экономика, управление.- 2013.- №7. С.15-23.
 7. Плохинский, Н.А., Биометрия. -М.: Из-во МГУ.-1970.-342с.
 8. Победнов, Ю.А. Основы и способы силосования трав/ Ю.А. Победнов// Механизм, сроки и оптимальная степень проявлявания трав.- Санкт-Петербург.- 2010.- С. 83-93
 9. Справочник по кормопроизводству./- 5-е изд. перераб. и допол./ Под редакцией В.М. Косолапова -М.: ГНУ ВНИИК,-2014.- 717с.
 10. Фицев А.И. Современная оценка энергетической и протеиновой питательности растительных кормов/ А.И. Фицев, Н.Г. Григорьев, А.П. Гаганов// Кормопроизводство. – 2003.- №12.- С.29-32

УДК 633.375:633.2:551.58

ФОРМИРОВАНИЕ ТРАВСТОЕВ БОБОВО-ЗЛАКОВОГО ТИПА НА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ

Павлючик Е.Н., канд. с.-х.наук, **Капсамун А.Д.,** д-р с.-х. наук,

Иванова Н.Н., канд. с.-х. наук, **Епифанова Н.А.**

ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (ВНИИМЗ),

г. Тверь, Россия

В статье изложены результаты исследовательской работы по созданию разноспелых, бобово-злаковых травосмесей проведенные в 2019 году в отделе кормопроизводства ВНИИМЗ в Тверской области. Приведены данные сбора зеленой, сухой массы бобово-злаковых травостоев первого года пользования (1-го г.п.); отражены показатели их роста и развития, дана сравнительная оценка разных видов и сортов многолетних кормовых трав, обеспечивающих производство высококачественных кормов. Объектом полевого опыта (год закладки 2018) являлись кормовые травосмеси на основе новых сортов клевера лугового сорта: Кретуновский, Грин, Шанс, Фаленский 86 в смеси с люцерной изменчивой сорта Вега 87 и злаковыми компонентами – тимофеевка луговая сорт ВИК 9 и овсяница луговая сорта Сахаровская. Использование в сельском хозяйстве трехкомпонентных травосмесей позволит получить за два укоса от 6,1 до 11,1 т/га сухой массы полноценного корма для крупного рогатого скота, что особенно важно в настоящее время. Адаптация и возделывание на дерново-подзолистых почвах в услови-

ях гумидной зоны Нечерноземья травосмесей, состоящих из кормовых трав нового поколения, является одним из резервов повышения продуктивности кормовых культур более 10%.

Ключевые слова: осушаемые земли, клевер луговой, люцерна изменчивая, злаковые травы, тимофеевка луговая, овсяница луговая, травосмеси, сроки использования, густота стеблестоя, урожайность сухой массы.

Клевер луговой является традиционной, широко возделываемой бобовой кормовой культурой в Нечерноземной зоне России. Его ценность заключается в приспособленности к почвенно-климатическим условиям региона, высокими кормовыми качествами, разнообразием использования на корм сельскохозяйственным животным растительной массы, высокой азотфиксирующей способностью, относительно низкой себестоимостью возделывания и положительным действием на плодородие почвы [1, 2, 9].

В настоящее время особое значение имеет использование в сельскохозяйственном производстве разноспелых сортов клевера. Для условий Нечерноземья большой интерес представляют зимостойкие сорта, отличающиеся скороспелостью. Их ценность заключается в раннем и быстром отрастании весной и после скашивания, в способности за период вегетации сформировать два полноценных укоса при слабом полегании и лучшем качестве сена [4,5].

Новые сорта клевера лугового наряду с высокой урожайностью должны содержать высокое количество протеина в кормовой массе и повышенный выход белка с единицы площади, поскольку дефицит белка в кормах является актуальной проблемой развития животноводства. Низкое качество кормов приводит к перерасходу на 30-50 % объемистых кормов и концентратов [8, 10].

Приоритетным направлением кормопроизводства является отведение большей части земель кормовых угодий бобовым травам при эффективном их использовании в смешанных посевах. Введение бобово-злаковых агрофитоценозов на основе инновационных сортов в систему кормопроизводства позволяет наиболее полно использовать почвенно-климатический, водный и энергетический потенциал, что способствует созданию лучших условий для устойчивого развития кормопроизводства и животноводства [5].

При использовании бобово-злаковый травостоев сохраняется и повышается плодородие почв; минимизируется обработка почвы, в итоге снижается техногенное воздействие на почву; отказ от применения химических средств защиты растений способствует получению благодаря фито-

санитарным свойствам клевера и люцерны экологически чистой продукции; разные сроки созревания трав позволяют создавать устойчивую и высокопродуктивную агроэкосистему.

Ведущей кормовой культурой в Нечерноземной зоне России, где почвы отличаются низким потенциальным плодородием, является клевер луговой – культура, способная давать дешёвый корм при сохранении и улучшении почвенного плодородия. Ценной кормовой культурой является и более долговечный вид бобовых трав – люцерна изменчивая, новые сорта которой отличаются зимостойкостью и светолюбием. Люцерна, как и клевер луговой, обеспечивает высокобелковыми кормами сельскохозяйственных животных и способствует значительному повышению плодородия почвы [1, 2, 12, 14].

Интенсивные сорта клевера лугового и люцерны изменчивой отличаются повышенным потенциалом продуктивности, долголетием, многоукосностью, высокими кормовыми и агротехническими достоинствами.

Подбор и оптимальное соотношение новых сортов клевера лугового при использовании в сенокосных смесях с более долговечной бобовой культурой – люцерной изменчивой, способствует значительному снижению затрат на производство кормов и увеличению их количества, качества и долголетия, сбалансированности кормовых рационов по элементам питания и обеспечению сохранения и повышения почвенного плодородия [15].

Введение интенсивных, более адаптированных сортов кормовых трав и приёмы эффективного их использования способствуют увеличению стабильной продуктивности кормовых угодий, повышают ареал их распространения и эффективность использования почвенно-климатических ресурсов.

Создание новых зимостойких и кислотоустойчивых сортов требует исследований по изучению их продуктивных и качественных параметров, повышению их биологического потенциала и адаптации к условиям осушаемых земель гумидной зоны Нечерноземного региона.

Особую актуальность имеют исследования, направленные на изучение возможностей создания и использования высокопродуктивных, экологически устойчивых сенокосных травостоев, на основе кормовых трав, обладающих продуктивным долголетием.

В связи с этим задачей наших исследований, является выявление среди вновь создаваемых селекционерами новых сортов кормовых трав наиболее перспективных и пригодных для возделывания в смеси на осушаемых почвах в условиях гумидной зоны Нечерноземья.

Методика исследований. Объектом исследований являлись кормовые травосмеси сенокосного типа на основе клевера лугового в смеси с люцерной изменчивой и злаковыми травами.

Изучались, созданы селекционерами Фалёнской опытной станции НИИСХ Северо-Востока Кировской области сорта клевера лугового: ультрааннеспелый Кретуновский, раннеспелые Грин и Шанс, среднепоздний одноукосный Фаленский 86. Из злаковых компонентов в смесях участвовали тимофеевка луговая ВИК 9 и овсяница луговая Сахаровская.

Исследования проводились на опытных полях ВНИИМЗ отдела кормопроизводства, расположенных в Тверской области. Почва опытного участка дерново-подзолистая суглинистая, осушенная в 1982 году закрытым гончарным дренажем. Расстояние между дренами 38 м, глубина заложения 0,8 м.

Агрохимический анализ почвенных образцов проводился в лаборатории аналитических исследований ВНИИМЗ. Почва пахотного горизонта опыта кислая и слабокислая ($pH - 4,63-5,41$), содержание подвижного фосфора среднее и повышенное ($P_2O_5 - 134,9-208,6 \text{ мг/кг почвы}$), обеспеченность обменным калием низкая и средняя ($K_2O - 61,4-114$), содержание легкогидролизуемого азота среднее $24-42,7$.

Закладка полевого опыта проведена в 2018 году. Размещение вариантов и повторностей в опытах последовательное. Повторность опыта четырехкратная. Площадь делянки 256 м^2 . Изучение проводилось на двух фонах минерального питания – без удобрений и с минеральной подкормкой – $N_{45}P_{45}K_{45}$ ранней весной и $N_{15}P_{15}K_{15}$ – после проведения первого укоса.

Многолетние травосмеси сеяли беспокровно, рядовым способом при одновременном прикатывании почвы, с заделкой семян на глубину 0,5-2 см. Норма высева семян в тройной травосмеси составила для клевера лугового и люцерны изменчивой 7 кг/га всхожих семян, тимофеевки луговой – 4 кг/га и овсяницы луговой – 8 кг/га .

Исследуемые травостои в течение вегетационного периода скашивали два раза. Первый укос проводили в фазу бутонизации-начало цветения клевера лугового, второй – по мере формирования укосной спелости за 35-40 дней до наступления устойчивых заморозков.

Закладка опыта проводилась по методике Б.А. Доспехова (1985), проведение исследований основывалось на использовании методических рекомендаций по рациональному использованию осушаемых земель в Не-

чернозёмной зоне России (1987 г.), методических указаний по проведению полевых опытов с кормовыми культурами (1997 г.) [3, 6, 7].

Погодные условия 2019 года были контрастными по температурному режиму и количеству выпавших осадков. Коэффициент увлажнения в начальный период роста трав не превышал 0,74-0,78, а в межукосный период при редком, но обильном выпадении осадков ещё ниже 0,18-0,24 или 1/3 от среднемноголетних данных. Период вегетации трав отличался пониженным температурным режимом, до 1-го укоса на 260-269°C, до вторичного скашивания температура воздуха была ниже климатической нормы на 100°C.

Июнь месяц характеризовался засушливыми условиями, влажность пахотного слоя почвы составляла 10%, подпахотного – 6-8%. В межукосный период отмечалось повышение влажности почвы до 15-18%. К концу августа данный показатель после выпадения обильных осадков поднялся выше 25%.

Результаты исследований. В полевом опыте на травостоях 1-го года пользования проводилась комплексная оценка новых сортов клевера лугового и подбор злаковых компонентов для выращивания в смесях с разнопоспевающими сортами клеверов на осушаемых землях.

В течение вегетации трав рост травостоев 1-го г.п. изменялся в зависимости от погодных условий, состава травосмесей и минеральных подкормок. При 1-ом укосе клеверо-люцерно-злаковые травостои отличались высокими темпами роста, которые составили на удобренном фоне - 66-77 см, на неудобренном - 63-69 см (табл.1).

Сравнительная оценка показала, что травостои с тимофеевкой и овсяницей до 1-го укоса значительной разницы в высоте не наблюдалось - 68 см в среднем. При вторичном скашивании выше травостои с тимофеевкой луговой на 12 см. Неравномерное поступление количества влаги в межукосный период то избыточное, то недостаточное, отрицательно отразилось на высоте трав, параметры которой не превышали 32-58 см, что в 1,3-2 раза ниже, чем при 1-ом укосе. Несмотря на неблагоприятные условия, высота травостоев на удобренном фоне делянках была выше на 10 см и более.

Наблюдения показали, что травосмеси 1-го г.п. в период вегетации обладали большой способностью к кущению 309-465 шт./м². И если по высоте не отмечено различий злаковых компонентов, то по плотности наиболее густой покров при 1-ом укосе был у смесей с тимофеевкой 439 шт./м², при 2-ом укосе выше кустистость смесей с овсяницей 408 шт./м².

Таблица 1. Биометрические показатели бобово-злаковых травостоев, 2019 г.

№ п/п	Состав травосмеси	Высота травостоя, см		Густота стеблестоя, шт/м ²		Ботанический состав, % боб.зл.	
		с удобр.	без удобр.	с удобр.	с удобр.	без удобр.	с удобр.
1.	Клевер луг. Грин + люцерна изм. Вега 87 + тимофеевка луг. ВИК 9	55	63	406	402	39/61	32/68
2.	Клевер луг. Кретуновский + люцерна изм. Вега 87+ тимофеевка луг. ВИК 9	56	67	384	419	45/55	37/63
3.	Клевер луг. Фаленский 86 + люцерна изм.Вега 87 + тимофеевка луг.ВИК 9	55	59	452	412	41/59	39/61
4.	Клевер луг. Шанс + люцерна изм. Вега 87 + тимофеевка луг. ВИК 9	53	60	459	379	37/63	32/68
5.	Клевер луг. Грин + люцерна изм. Вега 87 + овсяница луг. Сахаровская	50	56	444	427	43/57	33/67
6.	Клевер луг. Кретуновский + люцерна изм.Вега87+овсяница луг.Сахаровская	50	57	452	465	46/54	31/69
7.	Клевер луг. Фаленский 86+люцерна изм Вега 87+овсяница луг. Сахаровск.	52	58	368	309	33/67	27/73
8.	Клевер луг. Шанс + люцерна изм. Вега 87 + овсяница луг. Сахаровская	62	58	406	362	30/70	32/68

В целом, несмотря на резкие изменения погодных условий травостои с тимофеевкой и овсяницей обладали высокой плотностью агроценозов – в пределах и выше 400 шт/м².

Анализ ботанического состава травосмесей при 1-ом укосе показал высокое в % отношении участие в травостоях бобовых компонентов 35-65%, за счёт активного развития клевера лугового, процент участия бобовых трав при вторичном скашивании ниже и составил от 15 до 30%.

Из злаковых компонентов в период формирования 1-го укоса более активное развитие отмечено у овсяницы луговой – 53% в среднем в составе смесей, против 46% тимофеевки луговой. В период проведения 2-го укоса эти злаковые компоненты занимали в смесях равные доли 70-85%, что говорит о стрессоустойчивости данных культур.

Данные продуктивности по укосам показывали, что клеверо-люцерно-злаковые травосмеси при первичном скашивании в фазу бутонизации-начала цветения бобовых формируют урожайность зелёной массы 14,6-18,6 т/га. При вторичном скашивании в начале сентября травосмесей урожай составляет –10,8-18,2 т/га зелёной массы (табл.2).

На снижение урожайности кормовых трав в большей степени отразились неблагоприятные климатические условия, в 1-ую половину вегетации отсутствие осадкой при повышении температуры, во 2-ую большое

количество осадков при температуре ниже нормы, когда кормовые травы находились в угнетённом состоянии.

Таблица 2. Урожайность бобово-злаковых травосмесей, 2019 г.

№ п/п	Состав травосмеси	Зеленая масса, т/га		Сухая масса, т/га		Кормовые единицы	
		без удобр.	с удобр.	без удобр.	с удобр.	без удобр.	с удобр.
1.	Клевер луг. Грин + люцерна изм. Вега 87 + тимopheевка луг. ВИК 9	27,5	40,1	7,1	11,1	6,1	9,5
2.	Клевер луг. Кретуновский + люцерна изм. Вега 87 + тимopheевка луг. ВИК 9	28,4	40,5	7,2	11,0	6,1	9,3
3.	Клевер луг. Фаленский 86 + люцерна изм.Вега 87 + тимopheевка луг.ВИК 9	27,0	38,7	7,2	9,5	6,1	8,2
4.	Клевер луг. Шанс + люцерна изм. Вега 87 + тимopheевка луг. ВИК 9	23,0	35,4	6,1	9,2	5,2	7,8
5.	Клевер луг. Грин + люцерна изм. Вега 87 + овсяница луг. Сахаровская	24,7	36,8	6,4	8,3	5,4	7,1
6.	Клевер луг. Кретуновский + люцерна изм. Вега 87 + овсяница луг.Сахаровская	23,0	39,0	6,5	9,2	5,4	7,8
7.	Клевер луг. Фаленский 86 + люцерна изм. Вега 87 + овсяница луг. Сахаровская	21,0	31,1	6,3	7,8	5,3	6,7
8.	Клевер луг. Шанс + люцерна изм. Вега 87 + овсяница луг. Сахаровская	28,4	32,7	7,1	8,6	6,1	7,2
	Н.С.Р ₀₅	3,755	6,079	1,043	1,575	0,890	1,356

Выход сухой массы при 1-ом укосе составил 4,1-5,3т/га, при втором 2,6-4,0т/га, что в 1,3-1,6 раза меньше. В целом продуктивность сухой массы травосмесей с участием клевера лугового новых сортов составила за 2 укоса 6,1-7,2 т/га без удобрений и 7,8-11,1 т/га на минеральном фоне. В целом по опыту средняя прибавка от минеральной подкормки за период вегетации не превышала +2,6т/га.

Следует отметить, что в зависимости от злакового компонента наиболее продуктивны смеси с участием тимopheевки луговой – 8,6 т/га сухой массы, ниже на 1 тонну урожай смесей, в состав которых входила овсяница – 7,6 т/га. Лучшую отзывчивость на минеральные подкормки показали

смеси с тимopheевкой луговой, прибавки составили +3,3 т/га, в сравнении прибавка смесей с овсяницей луговой в 2 раза ниже (+1,5 т/га).

При двуукосном скашивании в первый год пользования травостоями, доля первого укоса составила 54-62%, второго 38-46%.

Анализ данных выхода кормовых единиц показали, что в зависимости от сорта клевера лугового в смесях наибольший их выход в сумме за 2 укоса обеспечили смеси с клевером Кретуновский – 8,6 т/га и Грин – 8,3 т/га, что позволяет оценить их высокие адаптационные качества, при сложившихся быстроменяющихся погодных условиях в период вегетации трав. Выход кормовых единиц смесей с сортами клевера Фаленский 86 и Шанс составила 7,7-7,8 т/га.

Закключение. Полученные данные показывают, что сконструированные клеверо-люцерно-тимopheевные и клеверо-люцерно-овсяницеые смеси 1-го года пользования при сложных погодных условиях способны формировать два укоса кормовой массы с выходом кормовых единиц в среднем по опыту на неудобренном фоне – 5,7 т/га, на удобренном – 8,0 т/га, что позволяет судить об эффективности применяемых доз минеральных подкормок.

Согласно проведённым исследованиям в первый год пользования наиболее адаптированными к условиям осушаемых земель гумидной зоны показали себя травосмеси с ультрараннеспелым клевером Кретуновский и раннеспелым Грин в смеси с тимopheевкой луговой, способных за период вегетации сформировать полноценный урожай кормовой массы 7,7-7,8 тыс. га корм.ед. Выход кормовых единиц данных сортов клеверов при использовании в смеси с овсяницей луговой составил 6,2-6,6тыс./га.

Возделывание многолетних травостоев бобово-злакового типа является одним из самых доступных, экономически и энергетически выгодным приёмом совершенствования кормопроизводства.

Библиографический список

1. Бычков Г.Н. Потенциал сортов клевера лугового /Г.Н. Бычков, А.Д. Прудников, А.Б. Литвинова //Кормопроизводство. 2009. №3. С.23-25.
2. Волошин В.А Сорта клевера лугового разной скороспелости в кормосырьевом конвейере в условиях Пермской области /В.А Волошин, Е.В. Мальцева //Кормопроизводство. 2004. № 9. С. 27-31.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. /Б. А. Доспехов. М: Колос, 1985. 352 с.
4. Косолапов В.М. Состояние и перспективы селекции многолетних кормовых культур /В.М. Косолапов, С.В. Пилипко //Кормопроизводство. 2017. № 7. С. 25-27.

5. Лазарев Н.Н. Урожайность новых сортов клевера лугового и люцерны изменчивой в травосмесях со злаковыми культурами. /Н.Н. Лазарев //Кормопроизводство. 2007. № 2. С. 8-10.
6. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М.: Россельхозакадемия, 1997. 156 с.
7. Методические рекомендации по рациональному использованию осушаемых земель в Нечернозёмной зоне России. М.: Россельхозакадемия, 1997. 76 с.
8. Новоселов, Ю.К. - Роль бобовых культур в совершенствовании полевого травосеяния /Ю.К.Новосёлов, А. . Шпаков, М. Ю. Новосёлов, В. В. Рудоман // Кормопроизводство. 2010. № 7. С.19-22.
9. Онучкина О.Л. Перспективные раннеспелые сорта клевера лугового для условий Северо-Востока Европейской части России /О.Л. Онучкина, Корнева И.А. // 2017. №21(21). С.3-7.
10. Павлючик Е.Н. Использование раннеспелых сортов клевера лугового в травосмесях на осушаемых землях Нечерноземья /Е.Н. Павлючик, А.Д. Капсамун, Н.Н. Иванова, В.А. Тюлин, О.С. Силина //Кормопроизводство. 2019. С.12-15.

УДК: 633. 32

КЛЕВЕР ПОЛЗУЧИЙ – ОСНОВА ПАСТБИЩНЫХ ТРАВΟΣМЕСЕЙ НА ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

Иванова Н.Н., канд. с.-х.наук, **Анциферова О.Н.**, канд. с.-х.наук,

Капсамун А.Д., д-р с.-х. наук, **Павлючик Е.Н.**, канд. с.-х.наук,

Вагунин Д.А., канд. с.-х.наук, **Амбросимова Н.Н.**

ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (ВНИИМЗ),

г. Тверь, Россия

В создании прочной кормовой базы для животноводства существенная роль принадлежит многолетним травам. Они имеют фундаментальное значение для устойчивого развития кормопроизводства, биологизации земледелия, расширенного воспроизводства почвенного плодородия, заготовки различных видов кормов и решения белкового дефицита [6].

Важным условием получения высокой и стабильной продуктивности культурных пастбищ является обоснованный подбор травосмесей. Создание и районирование новых сортов многолетних трав для лугового кормопроизводства требуют постоянного совершенствования состава травосмесей [3, 5].

Высокая эффективность использования клевера ползучего в лугопастбищном хозяйстве обусловлена биологическими особенностями этого растения. В первую очередь способностью к вегетативному размножению, обеспечивающей долголетие, высокой отавностью после многократного

отторжения вегетативной массы, устойчивостью к вытаптыванию, накоплением симбиотического азота в почве, хорошими потребительскими качествами корма (высокой переваримостью, сбалансированностью по содержанию минеральных веществ) [4].

Для эффективного использования природных кормовых угодий, которые в Центральном экономическом районе занимают 5,6 млн. га, снижения затрат на кормление животных в летний период необходимо восстановить утраченную роль культурных пастбищ [2].

Создание высокопродуктивных бобово-злаковых агрофитоценозов возможно при правильном подборе культуры с использованием более адаптивных видов и сортов.

Продление продуктивного долголетия травостоев может достигаться за счет подбора компонентов травосмесей с учетом экологических условий местообитания включаемых видов [1].

Дефицит минеральных удобрений, особенно азотных, сдерживает рост производства растительного белка. Один из путей решения этой проблемы – создание культурных пастбищ на основе бобовых и злаковых компонентов, дающих высокопитательный сбалансированный корм, при минимальных затратах на его производство [7].

Повышение эффективности использования продукционного потенциала растений предполагает расширение сортового ассортимента многолетних трав.

Обобщение результатов исследований, проведенных в различных экологических условиях, в основном, подтвердили существующее мнение в огромной пригодности клевера ползучего отечественного сорта ВИК для создания сеяных пастбищ в большинстве районов страны.

Исследования проводились на опытном агроэкологическом полигоне ВНИИМЗ. Участок осушен закрытым гончарным дренажем, расстояние между дренами 44 м, глубина их заложения 0,8-1,0 м.

Почва дерново-подзолистая, супесчаная, глубокоооглеенная. Удельная масса почвы 2,59 г/см³, плотность пахотного слоя 1,33 г/см³, содержание гумуса 2,3%, РН_{сол} 4,5, обеспеченность опытного участка подвижным фосфором высокая - 196 мг/кг, обменным калием средняя - 114 мг/кг. Площадь делянки 30 м², размещение вариантов рендомизированное, повторность опыта трехкратная. На травостоях проводили 3-4цикла имитации стравливания. На учетных площадках трава периодически (по достижении ею пастбищной спелости) при высоте 16-18см. срезалась серпом и взвешива-

лась на бытовых весах. Это давало возможность выявить биологический урожай, так и его распределение по периодам пастбищного сезона. Для определения количества травы, используемой животными при выпасе, валовый урожай умножали на коэффициент 0,75.

В опыте изучали формирование продукционного процесса пастбищных фитоценозов с двумя сортами клевера ползучего (*Trifolium repens*). Исследовались сорт клевера ВИК 70 отечественной селекции и сорт Милканова датской селекции в составе бобово-злаковых травосмесей.

Объектом исследований являлись три пастбищные травосмеси при использовании разных доз минеральных удобрений, а именно K_{60} ; K_{120} ; $N_{150}K_{120}$.

Травосмесь №1 включала только злаковые виды трав: овсяницу луговую (*Festuca pratensis* L.) Сахаровская + тимopheевку луговую (*Phleum pratense* L.) ВИК 9 + райграс пастбищный (*Lolium perenne*) ВИК 66 и служила контролем исследований.

Травосмесь №2 состояла из клевера ползучего сорта ВИК 70 + овсяницы луговой Сахаровская + тимopheевки луговой ВИК 9 + райграса пастбищного ВИК 66.

Травосмесь №3 включала клевер ползучий сорта Милканова + овсяницу луговую Сахаровская + тимopheевку луговую ВИК 9 + райграс пастбищный ВИК 66.

Предшественник – многолетние травы. Обработка почвы включала дискование, вспашку, культивацию в 2 следа, пред- и послепосевное прикатывание. Посев беспокровный. Норма высева клевера ползучего 5кг/га, райграса пастбищного 12,5кг. Норма высева овсяницы луговой 12кг и тимopheевки луговой 10кг/га.

Все запланированные наблюдения, учеты и измерения выполнялись с соблюдением требований методик полевого опыта, принятых в кормопроизводстве.

В результате наблюдений за ростом и развитием изучаемых пастбищных трав и формированием урожая выявлено, что при формировании урожайности многолетних травостоев немаловажное значение имеют погодные условия. Метеорологические условия за период проведения исследований были различными и характеризовались неравномерным распределением осадков с колебаниями среднесуточной температуры воздуха. Отдельные отрезки вегетационного периода были

как избыточного, так и недостаточного увлажнения, что оказывало влияние на продуктивность травостоев.

Клевер ползучий превосходит по питательности и устойчивости к интенсивному пастбищному использованию другие бобовые и многие злаковые травы. Однако клевер ползучий имеет слабую корневую систему и даже кратковременный дефицит влаги он переносит плохо [10].

В жарком и засушливом периоде урожайность варьировала от 3,5-5,6 т/га сухой массы. В умеренно влажные и теплые годы урожайность изменялась от 4,7 т/га до 11,0 т/га сухой массы. В избыточно влажные и теплые годы отмечена продуктивность травостоев в пределах 3,7-10,9 т/га сухой массы. Наиболее оптимальные условия для роста и развития трав за пастбищный сезон складывались при температуре воздуха 12-15⁰С и сумме осадков 300-350мм.

Фенологические наблюдения выявили высокий адаптационный потенциал и высокую приспособляемость к условиям осушаемых земель Нечерноземья, клевера ползучего отечественного сорта ВИК 70. В условиях эксперимента удалось получить данные по обеспеченности вегетативными органами клевера ползучего (табл. 1). У клевера ползучего органами возобновления являются надземные стелющиеся побеги. Основными показателями, характеризующими потенциал долголетия травостоев, являются обеспеченность растений плагиотропными побегами, суммарное количество почек и их соотношение.

Таблица 1. Обеспеченность органами вегетативного возобновления клевера ползучего

Показатель	Сорт ВИК 70			Сорт Милканова		
	минимум	максимум	ср.	минимум	максимум	ср.
Длина плагиотропных побегов, м/м ²	8,8	10,1	9,45	6,9	9,10	8,00
Всего междоузлий, шт./м ²	1290	1480	1385	1150	1260	1205
Количество облиственных узлов, шт./м ²	540	620	580	490	540	515
Количество почек, шт./м ²	420	540	480	390	460	425
Количество укоренившихся узлов, шт./м ²	440	560	500	395	470	433

Процессы реализации самовозобновления зависят от сортовых особенностей видов и почвенно-мелиоративных условий.

Суммарная протяженность стелющихся побегов клевера ползучего сорта ВИК 70 в опыте 8,80-10,10 м/м², что на 1,0-1,9м/м² выше датского сорта Милканова. Количество междоузлий на метре квадратном у сорта Милканова меньше на 140-220 штук, чем у сорта ВИК70. Увеличение количества почек (420-540шт/м²) и количества укоренившихся узлов (440-560 шт/м²) сорта ВИК70 в сравнении с сортом Милканова (390-460 и 395-470 шт/га) соответственно указывает на большую приспособляемость данного сорта к конкретным условиям осушаемых почв. Стелющиеся побеги клевера сорта ВИК70 более обеспечены облиственными узлами, почками, и укоренившимися узлами, что способствует высокому его вегетативному возобновлению.

Важным показателем сохранности смешанного травостоя является его видовой состав. Качество получаемых кормов напрямую зависит от ботанического состава травостоя. Ботанический состав травостоев позволяет оценить конкурентную способность различных видов трав при выращивании их в совместных посевах.

Виды, включенные в травосмесь, оказывали влияние на конкурентоспособность клеверов.

На всех вариантах опыта, первые 3 года жизни, явным доминантом травостоев был райграс пастбищный. Его количество в злаковой травосмеси при N₁₅₀K₁₂₀ достигало 39,2%. В бобово-злаковой травосмеси клевер ползучий сорта ВИК 70 был более конкурентоспособным в сравнении с клевером ползучим сорта Милканова. Содержание клевера отечественной селекции при K₁₂₀ в травостое достигало 47,4%. При данном уровне минерального питания клевера сорта Милканова только 28,3 %.

Видовой состав пастбищных травостоев 9-го года пользования также зависел от состава травосмеси (табл. 2). Созданный травостой на основе клевера ползучего сорта ВИК-70 на естественном фоне плодородия почвы доля участия клевера была равна 4,1при внедрении в агрофитоценоз 25,0 % несеянных видов и 33,0% разнотравья. Внесение калийных удобрений в дозах K₆₀ и K₁₂₀ способствовало увеличению в травостое доли клевера ползучего до 3,7-4,1% и сохранению содержания разнотравья до 39,6% и 43,6%.

Вышеуказанная закономерность в зависимости от доз удобрений сохранялась в 4^х компонентной травосмеси участием клевера ползучего сорта Милканова. Однако участие данного сорта клевера в травостое было значительно меньше и колебалось от 3,2% на фоне без удобрений и воз-

растало лишь до 3,4-3,7% при внесении калийного удобрения, что способствовало увеличению разнотравья в агрофитоценозе до 48,8% - 47,1%.

Видовой состав злаковой трехкомпонентной травосмеси (контроль) при естественном плодородии почвы на 43,6% состоял из сеяных видов трав, и на фоне внесения азотно-калийного удобрения процент их в общей доли урожая возрастал незначительно. На долю райграса пастбищного приходилось всего 10,3%.

Таким образом, в условиях на 9й год жизни наиболее устойчивыми к сохранению сеяных видов, внедрению разнотравья и низкоурожайных видов злаковых трав являются 4х компонентные травосмеси на основе райграса пастбищного и клевера ползучего сорта ВИК-70, а также злаковый 3^х компонентный травостой.

Таблица 2. Ботанический состав пастбищных травостоев в зависимости от сорта клевера ползучего и доз удобрений (%), 8 г.п.

Травосмесь	Удобрения	Всего злак.	в том числе				Клевер ползучий	Разнотравье
			овсяница	тимофеевка	райграс	несеян. злаки		
1.Овсяница луговая + тимофеевка луговая + райграс пастбищный	Без уд.	43,9	8,7	14,1	9,3	11,8	0	56,1
	K ₆₀	43,9	7,1	16,8	9,7	10,3	0	56,1
	N ₁₅₀ K ₁₂₀	43,6	10,3	13,2	10,3	9,8	0	56,4
2. Клевер ползучий ВИК 70 + овсяница луговая + тимофеевка луговая + райграс пастбищный	Без уд.	50,7	9,4	6,0	10,3	25,0	3,0	46,3
	K ₆₀	52,7	11,6	9,0	10,0	22,1	3,7	43,6
	K ₁₂₀	53,5	11,9	11,3	11,1	19,2	4,1	42,4
3.Клевер ползучий Милканова + овсяница луговая + тимофеевка луговая+райграс пастбищный	Без уд.	46,1	11,6	9,0	9,4	16,1	3,2	50,7
	K ₆₀	47,8	12,0	11,3	10,1	14,4	3,4	48,8
	K ₁₂₀	49,2	7,0	9,0	11,0	22,2	3,7	47,1

Важным критерием оценки хозяйственных качеств растений являются урожайность надземной массы и её биохимический состав. Девятилетние исследования позволили оценить роль видового состава травостоев и доз удобрений на продуктивность пастбищ (табл. 3).

Таблица 3. Урожайность пастбищных травосмесей, сухая масса, т/га

Вариант	Удобрения	1г.п.	2г.п.	3г.п.	4г.п.	5г.п.	6г.п.	7г.п.	8г.п.	В среднем
Травосмесь №1 (контроль)	без удобрений	4,7	7,4	4,9	6,2	5,5	4,3	5,6	4,0	5,3
	K ₆₀	5,4	7,9	5,8	7,4	5,9	4,7	5,9	4,2	5,9
	N ₁₅₀ K ₁₂₀	5,3	8,3	6,5	10,1	9,8	8,3	8,5	5,6	7,8

Травосмесь №2	без удобрений	7,6	7,9	8,5	8,2	7,7	6,8	7,7	3,5	7,2
	K ₆₀	7,5	8,5	9,0	10,9	9,3	7,7	9,5	4,5	8,4
	K ₁₂₀	8,5	9,0	9,9	10,9	10,4	8,2	9,7	4,1	8,8
Травосмесь №3	без удобрений	8,3	8,8	10,0	5,5	4,7	3,7	7,1	3,8	6,5
	K ₆₀	8,4	8,5	11,0	7,0	6,2	4,1	7,7	3,7	7,1
	K ₁₂₀	8,6	9,2	10,3	7,2	6,8	7,6	8,4	4,2	7,8
НСР ₀₅		0,6	0,3	0,6	0,75	0,2	0,6	0,4	0,4	0,5

Установлено, что неудобренные травостой с участием клевера ползучего в среднем за годы опыта формируют урожайность на уровне 6,5-7,2 т/га сухой массы, что на 1,2-1,9 тонн больше контрольного варианта. Внесение калийного удобрения в дозах K₆₀ и K₁₂₀ способствовало незначительному росту урожайности четырехкомпонентной травосмеси, сформированной на основе отечественного сорта клевера ползучего ВИК 70 до 8,4 и 8,8 т/га сухой массы соответственно (табл.).

При удобрении четырехкомпонентная травосмесь, включающая клевер ползучий сорта Милканова, обеспечила сбор сухого вещества 7,1 и 7,8 тонн с гектара соответственно или на 1,0-1,3 тонны меньше урожайности отечественного сорта клевера ВИК 70.

Злаковая травосмесь (контроль) сформировала 5,3-5,9 тонн сухой массы на гектаре. Азотное удобрение внесенное в дозе N₁₅₀ увеличило сбор сухой массы до 7,8 т/га.

Заключение. В связи со значительным выпадением на 4 год пользования из травостоя клевера ползучего сорта Милканова и большой устойчивостью клевера ползучего сорта ВИК 70 в состав пастбищных травостоев на осушаемых почвах эффективнее включать отечественный сорт клевера ползучего ВИК 70.

Под пастбищный травостой с участием клевера ползучего, созданный на почвах с повышенным содержанием калия нецелесообразно внесение калийных удобрений в дозе K₁₂₀, вследствие того, что прибавка урожая незначительная, при этом затраты на выращивание увеличиваются.

Нецелесообразность внесения калия в дозе K₁₂₀ указывает и высокое содержание калия в сухом корме.

Создание пастбищных травостоев на основе разных сортов клевера ползучего на осушаемой почве, обеспечивает продуктивность 6,5-8,8 тонн сухой массы с гектара. При этом наибольшую продуктивность – 8,8 тонн с 1 гектара формирует травостой четырехкомпонентной травосмеси, включающий наиболее адаптированный к условиям осушаемых земель отечественный сорт клевера ползучего ВИК 70.

Библиографический список

1. Веретенников Н.Г., Яковлева С.В., Формирование элементов продуктивности пастбищных агрофитоценозов. Земледелие, 2008; 1:19-20.
2. Жезмер Н.В., Благоразумова М.В. Создание и долготнее использование интенсивных сенокосов. Кормопроизводство, 2011; 12: 3-5.
3. Золотарев В.Н. Актуальные проблемы селекции и сортового семеноводства клевера ползучего (*Trifolium repens* L.) в России и направления их решения в контексте импортозамещения /В.Н.Золотарев, Н.П. Переправо //Кормопроизводство. – 2019, - №12, - С.26-34.
4. Липовцына Т.П. Химический мутагенез в селекции клевера лугового, практические результаты/ Т.П.Липовцына// Научное обеспечение агропромышленного комплекса Тюменской области: сборник научных трудов. – Новосибирск, 2003.- С.227-244.
5. Капсамун А.Д. Многолетние бобовые травы на осушаемых землях Нечерноземья./ А.Д.Капсамун, Е.Н.Павлючик, Н.Н.Иванова.- Тверь: Твер. Гос. ун-т, 2018: 178.
6. Косолапов В.М., Пилипко С.В., Костенко С.И. Направление селекции кормовых трав в России. Достижения науки и техники АПК, 2015; 4: 35-37.
7. Лазарев Н.Н. Влияние азотных удобрений на урожайность пастбищных травосмесей на основе райграса пастбищного, ежи сборной и клевера ползучего /Н.Н. Лазарев, Т.В. Костикова, А.И. Беленков // Плодородие. – 2016. - №3.- С.24-27.

УДК 631.5;631.6;911.2

РЕЗУЛЬТАТЫ ДОЛГОВРЕМЕННОГО МОНИТОРИНГА УРОЖАЙНОСТИ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ В ПРЕДЕЛАХ АГРОЛАНДШАФТА МОРЕННОГО ХОЛМА

Д.А. Иванов, д-р с.-х. наук, проф., чл.-корр. РАН,

О. В. Карасева, канд. с.-х. наук, М.В. Рублюк, канд. с.-х. наук,
ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (ВНИИМЗ),
г. Тверь, Россия

Мониторинговые исследования, проводящиеся на агроэкологических полигонах позволяют выявлять основные черты пространственно-временной динамики урожайности культур в пределах агроландшафта. Новые знания, полученные в ходе долговременных наблюдений, являются основой теории прогнозирования урожайности, на которой, в свою очередь, базируются методы разработки ландшафтно-мелиоративных систем земледелия [1]. Крайне важным является определение факторов, влияющих на продуктивность культур, основными среди которых являются структурные особенности агроландшафта (чередование в нем склонов разной экспозиции, микроландшафтных образований и элементов структуры почвенного покрова).

Целью данной работы являлось изучение влияния временной динамики параметров плодородия почв, погодных условий и структуры агроценоза на изменчивость урожая сена в различных ландшафтных условиях. Камеральные исследования проводились на основе архивных материалов 2003-2013 годов, полученных на агроэкологическом полигоне ВНИИМЗ. Стационар расположен в 4-х км к востоку от г. Тверь, на моренном холме с относительной высотой 15 м. состоящим из плоской вершины, северного пологого склона, крутизной 2-3°, южных склонов (3-5°) и межхолмных депрессий (северной и южной). Почвообразующие породы на территории стационара – двучленные отложения. В его южной части мощность кроющего песчано-супесчаного наноса местами превышает 1,5 м. На вершине и северном склоне холма пахотные горизонты сложены супесью и легким суглинком, мощность легкого кроющего наноса здесь колеблется около 1м, а в межхолмной депрессии морена местами выходит на поверхность. Почвенный покров представлен вариацией-мозаикой дерново-подзолистых глееватых и глеевых почв, развивающихся на двучленных отложениях различной мощности [2].

Исследования проводились на агроэкологической трансекте (физико-географическом профиле) – узком поле, пересекающем все микроландшафтные позиции конечно-моренной гряды: транзитно-аккумулятивные (Т-А) агромикроландшафты (АМЛ) нижних частей склонов и межхолмных депрессий, характеризующиеся аккумуляцией элементов питания из намывных и грунтовых вод; транзитные (Т) АМЛ, расположенные в центральных частях склонов, в которых господствует латеральный ток влаги; элювиально-транзитные (Э-Т) местоположения верхних частей склонов, где, наряду с латеральным током влаги, происходит ее вертикальное перемещение по почвенному профилю и элювиально-аккумулятивный (Э-А) ландшафт вершины, в пределах которого вертикальное промывание почвенного профиля чередуется с локальной аккумуляцией влаги в микропонижениях (блюдцах).

Поля, на которых проводились наблюдения, располагались вдоль трансекты и представляли собой полосы, шириной 7,2 м, а длиной – 1300 м. Травостой эксплуатировался в одноукосном режиме без внесения удобрений. Ежегодные данные по урожайности злакобобовых травостоев разного возраста и пятикомпонентной злакобобовой травосмеси, определенные в 120 точках опробования, равномерно расположенных на агроэкологической трансекте, обрабатывались методом трехфакторного дисперси-

онного анализа, выполненного в среде STATISTICA 7, где фактором А являлись склоны разной экспозиции (южный и северный), фактором В – агромикрорландшафты (Т-Аю¹, Тю, Э-Тю, Э-А, Э-Тс, Тс, Т-Ас), а фактором С – почвы (глееватая и глеевая). Степень влияния ландшафтных факторов на урожайность трав вычислялась на основе метода Н. А. Плохинского путем деления частной факториальной суммы квадратов на общую [3].

На рис. 1. Показаны усредненные результаты дисперсионного анализа.

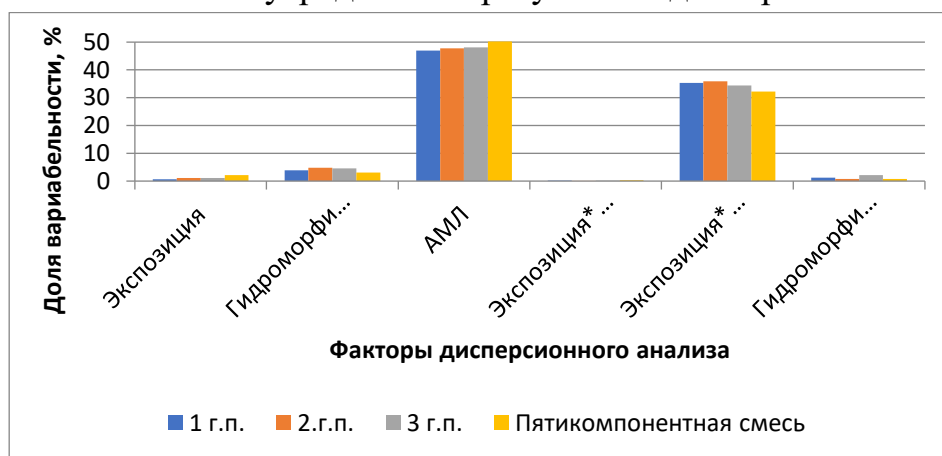


Рис. 1. Степени влияния различных структурных отделностей агроландшафта конечно-моренной гряды на урожайность трав разного возраста

Дисперсионный анализ показал, что на пространственную вариабельность урожайности злакобобовых травостоев в основном влияют свойства агромикрорландшафтов, а также взаимодействие микрорландшафтных свойств и экспозиции. Экспозиция склонов, а также особенности проявления заболачивания почв в различных АМЛ влияют не более, чем на 3% пространственной изменчивости урожая. Собственно, гидроморфизм почв определяет до 5% вариабельности выхода сена с 1 га. Старение травостоя приводит к некоторому увеличению влияния экспозиции и АМЛ на урожай и определенному снижению воздействия на него их взаимодействия.

Корреляционный анализ показал, что характер воздействия условий агроландшафта на урожайность трав во многом зависит от погодных условий. Так увеличение суммы эффективных температур приводит к снижению влияния агромикрорландшафтов как таковых на урожайность трав 1 г.п. ($r=-0,70$) и к усилению их воздействия на травостой на разных склонах ($r=0,54$). Взаимодействие АМЛ и экспозиции усиливает влияние на урожай и при увеличении влажности почв ($r=0,72$).

На травах 2 г.п. влияние гидроморфизма почв на урожай увеличивается при усилении их влажности ($r=0,53$) и суммы эффективных темпера-

¹ Малыми буквами обозначена экспозиции: ю – южная, с – северная.

тур ($r=0,55$). Воздействие АМЛ на них уменьшается при увеличении осадков и ГТК ($r=-0,69$ и $-0,57$ соответственно). Наблюдается также прямопропорциональная зависимость урожая от взаимодействия гидроморфизма почв и АМЛ при увеличении влажности почв ($r=0,61$).

Увеличение влажности почв приводит к снижению влияния экспозиции на урожайность трав 3 г.п. ($r=-0,62$) и усилению влияния на нее экспозиционно-микрорландшафтного фактора ($r=0,52$).

Влияние на урожайность пятикомпонентной травосмеси агромикрорландшафтов на разных склонах, а также почв разной степени заболоченности в пределах различной экспозиции снижается при увеличении среднесуточных температур воздуха ($r=-0,52$ и $-0,74$ соответственно).

На основе полученных данных можно сказать, что природные условия различных структурных элементов ландшафта оказывают существенное воздействие на урожайность разновозрастных травостоев. Степень влияния ландшафтных факторов на урожай значительно зависит от агроклиматических условий сезона и, в некоторой степени, от возраста травостоя. Новые знания, полученные в ходе камеральных исследований, позволят усовершенствовать теорию и практику ландшафтно-мелиоративного земледелия.

Библиографический список

1. Иванов Д.А., Ковалев Н.Г. Ландшафтно-мелиоративные системы земледелия (прикладная агрогеография). Монография, -Тверь, издатель А.Н. Кондратьев. 2017. -310с.
2. Иванов Д.А., Корнеева Е.М., Салихов Р.А., Петрова Л.И., Пугачева Л.В., Рублюк М.В. Создание ландшафтного полигона нового поколения //Земледелие. № 6. 1999. С.15-16
3. Плохинский Н.А. Биометрия. М.: МГУ. 1970. - 367с.

УДК633.321 : 631.67 : 631.559

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО ПРИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ УВЛАЖНЕНИИ ДОЖДЕВАНИЕМ

Алехина Ю.В., канд. с.-х. наук, доцент, **Дрозд Д.А.**

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь*

Получение качественной мясо-молочной продукции напрямую связано с кормами, которые употребляет крупно-рогатый скот. Основным и самым дешевым источником корма, являются многолетние травы. По официальным данным, в Могилевской области под многолетние травы отводится в разные года от 110 до 150 тысяч гектар пахотных земель [1].

При анализе структуры распределения пахотных земель под многолетние травы (рис. 1), ясно прослеживается тенденция целенаправленного использования бобовых трав и их смесей со злаковыми травами.

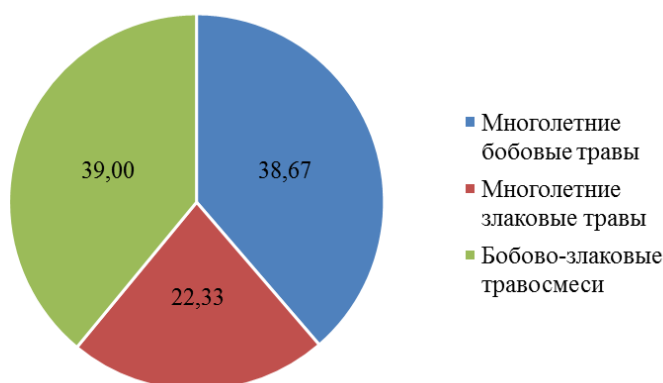


Рис. 1. Структура использования многолетних трав в Могилевской области.

Преимуществом бобовых трав над злаковыми является, способность аккумулировать симбиотический азот из окружающего воздуха и накапливать его в почве. Данная особенность полностью исключает необходимость применения минеральных азотных удобрений при возделывании трав и удешевляет производство кормов. В смесях со злаковыми травами, бобовая составляющая дает возможность снизить дозу или полностью исключить применение минеральных форм азота, и уравновесить корм по содержанию сырого и переваримого протеинов [2]. Из всего многообразия бобовых трав (рис. 2), в Могилевской области отдается предпочтение клеверу луговому, который занимает 64,84% от общего объема пахотных земель и люцерне под которую отводится около 32,46% сельскохозяйственных угодий занятых многолетними травами.

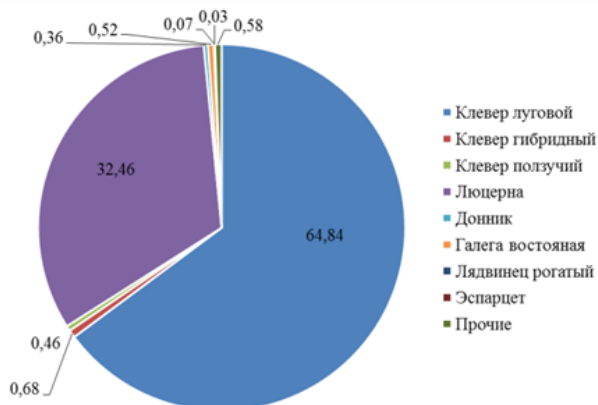


Рис. 2. Структура возделывания многолетних бобовых трав в Могилевской области

Кроме этих культур, в отдельных районах Могилевской области можно встретить посевы клеверов ползучего и гибридного, донники, галеги восточной, лядвенца рогатого, эспарцета, однако они возделываются только на 2,7% пахотных земель.

Одним из вариантов заготовки качественного корма, так необходимого для кормления КРС являются сырьевые конвейеры из многолетних бобовых трав. Основываясь на анализе структуры возделывания многолетних бобовых трав, в качестве ведущей культуры сырьевого конвейера был выбран клевер луговой.

Эксперимент по созданию сырьевого конвейера из различных по скороспелости сортов клевера лугового проводился на землях учебно-опытного поля «Тушково-1» расположенного в Горецком районе Могилевской области. В ходе эксперимента изучалось влияние различных норм увлажнения на рост и развитие, а так же сроки наступления фаз укосной спелости усразноспелых сортов клевера лугового: Цудоуного, Янтарного, Витебчанина и Мереи. Закладка полевого опыта выполнена весной 2017 года, под покровом ярового ячменя нормой высева 8 кг/га, из расчета 100% посевной годности. Глубина заделки семян 1,5 см, ширина междурядий 15 см, что соответствует требованиям культуры [3, 4].

Почвенный покров опытного участка представлен дерново-подзолистыми легкими суглинками, со следующими агрохимическими показателями: гумус – 1,66 %, pH – 5,70, P_2O_5 и K_2O – 320,0-423,0 мг/кг соответственно. Водно-физические показатели почвы для расчетного слоя почвы 0-30 см составили: плотность сложения почвы 1,40 г/см³, наименьшая влагоемкость – 23,82 %.

Опыт заложен по следующей схеме:

Фактор А – Фон увлажнения:

1. Без орошения;
2. Полив при снижении почвенных влагозапасов до уровня 80% от наименьшей влагоемкости;
3. Полив при снижении почвенных влагозапасов до уровня 70% от наименьшей влагоемкости.

Фактор В – сорта клевера лугового различные по скороспелости:

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

Поддержание почвенных влагозапасов проводилось барабанно-шланговая дождевальная установка итальянского производства Irriland Raptor. Поливная норма определялась расчетным способом в зависимости от водно-физических показателей почвы и для фонов 80% от НВ и 70% от НВ составила 20 и 30 мм соответственно [5].

Климатические условия вегетационного периода в первый год хозяйственного использования оказались вполне удовлетворительными. Сумма активных температур воздуха свыше 10°C достигла 2579,5°C, а объем атмосферных осадков за аналогичный период времени оказался равен 346,3 мм. В результате этого Гидротермический коэффициент Селянинова составил 1,34, что позволило охарактеризовать год как оптимальный по увлажнению.

Следует учитывать, что атмосферные осадки в течении вегетационного периода распределялись неравномерно и зачастую наблюдались как периоды с длительными дождями ливневого характера так и с засухой, что потребовало применения дополнительного увлажнения. Поддержать почвенные влагозапасы в установленных опытом пределах удалось только за счет 4 поливов на каждом из фонов опыта, а общая оросительная норма составила 800 м³/га и 1200 м³/га для фонов 80% от НВ и 70% от НВ соответственно.

На протяжении всего периода наблюдений за ростом и развитием различных по скороспелости сортов клевера лугового осуществлялся учет и измерение средней высоты травостоя, его густоты, облиственности, а также площади листовых пластин (табл. 1).

Наибольшей высотой и густотой стояния отличались травостой в период формирования первого укоса не зависимо от условий увлажнения. Высота травостоев на контрольном фоне изменялась от 75,21 см у сорта Цудоуны до 89,67 см у позднеспелого сорта Меря и достигала пиковых значений при нижнем пределе оптимальной влажности почвы 70% от НВ, составляя 93,07-126,50 см у аналогичных сортов клевера лугового. На 1 м² посевов контрольного фона в период формирования первого укоса зеленой массы находилось от 280-324 шт стеблей. Орошение повысило густоту стояния травостоя до 340-460 шт/м².

Во втором укосе высота травостоя, густота его стояния и площадь листовых пластин были снижены. Так например, площадь листовых пластин у среднеспелого сорта Витебчанин снизилась со 104,99 тыс. м²/га до

54,99 тыс. м²/га. Аналогичная ситуация отмечается и с остальными показателями независимо от сорта и фона увлажнения.

Таблица 1. Высота, облиственность, площадь листовых пластин и густота стояния травостоя различных по скороспелости сортов клевера лугового в условиях орошения в 2019 г.

Сорт	Контроль			0,8НВ			0,7НВ		
	1 укос	2 укос	3 укос	1 укос	2 укос	3 укос	1 укос	2 укос	3 укос
Высота растений, см									
Цудоуны	75,21	67,00	59,41	84,40	74,57	65,13	93,07	81,56	70,28
Мерея	99,67	75,21	-	112,82	80,82	28,80	126,50	92,46	35,97
Янтарный	77,53	68,26	59,88	86,86	76,53	69,55	99,29	83,82	76,68
Витебчанин	90,61	68,00	28,95	97,69	75,56	35,06	105,46	85,98	40,03
Облиственность, %									
Цудоуны	38,56	40,12	41,03	40,24	42,36	43,00	42,88	43,94	44,20
Мерея	38,16	39,24	-	40,23	41,18	-	42,81	43,00	-
Янтарный	40,03	41,53	42,18	41,50	43,07	43,91	42,40	43,98	44,80
Витебчанин	40,36	41,24	-	43,52	44,12	-	44,87	45,09	-
Площадь листовых пластин, тыс. м ² /га									
Цудоуны	72,26	80,24	55,07	79,78	90,81	75,99	153,84	135,51	101,63
Мерея	112,63	58,61	-	136,18	94,54	-	208,66	117,98	-
Янтарный	85,59	90,12	81,57	118,30	122,78	102,87	166,68	131,94	107,75
Витебчанин	104,99	54,99	-	142,51	80,35	-	162,99	112,21	-
Густота стояния травостоя, шт/м ²									
Цудоуны	324	208	156	424	296	223	460	367	280
Мерея	300	221	-	360	283	-	410	352	-
Янтарный	316	216	164	384	300	219	448	387	300
Витебчанин	280	196	-	340	263	-	412	361	-

Несколько иная тенденция замечена у облиственности клеверов, которая постепенно повышалась на протяжении всего вегетационного периода. Так, у среднераннего сорта Янтарный на фоне 0,8НВ онавозросла с 41,50% наблюдаемых в первом укосе зеленой массы до 43,91% к третьему укосу. Отрастающая отава, при меньшей высоте стеблей и густоте стояния имела более благоприятное соотношение массы стеблей и листьев.

Главной целью возделывания каждой сельскохозяйственной культуры, является получение урожая (табл. 2).

Валовый сбор сухой массы в зависимости от фона увлажнения колебался от 11,57 т/га до 20,66 т/га. Посевы контролятличались наиболее низкой урожайностью сухого вещества независимо от сорта, а ее абсолютная величина составляла 11,57-14,58 т/га. Максимальной и достоверной прибавки сухой массы можно достичь при поддержании почвенных влагозапасов в пределах от 70 до 100% от величины наименьшей влагоемкости.

Таблица 2. Урожайность сухого вещества различных по скороспелости сортов клевера лугового в 2019 году, т/га.

Фон	Сорт	1 укос	2 укос	3 укос	Всего	± к контролю	±0,7НВ к 0,8НВ
Контроль	Цудоуны	4,30	3,89	3,47	11,66	-	-
	Мерея	7,18	4,39	-	11,57	-	-
	Янтарный	5,46	4,79	4,34	14,58	-	-
	Витебчанин	6,61	3,74	1,65	12,00	-	-
0,8НВ	Цудоуны	5,35	4,87	4,15	14,37	2,71	-
	Мерея	8,83	5,84	1,87	16,53	4,96	-
	Янтарный	8,04	5,46	5,22	18,71	4,13	-
	Витебчанин	7,77	4,57	2,15	14,49	2,49	-
0,7НВ	Цудоуны	7,19	5,53	4,64	17,37	5,71	3,00
	Мерея	10,33	7,59	2,33	20,25	8,68	3,72
	Янтарный	9,01	5,95	5,70	20,66	6,08	1,95
	Витебчанин	9,17	4,82	2,67	16,66	4,66	2,17
НСР ₀₅ ^A					0,20		
НСР ₀₅ ^B					0,23		
НСР ₀₅ ^{AB}					0,40		
Примечание: Фактор А – фон увлажнения Фактор В – сорт клевера лугового							

За счет этого, 1 гектар пахотных земель при достаточной обеспеченности световой и тепловой энергии может сформировать дополнительные 4,66-8,68 т/га в зависимости от скороспелости сорта. В водно-воздушных условиях фона 0,8НВ клевера так же будут формировать дополнительную сухую массу, однако она будет уступать второму орошаемому фону на 1,95-3,72 т/га.

Возделывание клевера лугового в условиях орошения открывает возможность формирования мощных как по высоте, так и по густоте стояния травостоев приносящих хорошие и устойчивые по своей величине урожаи сухого вещества, зависящие исключительно от наличия достаточных объемов тепла и света.

Библиографический список

1. Привалов, Ф. И. Оптимизация структуры многолетних трав как фактор растительного стабилизации производства кормов и растительного белка / Ф. И. Привалов, П.П. Васько, Е. Р. Клыга // Землед. и селект. в Беларуси. – 2016. – № 52. – С. 207-213.
2. Nitrogen fixation and transfer of red clover genotypes under legume–grass forage based production systems / M.S. Thilakarathna [et al.] // Nutrient Cycling in Agroecosystems. – 2016. – Vol. 106, Iss. 2. – P. 233–247.
3. Технологии и техническое обеспечение производства высококачественных кормов: рекомендации / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию», РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,

РНДУП «Институт мелиорации». – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2013. – 74 с.

4. Коледа, К. В. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур : рекомендации / К.В. Коледа и др.; под общ. ред. К. В. Коледы, А. А. Дудука. – Гродно : ГГАУ, 2010. – 340 с.
5. Лихацевич, А. П. Сельскохозяйственные мелиорации: учебник для студентов высших учебных заведений по специальности «Мелиорация и водное хозяйство» / А.П. Лихацевич, М. Г. Голченко, Г. И. Михайлов; под ред. А. П. Лихацевича. – Минск : ИВЦ Минфина, 2010. – 464 с.

УДК 633.31/.37:631.847.2:631.559

ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ МНОГОЛЕТНИХ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ТРАВосмЕСЕЙ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ И ОРОШЕНИЯ ДОЖДЕВАНИЕМ

Кукреш А. С., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь*

Первоочередным условием увеличения темпов производства мясомолочной продукции является качественное и сбалансированное кормление животных. Для кормления необходимы сбалансированные по химическому составу корма. Одним из источников протеина и являются многолетние бобовые травы. К сожалению, низкий процент их содержания в травосмесях сенокосных угодий в Республике Беларусь не дает возможности полного использования кормового потенциала данных угодий. Одним из методов удержания многолетних бобовых трав, в частности клевера лугового в травостое является создание оптимальных почвенных, водно-воздушных условий, а также всестороннее использование возможности клевера фиксировать азот из атмосферы. Исследований по выявлению эффективности применения бактериальных препаратов для активизации симбиотического аппарата в условиях орошения крайне недостаточны. В связи с этим была поставлена целью определить влияние бактериального препарата сапронит и азобактерин на деятельность симбиотического аппарата многолетних бобовых и злаковых трав и их продуктивности при условии их орошения дождеванием.

Чтобы выявить данные взаимосвязи нами на УОК-1 «Тушково» УО «БГСХА» был проведен полевой эксперимент по изучению влияния совместного применения биопрепаратов на активность симбиотического аппарата бобовых трав и на ассоциативную азотфиксацию злаковых компонентов, а также на продуктивность травосмесей и их качество. Помимо

этого попутно изучался вопрос усиления мобилизации труднодоступных форм фосфора в почве путем применения фосфатмобилизующего препарата фитостимофос. В состав травосмеси был включен следующий компонент трав: клевер луговой, клевер ползучий, тимофеевка луговая, кострец безостый.

Опыт состоял из двух блоков: $P_{60}K_{110}$ (без орошения), $P_{60}K_{110}$ + орошение и $P_{60}K_{110}$ + N_{40} + орошение. Каждый блок состоял из четырех вариантов, а именно: 1. контроль (без инокуляции), 2. инокуляция бобовых компонентов травосмеси сапронитом, 3. инокуляция злаковых компонентов азобактерином, 4. совместная инокуляция бобовых и злаковых компонентов сапронитом и фитостимофосом.

Семена бобовых и злаковых трав обрабатывались препаратами с нормой расхода препарата 200 г на гектарную норму посева.

Эксперимент показал, что препараты существенно активизировали работу симбиотического аппарата бобовых трав и привели к усилению ассоциативной азотфиксации, что отразилось повышением накопления травосмесью биологического азота (табл. 1).

Таблица 1. Накопление биологического азота бобово-злаковой травосмесью, кг/га

Вариант	Годы использования		В среднем за 2 года
	второй	третий	
Р ₆₀ К ₁₁₀ (без орошения)			
Без инокуляции	48,1	29,6	38,8
Сапронит	76,0	51,2	63,6
Азобактерин	57,2	36,4	46,8
Сапронит + фитостимофос	75,4	49,3	62,3
Р ₆₀ К ₁₁₀ + орошение			
Без инокуляции	60,4	40,1	50,2
Сапронит	96,9	72,3	84,6
Азобактерин	78,6	57,8	68,2
Сапронит + фитостимофос	94,8	71,7	83,2
Р ₆₀ К ₁₁₀ + N ₄₀ + орошение			
Без инокуляции	61,2	41,9	51,5
Сапронит	97,3	76,4	86,8
Азобактерин	80,8	62,2	71,5
Сапронит + фитостимофос	96,2	74,9	85,5

Более высокие показатели показал вариант с обработкой семян бактериальными препаратами при их орошении дождеванием. Использование сапронита позволило увеличить накопление биологического азота в блоке без орошения на 24,8 кг/га в блоках с орошением при фоновом минераль-

ном питании на 34,4 и при полном минеральном питании 35,3 кг/га биологического азота. Инокуляция семян злаковых трав дала ощутимо меньший эффект по сравнению с применением сапронита. Несмотря на это, прибавка в накоплении биологического азота от использования азобактерина по сравнению с контрольным вариантом на фоновом блоке минерального питания и при орошении их составила 18,2 кг/га, при полном минеральном питании соответственно – 19,6 кг/га. Комбинированное использование сапронита и фитостимифоса существенного эффекта по сравнению с сапронитом в чистом виде не оказало. Причиной этого мог стать антогонизм между бактериями этих препаратов, а также довольно высокая обеспеченность почв фосфором.

Орошение травостоев дождеванием способствовало созданию в корнеобитаемом слое почвы оптимального водно-воздушного режима почв, а следовательно это привело к повышению урожайности многолетних злаково-бобовых травосмесей. Кроме этого, было выявлено также и положительное влияние бактериальных препаратов на урожайность в результате улучшения химизма почвы и снабжения ее дополнительным азотом. Так в среднем за годы проведения эксперимента улучшение водно-воздушного режима посредством орошения при применении минеральных удобрений в дозе $P_{60}K_{110}$ обеспечило повышение урожайности травостоев на 1,26 т/га, дополнение фонового питания дозой 40кг/га по действующему веществу минерального азота соответственно на 2,84 т/га. Наиболее отзывчивым и эффективным приемом была обработка семян бобового компонента перед посевом препаратом сапронит. Его применение повысило урожайность травосмеси в блоке без орошения на 0,85; в блоке с орошением и фоновым минеральным питанием на 1,09 и $N_{40}P_{60}K_{110}$ + орошение – на 1,24 т/га по сравнению с соответствующими вариантами без применения бактериальных препаратов. Использование ассоциативного препарата азобактерин привело также к повышению урожайности, но с меньшими темпами по сравнению с вариантом с сапронитом. Комбинированное использование сапронита и фитостимифоса также оказало положительное воздействие, но гораздо ниже, чем при применении сапронита.

Применение данных бактериальных субстанций сказалась и на увеличении продуктивности травостоев (табл. 2.). Оценивая химический состав сухого вещества необходимо указать, что наибольший выход обменной энергии наблюдался при внесении полного минерального удобрения с инокуляцией семян бобового компонента травосмеси сапронитом.

**Таблица 2. Продуктивность бобово-злаковой травосмеси
(в среднем за 3 года)**

Варианты	Урожайность т/га с.в.	Выход ОЭ, ГДж/га	Сбор переваримо- го протеина, кг/га
P₆₀K₁₁₀ (без орошения)			
Без инокуляции	6,91	54,6	551,8
Сапронит	7,76	61,7	698,7
Азобактерин	7,15	57,1	594,4
Сапронит + фитостимофос	7,41	60,04	630,4
P₆₀K₁₁₀ + орошение			
Без инокуляции	8,17	67,7	704,8
Сапронит	9,26	76,8	888,7
Азобактерин	8,63	71,4	769,4
Сапронит + фитостимофос	8,91	73,9	825,2
P₆₀K₁₁₀ + N₄₀ + орошение			
Без инокуляции	9,75	78,8	857,3
Сапронит	10,99	90,1	1041,2
Азобактерин	10,40	84,8	950,8
Сапронит + фитостимофос	10,65	87,1	1017,4
НСР ₀₅ (А)	0,14-0,46		
НСР ₀₅ (В)	0,16-0,33		

Аналогично применение данного бактериального препарата на том же фоне питания повысило сбор переваримого протеина до 1041,2 кг/га. Комбинированное использования диазотрофного и ассоциативного препаратов тоже увеличили данные показатели продуктивности существенно по сравнению с контролем и несущественно по сравнению с сапронитом.

Таким образом, эффективным приемом повышения продуктивности сенокосных угодий являлось комбинирование применения препарата сапронит и орошения трав способом дождевания, что позволяет повысить продуктивность и качество кормов при единовременной бережном отношении к экологии – снижению доз применения удобрений.

Библиографический список

1. Корнилов, А. А. и др. Продвижение эспарцета в засушливые и степные районы и роль клубеньковых бактерий / А. А. Корнилов, В. Г. Вергелецкая – Микробиология. – 1952. – Вып. 4, Т. 20 – С. 423 – 428.
2. Мишустин, Е. Н. и др. Клубеньковые бактерии и инокуляционный процесс. / Е.Н. Мишустин, В. К. Шильникова – М.: Наука, 1973. – 288 с.
3. Bushby, H. V. A. and another. Water status of rhizobia in relation to their susceptibility in dessication and to their protection by montmorillonite / H. V. A. Bushby, K. C. Marschall – Gen. Microbiol. – 1977/ – Vol. 99. – № 1. – P/ 19 – 27.
4. Агафонова, Е. В. и др. Применение ризоторфина на горохе/Е. В. Агафонова, М.Ю. Стукалов, Л. Н. Агафонова – Земледелие, 2002. –№ 5. – С. 28.
5. Ганичева, В. В. Влияние луговых трав на агрохимические свойства почвы / В. В. Ганичева – Кормопроизводство, 2002. – № 9. – С. 19 – 21.

К ВОПРОСУ О ПОИСКЕ ОПТИМАЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ЙОДА ДЛЯ ПОДКОРМКИ ОДНОЛЕТНИХ ТРАВ В АГРОФИЗИЧЕСКОМ СТАЦИОНАРЕ

Иванова Ж.А.* к. с.-х. н., Филиппов П.А.* инж.,

Филиппова П.С. м.н.с.**

**ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»,
г. Санкт-Петербург, Россия*

*** «СевероЗападный Центр междисциплинарных исследований проблем
продовольственного обеспечения - Санкт-Петербургский Федеральный
исследовательский центр Российской академии наук»,
г. Санкт-Петербург, Россия*

Задача производства высоко качественной и даже функциональной продукции растениеводства сегодня признаётся одной из самых актуальных в региональном земледелии. Одной из геохимических особенностей почвенно-агрохимических условий Северо-Запада РФ является низкая обеспеченность почв йодом – микроэлементом, определяющим целый ряд жизненных функций животных и человека (Иванов, Филиппова, Филиппов, 2019; Панасин, Рымаренко, Вихман, Чечулин, 2019). При этом приходится считаться не только с низкой обеспеченностью наших микроэлементами в целом, но и с выраженной её пространственной неоднородностью (Иванов, Суханов, Дымова, Воробьёв, 2010; Иванов и др., 2014). Преодоление этой аномалии имеет принципиально важное значение для здорового долголетия нашего населения. Одним из эффективных способов на этом пути является некорневая подкормка кормовых культур, служащих питательной базой для получения продуктов животноводства (Панасин, Рымаренко, Вихман, Чечулин, 2019). С целью поиска оптимальной концентрации раствора йодистого калия для некорневой подкормки однолетних трав было выполнено полевое исследование.

Методической базой исследования служил многолетний стационарный опыт «Агрофизический стационар», развернутый в Меньковском филиале Агрофизического НИИ в Гатчинском районе Ленинградской области. Методика его закладки подробно описана в работах (Конашенков и др., 2016; Иванов, Иванова, Конашенков, Филиппов, 2017). В системе этого эксперимента в 2018 г. был заложен микрополевой опыт на среднеокультуренной почве с целью изучения влияния диапазона концентраций йодистого калия от 0 до 0,64 %. Схема опыта включала в себя 3 ва-

рианта минеральной системы удобрения: 1) контроль без удобрений; 2) N80P30K100; 3) N120P30K150 и 9 вариантов концентраций некорневых подкормок KI. В 2019 году объектом исследования в нём служил посев однолетних трав (смесь вики посевной и овса). Почва опытного участка – дерново-слабоподзолистая пылевато-крупнопесчаная супесчаная на опесчаненной морене, подстилаемой озерно-ледниковым песком и локально – красноцветной мореной. В опытах 2019 года на однолетних травах площадь опытной делянки 1 м², повторность в опыте 3-кратная. Размещение вариантов и повторений систематическое. Минеральные удобрения вносили под предпосевную обработку почвы. Учеты проводили в опытах сплошным весовым методом. Содержание общего азота определяли по ГОСТ Р 51417-99, общего калия - ГОСТ 30504-97, а нитратов – ионометрически [13] в ФГБУ ГСАС "Псковская". Статистическая обработка основных результатов проводилась дисперсионным, корреляционным и регрессионным методами анализа с использованием программного пакета Statistica.

По результатам исследования йод положительно влиял на урожайность однолетних трав. Стимулирование йодом ростовых процессов привело к повышению урожайности, сопоставимого с эффектом от минеральных удобрений (табл. 1).

Относительные средние прибавки от йода на вариантах без минеральных удобрений и NPK1 составляли 31-38 %, а максимальные достигали 80 и 68 % соответственно. На варианте NPK2 йод давал уже меньшие прибавки. Средние абсолютные значения прибавки урожайности однолетних трав от йода составили в вариантах без удобрения, NPK1 и NPK2 1,83, 1,39 и 0,52 т/га соответственно. То-есть с увеличением уровня минерального питания абсолютные и относительные прибавки от KI уменьшались с 40 до 8 % (во внимание принимались концентрации, не вызывающие токсического эффекта).

Токсический эффект от обработки KI был отмечен при опрыскивании раствором 0,32-0,64 % на всех уровнях минерального питания. Эффект проявлялся в виде некроза по краям листа на вике. На вариантах без удобрения и со средней дозой NPK отмечались прибавки урожайности выше контроля при всех использованных концентрациях.

В результате у однолетних трав максимальная урожайность была зафиксирована при обработках концентрациями раствора KI 0,08 и 0,16 %, в то время как на картофеле эти концентрации были уже токсичными (Ива-

нов, Филиппова, Филиппов, 2019). При этом были установлены функциональные на 0,05 уровне значимости линейные корреляционные зависимости между концентрациями КІ и прибавками урожайности в нетоксической области концентраций. Коэффициенты детерминации на уровне 0,95-0,99% подтверждают существенную роль йода в стимулировании физиологических процессов в растениях вики и овса.

Таблица 1. Агрономическая эффективность системы удобрения

Вариант опыта		Показатели агрономической эффективности						
Фактор А	Фактор Б	Урожайность, т/га	Прибавка		Прибавка от минеральной системы удобрения		Прибавка от КІ	
			т/га	%	т/га	%	т/га	%
Без удобрений	Контроль	4,62	-	-	-	-	-	-
	СКІ - 0,005%	5,10	0,49	11	-	-	0,49	11
	СКІ - 0,01%	5,19	0,58	12	-	-	0,58	12
	СКІ - 0,02%	5,98	1,36	30	-	-	1,36	30
	СКІ - 0,04%	6,49	1,87	41	-	-	1,87	41
	СКІ - 0,08%	6,61	1,99	43	-	-	1,99	43
	СКІ - 0,16%	8,30	3,69	80	-	-	3,69	80
	СКІ - 0,32%	7,45	2,84	61	-	-	2,84	61
	СКІ - 0,64%	5,76	1,15	25	-	-	1,15	25
NPK1	Контроль	4,88	0,26	6	0,26	6	-	-
	СКІ - 0,005%	5,33	0,71	15	0,23	4	0,45	9
	СКІ - 0,01%	5,44	0,82	18	0,25	5	0,56	12
	СКІ - 0,02%	5,80	1,19	26	-0,18	-3	0,93	19
	СКІ - 0,04%	6,08	1,46	32	-0,41	-6	1,20	25
	СКІ - 0,08%	6,72	2,11	46	0,11	2	1,85	38
	СКІ - 0,16%	8,22	3,60	78	-0,09	-1	3,34	68
	СКІ - 0,32%	6,88	2,26	49	-0,57	-8	2,00	41
	СКІ - 0,64%	6,55	1,93	42	0,79	14	1,67	34
NPK2	Контроль	6,58	1,96	43	1,96	43	-	-
	СКІ - 0,005%	6,91	2,29	50	1,80	35	0,33	5
	СКІ - 0,01%	6,95	2,34	51	1,76	34	0,37	6
	СКІ - 0,02%	7,24	2,62	57	1,26	21	0,66	10
	СКІ - 0,04%	7,42	2,80	61	0,93	14	0,84	13
	СКІ - 0,08%	7,88	3,27	71	1,27	19	1,30	20
	СКІ - 0,16%	6,20	1,58	34	-2,10	-25	-0,38	-6
	СКІ - 0,32%	5,60	0,98	21	-1,85	-25	-0,98	-15
	СКІ - 0,64%	5,16	0,55	12	-0,60	-10	-1,42	-22
НСР ₀₅			0,93		0,52		0,68	

Некорневые обработки КІ не повлияли достоверно на содержание макроэлементов (N, P и K), а также на содержание сырой клетчатки и сырой золы. Доля азота и количество сырого протеина в травах не зависели

от концентрации раствора йода, а напрямую зависели от уровня окультуренности почвы и дозы минерального удобрения. Отмечено небольшое повышение показателей с увеличением минерального питания в пределах одного уровня окультуренности. Общее повышение плодородия почв как следствие применения органических и минеральных удобрений положительно влияет на качественные показатели кормовых трав. Высокий уровень минерального питания (NPK2) вызвал повышение показателей содержания N, K и на 16 и 27 % соответственно.

В ходе эксперимента установлен тренд на снижение содержания нитратов в травах с увеличением концентрации раствора KI. Даже 0,01%-й раствор достоверно снижает уровень нитратов в травах. Снижение происходило на 25-76 % в зависимости от концентрации раствора.

Таким образом, в ходе полевого исследования были установлены оптимальные концентрации раствора KI для некорневых обработок кормовых трав. Для среднеокультуренной почвы они составляют 0,08 % на варианте NPK2 и 0,16 % на вариантах без удобрений и NPK1. Максимальные прибавки урожайности сухого вещества зеленой массы однолетних трав от обработок раствором KI таких концентраций составили от 1,30 до 3,69 т/га. Более высокие концентрации йодистого калия вызывают некротические поражения листьев в фазе посева, однако, не подавляя продукционных процессов. Снижение урожайности ниже уровня контроля отмечалось только на варианте с применением высоких доз минеральных удобрений (при концентрациях 0,16-0,64 %).

Библиографический список

1. Иванов, А.И. Особенности методологии полевых исследований на современном этапе [Текст] / А.И. Иванов, Ж.А. Иванова, А.А. Конашенков, П.А. Филиппов // Агрофизика. 2017. № 2. С. 9-19.
2. Иванов, А.И. Оценка параметров пространственной неоднородности показателей почвенного плодородия [Текст] / А.И. Иванов и др. // Агрохимия. 2014. № 2. С. 39-49.
3. Иванов, А.И. Влияние различных систем удобрения на микроэлементный состав дерново-подзолистой почвы [Текст] / А.И. Иванов, П.А. Суханов, Е.А. Дымова, В.А. Воробьев // Агрохимия. 2010. № 12. С. 3-9.
4. Иванов, А.И. Некоторые возможности управления продуктивностью и качеством картофеля (*Solanum tuberosum* L.) с использованием йода [Текст] / А.И. Иванов, П.С. Филиппова, П.А. Филиппов // Проблемы агрохимии и экологии. 2019. №4. С. 43-49.
5. Конашенков, А.А. Агротехнические аспекты реализации биоклиматического потенциала Северо-Запада России [Текст] / А.А. Конашенков и др. // Агрофизика. 2016. № 2. С. 35-44.
6. Панасин, В.И. Действие йодных микроудобрений на урожай и качество озимого рапса [Текст] / В.И. панасин, Д.А. Рымаренко, М.И. Вихман, Д.С. Чечулин // Агрохимический вестник. 2019. № 2. С. 39-41.

УДК 551.524; 631.432; 631.674.4.

**ВЛИЯНИЕ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СТАРОПАХОТНЫХ ВЫРАБОТАННЫХ
ТОРФЯНИКОВ В УСЛОВИЯХ РЕГУЛИРУЕМОГО ВОДНОГО РЕЖИМА**

Уланов Н.А., к.с.-х.н.

Кировская лугоболотная опытная станция – филиал ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В.Р.Вильямса», п. Юбилейный, Оричевский р-н, Кировская обл., Россия

Введение. Не секрет, что агроклиматические условия играют большую, а в некоторых случаях и решающую, роль в процессе формирования урожая сельскохозяйственных культур [1, 3]. И эта роль тем выше, чем ниже уровень агротехники. Полностью исключить влияние этих условий не представляется возможным, однако приспособиться к ним, посредством определенных агромелиоративных мероприятий, и, так сказать, адаптировать процесс кормопроизводства вполне по силам. Возделывание кормовых культур в зоне «рискованного земледелия» – процесс сам по себе непростой, в особенности, если дело касается выработанных торфяников. Негативные особенности, связанные с водно-воздушным и температурным режимами, здесь проявляются сильнее, чем на минеральных почвах [5, 6]. Поэтому необходимость в адаптации процесса кормопроизводства стоит здесь более остро. Одним из наиболее доступных методов такой адаптации на выработанных торфяниках является обустройство систем двустороннего регулирования водного режима. Осуществляемый таким образом процесс подпочвенного увлажнения призван создать близкие к оптимальным условия водно-воздушного режима пахотных горизонтов выработанных торфяников, а также сгладить на них негативные явления, связанные с особенностями температурного режима [2, 4].

Цель работы – оценить влияние агроклиматических условий на продуктивность кормовых культур, возделываемых на выработанных торфяниках с регулируемым водным режимом.

Объект и методы исследований. Исследования проводились на территории выработанного низинного торфомассива «Гадовское», расположенного в 30 км от г. Кирова. На опытном участке, включающем в себя 6 полей кормового севооборота (общей площадью около 90 га), оборудована система двустороннего регулирования водного режима, позволяющая с помощью шлюза и открытой осушительной сети управлять уровнем грунтовых вод (УГВ) путем подпочвенного увлажнения.

Для наблюдений были выбраны ключевые участки (КУ) с торфянисто-глеевой почвой (торф < 30 см) под зерновыми, а также многолетними травами с регулируемым водным режимом. Поскольку опытный участок находится на производственной территории, количество вносимых на него удобрений соответствует производственным нормам, что значительно ниже рекомендуемых. Учет урожая проводился укосным методом в шестикратной повторности на делянках площадью 25 м², оборудованных на каждом КУ. Средневегетационный УГВ (определяемый с помощью смотровых колодцев) в среднем за годы исследований на участке под многолетними травами составлял 75 см, под зерновыми – 90 см. Данные по атмосферным осадкам и температуре воздуха были взяты с местной метеостанции. Согласно результатам многолетних наблюдений за метеорологическими условиями, средний многолетний показатель ГТК на территории торфомассива составляет 1,5.

Результаты исследований. Результаты сравнительного анализа урожайностей кормовых культур, полученных в разные по агрометеорологическим условиям годы, представлены на рис. 1.

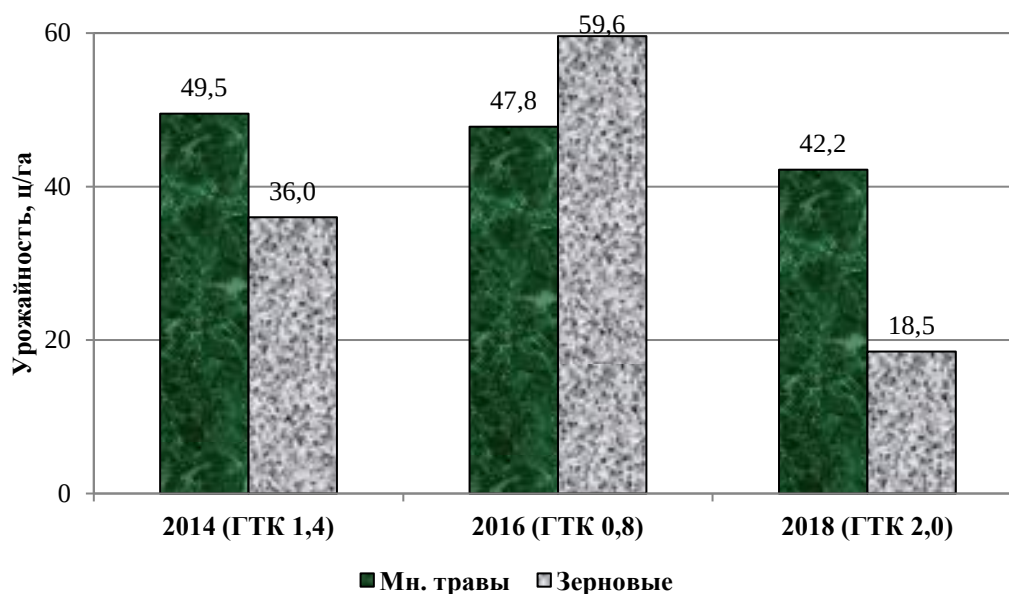


Рис. 1. Урожайность кормовых культур в зависимости от агрометеорологических условий

Из данных, представленных на рисунке 1, видно, что урожайность многолетних трав практически не зависит от агрометеорологических условий конкретного года. Поддерживаемый с помощью шлюза средневегетационный УГВ (75 см) для многолетних злаковых трав на торфянисто-глеевой почве, позволяет растениям не испытывать стресс, вызываемый частыми перепадами УГВ в течение вегетации, в результате

засушливых или дождливых периодов, что делает их менее зависимыми от внешних факторов среды.

Иная ситуация наблюдается на участках под зерновыми культурами. Значение коэффициента корреляции (КК) между ГТК и урожайностью составляет -1,0, что свидетельствует об очень сильном уровне связи, а отрицательный знак – о ее обратном характере. То есть чем больше ГТК, тем ниже урожайность зерновых культур. Вероятно, в силу биологических особенностей, эти культуры оказались более восприимчивы к внешним факторам среды. Поддерживаемый с помощью шлюза средне-вегетационный УГВ (90 см) на торфянисто-глеевой почве для зерновых культур весьма благоприятен и достаточен даже при скудных осадках. В условиях, сформированных регулируемым водным режимом, зерновые культуры переносят засушливые периоды легче, чем дождливые и холодные.

Заключение. Возделываемые на старопашотных выработанных торфяниках с регулируемым водным режимом кормовые культуры, по-разному реагируют на агроклиматические условия. Так, урожайности многолетних злаковых трав, полученные в годы с различным ГТК, практически не отличались друг от друга, тогда как у зерновых культур удалось отметить наличие очень сильной обратной связи между показателями ГТК и величиной урожайности.

Библиографический список

1. Апхудов Т.М., Твердохлебов С.А. Агроклиматические факторы формирования урожая многолетних культур // Научный журнал КубГАУ, №87. Кубань, 2013. С.418-427
2. Кожанов К.Я. Эффективность регулирования влажности торфяно-болотных почв посредством шлюзования // Труды института мелиорации и водного хозяйства, Т. VII. – Минск, 1956. – С. 138-153.
3. Лихацевич А.П., Стельмах Е.А. Оценка факторов, формирующих неустойчивую влагообеспеченность сельскохозяйственных культур в гумидной зоне. Минск, 2002. 212 с.
4. Маслов Б.С. Гидрология торфяных болот. – Томск, 2008. – 424 с.
5. Мишук Е.М. Продуктивность многолетних злаковых трав на выработанных торфяных массивах с неуправляемым водным режимом // Мелиорация и луговое хозяйство на пойменных землях. – Минск, 1996. – С. 138-144.
6. Уланов А.Н. Торфяные и выработанные почвы южной тайги Евро-Северо-Востока России. – Киров, 2005. – 320 с.

УДК 631.6; 631.5; 911.2

**ДИНАМИКА ЗНАЧЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТОВ ФИТОЦЕНОТИЧЕСКОГО
СХОДСТВА АГРОФИТОЦЕНОЗА ОВСА С ПОДСЕВОМ ТРАВ В ПРЕДЕЛАХ
АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТАЦИОНАРА**

Иванов Д.А., чл.-кор. РАН, д.с.-х.н., профессор, **Пугачёва Л.В.**, к.с.-х.н.,

Лисицын Я.С., магистр

ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (ВНИИМЗ),

г. Тверь, Россия

Изучение влияния природных условий на параметры сорных растений – актуальная задача, имеющая фундаментальное и прикладное значение. Ее решение необходимо для понимания механизмов функционирования агроценозов и разработки мероприятий по регуляции уровня воздействия сорного компонента [3].

При геоботанических исследованиях нередко ставятся задачи оценки сообществ по флористическому и ценолитическому составу и определения степени их сходства друг с другом. Такие операции могут применяться, например, при группировке описываемых сообществ и присвоении им определенного классификационного ранга: ассоциации, субассоциации и т. д., или при сравнении локальных флор. Для определения степени сходства используются различные индексы, в рамках данного исследования применялись коэффициенты Жаккара и Коха [4]. Для оценки флористического сходства целого ряда описаний в ботанике используется индекс биологической дисперсии (IBD) Л. Коха. В отличие от широко используемого коэффициента флористического сходства Жаккара, применяемого для сравнения двух списков видов (двух полей или двух хозяйств), индекс Л. Коха, являющийся обобщением коэффициента Жаккара, позволяет одновременно сравнить флористические составы агрофитоценозов нескольких крупных сообществ в ходе нескольких отборов [2].

Целью исследования является изучение процессов развития агробиогеоценоза овса посевного и сорных трав в пределах агроландшафта конечно-моренного холма.

Наблюдения проводились в течение 2019 и 2020 года в агроценозе покровного овса и трав 1 года жизни на агроэкологической трансекте полигона ВНИИМЗ, расположенного в пределах конечно моренного холма с относительной высотой 15 м. Холм состоит из межхолмных депрессий (северной и южной), южного склона крутизной 3-5°, плоской вершины и северного склона крутизной 2-3°. Почвенный покров представлен вариацией-мозаикой дерново-подзолистых глееватых и глеевых почв, развиваю-

щихся на двучленных отложениях различной мощности. Южный склон характеризуется господством песчаных и супесчаных почв, тогда как на северном преобладают их легкосуглинистые разности, что является генетической особенностью конечно-моренных гряд.

Трансекта пересекает все основные микроландшафтные позиции конечно-моренного холма: транзитно-аккумулятивные (Т-А) агромикроландшафты (АМЛ) межхолмных депрессий и нижних частей склонов, в которых преобладает аккумуляция влаги и питательных веществ (варианты 1,7); транзитные (Т) местоположения центральных частей склонов, характеризующиеся боковым током влаги (варианты 2,6); элювиально-транзитные (Э-Т) позиции верхних частей склонов, где, наряду с боковым током влаги, наблюдается вертикальное промывание почвенного профиля (варианты 3,5) и элювиально-аккумулятивные (Э-А) АМЛ плоской вершины, где происходит, как вертикальный, нисходящий ток влаги, так и ее аккумуляция в микропонижениях (вариант 4) [1].

Изучаемый агроценоз был образован вследствие посева овса и трав 2 мая 2019г. Следует отметить, что 5 июня 2019 года он был обработан гербицидами (Линтаплант) - в дозе 1,5 литра на гектар, 25 августа 2019 г. произведена уборка овса и далее растительное сообщество представляло собой травостой 1 года жизни (2019 г) и 1 года пользования (2020 г). За время наблюдений было проведено 6 флористических учетов в 120 точках, регулярно расположенных по трансекте на расстоянии 10 м друг от друга.

Исследования показали, что агроценоз покровного овса состоит из сеяных видов (овес, тимофеевка, клевер) и сорного компонента, который можно разделить на категории малолетних и многолетних сорняков.

В группу малолетних сорняков можно включить следующие виды, произрастающие на трансекте: Горец шероховатый (*Polygonum scabrum*), марь белая (*Chenopodium album*), фиалка полевая (*Viola arvensis*), пикульник полевой (*Galeopsis bifida*), ярутка полевая (*Thlaspi arvense*), ромашка непахучая (*Matricaria inodora*), кульбаба копьелистная (*Leontodon hastilis*), звездчатка средняя (*Stellaria media*), аистник цикутовый (*Erodium cicutarium*), дымянка аптечная (*Fumaria officinalis*), горец птичий (*Polygonum aviculare*), щавель малый (*Rumex acetosella*), горец вьюнковый (*Fallópia convólulus*), просо куриное (*Echinóchloa crus-gállí*), незабудка полевая (*Myosotis arvensis*), пастушья сумка обыкновенная (*Capsella bursa-pastóris*), редька дикая (*Raphanus raphanistrum*), смолёвка белая (*Silene*

latifolia), горошек мышиный (*Vicia cracca*), ястребинка обыкновенная (*Pilosella officinarum*), будра плющевидная (*Glechoma hederacea*), торица полевая (*Spargula arvensis*), кривоцвет полевой (*Anchusa arvensis*), сурепка обыкновенная (*Barbarea vulgaris*), лебеда садовая (*Atriplex hortensis*), жерушник болотный (*Rorippa palustris*).

Группа многолетних сорняков состоит из следующих растений: Осот полевой (*Sonchus arvensis*), чистец болотный (*Stachys palustris*), мята луговая (*Mentha arvensis*), хвощ полевой (*Equisetum arvense*), бодяк полевой (*Cirsium arvense*), подмаренник цепкий (*Galium aparine*), пырей ползучий (*Elytrigia repens*), чистотел большой (*Chelidonium majus*), мятлик луговой (*Poa pratensis*), гравилат речной (*Geum rivale*), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris*), подорожник большой (*Plantago major*), овсяница луговая (*Festuca pratensis*).

Временная динамика средних значений коэффициентов Жаккара и Коха показана на рис. 1.

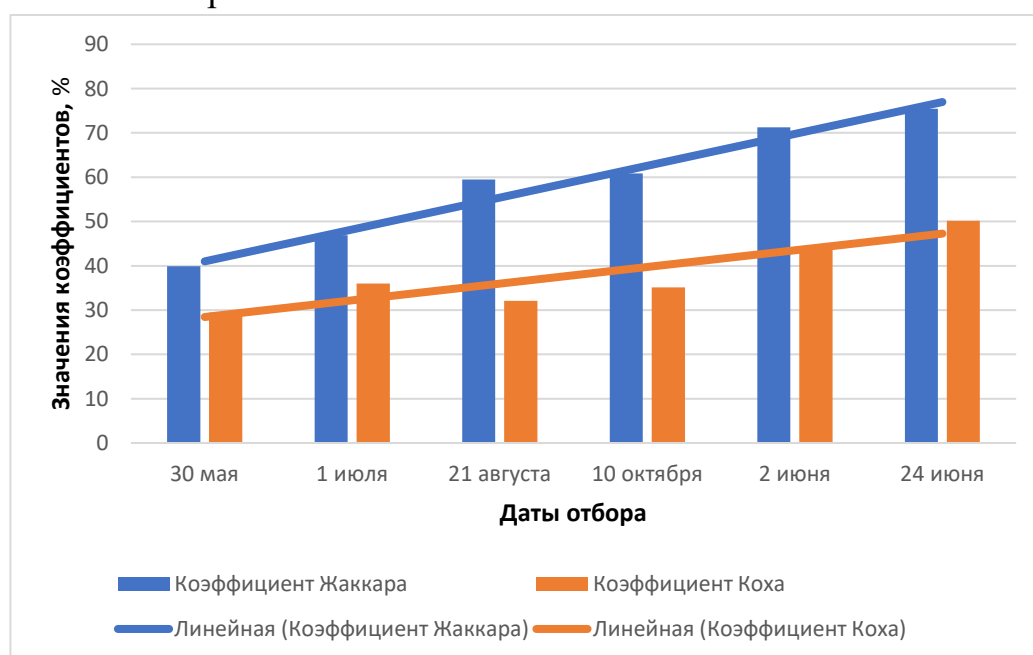


Рис. 1. Временная динамика средних значений коэффициентов Жаккара и Коха агрофитоценоза овса с подсевом трав в пределах агроэкологического стационара

Значения коэффициента сходства Жаккара линейно увеличиваются на протяжении всего времени исследования. В течение 2019 года отмечается замедление роста значений после 21 августа, это может быть объяснено выбыванием овса из агроценоза в сентябре. В течение июня 2020 года наблюдается увеличение коэффициента Жаккара по мере взросления травостоя, значения коэффициента существенно больше прошлогодних за счёт отсутствия овса в агроценозе 2020 года.

Обработка посевов гербицидами 5 июня привела к увеличению индекса биотической дисперсии, также увеличение зафиксировано в октябре. Оно вызвано уборкой овса, которая оказала не одинаковое воздействие на растительное сообщество в различных частях агроландшафта. Значения индекса биологической дисперсии в 2020 году существенно больше за счёт выбывания овса из состава агроценоза. Увеличение значений коэффициента Коха к концу июня 2020 года можно объяснить созреванием компонентов агроценоза, и, как следствие, выбыванием неконкурентоспособных видов из его состава. На рис. 2. показана пространственная динамика усредненных значений индексов Жаккара и Коха в пределах агроландшафта конечно-моренного холма. Значения коэффициента Жаккара колеблются около 60% на протяжении всей трансекты, незначительное увеличение значений отмечается на юге стационара.

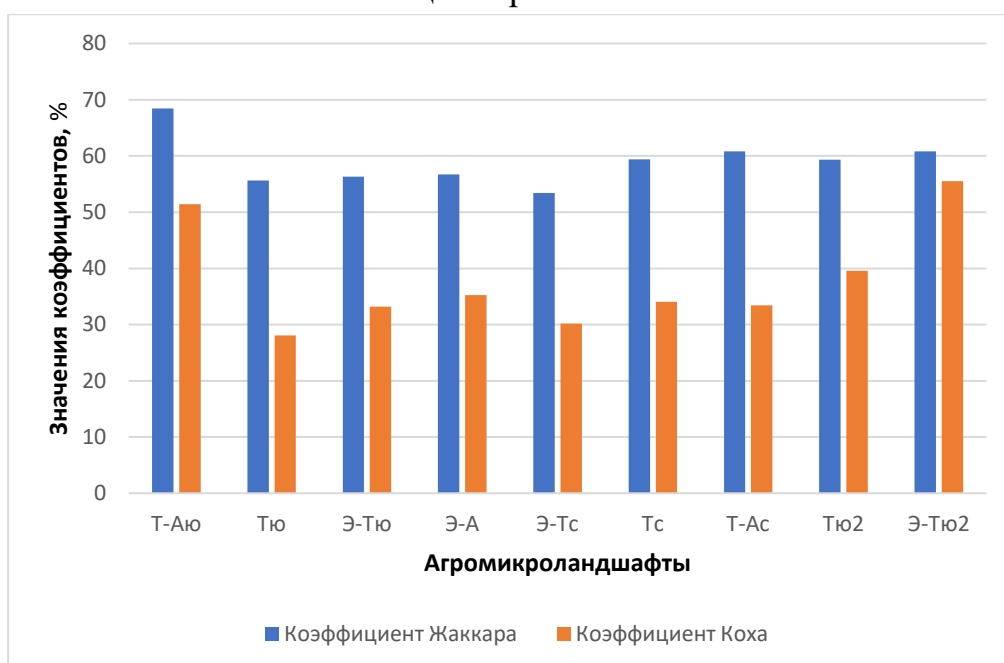


Рис. 2. Пространственная динамика средних значений коэффициентов Жаккара и Коха агрофитоценоза овса с подсевом трав в пределах агроэкологического стационара

Для значений индекса Коха отмечается заметный минимум в средней части склона южной экспозиции, где травы страдают от недостатка влаги. Максимумы индекса на южных и северных границах полигона могут быть объяснены интенсивным внедрением аборигенных видов в фитоценоз.

Пространственная динамика коэффициентов Жаккара, определенных для различных отборов показана на рис. 3.

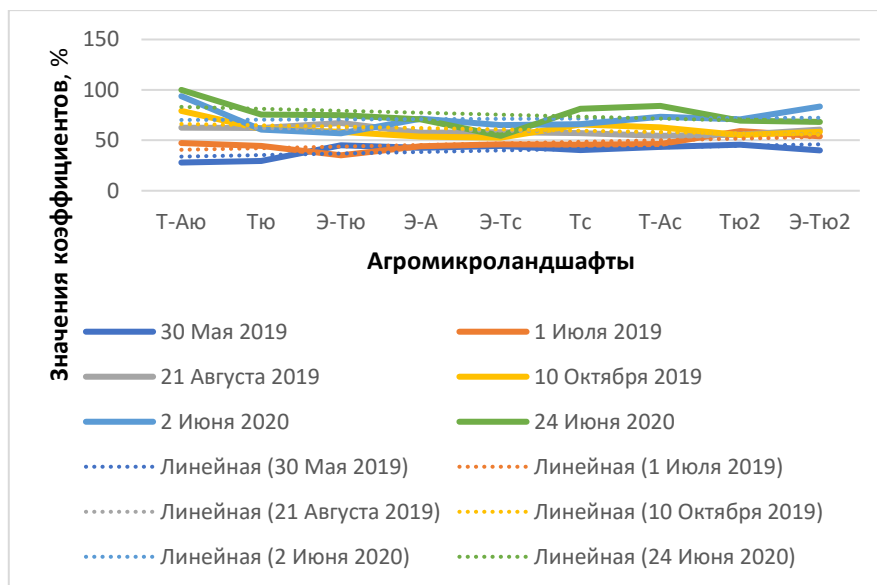


Рис. 3. Пространственно-временная динамика коэффициентов Жаккара агрофитоценоза овса с подсевом трав в пределах агроэкологического стационара

Характер линейных трендов изменения значений коэффициентов показывает, что в течение 2019 года пространственно-временная динамика коэффициентов Жаккара определяется гранулометрией почв – в пределах распространения песчано-супесчаных почв наблюдается максимальная временная динамика значений биологического сходства; Также следует выделять (особенно на легких почвах) два этапа в развитии агрофитоценоза – молодость (май-июнь) с относительно низкими показателями биологического сходства между соседними точками опробования и зрелый (август-октябрь) когда сообщество растений становится более гомогенным; На этапе молодости агрофитоценоза наблюдается постепенное увеличение его гомогенности по мере утяжеления гранулометрического состава почв, на этапе зрелости максимальная однородность растительного покрова наблюдается на легких почвах.

В начале июня 2020 года наблюдается картина, сходная с таковой в июле 2019 года (увеличение гомогенности по мере утяжеления гранулометрического состава почв). По мере взросления агроценоза к концу июня наблюдается заметный минимум значений на вершине стационара, что может быть объяснено благоприятными условиями произрастания и, как следствие, большим видовым разнообразием сообщества.

На рис. 4 показана пространственно-временная динамика коэффициентов Коха в пределах агроэкологического стационара.

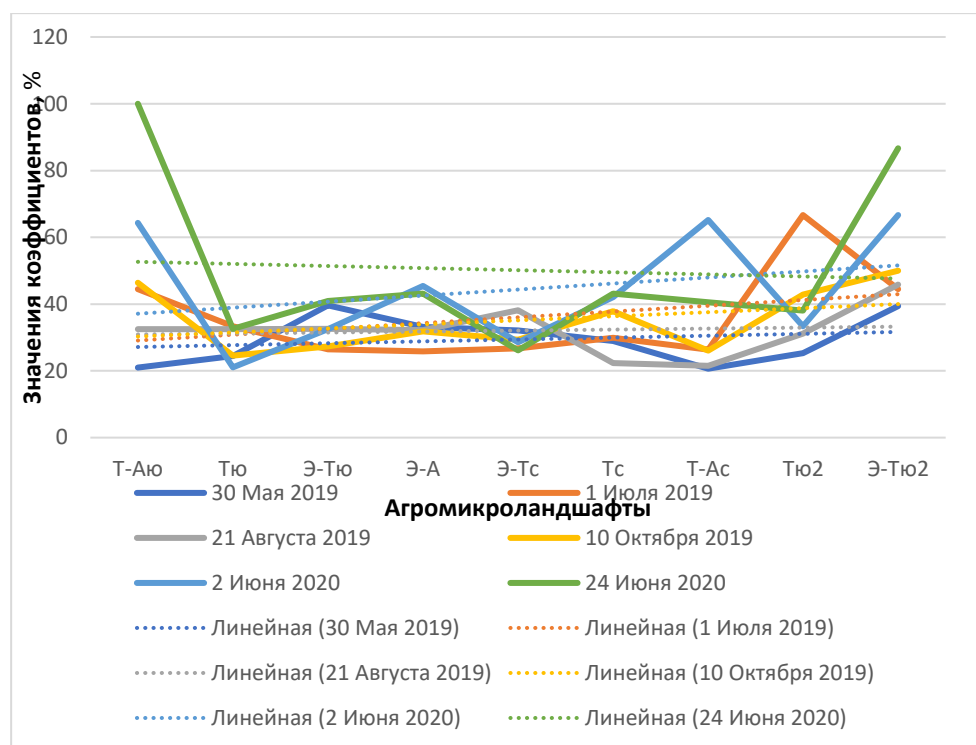


Рис. 4. Пространственно-временная динамика коэффициентов Коха агрофитоценоза овса с подсевом трав в пределах агроэкологического стационара

Характер линейных трендов в июле и октябре 2019 года описывает влияние стрессовых факторов на развитие агроценоза. Линейные тренды, описывающие обстановку в мае и августе 2019 года, характеризуют естественное развитие агроценоза.

При отсутствии стрессов наблюдается увеличение биоразнообразия на вершине и верхних частях склонов холма, тогда как нижние позиции агроландшафта, вследствие менее благоприятных условий отличаются меньшим набором видов. Стрессы приводят к резкому снижению биоразнообразия на верхних позициях агроландшафта, тогда как в низинах их влияние заметно снижается.

Кривые, описывающие обстановку в июне 2020 года, имеют заметные минимумы в области вершины холма, связанные с большим видовым разнообразием в благоприятных для произрастания условиях; а также максимумы на северном и южном склонах, которые могут быть обусловлены внедрением аборигенных видов в агроценоз.

Библиографический список

1. Иванов Д.А. Ландшафтно-адаптивные системы земледелия (агроэкологические аспекты), - Тверь, «Чудо», 2001 – 304 с.
2. Лунева Н.Н., Закота Т.Ю. / Вестник защиты растений 1(95) – 2018, с. 45–52
3. Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. — 10-е изд., испр. и доп. — М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. — 600 с.

4. Тиходеева, М.Ю.; Лебедева, В.Х. / Практическая геоботаника (анализ состава растительных сообществ). СПб.: Издательство Санкт-Петербургского университета, 2015. 166 стр.

УДК 631.6; 631.4; 631.5; 911.2

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКИ УРОЖАЙНОСТИ ПЯТИКОМПОНЕНТНОЙ ТРАВОСМЕСИ В ПРЕДЕЛАХ ОСУШАЕМОГО АГРОЛАНДШАФТА

Д.А. Иванов, д-р с.-х. наук, проф., чл.-корр. РАН,
М.В. Рублюк, канд. с.-х. наук, **О. В. Карасева**, канд. с.-х. наук,
*ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (ВНИИМЗ),
г. Тверь, Россия*

Развитие методологии адаптивно-ландшафтного земледелия, частью которого является земледелие прецизионное [8], требует углубленного изучения динамических процессов в агроландшафте, являющихся основой его метаболизма и определяющих особенности его современных и будущих состояний. Пространственно-временная динамика состояний присуща всем компонентам АГС [3], однако наиболее сильно она проявляется в ее растительном ярусе, особенно представленном многолетними многокомпонентными травостоями [6]. Знание характеристик пространственно-временной изменчивости урожайности культур позволяет прогнозировать не только продуктивность агроландшафтов, но и корректно планировать сроки и особенности проведения агротехнологических мероприятий в их различных частях, что является основным атрибутом адаптивно-ландшафтного земледелия [1, 4].

Целью данной работы является выявление особенностей пространственной и временной динамики урожайности многолетних трав в пределах конечно-моренного холма для получения новых знаний о процессах функционирования агроландшафта

Для достижения поставленной цели осуществляли мониторинг урожайности сена пятикомпонентного (люцерны синегибридная, райграс пастбищный, клевер красный, тимopheевка луговая и овсяница луговая) злакобобового травостоя в 2003-2013 гг., в условиях конечно-моренной гряды на агроэкологическом стационаре ВНИИМЗ. Стационар расположен в 4-х км к востоку от г. Тверь, на моренном холме с относительной высотой 15 м. состоящим из плоской вершины, северного пологого склона, крутизной 2-3°, южных склонов (3-5°) и межхолмных депрессий (северной и южной). Почвообразующие породы на территории стационара – двучленные

отложения. В его южной части мощность кроющего песчано-супесчаного наноса местами превышает 1,5 м. На вершине и северном склоне холма пахотные горизонты сложены супесью и легким суглинком, мощность легкого кроющего наноса здесь колеблется около 1 м, а в межхолмной депрессии морена местами выходит на поверхность. В нашем опыте различия в экспозиции склонов определяет не только разницу в прогреве территории, но и неоднородность гранулометрического состава почв, что во многом определяется генезисом конечно-моренных образований [2]. Почвенный покров представлен вариацией-мозаикой дерново-подзолистых глееватых и глеевых почв, развивающихся на двучленных отложениях различной мощности [5]. Характерной особенностью объекта исследований является определенная зависимость гранулометрического состава пахотных горизонтов почв от мощности кроющего наноса. Как правило, почвы на мощных двучленах характеризуются пахотными горизонтами более легкого гранулометрического состава, чем в местах с близким к поверхности залеганием морены.

Исследования проводились на агроэкологической трансекте (физико-географическом профиле) – узком поле, пересекающем все микроландшафтные позиции конечно-моренной гряды: транзитно-аккумулятивные (Т-А) агромикроландшафты (АМЛ) нижних частей склонов и межхолмных депрессий, характеризующиеся аккумуляцией элементов питания из намывных и грунтовых вод; транзитные (Т) АМЛ, расположенные в центральных частях склонов, в которых господствует латеральный ток влаги; элювиально-транзитные (Э-Т) местоположения верхних частей склонов, где, наряду с латеральным током влаги, происходит ее вертикальное перемещение по почвенному профилю и элювиально-аккумулятивный (Э-А) ландшафт вершины, в пределах которого вертикальное промывание почвенного профиля чередуется с локальной аккумуляцией влаги в микропонижениях (блюдцах).

Выводное поле, на котором проводились наблюдения, располагалось вдоль трансекты на полосе, шириной 7,2 м., а длиной – 1300 м. Травостой эксплуатировался в одноукосном режиме без внесения удобрений. Поле разбито на 30 одинаковых делянок, в которых определялась урожайность трав сплошным методом. Учетная площадь делянки 23,3 м², повторность 4-х кратная. Мониторинговые данные по урожайности травосмеси обрабатывались методами описательной статистики (EXEL) и ANOVA (STATISTICA 7).

Для определения влияния факторов ландшафтной среды на пространственно-временную динамику продуктивности многолетних трав, мониторинговые данные по урожайности обрабатывались методом четырёхфакторного дисперсионного анализа, в котором фактором «А» являлись года исследований (2003-2013); фактор «В» - склоны разной экспозиции (северная и южная); фактор «С» - агромикрорландшафты (Т-Аю, Тю, Э-Тю, Э-А, Э-Тс, Тс, Т-Ас, Тю2, Э-Тю2); фактор «D» - почвы разного гидроморфизма (слабооглеенные, глееватые и глеевые). Степень влияния ландшафтных факторов на урожайность трав вычислялась на основе метода Н.А. Плохинского путем деления частной факториальной суммы квадратов на общую [7].

Среднемноголетняя урожайность сена пятикомпонентной травосмеси на агроэкологическом полигоне составила 5.8 т/га. Максимальная урожайности наблюдалась на транзитах – 6,4 т/га на южном склоне и 6,5 т/га на северном. Минимальная урожайность отмечена на верхних высотных отметках агроландшафта – здесь она колеблется от 5,2 т/га до 5,8 т/га. Отмечен закономерный рост коэффициентов временной вариации урожайности сена при переходе от мощных двучленов ($\approx 40\%$) к маломощным ($\approx 100\%$) (рис. 1). Энергичные процессы водообмена в пределах центральных частей склонов способствуют увеличению продуктивности трав, тогда как на вершине холма и верхних частях склонов господство элювиальных процессов приводит к снижению урожайности травостоев.

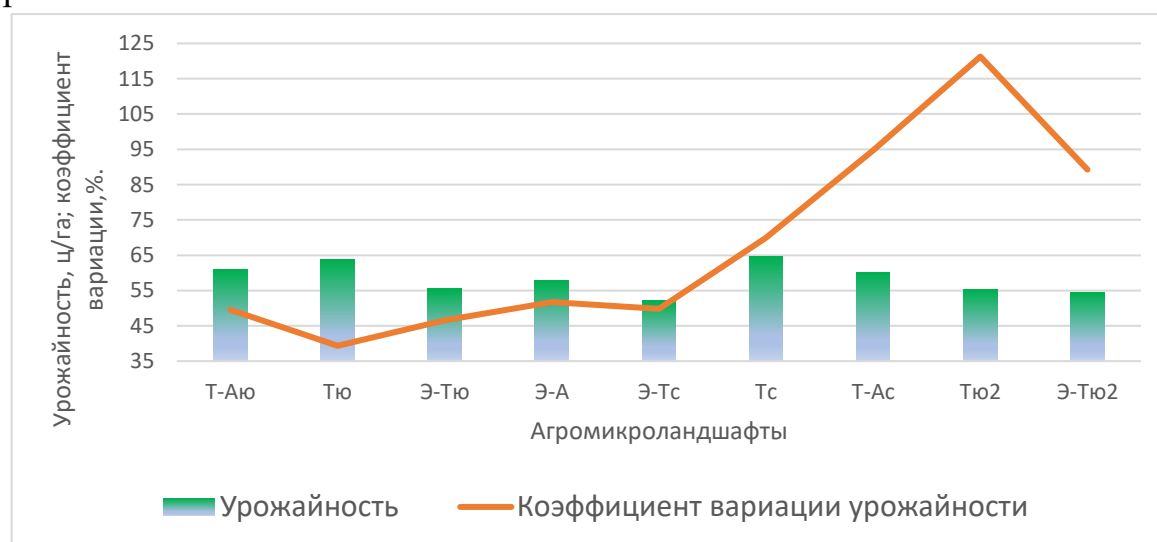


Рис. 1. Пространственная динамика урожайности пятикомпонентной травосмеси и ее временной вариабельности в пределах агроландшафта

Мощные двучлены, на которых развиваются относительно легкие почвы, характеризуются относительно слабовыраженной изменчивостью урожаев во времени вследствие низкого стояния уровня почвенно-грунтовых вод (УПГВ), что обуславливает незначительное колебание влажности почвы при изменении погоды. На маломощных двучленах УПГВ ближе залегает к поверхности, что отражается на динамике влажности почв в зависимости от метеоусловий.

Результаты четырехфакторного дисперсионного анализа приведены на рис. 2. Максимальное воздействие на урожайность трав оказывает экспозиционный фактор – вариабельность гранулометрического состава почв и степени прогрева территории в наибольшей степени влияют на продукционный процесс трав. Гидроморфизм почв оказывает почти столь же сильное влияние на продуктивность, как и экспозиция. Старение травостоя, изменчивость метеоусловий во времени и геохимической обстановки в пространстве определяют равные доли пространственно-временной вариабельности урожайности трав. Взаимодействие этих факторов объясняет 9% изменчивости выхода сена с 1 га.

Итак, анализ мониторинговой информации урожайности пятикомпонентной травосмеси в пределах агроландшафта конечно-моренного холма показал, что факторы ландшафтной среды, влияющие на нее, по убыванию силы воздействия можно расположить в следующий ряд; 1. Гранулометрический состав почв, 2. Степень прогрева территории, 3. Гидроморфизм почв, 4. Геохимический статус территории, особенности агроклимата и динамика свойств травостоя.

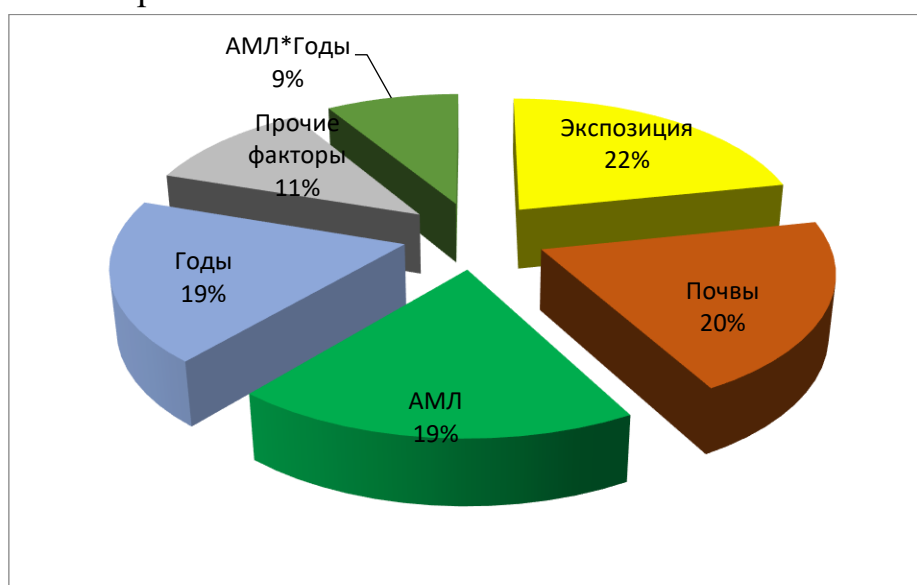


Рис. 2 Результаты дисперсионного анализа данных мониторинга урожайности травосмеси.

Новые знания, полученные в ходе мониторинга, позволяют усовершенствовать мероприятия по адаптивному размещению посевов многолетних трав в пределах агроландшафта.

Библиографический список

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Под редакцией академика РАСХН В. И. Кирюшина, академика РАСХН А. Л. Иванова. //Методическое руководство. М.: ФГНУ «Росинформагротех». 2005. -784 с.
2. Борзов А.А. Геоморфология Калининской области. //Ученые записки МГУ. Вып.23. 1938. С.16-54
3. Иванов Д.А. Виды динамики состояния мелиорированных агроландшафтов. // Аграрная наука Евро-Северо-Востока, 2018. Т.65. № 4. с. 4-18.
4. Иванов Д.А., Ковалев Н.Г. Ландшафтно-мелиоративные системы земледелия (прикладная агрогеография). //Монография, -Тверь, издатель А.Н. Кондратьев. 2017. - 310с.
5. Иванов Д.А., Корнеева Е.М., Салихов Р.А., Петрова Л.И., Пугачева Л.В., Рублюк М.В. Создание ландшафтного полигона нового поколения //Земледелие. № 6. 1999. С.15-16
6. Иванова Н.Н. Капсамун А.Д., Амбросимова Н.Н. Кормовая и средообразующая роль пастбищных травостоев в условиях осушаемых почв Центрального Нечерноземья. // Кормопроизводство. 2019. № 4. С. 14-17.
7. Плохинский Н.А. Биометрия. М.: МГУ. 1970. - 367с.
8. Точное сельское хозяйство. Под общ. ред. Д. Шпаара, А.В. Захаренко, В.П. Якушева. //СПб. Пушкин. 2009. -397 с.

УДК 633.37

ОПТИМАЛЬНЫЙ СПОСОБ СОХРАНЕНИЯ БРОШЕННЫХ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ЦР НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ – ВОЗДЕЛЫВАНИЕ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО

**Иванова Н.Н., к.с.-х.н., Капсамун А.Д., д.с.-х.н., Павлючик Е.Н., к.с.-х.н.,
Анциферова О.Н., к.с.-х.н., Вагунин Д.А., к.с.-х.н.,
Амбросимова Н.Н., Пантелеева Т.Н.**

*ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (ВНИИМЗ),
г. Тверь, Россия*

Одним из направлений развития современного кормопроизводства становится использование новых видов и сортов кормовых трав, наиболее конкурентоспособных по сравнению с традиционно возделываемыми. Новые экономические отношения создали предпосылки для поиска нетрадиционных подходов к проблемам экологии, энерго- и ресурсосбережения [2].

С этих позиций использование нетрадиционных, малораспространенных кормовых культур, наряду с традиционными (бобово-злаковые травосмеси) в кормопроизводстве привлекает к себе внимание. Одной из

таких культур является козлятник восточный, отличающийся долголетием, высокой продуктивностью, зимостойкостью и холодостойкостью, засухоустойчивостью, высокой азотфиксирующей способностью. Его травостой может расти на одном месте, не снижая продуктивности, 20 лет и более, он способен обеспечивать получение самого раннего весной и самого позднего осенью высокобелкового, витаминизированного корма. Как бобовое растение он способен связывать атмосферный азот посредством клубеньковых бактерий; при распашке плантаций оставляет на гектаре до 30т корневых и пожнивных остатков, содержащих 250-300кг/га азота, этим оказывает позитивное влияние на плодородие почвы и служит хорошим предшественником для последующих культур [3, 4, 5, 8]. Решение проблемы интенсивного использования осушаемых земель предполагает, прежде всего, выращивание наиболее ценных в кормовом и агротехническом отношении культур. К таким культурам относятся многолетние бобовые травы, которые позволяют производить с единицы площади корма с высокой энергетической и протеиновой питательностью при минимальных затратах энергии (11-15ГДж/га) и самой высокой окупаемостью.

При адаптивной организации земледелия значительные площади, не пригодные для севооборотного использования пашни, отводятся под залужение. Для создания сеяных травостоев на таких землях желательно высевать преимущественно многолетние бобово-злаковые травосмеси, которые более пластичны, технологичны, при правильном подборе и соотношении бобовых и злаковых компонентов в смеси не требуют внесения дорогостоящих азотных удобрений и дают корма, богатые протеином.

Перспективной культурой в этом направлении является козлятник восточный. Козлятник восточный является устойчивой к изменениям климата культурой, не требующей при выращивании дорогостоящих минеральных азотных удобрений, пластичной, засухоустойчивой и хорошо растущей в условиях временного переувлажнения.

Исследования проводились в полевом опыте на агроэкологическом полигоне ВНИИМЗ заложенном в 2003году. Объект исследований – козлятник восточный (*Galega orientalis*) сорт Гале. Агротехника общепринятая для условий осушаемых почв. Опыт расположен на 3-х почвенных разностях дерново-подзолистой легкосуглинистой (разной степени оглеенности) почвы, приуроченных к разным частям северного склона, а именно:

- глубокооуглеенные почвы – междренное расстояние 38м, тип питания – атмосферный, (Кф 0,8-1,0 м/сутки), УПГВ-1,6-2,0м в сухой период; 0,9-1,2м – во влажный. Морена тяжелосуглинистая, карбонатная – на глубине 1,5-1,7м. Содержание гумуса – 1,4-1,7%, рН – 5,3-5,5. Приурочены к плоской равнине склона.

- глееватые почвы – междренное расстояние 28м, смешанный тип питания (атмосферные осадки и намывные склоновые воды), Кф пахотного слоя – 0,5-0,9, Кф подпахотного – 0,16, УПГВ-1,3-1,5м в сухой период; 0,6-0,7м – во влажный. Морена карбонатная – 1,0-1,3м. Содержание гумуса 1,6-1,8%, рН 5,6-5,9. Приурочены почвы к средней части пологого склона.

- глеевые почвы – междренное расстояние 20м, намывные склоновые и почвенно-грунтовые воды, Водопроницаемость пахотного и подпахотного горизонтов (низкая) – 0,25-0,10м/сутки. УПГВ-0,7-1,0м в сухой период; 0,3-0,4м – во влажный. Морена валунная карбонатная на глубине 0,3-0,5 м. Содержание гумуса- 2,5-3,1%, рН 6,3-6,5. Почвы приурочены к нижней части склона. Глубина залегания дрен 0,8-1,2м. Площадь делянки 108м². Режим использования травостоя двухукосный.

Все запланированные наблюдения, учеты и измерения выполнялись в соответствии с существующими методическими указаниями, принятыми в кормопроизводстве и земледелии [6, 7].

Метеорологические условия в годы проведения исследований характеризовались разнообразием агроклиматических показателей. В период проведения данных исследований были как экстремально сухие (2010г), так и избыточно влажные годы (2006, 2012г), были периоды поздних весенних и ранних осенних заморозков и прочие погодные аномалии.

Корреляционно-регрессионный анализ данных влияния погодных условий на урожайность травостоев козлятника восточного (У) показал, что эта зависимость описывается следующим уравнением:

$$Y = -55,78 - 9,56X_1 + 0,27X_2 + 1,21X_3,$$

где X_1 среднесуточная температура июля;

X_2 – сумма осадков в мае;

X_3 – сумма температур больше 5⁰С

Определено, что на их урожайность самое сильное влияние оказывали майские осадки (36,0%). Они способствовали интенсивному весеннему отрастанию и формированию высокого урожая в первом укосе. Сумма температур более +5⁰С оказывала на продуктивность 24% влия-

ния. Вариабельность среднесуточной температуры июля на 9,6% определяет урожайность второго укоса.

Долголетние наблюдения установили, что козлятник восточный обладает довольно высокой адаптивностью и гибкой пластичностью к стрессовым ситуациям климатических и почвенно-мелиоративных условий, в среднем, за 11 лет пользования урожайность составила – 14,1 т/га сухой массы и мало зависила, от складывающихся за вегетацию, метеоусловий, т.к. за счет мощного развития корневой системы он более продуктивно использует зимне-весенние запасы почвенной влаги.

При анализе данных фенологических наблюдений выявлен высокий адаптивный потенциал у козлятника восточного при возделывании его на осушаемых землях в данных условиях. Фазы укосной спелости (бутонизация - начало цветения) растения козлятника в наших опытах, в среднем по годам, достигали в III – IV декаде мая при высоте 121-152 см в зависимости от места обитания. Среднесуточные приросты растений в отдельные периоды вегетации достигали 4,3-4,7 см в первом укосе и 2,2-3,8 см во втором. Отмечено, что более высокорослыми за годы наблюдений травостой были на глеевой почве

Кормовая ценность козлятника восточного обусловлена высокой облиственностью. Мощный листовой аппарат обеспечивает интенсивное накопление биологической массы. В среднем за 11 лет наблюдений листья в структуре урожая в 1-ом укосе составляли 51-56%. Облиственность растений во втором укосе – 65-72%, что на 12-16% выше, чем в первом и говорит о высоком качестве корма полученного во втором укосе т.к. в листьях в 2-3 раза больше протеина и других питательных веществ, по сравнению со стеблями. За все годы наблюдений наибольшей облиственностью растения козлятника восточного отличались растения, произрастающие на глеевой почве, которая в среднем на 5-12% превышала облиственность травостоев на глубокооугленной и глееватой почве. Сравнительная оценка продуктивности полученной, за 11 лет исследований показала, что продуктивность козлятника восточного и с годами пользования остается высокой – 13,3-14,8 тонн сухой массы или 11,3-12,6 тонн кормовых единиц с гектара за сезон (табл. 1). В целом за годы исследований, наиболее продуктивными травостой были на глеевой почве. На этом местообитании складывались оптимальные тепловой, питательный и водный режимы для формирования как первого, так и второго укосов.

Таблица 1. Морфометрические показатели и продуктивность козлятника восточного на осушаемой почве, (средние данные за 11 лет)

Показатели	Степень оглеенности осушаемой почвы					
	Глубокооглеенная		Глееватая		Глеевая	
	1-ый укос	2-ой укос	1-ый укос	2-ой укос	1-ый укос	2-ой укос
Высота, см	121	79	139	82	152	84
Облиственность, %	53	65	51	66	56	72
Густота стояния растений, шт/м ²	115	117	111	115	109	111
Продуктивность, т/га						
- зеленой массы	52,7	21,3	50,1	22,0	57,0	25,4
- сухой массы	9,3	4,4	8,9	4,4	9,9	4,9
- кормовых единиц	7,9	3,7	7,6	3,7	8,4	4,2

Можно утверждать то, что на осушаемых землях козлятник восточный является культурой, обладающей исключительной скороспелостью, ранним отрастанием весной и способностью накапливать высокие урожаи по годам в течение длительного периода своего развития.

Козлятник восточный отличается от других кормовых культур более продолжительным периодом вегетации. Он обладает более высокой способностью к аккумуляции природных источников энергии за счет Солнца, по сравнению не только с однолетними культурами, но и с многолетними травами в севооборотах вследствие более ограниченного периода их использования. [12].

Как уже говорилось, мощный листовой аппарат позволяет эффективно использовать фотосинтетическую радиацию, обеспечивая интенсивное накопление биологической массы. На основе методического руководства по оценке потоков энергии в экосистемах, мы определяли влияние потоков солнечной энергии на продуктивность травостоев долголетнего козлятника восточного (табл. 2).

Таблица 2. Влияние потоков солнечной энергии на продуктивность козлятника восточного

Степень оглеенности дерново-подзолистой почвы	Продуктивность с 1га		Затраты СЭ, ГДж/га	АК, раз	Фотосинтез		Коэффициент использования ФАР, %
	СВ, т	ВЭ, ГДж			ГДж/га	% от сбора ВЭ	
Глубокооглеенная	13,7	252,1	9,2	27,4	242,9	96,4	1,44
Глееватая	13,3	244,7	9,0	27,2	235,7	96,3	1,44
Глеевая	14,8	272,3	9,8	27,8	262,5	96,4	1,44
НСР ₀₅	1,58						

Данная оценка выявила, что изучаемые травостои 96,3-96,4% своей биомассы формируют за счет солнечной энергии, тем самым являясь ресурсо- и природосберегающей культурой. Коэффициент использования травостоями ФАР высокий (1,44) и не различался от местообитания травостоев. Корневая система растений обеспечивает не только поступление питательных веществ из почвы в надземную часть агроценозов, но и оказывает существенное последствие на изменение плодородия почвы в результате накопления и разложения корней.

Основным показателем ценности растительных остатков является их качество, т.е. содержание в них азота, фосфора, калия. Накопившееся количество азота, фосфора и калия в корнях напрямую зависит от массы корней и в меньшей степени от содержания данных элементов в корневой системе. В наших опытах козлятник восточный в 30см слое почвы к концу вегетации 11 г.ж. содержал 23,8-25,3 т/га подземной массы. В корневой массе накопилось 445,2-477,3 кг/га азота, 90,4-96,2 кг/га фосфора, 150,0-159,4 кг/га калия (табл. 3).

Отмечена тенденция большего накопления растительных остатков на глубокооглеенной почве (25,3т/га). Долголетние (11 лет) наблюдения показали: количество корневых остатков находится в прямой зависимости от количества выпавших осадков. Во влажных годах количество корней значительно меньше, чем в засушливых. Объясняется это тем, что в засушливые годы корни в поисках воды глубже проникают в почву, чем в годы с достаточным количеством осадков. При этом происходит увеличение общей массы корней. Хотя козлятник восточный имеет глубокопроникающую корневую систему, 76-78% корней расположено в самом верхнем слое осушаемой почвы (0-10см).

Таблица 3. Количество питательных веществ (кг/га), оставляемых 11-летнем козлятником восточным в 30см слое почвы

Степень оглеенности осушаемой почвы	Слой почвы, см	Колич-во растительных остатков, т/га	Накопление питательных веществ в растительных остатках, кг/га		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Глубокооглеенная	0-10	19,5	363,7	73,9	122,5
	10-20	3,8	71,6	14,6	24,1
	20-30	2,0	38,0	7,7	12,8
	0-30	25,3	477,3	96,2	159,4
Глееватая	0-10	18,9	352,5	71,6	118,8
	10-20	3,2	60,4	12,3	20,3
	20-30	2,6	49,2	10,0	16,6
	0-30	24,7	462,1	93,9	155,7

Глеевая	0-10	18,8	350,6	71,2	118,1
	10-20	3,4	63,2	12,8	21,3
	20-30	1,7	31,4	6,4	10,6
	0-30	23,9	445,2	90,4	150,0

Козлятник восточный, при 11-ти летнем использовании, накапливает в почве значительное количество основных элементов питания. Тем самым улучшает и повышает плодородие осушаемых земель, и является хорошим предшественником для многих сельскохозяйственных культур, возделываемых в регионе.

Проведенный химический анализ зеленой массы козлятника восточного и расчет зоотехнического состава зеленой массы, показал, что в среднем за 11 лет исследований его травостой относится к высококачественному, с высоким содержанием сырого протеина (21,7-25,2%) и с относительно низким содержанием сырой клетчатки (26,4-27,3%), что соответствует потребности кормления высокопродуктивных животных.

Расчет экономической эффективности возделывания козлятника восточного показал, что самый высокий условный чистый доход получен на глеевой почве (29,3 тыс.руб./га). Уровень рентабельности (261,3-275,1%) является высоким, что подтверждает эффективность его возделывания.

Следовательно, травостой с участием козлятника восточного оптимально создавать на дерново-подзолистой легкосуглинистой глеевой почве, где они обеспечивают высокую и устойчивую по годам пользования продуктивность и отличаются более высокой экономической и агроэнергетической эффективностью.

Козлятник восточный целым рядом преимуществ отличается от традиционных, возделываемых в регионе кормовых культур, прежде всего:

- долголетием посевов (на одном месте растет 15 лет и более);
- ранним отрастанием весной (3-ья декада мая) и наиболее длительными сроками осеннего использования (1-ая декада октября);
- высокой облиственностью (55-60% в 1-ом укосе и 62-72% во втором, листья не осыпаются);
- высокими темпами роста и накопления биомассы (среднесуточные приросты в периоды активного роста до 3-5см);
- высокой продуктивностью как надземной так и подземной массы (в опытах ВНИИМЗ он выше по урожайности зеленой массы клеверотимофеечной смеси в 1,7, а однолетние травы – 2,2 раза. При среднем уровне плодородия почвы и сравнительно небольших дозах вносимых удобрений он может давать урожай зеленой массы 30-40 т/га, а на высо-

ком агрофоне – до 70-80 т/га, или до 17 т/га сена, 0,3-0,6 т/га семян накапливает до 30 т/га сухой подземной массы);

-высоким качеством корма (повышенное содержание протеина при невысокой доли клетчатки, в 100кг зеленой массы содержится 20-22 корм. ед. и 3,0-3,5кг переваримого протеина, или 115-160г переваримого протеина на одну кормовую единицу. Питательность 100кг силоса равна 20-22, а сена – 56-60 кормовых единиц. Обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином в сене и силосе достигает 160-190 г. Он богат углеводами, зольными элементами, витаминами.);

- хорошей зимостойкостью (хорошо переносит суровые и бесснежные зимы с морозами до 25⁰, а при достаточном снежном покрове – до 40⁰С, листья выдерживают весенние и осенние заморозки в 3-5⁰С);

- хорошей засухоустойчивостью (в экстремальные по температурному режиму 2002, 2007, 2010 годы в опытах ВНИИМЗ обеспечивал получение зеленой массы 40-45т/га за 2 укоса, т.к. он более продуктивно использует осенне-зимние запасы влаги за счет мощного развития корневой системы, уходящей на глубину до 2,0 и более метров);

- сохранением и повышением почвенного плодородия, являясь хорошим предшественником для многих возделываемых в регионе культур (урожайность озимой ржи по его пласту составляет до 4,3т/га без внесения удобрений, благодаря накоплению большого количества пожнивно-корневых остатков с содержанием 250-320кг азота);

- пригодностью для приготовления различных видов кормов для различных видов животных (используется для приготовления силоса, сена, сенажа, искусственно высушенных кормов: травяной муки, брикетов, гранул);

- качественный медонос (за сезон обеспечивает сбор 200-250кг меда с гектара);

- отличный мелиорант почв (развивая мощную сеть горизонтальных крупных и мелких корней, он способствует перераспределению поверхностных вод во внутрипочвенные, предотвращая, тем самым, застой влаги на полях во влажные периоды вегетации и использует запасы влаги из глубоких слоев почвы в засушливые);

-ресурсосбережением (биологическое свойство саморегуляции густоты травостоя позволяет создавать продуктивные плантации козлятника восточного при меньших нормах посева семян т.к. ежегодное возобновление растений козлятника восточного происходит за счет образо-

вания зимующих почек и корневых отпрысков, которые способствуют формированию травянистого куста).

Создание плантаций козлятника восточного является одним из способов гарантированного и рентабельного производства высокобелковых кормов в достаточных объемах при умножении почвенного плодородия осушаемых почв, сохранении экологической ситуации окружающей среды и предотвращения зарастания сельскохозяйственных угодий бурьянистой растительностью.

Библиографический список:

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: 5-е изд., доп. и перераб. / Б.А. Доспехов. – Москва: Агропромиздат. – 1985. – 351 с.
2. Жученко А.А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства (концепция). / А.А. Жученко. – Пущино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1994. – 148 с.
3. Вавилов П.П. Новые кормовые культуры. / П.П. Вавилов, Кондратьев. – Москва, Россельхозиздат, 1975. – 21 с.
4. Вавилов П.П. Интенсивные кормовые культуры в Нечерноземье. / П.П. Вавилов, В.И. Филатов – Москва: Московский рабочий. 1980. – 104–106 с.
5. Иванова Н.Н. Формирование продуктивности травостоев на основе козлятника восточного в процессе длительного срока их эксплуатации / Н.Н. Иванова, А.Д. Капсамун, Н.Н. Амбросимова // Международная научно-практическая конференция «Современные проблемы использования мелиорированных земель и повышения их плодородия» Тверь. ВНИИМЗ. 2013. С.115–120
6. Кутузова А.А., Трофимова Л.С. Методическое руководство по оценке потоков энергии в луговых агроэкосистемах. Москва: Россельхозакадемия, 2007. С.38.
7. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / под ред. Ю.К. Новоселова и др. – Москва: ВИК, 1987. – 198 с.
8. Тюлин В.А. Монография. Многолетние бобовые травы в агроландшафтах Нечерноземья / В.А. Тюлин, Н.Н. Лазарев, Н.Н. Иванова, Д.А. Вагунин. Тверь: Тверская ГСХА, 2014. 234 с.

УДК. 631.

ПИТАТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ БОБОВО-ЗЛАКОВОЙ ТРАВΟΣМЕСИ В МЕЛИОРИРОВАННЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ

М.В. Рублюк, к.с.-х.н., **Д.А. Иванов**, д.с.-х.н., проф., чл.-корр. РАН,
О. В. Карасева, к.с.-х.н.,
*ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (ВНИИМЗ),
г. Тверь, Россия*

Из многолетних бобовых трав основной кормовой культурой является клевер луговой. Клевер луговой лучше всего возделывать с тимофеевкой луговой. Для более длительного сохранения бобовых в травостое многие исследователи [4, 6] рекомендуют включать в состав смеси два бобо-

вых компонента с различным долголетием и засухоустойчивостью. Состав травосмесей видоизменяется в различных регионах, так как разные компоненты, составляющие их, неодинаково реагируют на местные природно-климатические условия [3].

Питательность корма складывается из многих показателей и, в первую очередь, зависит от его химического состава и калорийности [1]. Химический состав кормов во многом зависит от интенсивности потребления травами элементов питания, которая, в свою очередь, во многом определяется ландшафтными условиями местообитания. Так, на дренированной дерново-подзолистой почве при водораздельной части склона в третьей ротации севооборота потребление азота удобрения травами повышается на 20 %, азота почвы – на 67 %, симбиотического азота – на 23 %, по сравнению с нижней его частью [8]. Независимо от состава фитоценоза трехкратное использование травостоев имеет преимущество только по сбору сырого протеина [2]. Современные сорта многолетних кормовых трав, благодаря высокой и устойчивой по годам кормовой продуктивности, долголетию, зимостойкости, повышенной средообразующей способности, обеспечивают получение высококачественного корма, предохраняют почвы от водной и ветровой эрозии и, вследствие всего этого, способствуют повышению адаптивности кормопроизводства [7]. Смешанные агрофитоценозы бобовых трав на основе новых сортов являются высокоурожайными, конкурентоспособными и устойчивыми в условиях Нечерноземья [5].

Цель исследований – изучить влияние мелиорированных агроландшафтов и компоста многоцелевого назначения на урожайность и питательную ценность и продуктивность клеверо-тимофеечной смеси четвертого года жизни.

Методика. Для изучения сравнительной эффективности посевов с применением компоста многоцелевого назначения (КМН) и без внесения органических удобрений (контроль) в осушаемых микроландшафтах в 2013 году был заложен эксперимент. Компост вносили под посев яровой пшеницы в зернотравяном севообороте в дозе 12 т/га, что составляет N₃₀₀, P₁₈₀, K₁₂₀. В дальнейшем изучалось последствие КМН на свойства почвы и продуктивность культур: яровая пшеница; яровой рапс (на сидерат); озимая рожь; овес с подсевом трав; травосмесь 1-3 г пользования. Эксперимент с КМН в севообороте сравнивали с севооборотом без органических удобрений. Севооборот был развернут во времени.

Вариантами опыта являются микроландшафты, которые охватывают вершину холма, склоны (южный и северный) и межхолмную депрессию (понижение склонов): 1. Т.-Аю – транзитно-аккумулятивный южного склона; 2. Тю – транзитный южного склона; 3.Э-Тю – элювиально-транзитный южного склона; 4.Э-А – вершина холма; 5.Э-Тс – элювиально-транзитный северного склона; 6.Тс – транзитный северного склона; 7.Т-Ас – транзитно-аккумулятивный северного склона.

Почва дерново-сильноподзолистая остаточно-карбонатная глееватая. Гранулометрический состав вариантов южного склона и вершины – супесчаный, северного склона – легкосуглинистый. Почвообразующие породы имеют двучленный характер. На южном склоне средняя глубина морены превышает 1 м, а на северном она залегает на глубину 0,5-0,6 м, местами выходит на поверхность.

Опытный участок осушен закрытым дренажем, глубина залегания дрен – 1 м, междренное расстояние в элювиальных вариантах составляет 40 м, в транзитных – 20 м, в транзитно-аккумулятивных – 20 м.

Полученные экспериментальные данные обрабатывали методом двухфакторного дисперсионного анализа, где фактор А – агроландшафты (Т-Аю, Тю, Э-Тю, Э-А, Э-Тс, Тс, Т-Ас)); фактор В – агрофон (без удобрений (контроль) и КМН). Определение степени влияния ландшафтных факторов на биологические свойства почвы осуществлялось на основе метода Н.А.Плохинского путем деления частной факториальной суммы квадратов на общую [10].

Агрометеорологические условия в 2019 году были хорошие для роста и развития растений, ГТК составил 1,33. В начальный период развития растений (май) температура воздуха в исследуемом 2019 году составила 14,6°C (+2,8 % от нормы). Количество осадков в мае выпало 35 мм (66% от нормы). В июне температура воздуха в 2019 г. составила 18°C (+1,7% от нормы). Количество осадков составило соответственно 38 мм (51% от нормы). В июле температура воздуха в 2019 г. составила 15,6°C (+1,2 % от нормы). В этот период количество осадков составило соответственно 51 мм (54 % от нормы). За вегетационный период 2019 года сумма температур составила 2214° С, сумма осадков – 310 мм.

Результаты и их обсуждение. Влияние компоста многоцелевого назначения на продуктивность сухого вещества бобово-злаковой травосмеси 4 года жизни выявлено и на седьмой год после его применения (таблица 1).

Таблица 1. Продуктивность бобово-злакового травостоя 4 года жизни
(2019 г.)

Вариант	Агрофон	Урожайность сухого вещества		Кормовая единица		Сырой протеин	
		т/га	% к контролю	с 1 га	% к контролю	кг/га	% к контролю
1.Т-Аю	Контроль	0,86		0,15		85	
	КМН	0,62	72	0,11	73	52	61
2.Тю	Контроль	0,93		0,17		89	
	КМН	1,93	207	0,35	205	170	191
3.Э-Тю	Контроль	1,69		0,30		148	
	КМН	2,34	138	0,42	140	240	162
4.Э-А	Контроль	1,92		0,35		175	
	КМН	3,04	158	0,55	157	351	200
5.Э-Тс	Контроль	1,26		0,23		109	
	КМН	1,50	119	0,27	117	157	144
6.Тс	Контроль	1,83		0,33		186	
	КМН	3,43	187	0,62	187	326	175
7.Т-Ас	Контроль	2,09		0,38		184	
	КМН	2,69	128	0,48	126	225	122
Среднее	Контроль	1,51		0,27		139	
	КМН	2,22	147	0,40	148	217	156
НСР ₀₅		1,80		0,18		99,4	
НСР _А		0,71		0,13		70,3	
НСР _В		0,38		0,07		37,6	

*(здесь и далее) Т-Аю – транзитно-аккумулятивный микроландшафт южного склона; Тю – транзитный микроландшафт южного склона; Э-Тю – элювиально-транзитный микроландшафт южного склона; Э-А – элювиально-аккумулятивный микроландшафт – вершина холма; Э-Тс – элювиально-транзитный микроландшафт северного склона; Тс – транзитный микроландшафт северного склона; Т-Ас – транзитно-аккумулятивный микроландшафт северного склона.

Урожайность бобово-злаковых травостоев 4 года жизни варьировала от 0,62 до 3,43 т/ га сухого вещества. Максимальные показатели урожайности сухой массы получены в транзитном варианте северного склона (Тс) и на вершине (Э-А) – 3,43 и 3,04 т/га соответственно. Продуктивность травостоев в данных вариантах превысила контрольные значения на 187 и 158% соответственно. На варианте южного склона (в Т-Аю) продуктивность травостоя была ниже контрольного варианта и составила 72 %. Продуктивность травостоев с применением компоста обеспечила 0,40 тыс. к. ед. с 1 га (148 % по сравнению с контрольным вариантом). Наибольшее количество кормовых единиц получено в 6 варианте – 0,62 тыс. корм. ед. с 1 га (187 % контроля). Влияние компоста многоцелевого назначения

(седьмой год после его применения) на качественные показатели корма бобово-злаковой травосмеси 4 года жизни отмечено лишь в содержании сырой золы и сырой клетчатки (табл. 2).

Таблица 2. Химический состав бобово-злаковой травосмеси 4 года жизни (2019 г.)

Вариант	Агрофон	Содержание в сухом веществе, %			
		сырой протеин	сырой жир	сырая клетчатка	сырая зола
1.Т-Аю	Контроль	10,1	1,96	32,6	3,20
	КМН	8,31	2,18	28,9	3,14
2.Тю	Контроль	9,40	2,02	33,5	3,53
	КМН	8,40	1,81	30,8	3,99
3.Э-Тю	Контроль	8,83	2,33	34,1	3,63
	КМН	10,4	1,96	30,2	4,07
4.Э-А	Контроль	9,25	2,04	32,9	3,41
	КМН	11,6	2,11	30,3	4,49
5.Э-Тс	Контроль	8,38	2,66	30,4	3,47
	КМН	10,5	2,18	29,9	3,41
6.Тс	Контроль	10,2	1,87	31,3	3,63
	КМН	9,48	2,27	31,0	3,97
7.Т-Ас	Контроль	9,10	2,0	30,9	3,72
	КМН	8,36	2,11	32,8	3,49
Среднее	Контроль	9,35	2,13	32,3	3,51
	КМН	9,57	2,09	30,6	3,86
<i>НСП₀₅</i>		1,50	0,38	2,17	0,50
<i>НСП_А</i>		-	0,27	-	-
<i>НСП_В</i>		-	-	0,20	0,14

Содержание сырой золы достоверно возросло в элювиально-транзитном АМЛ южного склона и на вершине – на 0,44 и 0,80% соответственно. Количество сырой клетчатки снижалось по сравнению с контролем на вариантах южного склона (в Т-Аю и Э-Тю) на 3,7 и 4,1 % соответственно. Процентное содержание сырого протеина и сырого жира в опыте достоверно различалось в зависимости от микроландшафтного устройства территории. Отмечена тенденция повышения сырого протеина в элювиальных вантах на 1,57 – 2,35% и снижение его количества в элювиально-транзитных АМЛ северного и южного склона на 0,55 и 0,37 % соответственно.

Применение компоста многоцелевого назначения оказало влияние на получение сырого протеина в корме. Его количество составило 217 кг на 1 га (156 % контроля). Наибольшее количество сырого протеина получено

в элювиально-аккумулятивном АМЛ и в транзите северного склона – 351 и 326 кг/ га, что составляет 200 и 175 % контроля соответственно.

Выводы. Влияние компоста многоцелевого назначения на продуктивность бобово-злаковых травостоев 4 года жизни наблюдается и на седьмой год после его применения. Лучшими вариантами являются транзитный вариант северного склона (Тс) и вершина (Э-А). Они обеспечили получение урожайности сухого вещества 3,43 и 3,04 т/га, получение кормовых единиц с 1 га 620 и 550 и сбор сырого протеина – 351 и 326 кг/га соответственно. Влияние компоста на питательную ценность корма отмечено лишь в содержании сырой золы и сырой клетчатки. Содержание сырой золы достоверно возросло в элювиально-транзитном АМЛ южного склона и на вершине – на 0,44 и 0,80% соответственно. Количество сырой клетчатки снижалось по сравнению с контрольным вариантом на вариантах южного склона (в Т-Аю и Э-Тю) на 3,7 и 4,1 % соответственно.

Библиографический список

1. Диченский А.В., Гриц Н.В. Влияние режимов скашивания и удобрений на биохимический состав кормов пойменного луга// Кормопроизводство 2017, № 4. С. 3-5.
2. Евстратова Е.П., Евсеева Г.В., Смирнов С.Н., Камова А.И. Влияние режимов скашивания на продуктивность и питательную ценность многолетних трав// Кормопроизводство, 2019, № 6. С.18-22.
3. Касаткина Н.И., Нелюбина Ж.С. Особенности роста и развития многолетних трав на основе клевера лугового тетраплоидного// Аграрная наука юго-северо-востока, 2019, №3. С. 247-253.
4. Нелюбина Ж.С., Фатыхов И.Ш., Касаткина Н.И. Агрофитоценозы многолетних бобовых и мятликовых трав в Среднем Предуралье: монография. Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА; ФГБНУ Удмуртский НИИСХ, 2014. – 145 с.
5. Павлючик Е.Н., Капсамун А.Д., Иванова Н.Н., Тюлин В.А., Силина О.С. Использование раннеспелых сортов клевера лугового в травосмесях на осушаемых землях Нечерноземья// Кормопроизводство, 2019, № 9. С. 12-15.
6. Фигурин В.А. Продуктивные травосмеси на почвах с сильной степенью кислотности // Земледелие 2014, № 2. С. 30-32.
7. Хисматулин М.М., Чекмарев П.А. Расширение видового набора многолетних трав – необходимое условие повышения эффективности пойменных лугов// Кормопроизводство, 2012, № 2. С. 10-12
8. Шишyreва Н.Я., Завалин Н.А., Соколов О.А., Литвинский В.А. Потребление азота многолетними бобово-злаковыми травами второго года жизни// Российская сельскохозяйственная наука, 2019, №4. С. 36-38.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО
В МНОГОЛЕТНИХ ТРАВСТОЯХ НА МЕЛИОРИРОВАННЫХ
ЗЕМЛЯХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РФ**

Вагунин Д.А., к.с-х.н., с.н.с., Иванова Н.Н., к.с-х.н., с.н.с.,

Елифанова Н.А., Амбросимова Н.Н.

*ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (ВНИИМЗ),
г. Тверь, Россия*

Многолетние травы как элемент сельскохозяйственной системы обеспечивают устойчивость круговорота веществ. При этом они служат надежным источником кормов, повышают плодородие почвы, снижают вероятность загрязнения отходами жизнедеятельность водоемов и других объектов системы [1].

Использование бобовых и бобово–злаковых травостоев позволяет экономить до 200–240 кг/га азота минеральных удобрений за счет симбиотического азота, что является ресурсосберегающей технологией. Возделывание бобово–злаковых травостоев позволяет получать высокие урожаи качественных и энергетически насыщенных кормов. Кроме того, благодаря повышенной симбиотической активности бобово–злаковые травостои позволяют значительно пополнить запасы экологически ценного источника энергии в природе – биологического азота [5]

При обосновании бобово–злаковых смесей отдельными учеными отмечается преимущество простых (двух и трех компонентных) травосмесей перед сложными, при содержании в надземной массе не менее 40% бобовых [3, 6]

В кормопроизводстве любой страны высокий уровень использования природных почвенно–климатических ресурсов невозможен без оптимизации технологии производства бобовых культур. Среди них – козлятник восточный, многолетняя высокоурожайная бобовая культура, формирующая полноценный растительный белок. Велика роль этой культуры, как в производстве высокобелковых кормов, так и в процессе биологизации земледелия в условиях недостатка азотных удобрений, в решении обострившейся проблемы ресурсо – и энергосбережения, в стабилизации урожайности сельскохозяйственных культур [4]

Привлекательность этой культуры для полевого и лугового кормопроизводства заключается в ряде хозяйственно полезных признаков, которые имеет эта культура. В первую очередь, это долговечность плантаций

козлятника восточного. Он может произрастать на одном месте до 15 лет, а время хозяйственного пользования может длиться 7-8 лет [2]

Методика проведения исследования

Полевые исследования проводились на мелиоративном объекте "Губино", расположенном на экспериментальной базе Всероссийского НИИ мелиорированных земель в 2017-2019 году. Объектом исследований в опыте определены 3 сорта козлятника восточного. Сорта козлятника восточного: Гале селекции Эстонском НИИ земледелия и мелиорации, Юбиляр – ГНУ Псковского НИИСХ, Кривич – ГНУ Псковского НИИСХ.

Таблица 1 – Схема опыта

№ п/п	Виды трав	Норма высева семян кг/га	Число укосов
1	Козлятник восточный (Гале) (контроль)	20	2
2	Козлятник восточный (Гале) + тимофеевка луговая (ВИК 9) + кострец безостый (Вегур) + двукосточник тростниковый (Урал)	12 5 6 6	2
3	Козлятник восточный (Юбиляр)	20	2
4	Козлятник восточный (Юбиляр) + тимофеевка луговая (ВИК 9) + кострец безостый (Вегур) + двукосточник тростниковый (Урал)	12 5 6 6	2
5	Козлятник восточный (Кривич)	20	2
6	Козлятник восточный (Кривич) + тимофеевка луговая (ВИК 9) + кострец безостый (Вегур) + двукосточник тростниковый (Урал)	12 5 6 6	2
7	Кострец безостый (Вегур) + тимофеевка луговая (ВИК 9) + двукосточник тростниковый (Урал)	6 5 6	2

Почва участка дерново-подзолистая, супесчаная, на 3х почвенных разностях (глубокооглеенная, глееватая, глеевая), с содержанием подвижного фосфора 100,9 мг/кг и 140,2 мг/кг обменного калия. Реакция почвенного раствора на контроле – среднекислая рН 4,5-5,0. Удельная масса почвы 2,59 г/см³. Содержание гумуса – 1,4-1,9. Преобладающими почвообразующими породами являются маломощные двучлены (более 60-70 %). Междренные расстояния регулирующей сети 18-40 м, глубина закладки дрен колеблется от 0,8 до 1,1 метра. Площадь опыта 6,8 га, размещение вариантов рендомизированное, в три яруса, повторность трехкратная. Посев беспокровный. Использование двуукосное. Агротехника общепринятая.

Результаты исследования

Продуктивность многолетних трав во многом зависит от густоты стояния побегов. По результатам исследований в среднем за 2017-2019 год, козлятник восточный формировал густоту стеблестоя 74-124 шт./м² в чистых посевах, 36-62 шт./м² в смеси со злаками. Анализ показал, что максимальная густота козлятника восточного отмечалась в чистом посеве сорта Кривич глеевой почвы 124 шт./м². Плотность стеблестоя сеянной бобовой культуры на контроле составляла 85-95 шт./м². В исследуемых вариантах густота злаковых трав колебалась у тимофеевки луговой 160-224 шт./м², костреца безостого 67-104 шт./м², двухисточника тростникового 79-121 шт./м². Плотность вегетативных побегов злакового сеяного компонента варьировала от 309 до 426 шт./м². Наибольшая густота стеблей среди злакового компонента отмечалась у тимофеевки луговой 160-224 шт./м².

К моменту достижения фазы укосной спелости в среднем за 3 года исследования посевы изучаемой бобовой культуры формировали высоту вегетативных побегов 60-85 см, в то время как злаковые травы 65-94 см. Длина побегов сеяной бобовой культуры варьировала по укосам от 43 до 102 см. Высота растений козлятника восточного в одновидовых и смешанных посевах составила: сорт Гале 43-99 см, 51-87 см, Юбиляр 54-99 см, 46-82 см, Кривич 55-102 см, 53-97 см соответственно. Наиболее высокорослые побеги отмечались у козлятника восточного Кривич.

Влажность верхнего (0-40) слоя почвы изменялась в зависимости от метеорологических условий и глубины почвенного слоя, составив %, абсолютно сухого вещества на глубокооглеенной почве 3,3-29,8%, глееватой 1,3-27,8 %, глеевой 3,8-26,3%. Влагообеспеченность агрофитоценозов на протяжении вегетаций изменялась волнообразно в зависимости от количества выпавших осадков. Содержание доступной влаги в слое 0-20 см составляло % от ППВ в 2017 – 69,4-93,3%, 2018 – 42,6-95,0%, 2019 – 31,6-100,3 %.

В течение вегетационных периодов 2017-2019 года происходило изменение уровня грунтовых вод на всех типах почвы. В начале вегетации в зависимости от разности почвы УГВ составил 0-0,9 м. В протяжении вегетации на все типах почв отмечалось постепенное снижение грунтовых вод до 1,4 м к концу сентября. В связи с разной интенсивностью выпадения осадков в разные годы проводимых исследований происходил постепенный подъем грунтовых вод в течение вегетационного периода до отметки 0,5 м от поверхности.

Результаты наших исследований показали, что плотность пахотного слоя всего периода наблюдений составляла 1,31-1,49 г/см³ на глубине 0-10 см, 1,14-1,44 г/см³ 10-20 см. В контрольном варианте плотность почвы находилась в пределах 1,40-1,49 г/см³ в слое 0-10 см, 1,17-1,42 г/см³ – 10-20 см. В четырехкомпонентном бобово-злаковом агроценозе плотность варьировала в горизонте 0-10см 1,31-1,43 г/см³, 10-20см 1,14-1,42 г/см³. Злаковая трехкомпонентная травосмесь показывала плотность в слое 0-10 1,32-1,42 г/см³, 10-20 см 1,17-1,44 г/см³. По мере увеличения возраста травостоев происходит постепенное уплотнение пахотного горизонта почвы.

Ботанический состав бобово-злаковых травостоев изменяется по вариантам опыта. По усредненным трехлетним данным на долю козлятника восточного приходилось 68,8-86,6% в чистых посевах, 20,2-41,0% в смеси со злаками. Засоренность посевов была ниже в четырехкомпонентных травостоях. На долю тимopheевки луговой в травосмесях приходилось 21,0-41,7%, двукосточника тростникового 16,3-28,5%, костреца безостого – 11,6-24,6%. Среди злакового компонента в травосмесях наибольшая процентная доля отмечалась у тимopheевки луговой. При двухукосном использовании процентное содержание козлятника восточного в контрольном варианте составило от 68,8-75,7%. Наибольший процент содержания козлятника восточного в травостое отмечался на посевах сорта Кривич: в чистом виде 77,8-86,6%, в смеси со злаками 29,9-41,0%. Козлятник восточный сорта Юбиляр в процентном соотношении составлял в чистых посевах 75,9-84,4%, в смеси 20,2-27,5 %.

На фитоценотическую активность многолетних трав, прежде всего, влияют их биологические особенности. В наших исследованиях в 2017-2019 году активность козлятника восточного составляла 0,4-1,2. Более высоким индексом ценотической активности характеризовалась тимopheевка луговая 1,0-2,7. С увеличением возраста травостоев фитоценотическая активность козлятника восточного постепенно возрастает. Козлятник восточный сорта Кривич более активен, в чистом посеве ценотическая активность достигала 0,7-1,0, в смеси со злаками 0,4-1,2. На контрольном варианте активность козлятника восточного сорта Гале составляла 0,6-0,9, в смеси со злаками 0,5-1,2. Индекс ценотической активности козлятника восточного сорта Юбиляр варьировала 0,7-0,9 в чистом посеве, 0,4-0,8 в смеси со злаками.

Размер листовой поверхности растения имеет большое значение, так как данный показатель определяет продуктивность фотосинтеза, а, следо-

вательно, и урожайность. Козлятник восточный сенокосного использования в многолетних травостоях характеризовался высокой облиственностью 43,6-60,0%. Процент листового аппарата в одновидовых посевах козлятника восточного в 2017-2019 году составлял в среднем 49,6-54,6%, в смеси со злаками 48,7-56,0%.

В наших исследованиях в многолетних травостоях сенокосного использования облиственность козлятника восточного в первом укосе в фазу начала цветения составила 23,7-59,9%. Во втором укосе данный показатель находился в пределах 50,0-72,1%. Облиственность козлятника восточного в чистых посевах варьирует в 1 укосе 29,7-51,2%, во втором 50,3-72,1%. В травосмесях на долю листового аппарата козлятника восточного приходилось 36,2-59,9% в 1 укосе, 50,0-70,3% во втором.

Биохимический состав корма зависит от различных факторов: ботанического состава, фазы вегетации, почвенно-климатических условий. От протеиновой обеспеченности в значительной мере зависит продуктивность животных. При анализе полученных данных содержание сырого протеина в среднем за годы исследования варьировало от 11,6 до 18,0%. Наибольшее содержание сырого протеина отмечено в чистом посеве козлятника восточного сорта Кривич 18,0%. Наименьшее в злаковом травостое 11,6 %. Большое физиологическое значение для молочного скота имеет клетчатка. Содержание сырой клетчатки по вариантам опыта составило 26,2-32,3%. В злаковом трехкомпонентном травостое отмечалось наибольшее содержание клетчатки 31,1-32,3%. Источником жизненно важных полиненасыщенных кислот является сырой жир. Количество сырого жира в корме из бобово-злаковых травостоев колебалось по вариантам 1,4-2,3%. Безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ) служат источником энергии для животных и повышают молочную продуктивность и качество молока. В корме сенокосных травостоев в среднем за 3 года пользования содержание БЭВ варьировало в пределах 46,9-51,3%. Содержание сырой золы находилось на уровне 4,8-6,0%. В бобово-злаковых травостоях содержание фосфора составляло 0,7-0,9%, калия 1,6-3,1%. Содержание кальция в сухом веществе травостоев изменялось от 0,4 до 1,1%, количество магния 0,3-0,7%.

Урожайность бобово-злаковых травостоев сенокосного использования зависела от состава травосмесей и метеорологических условий. В наших исследованиях продуктивность травостоев составляла 4,4-8,8 т/га сухой массы. Максимальная продуктивность сухого вещества козлятника во-

сточного отмечена в варианте 3 глеевой почвы 8,8 т/га. В чистых посевах урожайность колебалась в пределах 5,6-8,8 т/га сухого вещества. В четырехкомпонентных смесях на основе козлятника восточного продуктивность составила 5,4-7,8 т/га. На глубокоооглеенной почве злаковой травосмеси отмечена наименьшая урожайность, которая составляет 4,4 т/га сухой массы (табл.2).

Таблица 2. Урожайность бобово–злаковых травостоев на основе козлятника восточного на почвах разной степени оглеенности (в среднем за 2017-2019 год)

Вариант	Почва	Зеленая масса (т/га)	Сухая масса (т/га)	Сбор к.е., тыс./га
Козлятник восточный (Гале) (контроль)	глубокоооглеенная	26,7	5,6	4,9
	глееватая	37,5	7,0	5,9
	глеевая	34,1	7,8	6,5
Козлятник восточный (Гале) + тимофеевка луговая (ВИК 9) + кострец безостый (Вегур) + двукисточник тростниковый (Урал)	глубокоооглеенная	25,9	5,4	4,7
	глееватая	33,4	7,4	6,3
	глеевая	30,2	7,2	6,3
Козлятник восточный (Юбиляр)	глубокоооглеенная	30,7	6,7	5,7
	глееватая	34,0	7,2	6,1
	глеевая	36,0	8,8	7,2
Козлятник восточный (Юбиляр) + тимофеевка луговая (ВИК 9) + кострец безостый (Вегур) + двукисточник тростниковый (Урал)	глубокоооглеенная	24,7	5,7	5,0
	глееватая	32,3	7,2	6,2
	глеевая	29,2	7,6	6,2
Козлятник восточный (Кривич)	глубокоооглеенная	29,7	6,6	5,4
	глееватая	41,5	8,1	7,1
	глеевая	39,5	8,0	6,7
Козлятник восточный (Кривич) + тимофеевка луговая (ВИК 9) + кострец безостый (Вегур) + двукисточник тростниковый (Урал)	глубокоооглеенная	25,7	6,1	5,3
	глееватая	37,0	7,8	6,7
	глеевая	26,7	6,9	6,0
Кострец безостый (Вегур) + тимофеевка луговая (ВИК 9) + двукисточник тростниковый (Урал)	глубокоооглеенная	18,5	4,4	3,9
	глееватая	26,6	6,2	5,3
	глеевая	21,2	5,7	4,8
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :				
		Зеленая масса	Сухая масса	
для частных различий –		4.3684	0.9718	
для фактора В –		1.6511	0.3673	
для фактора А –		2.5221	0.5611	
для взаимодействия АВ –		2.5221	0.5611	

Сеянные сенокосные агроценозы формируют урожайность зеленой массы 18,5-41,5 т/га сухой массы. Бобово-злаковые травостой имеют более высокую урожайность по сравнению со злаковым. В контрольном варианте урожайность варьирует 26,7-37,5 т/га зеленой массы, 5,6-7,8 т/га сухой массы, 4,9-6,5 тыс.к.ед./га. Продуктивность козлятника восточного сорта Юбилар составила 6,7-8,8 т/га сухой массы в чистом посеве, 5,7-7,6 т/га сухой массы в смеси со злаками. Урожайность сена козлятника восточного сорта Кривич в одновидовом посеве составила 6,6-8,1 т/га, в травосмеси 6,1-7,8 т/га (табл. 2).

Библиографический список

1. Андреев Г.Э. Многолетние травы в экосистемах / Г.Э. Андреев, С.Б. Грислис // Кормопроизводство. – 1995. – №3. – С. 14–16
2. Барбакадзе Л. И. Кормовая ценность козлятника восточного и эффективность его использования в рационах крупного рогатого скота: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. с.-х. наук / Л. И. Барбакадзе; – Саранск, 1986.–18 с.
3. Серёгин В.И. Многолетние бобово–злаковые травы основа современного кормопроизводства и земледелия / В.И. Серёгин, С.С. Шерстнёв, Т.Ф. Банкаина, К.Г. Калашников // Кормопроизводство. – 2003. – № 6. – С. 13–15.
4. Сивякова Ю. А. Развитие козлятника восточного в первый год жизни в зависимости от способа посева и норм высева в условиях недостаточного увлажнения Ростовской области / Ю. А. Сивякова // Кормопроизводство. – 2007. – № 11. – С. 19–21.
5. Спиридонов А. М. Сорта клевера лугового для формирования агрофитоценозов интенсивного укосного использования на Северо–Западе РСФСР: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. с.-х. наук (06.01.12) / А. М. Спиридонов; – Л., 1991. –16 с.
6. Nosberger J., Opitz W. Von Bolenfeld. Grundfutterproduktion Verlag Peul Parey– Berlin und Hemburg, 1986–s.78–85.

РАЗДЕЛ V. Эффективное использование почвенных и водных ресурсов

УДК 631.616:621.72

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ДРЕНАЖА ПОЛЬДЕРНЫХ СИСТЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Кащенко Н.М., доктор физико-математических наук, профессор
*Балтийский Федеральный университет им. И. Канта,
г. Калининград, Россия*

Васильев В.В., кандидат технических наук, доцент
*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»
г. Горки, Республика Беларусь*

Ковалев В.П., директор
ООО «Бюро мелиоративных технологий», г. Калининград, Россия

Польдерные системы применяются при сельскохозяйственном освоении безуклонных и малоуклонных территорий, находящихся в затопленном или подтопленном состоянии. Эффективность работы пolderных систем определяется работой насосной станции, позволяющей по требуемому для развития сельскохозяйственных культур положению уровней грунтовых вод массива осушения, управлять откачкой избыточного дренажного стока.

Общей тенденцией проектирования и строительства действующих пolderных систем было уменьшение площади массивов осушения и увеличение удельной производительности насосных станций [2, 6]. Начиная с 1971 года на пolderных системах Неманской низменности на площади $F = 32\,820$ построен закрытый дренаж. Дренаж является основным элементом пolderной системы, позволяющим управлять водно-воздушным режимом почв, задаваемым расчетным значением модуля дренажного стока $q_{др.рас.}$. Корректность расчета параметров дренажа определяет эффективность его работы и работу пolderной системы в целом. Поэтому задачей расчета и проектирования пolderных систем является обеспечение эффективности работы дренажа.

Расчет параметров и строительство дренажа пolderных систем производился для выращивания трав на производство травяной муки при модуле дренажного стока $q_{др.пр.} = 1.1 - 1.2 л / (с \cdot га)$. Смена структуры сельскохозяйственного производства привела к необходимости использования на массивах осушения многопольного севооборота с культурами, имеющи-

ми проектные значения модуля дренажного стока $q_{др.пр.} = 0.96 - 2.31л/(с \cdot га)$ и применения орошения дождеванием, которое в условиях равнинного рельефа может быть реализовано только с использованием водохранилищ [1].

Системные экспериментальные исследования проводились на польдерных системах 15, 20, 29, 35, 36, 41, 46. Изучение работы дренажа проведено на производственно-экспериментальных участках «Шиповский» ($F = 73$ га) и «Аксеново» (польдерная система нс116а, $F = 130$ га). Численные эксперименты проводились с использованием проблемно-ориентированной модели польдерной системы.

Корректность расчета параметров дренажа, достижение соответствия фактических значений модуля дренажного стока $q_{др.факт.}$ его проектным значениям $q_{др.расчет.}$ определяет как эффективность работы польдерной системы, так и ее стоимость. Стоимость дренажа составляет большую часть стоимости польдерной системы и поэтому корректность расчета параметров дренажа при проектировании систем и определении эффективности работы дренажа действующих и реконструируемых польдерных систем является необходимой экономической составляющей проектирования польдерных систем.

Экспериментальные исследования работы действующих систем Неманской низменности показали наличие характерной для них неравномерности осушения массива. Неравномерность осушения массива приводит к снижению эффективности работы дренажа до 40-50% и снижению на эту же величину эффективности использования вложенных в строительство средств [2, 3].

Анализ литературных и экспериментальных данных показал, что неравномерность осушения является результатом несогласованной работы составляющих систему элементов: дренажа, каналов проводящей сети и насосной станции [2-4]. При проектировании действующих систем расчет параметров каналов проводящей сети и насосной станции проводился по гидрологическим зависимостям, не учитывающим в явном виде проектные характеристики дренажа, определяемые соответствующим значением модуля дренажного стока $q_{др.расчет.}$ [3-5].

Отсутствие возможности расчета параметров польдерной системы в динамическом режиме ее работы с учетом всех составляющих систему элементов не позволило достичь требуемой эффективности работы действующих польдерных систем [3-6].

Расчет параметров дренажа мелиоративных систем велся по формулам (1) и (2):

формула С.Ф. Аверьянова

$$E = \sqrt{\frac{8KH_2(H_1 - h_0)^2}{\delta(H_1^2 - H_2^2)}} T, \quad T = \frac{1}{8} \frac{\delta E^2 (H_1^2 - H_2^2)}{KH_2(H_1 - h_0)^2} \quad (1)$$

формула А.И. Ивицкого

$$E = \sqrt{\frac{8KP(h_{cp}^2 - h_0^2)}{h_0(\delta\pi(h_1 - h_2) + 4(N - V))}} T, \quad T = \frac{1}{8} \frac{E^2 h_0 [\delta\pi(h_1 - h_2) + 4(N - V)]}{KP(h_{cp}^2 - h_0^2)} \quad (2)$$

где K – коэффициент фильтрации; H_1 – начальное положение грунтовых вод; H_2 – искомое положение кривой депрессии; T – время понижения уровня грунтовых вод от H_1 до H_2 .

Зависимости (1, 2) использовались также при расчете параметров дренажа польдерных систем. Применение их обуславливает создание необходимых уклонов дрен и свободного истечения стока из них. В условиях безуклонных массивов осушения польдерных систем обеспечение необходимых уклонов дрен и свободного истечения стока из них фактически невозможно. Приток воды к дренажу и далее в каналы проводящей сети обеспечивается созданием перепада между уровнями воды в канале и положением уровней грунтовых вод на массиве осушения.

Расчет параметров дренажа для условий формирования уровней воды в каналах проводящей сети польдерных систем может быть произведен по формуле нестационарной фильтрации:

$$B = 4[(L_{нд}^2 + \tau_p \cdot T / 4\mu)^{0,5} - L_{нд}], \quad (3)$$

где $L_{нд}$ – обобщенное фильтрационное сопротивление, по А. Мурашко, м; T – проводимость водоносного комплекса, м²/сут; μ – коэффициент водоотдачи (недостатка насыщения) в зоне колебания уровней грунтовых вод; τ_p – параметр, учитывающий гидрологические условия работы дренажа (время стабилизации), сут.

Для польдерной системы время снижения уровней воды в каналах проводящей сети $t_{сн}$ до горизонтов заложения дренажа, расположенном на водоупоре, обеспечивающие расчетные режимы работы дренажа, соответствует характерному времени польдерной системы. В этом $t_{сн} = t_{нс}$ или $\tau_p = t_{нс}$. [2-5]. В этом случае зависимость 3а примет следующий вид:

$$B = 4[(L_{нд}^2 + t_{нс} \cdot T / 4\mu)^{0,5} - L_{нд}], \quad (3a)$$

Экспериментальные данные работы действующих польдерных систем, полученные В.А. Филатовым для Неманской низменности и В.Ф. Галковским для Белорусского Полесья показывают, что эффективность работы дренажа определяется зависимостями стока с действующих польдерных систем от их площади, т.е. дренаж, запроектированный на модуль дренажного стока $q_{др.пр.} = 1.1 - 1.2 л / (с \cdot га)$ будет эффективен для площадей до $F_{nc} < 1100 \div 1900$ га. Фактически это означает, что дренаж, имеющий экспериментально установленную эффективность работы $q_{др.пр.} = 1.1 - 2.31 л / (с \cdot га)$ для площади массива осушения $F_{nc} = 3500$ га будет иметь значение не более $q_{др.пр.} = 0.6 л / (с \cdot га)$ [1, 6] (рис. 1).

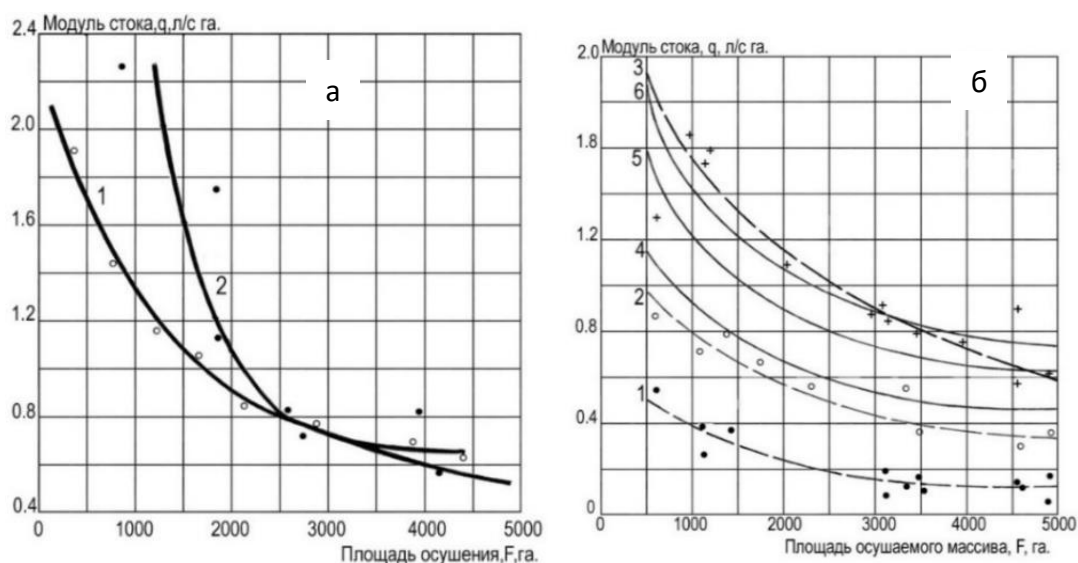


Рис. 1. а) Зависимость модуля откачки с польдерных систем от размеров площади осушаемого массива.

1 – $q = 0.6 + 2.0 \exp(-0.001F)$, весеннее половодье; 2 – $q = 0.4 + 3.7 \exp(-0.0008F)$, летне-осенний паводок; •, ○ – экспериментальные данные;

б) Аппроксимирующие зависимости фактических значений модулей стока с польдерных систем.

Неманская низменность (---): $q = AF^{-0.43}$, 4 – $A = 26.0$ при обеспеченности $P = 1\%$;

5 – $A = 21.6$, $P = 5\%$; 6 – $A = 16.0$, $P = 25\%$; •, ○ – экспериментальные данные;

Белорусское Полесье (—): 1 – маловодный год $q = 145F^{-0.89}$;

2 – средневодный год $q = 11.5F^{-0.41}$; 3 – многоводный год $q = 3.1e^{-0.00064F}$ [1]

Экспериментальные данные показывают, что эффективность работы дренажа с параметрами, рассчитанными по формулам (рис. 2) существенно выше их расчетных значений. Корректное для расчета параметров дренажа качество определения фильтрационных свойств почв с использованием проблемно-ориентированной модели польдерной системы может быть обеспечено применением метода рентгеновской компьютерной томографии (РКТ).

Определенные экстремальные значения фактических модулей дренажного стока $q_{др.факт.} = 3.12 - 6.79 \text{ л}/(с \cdot га)$ существенно выше их максимальных значений за периоды наблюдений. Математическое моделирование является необходимым средством расчета параметров польдерных систем, позволяющим с необходимой детализацией и учетом всех составляющих систему элементов, рассчитывать в динамическом режиме их параметры.

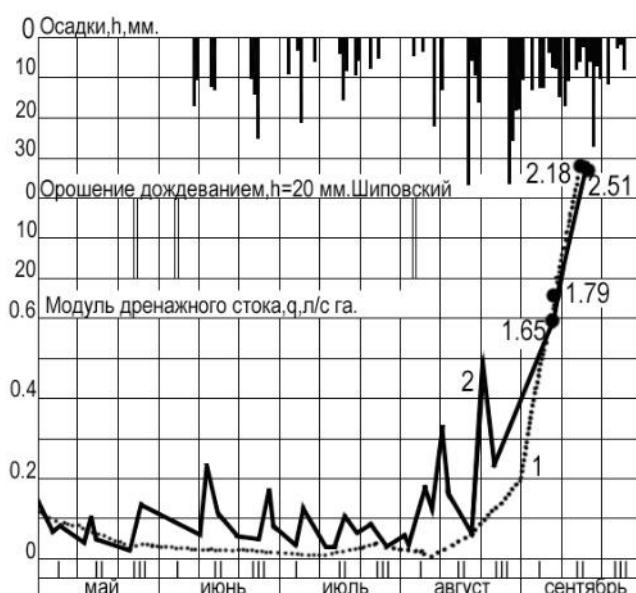


Рис. 2. Динамика формирования модулей дренажного стока на производственно-экспериментальных участках "Шиповский" и "Аксеново".

"Шиповский" – экспериментальный участок с самотечной системой двустороннего действия площадью $F=73$ га, "Аксеново" – опытно-производственная польдерная система двустороннего действия на 116 га площадью $F=130$ га, имеющая осушительно-увлажнительную насосную станцию

Фильтрация грунтовых вод в насыщенной зоне описывается квазилинейным двухмерным нестационарным уравнением капиллярной модели совместно с моделью переноса влаги по пленкам:

$$\left\{ \begin{array}{l} (\mu_0 - \sum_{i=1}^n \mu_i) \frac{\partial H}{\partial t} = \nabla \left(\int_{H_d}^H K_\delta(z) dz \cdot \nabla H \right) + \xi - \sum_{i=1}^n \mu_i f_i - \int_{H_d}^0 \frac{h_0 - h}{\tau_p} S dz \\ \frac{\partial H_i}{\partial t} = f_i, \quad i = \overline{1, n} \\ \frac{\partial h}{\partial t} + \nabla(h\vec{V}) = \frac{h_0 - h}{\tau_p} \\ \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + (\vec{V}\nabla, \vec{V}) + a\nabla h = 0 \end{array} \right. \quad (4)$$

где x – размерная координата, направленная вдоль канала, м; y – размерная координата, направленная перпендикулярно каналу, м; H – уровень грунтовых вод, м; μ_0 – коэффициент водоотдачи; d_i – диаметр капилляров, м; μ_i

– относительный объем капилляров диаметром d_i ; $K_\phi(z)$ – скорость фильтрации в зависимости от уровня z , м/с; L_d – расстояние между дренами, м; k – коэффициент «висячести»; T – водопроницаемость водоносного горизонта, м²/сут; H_i – уровень воды в капиллярах диаметром d_i , м; $f_i = V_{ki} \frac{H_{ki} + H - H_i}{H_{ki}}$; V_{ki} – скорость капиллярного подъема в капиллярах диаметром d_i , м/с; H_{ki} – высота капиллярного подъема в капиллярах диаметром d_i , м, в частности для капилляров диаметром d для воды с $t = 20^\circ\text{C}$: $V_{ki} = 1.5 \cdot 10^5 \cdot d^2$, $H_{ki} = 3 \cdot 10^{-5}/d$; S – удельная площадь порового пространства, м²/м³; ξ – суммарный приток и отток, м/с; h – толщина пленки, м; $\vec{V}$ – осредненная скорость движения по пленке, м/с; a – эмпирический параметр, м/с². В этой модели обмен влагой между пленкой и капиллярной влагой в уравнениях непрерывности пленки и в капиллярных уравнениях учитывается слагаемым: $\frac{h_0 - h}{\tau_p}$, где h_0 – толщина равновесной пленки, м, τ_p – скорость (характерное время) влагообмена, с.

Для этой системы уравнений граничные условия задаются на границах области интегрирования в виде нулевых потоков $\frac{\partial H}{\partial n} = 0$, где n – координата, перпендикулярная к границе.

В расчетах модели переноса влаги по пленкам использована физическая модель порового пространства почвы, предполагающая неразрывность в почвенном массиве пор одного диаметра. С учетом экспериментальных данных распределения пор по диаметрам это приводит к гипотезе о наличии в почве минимального объема, характеризуемого спектром распределения пор и независимостью свойств от его расположения и ориентации в почве. Расчет динамики водоотдачи, проведенный с использованием системы уравнений (4) для экспериментальных данных, показал хорошее качественное и количественное совпадение рассчитанных и экспериментальных данных [2].

Рассчитанные параметры польдерных систем площадью $F=200 \div 5\,000$ га с использованием проблемно-ориентированной модели польдерной системы, включающей систему уравнений (4) при сравнении с экспериментальными данными показали хорошее совпадение, показывающее определенные перспективы использования проблемно-ориентированной модели в практических расчетах параметров польдерных систем. Данные расчетов с использованием системы уравнений (4) показывают возможность достижения фактических значений $q_{\text{фр. факт.}}$, приведенных на рис. 2.

Заключение. Анализ методов расчета действующих польдерных систем и экспериментальных данных показывает, что использование в расчетах параметров дренажа системы уравнений (4) и применение для определения необходимых для расчетов количественных и качественных параметров водно-физических и фильтрационных свойств почв осушаемого массива методом рентгеновской компьютерной томографии позволит достичь необходимой корректности работы запроектированного дренажа.

Библиографический список

1. Галковский, В.Ф. Гидрологический режим польдеров Белорусского Полесья // Конструкция и использование польдерных систем / Труды ЛитНИИГиМ. – Елгава, 1981. – С. 41-79.
2. Кащенко, Н.М. Моделирование работы линейных польдерных систем. Приведение польдерной системы к линейному виду / Н.М. Кащенко, В.В. Васильев, В.П. Ковалев // Вестник БГСХА. – 2013. – № 4. – С. 108-112.
3. Кащенко, Н.М. Моделирование работы линейных польдерных систем. Расчет переноса влаги в междренной полосе / Н.М. Кащенко, В.В. Васильев, В.П. Ковалев // Вестник БГСХА. – 2014. – № 1. – С. 131-135.
4. Кащенко, Н.М. Расчет параметров польдерных систем сельскохозяйственного назначения / Н.М.Кащенко, В.В.Васильев, В.П. Ковалев //Вестник БГСХА. 2018,№ 4. С. 128-132
5. Кащенко, Н.М. Польдерные системы сельскохозяйственного назначения. Расчет параметров реконструируемых систем / Н.М. Кащенко, В.В. Васильев, В.П. Ковалев // Вестник БГСХА. – 2019. – № 4. – С. 131-136.
6. Филатов, В.А., Ковалев В.П. Расчет основных параметров польдерных систем / В.А. Филатов, В.П. Ковалев // Мелиорация земель Калининградской области. – Л.: Госиздат, 1987. – С. 26-30.

УДК 631.6:626.86

ДИАГНОСТИКА ПОЛУГИДРОМОРФНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОЧВ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ ОСУШЕНИЯ РАЗНЫМИ ВИДАМИ ДРЕНАЖА

Ковалев И.В., д.с.-х.н., профессор

МГУ имени М.В. Ломоносова, факультет почвоведения, г. Москва, Россия;

Целесообразность осушения минеральных гидроморфных почв должна базироваться на анализе водного режима и продуктивности непрерывных рядов почв (обычно от водоразделов до низин). На основе таких данных в результате многолетних стационарных исследований выделяют виды почв по степени оглеения, для которых разрабатывается диагностика, в том числе, основанная на морфологических и химических свойствах почв. Аналитическая оценка степени гидроморфизма почв

апробирована в конкрециях по коэффициенту заболоченности – отношение содержания подвижного железа к марганцу и впервые по содержанию углерода в ортштейнах. Система диагностических признаков для каждой группы почв, образующих непрерывный ряд, позволяет оценить выбор способа осушения и вид дренажа (Kovalev, 2019). В зоне широколиственных лесов юга Нечерноземья России широко распространены серые лесные оглеенные почвы, образованные на бескарбонатных лессовидных суглинках со средней и низкой водопроницаемостью (K_f 0,1-0,3 м/сут). Они играют важную роль в земледелии этой зоны. Однако их сельскохозяйственное использование осложнено систематически повторяющимся переувлажнением. Вместе с тем, сведения, позволяющие раскрыть особенности их генезиса и развития в естественных условиях и после дренажа, все еще остаются весьма ограниченными или неизвестными вообще. Последнее затрудняет понимание их эволюции во вторичных мелиорируемых условиях; оценку продуктивности гидроморфных почв при различном использовании; диагностику почв; объективную оценку разных способов осушения. Применение бестраншейного пластмассового дренажа на почвах с K_f (0,1-0,3 м/сут) до настоящего времени остается дискуссионным. Такое состояние закрывает возможность широкого применения осушения бестраншейным пластмассовым дренажем. Поэтому на современном этапе развития науки необходимо создание дистанционного мониторинга осушенных земель России. Только наличие комплексной информации о свойствах и режимах естественных, осушенных почв и почв геохимически сопряженных ландшафтов позволит разработать диагностику гидроморфных минеральных почв, оценить целесообразность развития осушения на сельскохозяйственных землях России, выбрать оптимальный способ и метод осушения гидроморфных почв.

Объект исследования. Исследования проведены в Ступинском районе Московской области на светло-серых глееватых почвах, сформированных на покровных лессовидных суглинках. Здесь осенью 1988 г. был создан уникальный с точки зрения возможности осуществления режимных стационарных наблюдений экспериментально-мелиоративный полигон по проекту «Мосгипроводхоз». Впервые в практике мелиоративного осушения мы имеем возможность изучать изменение свойств и режимов почв по отношению к первому году действия дренажа на протяжении

нии уже почти 30 лет. Исследования приурочены к фиксированным точкам наблюдений и проведены одними и теми же методами в разные годы обеспеченности осадками, начиная с 1988 года. Дренажные системы, площадью 2-4 га каждая, строились в 3-х кратной повторности для каждого варианта опыта: 1-й – светло-серые глееватые почвы, осушенные пластмассовым дренажом с помощью дреноукладчика МД-4 на глубину 100-120 см и 2-й вариант – эти же почвы, осушенные гончарным дренажом с помощью дреноукладчика ЭТЦ-202 на ту же глубину с междренним расстоянием – 16м. Также рассматривались эколого-гидрологические условия, свойственные светло-серым лесным глубокооглееным и глееватым почвам с естественным водным режимом. Все исследованные почвы (неосушенные и осушенные) сформированы на близких или тождественных по гранулометрическому составу породах – крупнопылевато-иловатом покровном суглинке.

Методы исследования. Свойства и режимы серых оглеенных и осушенных почв исследованы не только классическими, но и современными методами: определение пула лигниновых фенолов методом мягкого щелочного окисления органического вещества оксидом меди в азотной среде с последующим использованием хроматографии тонкого слоя (Ковалев, 2016), ^{13}C и ^{31}P -ЯМР-спектроскопия, модифицированная методика определения аминсахаров, определение изотопного анализа углерода органического вещества и др.. Важно отметить, что учет урожая проводили прямым комбайнированием по линиям нормальным к дренам на учетных площадках (2-4 га). В них входила треть площади полигона с гончарным или пластмассовым дренажом, исключая влияние открытых каналов и дрена прилегающего полигона.

Результаты и обсуждение. Водный режим определяет признаки гидроморфизма почв. Показано, что гидрологический режим серых лесных глубокооглеенных почв характеризуется наличием нижнего яруса верховодки после снеготаяния (рис. 1а, б).

Особенностью глееватых почв является наличие двухъярусной верховодки, которая сохраняется до начала-середины мая (Ковалев, 2016). Ее верхний ярус приурочен к пахотному слою, а нижний располагается на глубине 70-75 см. Между этими двумя горизонтами полного обводнения существуют зоны с влажностью, равной наименьшей влагоемкости (НВ) и в интервале: наименьшая влагоемкость – полная влагоемкость (НВ-ПВ).

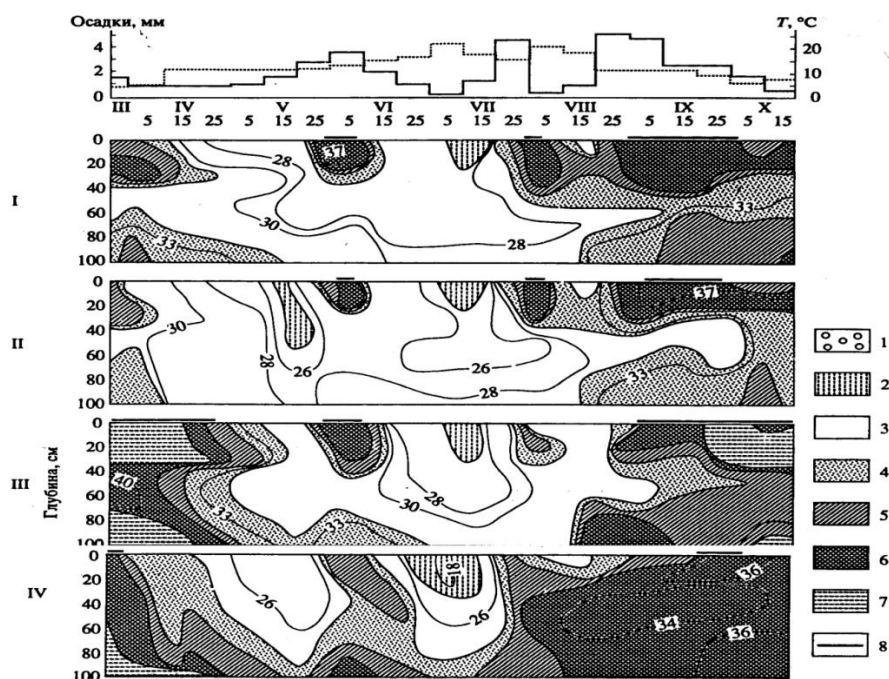


Рис. 1а. Элементы водного режима светло-серых лесных неосушенных и осушенных почв (влажность в объемных процентах и категориях):

а) – влажный год; б) – экстремально сухой год; 86/73 -- обеспеченность осадками: за вегетационный период (IV-X)/ за год.

Почвы: I – глееватая, осушенная гончарным дренажом; II – глееватая, осушенная пластмассовым дренажом; III – глееватая недренированная; IV – глубокооглеенная недренированная. Категории влажности: 1 – менее влаги завядания (ВЗ); 2 – от ВЗ до влажности разрыва капиллярной связи (ВРК); 3 – от ВРК до 0,95 НВ (наименьшей влагоемкости); 4 – 0,95 НВ-НВ; 5 – НВ-1,05НВ; 6 – НВ – до полной влагоемкости (ПВ); 7 – ПВ, верховодка; 8 – $\geq 0,75$ ПВ гор. Ар

Именно в это время в серых глееватых почвах с естественным водным режимом наблюдается снижение окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) до 280-300 мВ и возникают анаэробные условия. Летом обычно наблюдаются выравненные значения ОВП в почвах начальных стадий гидроморфизма (глубокооглеенные $\rightarrow$ глееватые). Эти характерные различия гидрологического и окислительно-восстановительного режимов серых лесных почв разной степени оглеения сказываются статистически значимо на физических и химических свойствах почв, в том числе и в конкреционных новообразованиях (табл. 1).

Значения коэффициента заболоченности (Fe/Mn) адекватно отражают степень заболоченности почв в светло-серых почвах с естественным увлажнением. Для глубокооглеенных («автоморфных») почв значения (Fe/Mn) составляют около 7, глееватых (гидроморфных) – до 16. Данные по количеству ортштейнов, по распределению содержания железа, марганца, углерода, азота, серы, фосфора, пулу лигниновых фенолов в ортштейнах серых почв с естественным водным режимом имеют близкие значения независи-

мо от обеспеченности года осадками и характера использования этих почв на протяжении 30 лет (табл. 1) и позволяют достоверно диагностировать степень заболоченности этих почв даже на уровне видовых различий (глубокооглеенные, глееватые, глеевые почвы).

Таблица 1. Многолетняя динамика содержания ортштейнов в светло-серых лесных оглеенных почвах (г/100 г абсолютно-сухой почвы), $n=5$

Годы→ Почва	1989 г.	1992-1994 гг.	1995- 1996 гг.	2000 г.	2008-2009 гг.	2010 г.	2012 г.	2016-2019 гг.
Масса ортштейнов в г/100г абс. сухой почвы								
Глееватая	2.30± 0.098	2.20± 0.105	2.16± 0.140	2.22± 0.088	2.26± 0.097	2.27± 0.077	2.29± 0.067	2.16± 0.083
Глубоко оглеенная	0.26± 0.018	0.27± 0.020	0.26± 0.015	0.29± 0.020	0.27± 0.040	0.28± 0.046	0.28± 0.054	0.26± 0.048

Под влиянием заболачивания почв происходит увеличение плотности сложения, удельной поверхности в верхних горизонтах, уменьшение общей порозности, порозности агрегатов, пор инфильтрации, аэрации, влагопроводящих пор, значений вертикальной фильтрации (Kovalev, 2019).

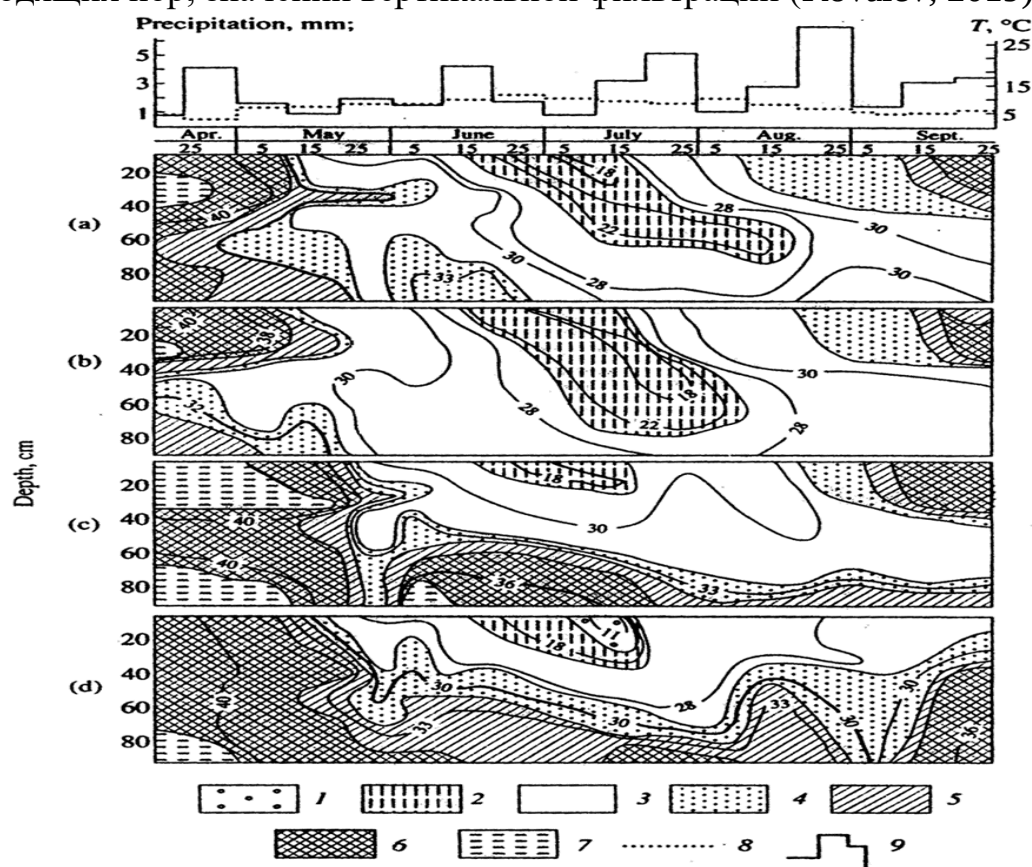


Рис. 16. Обозначения те же

Наблюдения показывают, что дренаж во влажные (рис. 1а), средние и сухие (рис. 1б) годы оказывает весьма существенное влияние на режим влажности глееватых почв. При наличии дренажа в глееватых почвах не только устраняется двухъярусная верховодка, но обычно исчезает гравитационная влага из нижних горизонтов. Влажность почвы при этом на протяжении большей части теплого периода оказывается в оптимальном диапазоне – наименьшая влагоемкость-влажность разрыва капиллярной связи (НВ-ВРК). Окислительно-восстановительный потенциал возрастает до 420-470 мВ, обеспечивая господство окислительной обстановки на протяжении сухого периода. Выявлены определенные различия в действии траншейного гончарного и бестраншейного пластмассового дренажа. В контрастные по влажности годы показано, что с помощью гончарного и пластмассового дренажа может быть достигнут близкий эколого-гидрологический эффект. Это позволяет признать, что бестраншейный пластмассовый дренаж без применения траншейных фильтров на серых глееватых почвах с Кф 0.1-0.3 м/сут оказывает такое же или более интенсивное гидрологическое действие, что и гончарный дренаж (рис. 1а, б).

На осушенных глееватых почвах формируются благоприятные условия для возделывания культур полевых севооборотов (табл. 2). Так, при осушении бестраншейным пластмассовым и траншейным гончарным дренажом глееватых почв всегда в средние и влажные по осадкам годы происходит существенное увеличение урожайности сельскохозяйственных культур по сравнению с недренированными глееватыми почвами. Она оказывается близкой к урожайности культур на незаболоченной глубокооглеенной (автоморфной) почве. Оценка разности средних по урожайности культур на почвах, осушенных этими двумя видами дренажа, показывает, что различия не достоверны при 5 % и, как правило, при 1% уровне значимости (табл. 2).

Действие разных видов закрытого дренажа способствует увеличению количества агрономически ценных агрегатов не только в верхних горизонтах профиля, но и в нижних. Осушение и подземная биомасса растений оказывает влияние на увеличение пор инфильтрации, аэрации и влагопроводящих пор (по кривым ОГХ), особенно, в иллювиальных горизонтах. Под воздействием осушения заметно повышаются значения Кф, установленных как методом Хануса, так и методом рам. Перед строительством дренажа серым лес-

ным глееватым почвам были свойственны низкие и средние значения вертикальной фильтрации (0,1-0,3 м/сут), после осушения – средние и высокие.

Таблица 2. Урожайность сельскохозяйственных культур на светло-серых оглеенных недренированных и дренированных почвах (т/га).

Уборка прямым комбайнированием (комбайн «Дон-1500») с площади каждой системы (2-4 га) по полосам перпендикулярно дренажным линиям

Полигоны	Сухой год, 86/73 (вико-злаковая смесь на зерно)	Умеренно-сухой год, 33/46 (озимая пшеница)	Влажный год, 49/25 (озим. пшеница)	Умеренно- влажный год, 33/46 (ячмень)
Глееватая почва, недренированная (контроль)				
-	-	3.98	0.62	2.90 *
Глееватая почва, дренированная. Пластмассовый дренаж				
П-1	2.12	4.58	2.94	4.04
П-2	2.60	5.14	4.00	3.94
П-3	2.58	4.32	6.57	2.54
Среднее	2.43	4.67	4.50	3.51
Глееватая почва, дренированная. Гончарный дренаж				
Г-1	2.06	5.10	3.47	4.32
Г-2	2.50	5.60	4.81	3.77
Г-3	2.48	4.61	5.10	2.56
Среднее	2.35	5.10	4.46	3.55

*– посев на месяц позже из-за полного обводнения; М – среднее арифметическое; t – критерий Стьюдента; m – ошибка среднего; 86/73 -- обеспеченность осадками: за вегетационный период (IV – X)/ за год

Дренаж приводит к активизации микробиологической деятельности, которая прямо регистрируется по увеличению длины грибного мицелия и общей биомассы микроорганизмов и косвенно – по увеличению доли диэфиров микробного происхождения на ^{31}P ЯМР-спектрах: с 6 до 11 % и с 9 до 12 % от площади спектра, а также по увеличению содержания аминосугаров и мурамина в почвах ($p < 0.95$). В результате произошла и деструкция лигнина в агроэкосистемах. Согласно величинам отношения лигнин/к азоту (VSC/N) в осушенных почвах наблюдается и преобладание метаболического углерода над ароматическим (Ковалев, 2016). Сумма продуктов окисления лигнина падает ($p < 0.95$) с 13 мг г $^{-1}$ Сорг. до 9 мг г $^{-1}$ Сорг. Возрастает ($p < 0.99$) степень измененности боковых цепочек лигнина (VSC) по отношению к исходным растительным тканям. В результате, наблюдается увеличение соотношения Сгк:Сфк в гумусовых горизонтах от 0.93-1.18 до 1.53-1.98. Данный факт подтверждается и увеличением на 30 % площади пика углерода карбогидратов в области 60-106 ppm, по результатам ^{13}C ЯМР-спектроскопии, в молекулах ГК светло-серых глееватых осушенных почв. Изменение перечисленных показате-

лей в осушенных почвах в конечном итоге свидетельствует об аэрации почв, интенсификации окислительных процессов и мобилизации органического вещества в них, улучшении агроэкологических условий для роста и развития растений (табл. 2). Благоприятные условия для развития ризосферы и общей продуктивности растений характерны и для вторичных вертикальных литологических структур (дренажных и щелевых засыпок). Эти структуры создают вторичную гидрологическую и литологическую неоднородность, возникающие под влиянием дренажа и усугубляют пестроту почвенного покрова, обусловленную первичной неоднородностью водного режима, степенью заболоченности почв, гранулометрическим составом.

Осушение почв способствует замыканию биогеохимических циклов, высвобождая элементы из новообразований по мере деградации последних на примере разрушительной трансформации соединений железа, марганца, углерода, азота, серы, фосфора, молекул гуминовых кислот и лигнина и по отношению к первым годам последствия пластмассового и гончарного дренажа на фоне непрекращающегося процесса ортштейнообразования. В то же время, как морфологические свойства осушенных почв, так и значения коэффициента заболоченности ($K_z - Fe/Mn$) не отражают четко этих изменений. Содержание углерода в ортштейнах адекватно отражает гидрологический режим осушенных почв. На основе изучения продуктивности растений, свойств и режимов серых почв на протяжении 30 лет предлагается использовать параметр «содержание углерода в железисто-марганцевых ортштейнах»: во-первых, для диагностики степени гидроморфизма почв с естественным увлажнением; во-вторых, для адекватной оценки действия дренажных систем и необходимости проведения их мелиоративной реконструкции.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-14-01120, в рамках гос. задания МГУ № АААА-А16-116122810020-6

Литература

1. Ковалев И.В. Биохимия лигнина в почвах // Автореф. диссер. д.с.-х.н. по специальности «почвоведение». М. 2016, 50 с.
2. Kovalev I.V., Kovaleva N.O. Evaluation of the effect of modern drainage technologies on the physical properties and productivity of mineral hydromorphic soils // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 368, no. 1 (012024). P. 1–10.

НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РЕГУЛИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ МНОГООПОРНЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН КРУГОВОГО ДЕЙСТВИЯ ТИПА «КУБАНЬ-ЛК1»

Рязанцев А.И., д.т.н., профессор, *ФГБНУ ВНИИ «Радуга», г. Коломна,*
Антипов А.О., к.т.н., доцент, *Государственный социально-гуманитарного*
университет, г. Коломна,

Евсеев Е.Ю., аспирант, **Смирнов А.И.**, аспирант
Рязанский государственный агротехнологический университет
Им. П.А. Костычева, г. Рязань

Дождевальная машина, отвечающая показателям мирового уровня, является многоопорная электрифицированная дождевальная машина кругового действия «Кубань-ЛК1». Она предназначена для полива различных сельскохозяйственных культур, включая высокостебельные, и может быть использована на любых типах почв.

Достоинства машины заключаются в низкой энергоемкости процесса полива; высокой степени автоматизации и надежности выполнения технологического процесса; обеспечивается автоматизированная групповая работа машин с дистанционным управлением; возможность реверсивного движения с поливом и без подачи воды в машину, хорошее качество распределения и структуры дождя; обеспечивается проходимость на полях с низкой несущей способностью почв; срок службы машины составляет не менее 12 лет; один оператор может обслужить до 8...10 машин [4].

Однако при поливе на сложном рельефе, из-за разности геодезических высот положения тележек ДМ, при работе на уклоне, колебание расхода воды, особенно в концевой части машины, может достигать до $\pm 50\%$. При этом, снижение равномерности распределения дождя по склоновой поверхности приводит к возрастанию поверхностного стока, особенно в концевой части машины до 30...40%, что снижает прочностные свойства почвы (несущую способность), и, как следствие, опорно-сцепные характеристики ее ходовых систем.

Снижение интенсивности дождя в концевой части ДМ, определяющее, в целом, ухудшение равномерности его распределения по длине машины, возможно обеспечить оснащением дождевальных аппаратов машины, обоснованными по конструкции, регуляторами расходов.

Для регулирования расходно-напорных характеристик в водопроводящих системах ДМ применяют различные конструкции регулирующих устройств.

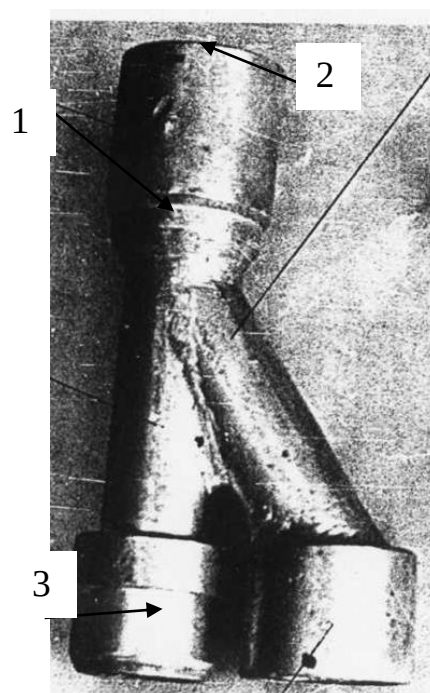
Для обеспечения неизменного напора воды, подаваемой в дождеобразующие устройства ДМ, устанавливают регулятор, представляющий собой эластичную резиновую диафрагму с цилиндрическим отверстием (сопло «Нельсона») (рисунок 1), которое обеспечивает расход воды при напоре до определенной величины, такой же, как на ровном рельефе. Однако отмечено, что данный регулятор не обеспечивает необходимой точности регулирования и быстро выходит из строя из-за пластических деформаций, происходящих в корпусе регулятора.

Наиболее приемлемым для указанной цели является разработанный в ВНПО «Радуга» макетный образец микрорегулятора давления дождевальных аппаратов дождевальных машин (рисунок 2). Достоинствами данной конструкции регулятора давления являются малые габаритные размеры и возможность его настройки на необходимое значение поддерживаемого расхода и давления.



1 – дождевальная насадка; 2 – регулятор.

Рис. 1. Общий вид регулятора давления «сопло Нельсона» с дождевальной насадкой



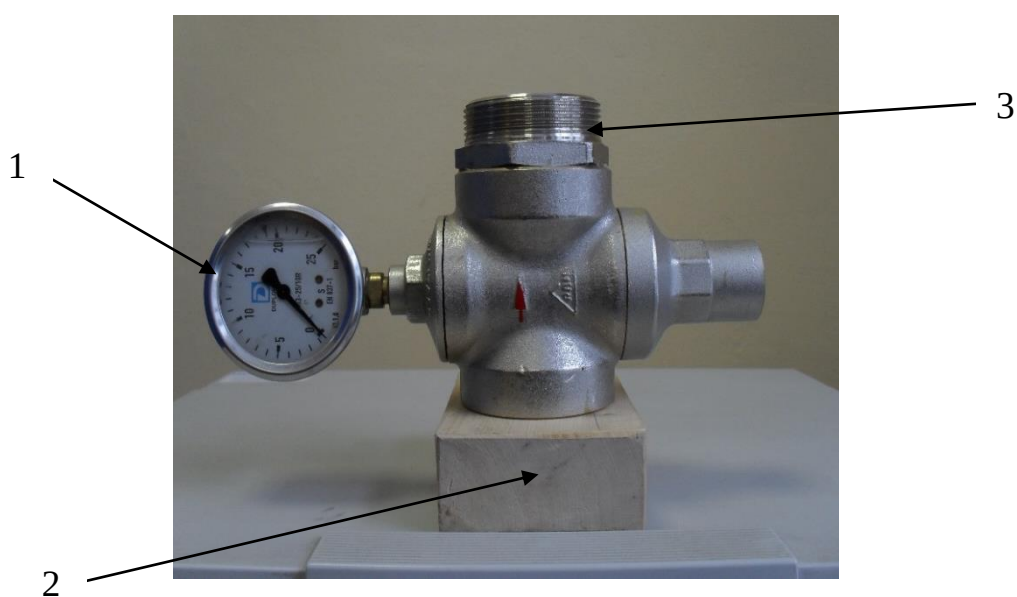
1 – корпус, 2 – входная полость, 3 – выходная полость;

Рис. 2. Общий вид микрорегулятора давления дождеобразующих устройств дождевальных машин

Основным же его недостатком является неудовлетворительная, для указанной цели, точность поддерживаемой характеристики, ввиду повышенного трения регулирующего органа об стенки регулятора. Это делает

нецелесообразным применение регулирующего устройства данной конструкции для улучшения равномерности распределения слоя дождя на уклонных поверхностях.

Известна конструкция регулятора поршневого типа для полосового шлангового дождевателя «Ирремек» (рисунок 3) [2]. За счет изменения величины кольцевого проточного зазора давление достигают нужного значения на выходе из регулятора. Для многоопорных ДМ не находит применение из-за больших значений расходно-напорных характеристик.

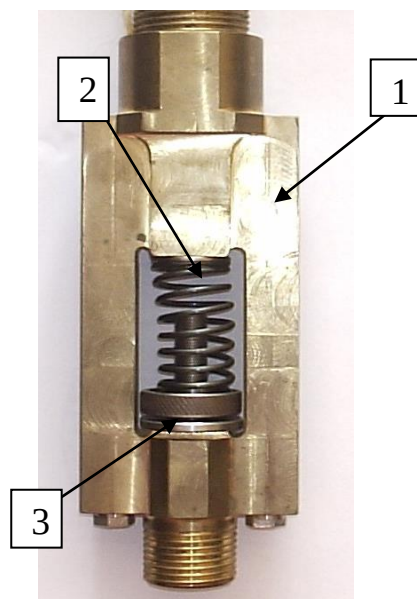


1 – манометр; 2 – входное отверстие; 3 – выходное отверстие.

Рис. 3. Общий вид регулятора давления шлангового дождевателя

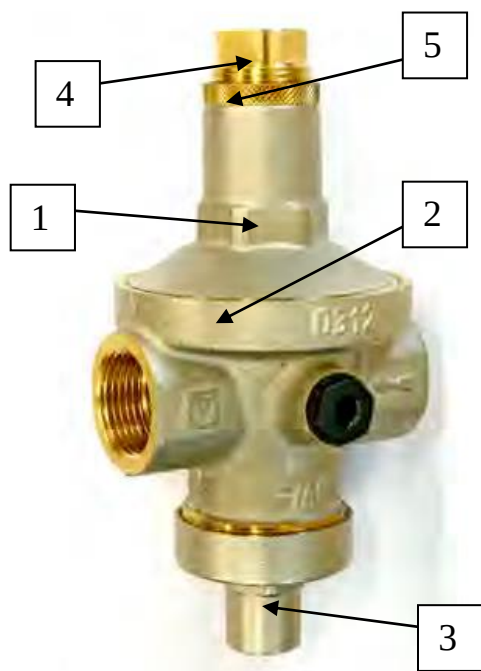
Для широкозахватной дождевальной машины «Фрегат» имеется опыт применения пружинного регулятора (рисунок 4) устанавливаемого перед дождевальными аппаратами. К недостаткам отмеченного регулятора стоит отнести сравнительно невысокую точность регулирования (рисунок 4), что сдерживающего его применение на многоопорных ДМ, работающих со значительным колебанием расходов на уклоне (до 30% и более).

Более эффективным регулятором, для дождевальных машин типа «Кубань-ЛК1» может быть регулирующее устройство мембранного типа (рисунок 5), обеспечивающего повышенную точность регулирования [1].

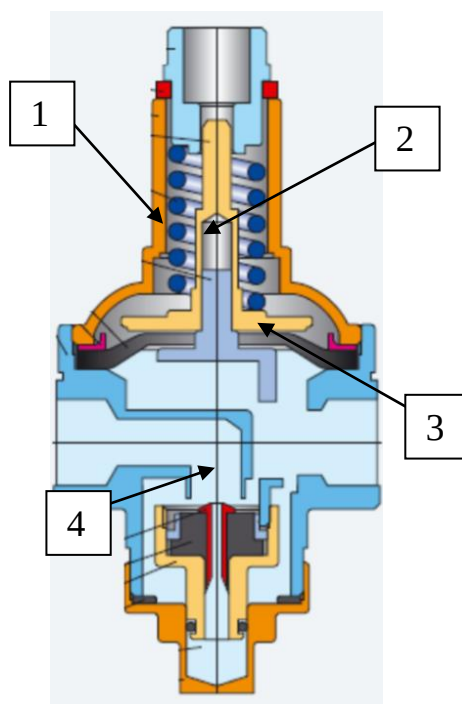


1 – корпус; 2 – пружина; 3 – поршень.
а – общий вид;

Рис. 4. Общий вид регулятора расходно-напорных характеристик ДМ «Фрегат»



1 – корпус редуктора, 2 – крышка корпуса,
3 – пробка корпуса, 4 – настроечная втулка,
5 – фиксирующая гайка.



1 – пружина, 2 – цилиндрическая часть
штока, 3 – мембрана, 4 – нижняя часть
штока, 5 – демпферная камера.

а – общий вид; б – схема регулирования (в разрезе)

Рис. 5. Мембранный регулятор расхода воды

При работе мембранного регулятора вода поступает через входной канал в корпус редуктора на золотник. Под действием пружины 1, через составной шток 4 (верхняя часть, цилиндрическая часть, нижняя часть) золотник открыт, когда сила входного давления меньше, чем сила пружины 1 и сила выходного давления, действующего на эластичную мембрану 3. С увеличением давления на выходе золотник закрывается, дросселируя поток.

Исходя из анализа представленных регулирующих устройств, наиболее приемлемым, по точности регулирования расходно – напорных характеристик дождевальных аппаратов ДМ «Кубань – ЛК1» может быть регулятор мембранного типа.

Следует отметить, что оснащение дождевальных аппаратов ДМ при поливе склоновых участков, подобными регуляторами, должно обеспечивать показатели интенсивности дождя и, как следствие, несущей способности почвы в концевой ее части, присущие значениям на выровненном рельефе [3].

При этом критерием выбора той или иной модификации регулирующего устройства подобного типа, может быть, его материалоемкость, которая, исходя из имеющихся регуляторов данного класса, должна составлять не более 0.50 кг/л/с, с последующим, при необходимости, оптимизации конструктивно – компоновочных параметров.

Библиографический список

1. Евсеев Е. Ю., Рязанцев А.И., Антипов А.О. Регулирование водоотдачи ДМ «Кубань-ЛК1» на склоновых участках. В сборнике: Материалы Всероссийской национальной научно-практической конференции посвященной 80-летию со дня рождения профессора Анатолия Михайловича ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, Совет молодых ученых. 2020. С. 83-88.
2. Рязанцев А.И., Кириленко Н.Я., Агейкин А.В. Регулятор давления. Патент на полезную модель RUS 90914 13.11.2009.
3. Рязанцев, А.И. Повышение эксплуатационных показателей транспортных систем многоопорных машин [Текст] / А.И. Рязанцев, А.О. Антипов., Смирнова Е.А. – Коломна: ГОУ ВО МО ГСГУ, 2018. – 246 с.
4. Technological features of irrigation and assessment indicators of multibasic irrigation machines running systems efficiency (on the example of im Kuban – LK1) Ryazantsev A. I., Antipov A. O., Smirnov A.I., Evseev E. Yu., Akhtyamov A. A., Rembalovich G. K. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2019. Т. 8. № 8 S3. С. 404-406.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОРОШЕНИЯ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА АГРОФИТОЦЕНОЗА

Лытов М.Н., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
*Волгоградский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский
институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова»,
г. Волгоград, Россия*

Комбинирование способов полива для комплексного регулирования факторов жизни и защиты растений от климатических рисков, с реализацией функционала единой технической системой, является новым, перспективным направлением развития мелиоративных технологий [1]. Варианты конструкций такого рода систем уже созданы во ВНИИГиМ и подтвердили свою работоспособность [2, 3]. Однако потенциал направления раскрыт далеко не полностью, есть большие перспективы по расширению выполняемых технологических функций, упрощению конструкций и повышению надежности системы, повышению энергоэффективности и другим актуальным задачам [4, 5, 6]. Создание функциональной структуры комбинированной системы орошения является важным этапом работы, выполняемой в этом направлении.

Использование метода функционального анализа позволило сформировать потоковую функциональную структуру комбинированной системы орошения для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза (рис. 1). Приведенная на рисунке 1 структура включает расположенные в потоковом формате функции технической системы с указанием операции Коллера (ОК), выполняемой данным функциональным конструктивом. Использование этого метода позволяет создать максимально общую, концептуальную структуру технической системы, обеспечивающей возможность комбинированного применения разных способов орошения для комплексного регулирования факторов жизни и защиты растений от климатических рисков.

Предложенная функциональная структура технической системы включает как типовые, свойственные для большинства современных ГМС, сегменты, так и специфичные потоковые функциональные ветви, характерные для систем комбинированного орошения. Характеристическим примером первых является функция F1, предполагающая отделение и перенаправление потока воды из водоисточника к элементам оросительной системы.

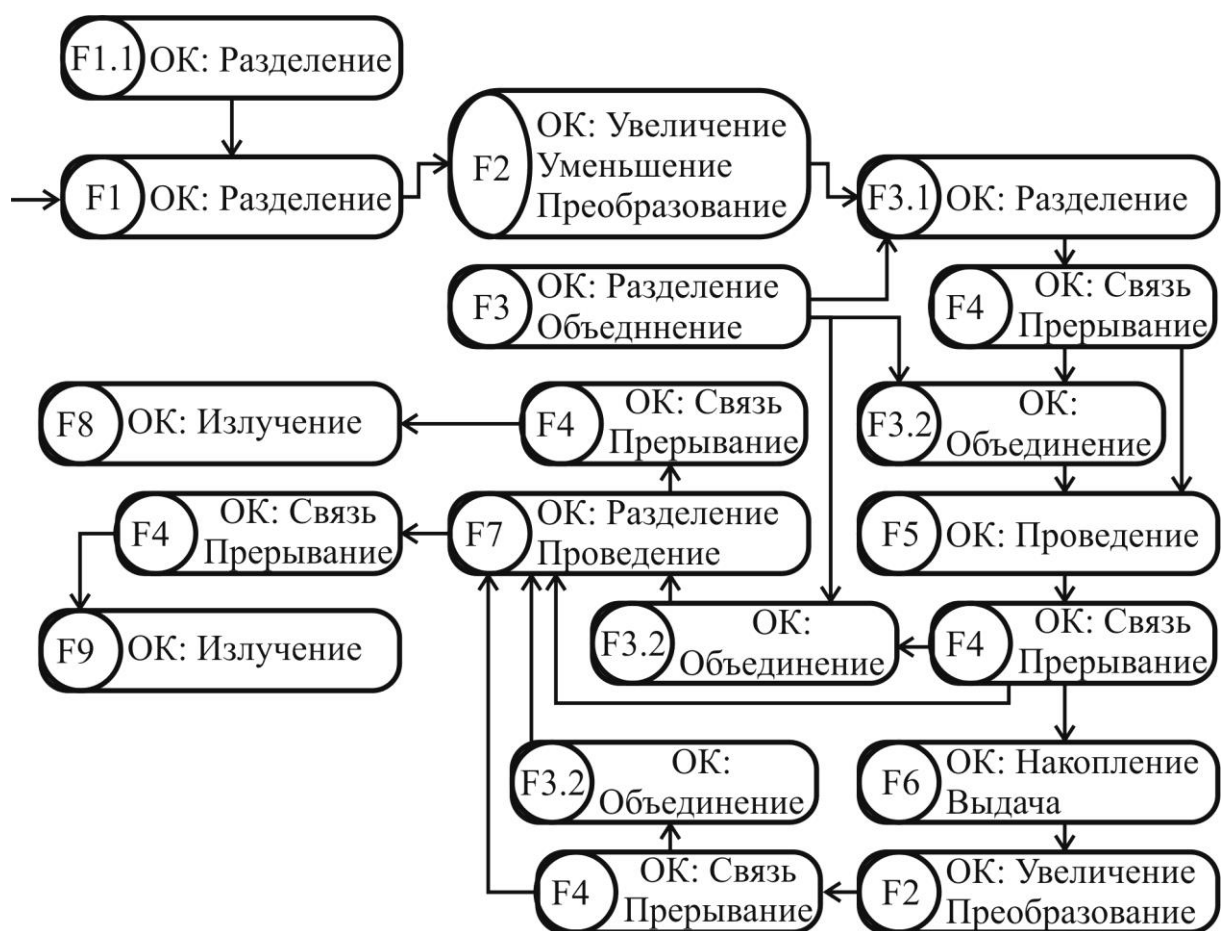


Рис. 1. Потокосная функциональная структура комбинированной системы орошения

Это типичная функция оросительной системы, за выполнение которой отвечает конструктивно-функциональный узел водозабора. Подфункция F1.1 отвечает за разделение отбираемого для орошения потока воды и сопутствующих объектов биогенного происхождения, а также крупного мусора из водоисточника. Однако функция F1 в том абстрактном представлении, как она приведена на рисунке, включает и иные конструктивные решения, не связанные с водозабором и водоисточником в обычном их представлении. Операция разделения и перенаправления потока осуществляется также в любом узле присоединения водотранспортных водоводов низшего порядка к высшим. В таком ключе функция может позиционироваться, например, если мы рассматриваем не всю оросительную систему, а ее сегмент, предполагающий устройство комбинированного орошения.

Функция F2 предложенной потокосной функциональной структуры системы комбинированного орошения отвечает за регуляцию энергетических характеристик транспортируемого потока оросительной воды. Это может быть увеличение кинетической и потенциальной энергии воды пу-

тем преобразования механической энергии вращения лопаток насоса, или снижение энергетического потенциала при прохождении воды через редуктор. Конечной целью этой функции технической системы является создание рабочих напоров в системе, обеспечивающих выполнение технологического процесса. Операции Коллера, соответствующие этой функции включают, соответственно, преобразование (механической энергии лопаток насоса в потенциальную энергию давления воды), увеличение (энергии, давления воды в системе) и уменьшение (энергии, давления воды в системе).

Функция F3 отвечает за обеспечение требуемого качества воды для полива, а также за создание растворов с заданными технологическими свойствами. Анализ современных конструкций систем капельного и комбинированного орошения позволяет выделить две основные подфункции для данного функционально-структурного узла. Подфункция F3.1 отвечает за разделение потока оросительной воды с мелкофракционными механическими примесями (операция Коллера – разделение). Подфункция F3.2 предполагает объединение потока воды и растворенных в ней веществ для получения технологических растворов (операция Коллера – объединение). В потоковой структуре на рисунке 1 эти функции расположены как последовательно, после функции F2, так и в разнесенном формате. Это предполагает использование перспективных пространственно разнесенных и комбинированных схем компоновки модуля водоподготовки.

Следующая в потоковой структуре функция, - F4, - на рисунке 1 неоднократно повторяется. Функция состоит в прерывании и возобновлении потока воды или приготовленных на ее основе растворов. Это работа узлов запорно-регулирующей арматуры, которыми оросительная система оснащается в большинстве узлов ветвления потока.

Функция F5 – одна из неотъемлемых функций любой оросительной системы, заключается в транспорте оросительной воды и (или) приготовленных на ее основе растворов. Операция Коллера, соответствующая этой функции, это операция проведения. Потоковая функциональная структура системы комбинированного орошения, приведенная на рисунке 1, предполагает размещение функций F4 и F3.2 сразу после функции проведения F5. Это позволяет зарегулировать проведение потока и обеспечить возможность приготовления технологических растворов непосредственно перед поливным модулем участка.

Кроме того, в составе систем комбинированного орошения размещение функции F4 (связь-прерывание) после функции F5 позволяет разделить поток на две ветви, - непосредственно к поливному модулю, а также – к технологическому накопителю воды. Функция F6 на второй ветви потоковой структуры как раз специфична для систем комбинированного орошения и предполагает накопление оросительной воды с последующим расходом для полива без использования основных водотоков оросительной системы. Накопление и выдача являются основными операциями Коллера, соответствующими этой функции.

Необходимость накопления резервов оросительной воды непосредственно перед поливным модулем системы определяется спецификой работы системы комбинированного орошения. Технология комбинированного орошения предполагает наряду с проведением традиционных вегетационных поливов для регулирования запасов почвенной влаги, предполагает проведение дополнительных поливов, - для регулирования различных аспектов микроклимата посева и защиты растений от климатических рисков. В известных конструкциях комбинированного орошения первая задача решается проведением капельных или внутрипочвенных поливов, тогда как для решения второй задачи используется дождевание с регулируемым размером капель. Потребность в проведении поливов для регулирования микроклимата в среде посева возникает несинхронно с проведением вегетационных поливов и, как правило, - несоизмеримо чаще. Поливы способом мелкодисперсного дождевания для регулирования микроклимата в среде посева проводят, иногда, по несколько десятков раз в день, тогда как основные, вегетационные поливы могут проводиться раз в неделю и реже. Поддержание при этом рабочих напоров во всех водоводах оросительной системы связано с существенным увеличением расхода энергии и снижению энергоэффективности технологии. Устройство накопителя непосредственно перед поливным модулем системы в этом случае позволяет решить эту проблему и решать задачу на местном уровне. Пример такого накопителя приведен на рисунке 2. В данном случае для устройства накопителя использованы остатки старой, реконструируемой оросительной сети с покрытием простейшим противofiltrационным материалом – полиэтиленовой пленкой.

Устройство открытых водонакопителей является наиболее приемлемым и дешевым вариантом. Однако, такая технология связана с необходимостью возобновления потока воды и создания рабочих напоров уже непо-

средственно перед поливным модулем системы. Поэтому в потоковой функциональной структуре системы после функции F6 предполагается размещение функционального узла F2, а также F4 и F3.2.



Рис. 2. Открытый водонакопитель системы комбинированного орошения

Таким образом, обеспечивается возможность подачи воды в поливной модуль непосредственно из транспортных водоводов системы, а также посредством промежуточного звена – водонакопителя. Это позволяет организовать работу поливного модуля независимо от режима работы остальных элементов гидромелиоративной системы, в том числе, во время их простоя. Следующая функция – F7 предполагает разделение транспортируемого потока оросительной воды и его равномерное распределение по мелиорированному участку. Операции Коллера, соответствующие этой функции, это операции разделения и проведения. Выполняется функция на уровне поливного модуля системы комбинированного орошения. Функцией, также выполняемой на уровне поливного модуля системы, является функция F8. Функция предполагает дозированный (капельный) выпуск оросительной воды на поверхность орошаемого участка (операция Коллера – излучение). Спецификой комбинированной системы орошения является наличие еще одной функции, - F9, - с той же операцией Коллера, - излучение. Эта функция предполагает выпуск оросительной воды в форме дождя с распределением сверху на посевы сельскохозяйственных культур. Функция F4 в непосредственной комбинации с функциями F7, F8 и F9 позволяет зарегулировать работу системы в соответствии с конкретным конструктивным решением.

Предложенная потоковая функциональная структура формирует обобщенный концепт комбинированной системы орошения, свободный и конкретных конструктивных решений. Такой подход создает максимальный простор для технического творчества по совершенствованию комби-

нированных систем орошения. Наряду с этим, предложенная структура является основой для совершенствования самой функциональной модели системы и создания новых принципов построения комбинированных систем орошения.

Библиографический список:

1. Бородычев, В.В. Техничко-технологические основы регулирования гидротермического режима агрофитоценоза в условиях орошения / В.В. Бородычев, М.Н. Лытов // Научная жизнь. - 2019. - Т. 14. - № 10 (98). - С. 1484-1495.
2. Майер, А.В. Универсальная многофункциональная система орошения для комбинированных способов полива / А.В. Майер, Ю.И. Захаров, Н.В. Криволицкая // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. - 2015. - № 1 (37). - С. 206-210.
3. Бородычев, В.В. Система комбинированного орошения / В.В. Бородычев, М.Ю. Храбров, В.К. Губин, Н.Г. Колесова, Т.С. Акимова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. - 2016. - № 1 (41). - С. 201-210.
4. Дубенок, Н.Н. Совершенствование технических средств комбинированного орошения / Н.Н. Дубенок, В.Г. Абезин, С.Я. Семененко, С.С. Марченко // Аграрный научный журнал. - 2018. - № 2. - С. 59-63.
5. Мелихова, Е.В. функционально-морфологический анализ и совершенствование технических средств комбинированного орошения / Е.В. Мелихова, В.В. Бородычев, А.Ф. Рогачев // Мелиорация и водное хозяйство. - 2018. - № 4. - С. 30-36.
6. Бородычев, В.В. Технологические функции технической системы для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза и комплексной протекции посевов от климатических рисков / В.В. Бородычев, М.Н. Лытов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. - 2020. - № 2 (58). - С. 307-319.

УДК 631.67.624.131.6

ПЕРЕДВИЖНОЙ ПОЛИВНОЙ МИНИАГРЕГАТ ДЛЯ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

А.В. Майер, кандидат сельскохозяйственных наук
*ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова» Волгоградский филиал,
г. Волгоград, Российская Федерация*

Аннотация: На основе анализа многолетних исследований по разработке поливной техники предложен универсальный передвижной поливальный мини агрегат, применение которого позволит при постановке полевых исследований, проводить агротехнику опытных участков, поддерживать поливной режим почвы, в зависимости от способа орошения и погодных условий регулировать микроклимат сельскохозяйственных и садовых культур.

Ключевые слова: Мотоблок, центробежный насос, помпа, прицепная техника, система орошения, сельскохозяйственные культуры, микроклимат.

При закладке полевых опытов для проведения необходимых запланированных исследований зачастую возникают проблемы с организацией

поливных работ, которые возникают из-за нехватки поливной техники, ее дороговизны, отсутствия гидрантов и электроэнергии на опытных участках [1, 2, 3]. Для проведения исследований при закладке опытных участков до 1 га не требуются большие площади и эксплуатация крупногабаритной поливной техники [4, 5, 6]. Если сравнить стоимость таких поливных машин как мини Кубани, барабанного BAUER и тем более полногабаритных поливных агрегатов на гусеничном и колесном ходу с предложенным передвижным поливальным мини агрегатом то окажется стоимость между ними не менее чем десятикратная, а требуемые функциональные возможности полива опытных участков остаются одинаковыми. Так зачем на технику тратить больше, если можно для проведения полноценных исследований обойтись предложенной малогабаритной, но экономически выгодной передвижной многофункциональной техникой.

Предложенный передвижной поливной мини агрегат должен использоваться на мелкоделяночных опытах до 1 га, исключение составляют крупные производственные опыты, и представляет собой сборку уже существующих отдельных агрегатов. Наша задача состояла в их объединении, для получения передвижной поливальной конструкции с учетом выполнения ею агротехнических приемов и необходимых оросительных функций. Передвижной поливальный мини агрегат в окончательной конструктивной сборке представляет собой автоматизированный передвижной мотоблок с прицепными устройствами (колесный прицеп, культиватор, фреза, косилка, мотопомпа). Мотопомпа состоит из трех основных частей: двигателя, насоса и вакуум аппарата.

Двигатель с насосом смонтированы на сварном основании с рукоятками для переноса мотопомпы. Рабочее колесо насоса установлено на коленчатом валу двигателя. Мотоблок 1 совмещенный с мотопомпой предназначен для подачи воды на опытные поливные участки. Поливной мини агрегат надежно и устойчиво работает при температуре окружающего воздуха от -30 до $+40^{\circ}\text{C}$. Расход воды при номинальном вращении вала составляет не менее 800 л/мин., напор не менее 60м, насос центробежный с водяным охлаждением. Корпус насоса соединен с картером двигателя посредством четырех шпилек с гайками. На насосе имеются всасывающий и напорный патрубки, для подсоединения всасывающей и напорной линии. На напорном патрубке насоса установлена задвижка, с помощью которой при необходимости напорная линия отключается от насоса. Мотопомпа 3 с

двигателем крепится к основанию днища колесного прицепа 2 болтами, который в свою очередь крепится фаркопом 12 к мотоблоку.

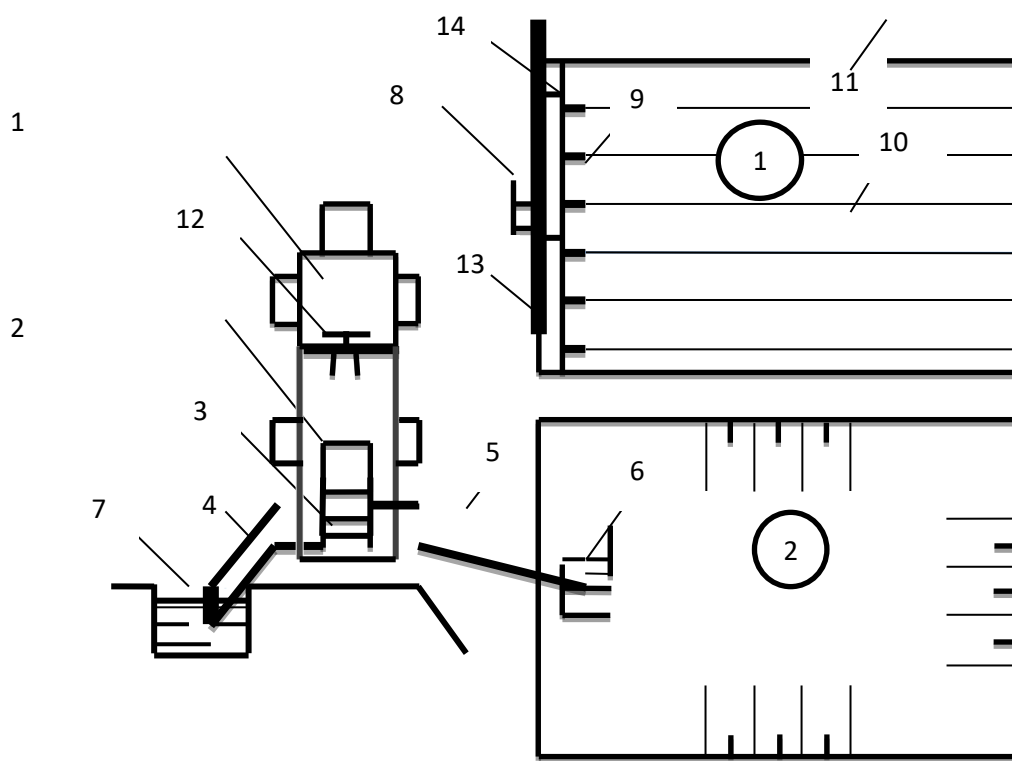


Рис. Условная схема передвижного поливного мини агрегата на опытных модулях
 1- мотоблок; 2- колесный прицеп; 3-мотопомпа; 4- всасывающий рукав; 5- напорный рукав; 6- водоприемник; 7- водозабор; 8- запорное соединительное устройство; 9- старт конъектуры; 10- поливные трубопроводы; 11- граница участка, 12- фаркоп, 13- распределительный трубопровод, 14- водяной переходник

Принцип работы передвижного поливного мини агрегата заключается в его передвижении от первого модуля ко второму и т.д., осуществляя остановки на каждом модуле для полива исследуемых культур. Например, на первом модуле поливной агрегат осуществляет капельный или мелкоструйчатый полив, в зависимости от расположенной в нем системы орошения, затем поливальщик останавливает полив и перемещает своим ходом поливной мини агрегат ко второму модулю поверхностного орошения. Всасывающий рукав 4 погружается в водозаборник 7, которым может служить пруд накопитель или нарезной канал, а напорный рукав 5 опускается в водоприемник 6, выполненный в виде кольца с бетонным основанием, во избежание размыва почвы, из кольца вода вытекает по поверхности почвы поливного чека.

Основные режимы работы мотопомпы: запуск, всасывание рабочий ход, остановка. В режиме всасывания левый цилиндр двигателя работает

как компрессор, подавая воздух в вакуум аппарат мотопомпы. Воздушный поток, проходя через диффузор вакуум – аппарата, создает разрежение по всасывающей магистрали, тем самым обеспечивая поступление жидкости через всасывающий рукав в насос мотопомпы. После выброса струи воды насос подает жидкость через напорный рукав к водоприемному кольцу заливного чека второго модуля, или к запорной арматуре 8 распределительного трубопровода 13 оросительной системы первого модуля (Рис.).

Передвижной поливной мини агрегат можно за очень короткое время демонтировать, для проведения необходимых агротехнических приемов. Заводом изготовителем при выпуске мотоблока предусмотрены комплектующие подвесные агрегаты, которые можно использовать при культивации, фрезеровании опытного участка, обкашивании водоподводящих каналов от сорной растительности, а также посредством колесного прицепа и мотоблока, доставлять к исследуемым участкам посадочный материал или необходимые питательные смеси в виде минеральных и органических удобрений.

Выводы. Перспективное решение предложенной разработки передвижного поливного мини агрегата заключается в возможности трансформации сборно-разборных рабочих элементов агрегата в нужной необходимой комплектации, которые монтируются и демонтируются на мотоблоке и прицепном устройстве агрегата.

Комплектация передвижного агрегата подбирается в зависимости от необходимости водообеспечения, агротехнических приемов, рельефа местности и, что особенно важно, от финансовых возможностей опытного полевого хозяйства. Стоимость передвижного поливного мини агрегата вместе с подвесным оборудованием отечественного производства системы «НИВА» составляет в ценах 2020 года в пределах 100000 рублей. Зарубежный аналог типа «CAIMAN» составляет 140000 рублей. Моторесурс мотопомпы составляет 300 час, расход воды 4800 м³/час, это означает, что при таком рабочем режиме передвижной поливной мини агрегат можно использовать для проведения полевых исследований на протяжении долгих лет.

Данное направление перспективно для разработок новых технологий направленных на экспериментальные исследования при опытных работах, исключает зависимость от существующих непредвиденных обстоятельств, таких как нехватка поливной техники, горюче смазочных материалов, отсутствие подводки к опытным участкам электрических линий и крупномасштабных водопроводных коммуникаций.

Список использованных источников

1. Бородычев В.В., Храбров М.Ю. Использование агрегата ДДА-100 МА для мелкодисперсного дождевания // Мелиорация и водное хозяйство. 2001. № 4 С.7-9.
2. Бородычев В.В. Научные разработки ВФ ВНИИГиМа / В.В. Бородычев, Конторович И.И., Лытов М.Н., Майер А.В. // Мелиорация и водное хозяйство. 2014. № 5-6 С.8-10.
3. Губер К.В. Дождевальные машины и их применение. М., Россельхозиздат, 1975, 7с.
4. Дубинок Н.Н. Управление физиологическим процессом в агрофитоценозах и системы орошения для его осуществления./Дубинок Н.Н., Майер А.В.// Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019-№ 2. С. 2-7.
5. Майер А.В. Регулирование микроклимата в системе капельного орошения [Текст] / А.В. Майер, Ю.И. Захаров, Е.А. Долгополова Вопросы мелиорации. – 2010. - № 1-2.- С. 77-84.
6. Овчинников А.С. Водопотребление и орошение моркови низкоинтенсивными стационарными дождевальными системами /Овчинников А.С., Дусарь С.А., Бородычев В.В., Мартынова А.А. //Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2017. - № 1(45). –С. 9-20.

УДК 631.624

РЕГУЛИРОВАНИЕ ГИДРОТЕРМЕЧЕСКОГО РЕЖИМА В АГРОФИТОЦЕНОЗАХ И СИСТЕМА ОРОШЕНИЯ ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

А.В. Майер, кандидат сельскохозяйственных наук

*ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова» Волгоградский филиал,
г. Волгоград, Российская Федерация*

Аннотация: На основе анализа многолетних исследований по разработке комбинированных способов орошения, предложен новый способ капельного орошения в сочетании с мелкодисперсным дождеванием, с назначением вегетативных поливов с учетом расчетных коэффициентов. Разработана система орошения для осуществления комбинированных поливов, применение которой позволит поддерживать поливной режим почвы, и в зависимости от погодных условий регулировать микроклимат сельскохозяйственных и садовых культур. Исследованиями доказано, что сельскохозяйственные растения очень чувствительны к изменениям температуры, как почвы, так и окружающего воздуха. Растения являются типичными представителями пойкилотермных организмов и способны существовать в относительно узком интервале температур, который определяется в процессе их эволюции. Ученые физиологи характеризуют такой интервал тремя кардинальными точками, Первая это минимум, при котором растение не погибает от холода, второй – максимум при котором еще сохраняется способность к близкой к оптимальной жизнедеятельности, если растение вернуть в привычную среду, то оптимум – наилучший температурный режим. Кардинальные точки постоянно меняются на протяжении всей вегетации растений. В процессе развития растения температурный оптимум изменяется с определенной последовательностью, соответствующей направлению изменения окружающей температуры.

Ключевые слова: Исходные данные, расчетные коэффициенты, микроклимат, система орошения, вспомогательный трубопровод, мелкодисперсное дождевание.

Введение. Проведенными исследованиями установлено, что до середины августа температурный оптимум смещается в сторону более высоких температур, затем снижается в сторону осеннего похолодания, оптимум смещается уже в направлении менее высоких температур [1, 3, 6]. Отношение растения к температуре изменяется в течении суток. Для оптимального развития необходимо, чтобы ночные температуры были несколько ниже дневных [2]. Выше изложенный материал можно в полной мере отнести и к динамике времени двух других кардинальных точек. В интервале температур от минимума до оптимума биологические, биохимические и физиологические процессы подчиняются закону Вант-Гоффа, т.е. увеличивают свою интенсивность вдвое при повышении температуры на 10⁰С. Эти процессы отражаются на росте растений, на процессах фотосинтеза и жизнедеятельности коревой системы в почве [4, 5]. У всех процессов имеется свой, отличный от других, оптимальный режим температур. Так по статистическим данным температура воздуха, при которой наблюдается максимальный продуктивный фотосинтез для всех сельскохозяйственных культур свой, к примеру, для картофеля он составляет 18⁰С, для кукурузы – 26⁰С, а для пшеницы – 20⁰С, для хлопка оптимум составляет 28⁰С [1, 7]. Превышение или понижение оптимальных температур вызывает резкое снижение продуктивности фотосинтеза. В тоже время оптимальные температуры почвы для развития почвенных бактерий необходимы более высокие значения от 29 до 38⁰С [8, 9].

Материалы и методы. В основе исчисления тепловых потребностей растения заложен принцип термического режима почвы, причем во все формулы для определения ожидаемого урожая следует вводить температуру почвы с положительным коэффициентом, а температуру воздуха с коэффициентом отрицательным. Принимая во внимание такую неоднозначность значений оптимальных температур среды обитания (почвы, приземного слоя воздуха) для различных вегетационных органов растений по срокам, общая закономерность взаимосвязи урожая и теплового фактора прослеживается четко. Такие уравнения для различных культур были получены путем математической обработки многочисленных экспериментальных данных Шебановым В.В. и Щелгуновой А.А. Они имеют вид:

$$\begin{aligned} S &= A_{\text{exp}} \left(\right) \text{ при } -3 \leq \phi_t \leq \phi'_{\text{opt}}; \\ \phi''_{\text{opt}} &\leq \phi_t \leq 3; \\ S &= 1 \text{ при } \phi'_{\text{opt}} \leq \phi_t \leq \phi''_{\text{opt}} \end{aligned} \quad (1)$$

где $S = \frac{n_1}{n_2}$

Здесь n_1 — значение продуктивности;

n_2 — максимальная продуктивность при оптимальных условиях по температурному фактору;

Φ_t — текущее значение температурного фактора, соответствующее:

Φ'_{opt} и Φ''_{opt} — нижний и верхний пределы оптимального диапазона;

Уравнение вида (1) позволяют рассчитать необходимый интервал температур в зависимости от значений степени оптимальности жизнедеятельности растений;

Таким образом, для получения оптимально высоких гарантированных урожаев сельскохозяйственных культур необходимо выдерживать оптимальный гидротермический режим в течение вегетационного периода [10, 11, 12].

Результаты и обсуждения. Многолетними экспериментальными исследованиями было разработано и апробировано несколько вариантов комбинированного орошения, таких как способ определения сроков полива при мелкодисперсном дождевании (МДД) включающий определение температуры воздуха, в котором МДД назначают и проводят из начальной фазы развития растений по перепаду температур. Известны способы МДД однолетних сельскохозяйственных культур путем внесения оросительной воды разовыми поливными нормами, определяемыми с учетом климатических показателей, где используют статистические данные о количестве суток и количество часов с сутках с температурой выше оптимальной для данной культуры в основные фазы ее развития, при этом оросительную норму определяют последующей зависимости:

$$M = m_t \cdot t \cdot n_t$$

где M — оросительная норма, $m^3/га$;

m_t — разовая норма полива;

$t \cdot n_t$ — количество и часы в сутках с температурой выше оптимальной.

Другой способ полива включает выдачу поливной нормы с целью поддержания оптимальной влажности почвы, улучшения параметров микро и — фитоклимата в зоне орошения при экономии воды, выдачу поливной нормы путем ежесуточных комбинированных поливов с одновременным локальным увлажнением почвы, аэрозольным увлажнением приземного слоя воздуха и листовой поверхности растений, при этом поливная норма равна суммарному расходу воды с орошаемого участка за предшествующие сутки. Поливная вода расходуется на локальное увлажнение почвы в пределах 5-10%, на аэрозольное увлажнение приземного слоя воздуха 25-

30%, и 65-70% - на аэрозольное увлажнение листовой поверхности растений. Суточные комбинированные поливы осуществляли в течении 5-7 минут периодически с интервалом 35-40 минут, при повышении температуры выше 25 °С и снижении относительной влажности воздуха ниже 60%.

Задача, на решение которой направлены наши исследования, это создание комфортных условий для вегетации сельскохозяйственных культур при критических условиях в период засух и суховеев при капельном орошении.

Исследования показали, что технический результат достигается в регулировании фитоклимата в агрофитоценозах при капельном орошении за счет орошения корнеобитаемого горизонта подачей оросительной воды из гибких поливных трубопроводов системы капельного орошения. В периодическом увлажнении растений методом МДД, определением температуры приземного слоя воздуха, температуры листьев, относительной влажности приземного слоя воздуха, температуры почвы в слое 0-10 см, влажность почвы в корнеобитаемом горизонте, скорость и направление приземного ветра. Исходные данные получены из многолетних и фактических ежедневных метеонаблюдений. Оптимальные значения устанавливают для каждой культуры и рассчитывают по формулам величины коэффициентов А, В, С.

В исследования по регулированию гидротермического режима в агрофитоценозах нами были использованы материалы метеонаблюдений Волгоградской метеостанции расположенной на территории нынешнего Волгоградского Агроуниверситета. Фактические наблюдения велись инструментально круглосуточно. Оптимальные параметры исходных данных представлены из ранее проведенных исследований по основным овощным культурам (таблица 1).

По полученным данным рассчитывают безразмерные величины вышеуказанных коэффициентов:

$$A = \frac{Wb_{no} - Wb_{n\phi}}{Wb_{no}} + \frac{T_{no} - T_{n\phi}}{T_{no}};$$

$$B = \frac{Wb_{bo} - Wb_{b\phi}}{Wb_{bo}} + \frac{T_{bo} - T_{b\phi}}{T_{bo}}; \quad (2)$$

$$C = \frac{V_{bo} - V_{b\phi}}{V_{bo} - V_{b\phi}} - \frac{T_{ло} - T_{л\phi}}{T_{ло}};$$

где оптимальные и фактические обозначения символов указаны в табл. 1.

Таблица 1. Исходные данные для расчета коэффициентов А.В.С.

Наименование показателя	Символ	Кукуруза	Картофель	Перец сладкий	Томаты	Дайкон	Морковь	Соя
Оптимальная влажность почвы в корнеобитаемом слое, %	$W_{\text{бно}}$	19,0	20,1	26,1	19,0	20,1	20,1	17,8
Фактическая влажность почвы в корнеобитаемом слое, %	$W_{\text{бнф}}$	13,6	14,8	18,7	26,1	32,6	26,5	19,6
Оптимальная температура почвы в слое 0-10 см	$T_{\text{по}}$	23,0	18-24	20,0	25,0	23-25	18-25	27,0
Фактическая температура почвы в слое 0-10	$T_{\text{фо}}$	27,0	36,7	42,3	56,8	21,7	24,03	32,4
Оптимальная влажность воздуха в приземном слое, %	$W_{\text{ббо}}$	70,0	80,0	60,0	65,0	75,0	75,0	70,0
Фактическая влажность воздуха в приземном слое, %	$W_{\text{бф}}$	26,0	31,4	48,4	42,5	56,7	60,2	26,4
Оптимальная температура воздуха, °C	$T_{\text{бо}}$	24,0	22,5	25,0	22,5	20,0	21,0	22,5
Фактическая температура воздуха, °C	$T_{\text{бф}}$	30,7	42,6	38,4	47,4	26,4	30,2	47,1
Оптимальная скорость приземного ветра, м/с	$V_{\text{бо}}$	2-4	1-4	1-3	1-3	2-4	1-1	1-3
Фактическая скорость приземного ветра, м/с	$V_{\text{об}}$	10	8,6	7,6	7,9	4,9	7,6	6,8
Оптимальная температура листьев, °C	$T_{\text{ло}}$	17-24	20-22	23-27	22,0	25,0	20-22	24
Фактическая температура листьев, °C	$T_{\text{аф}}$	30,1	26,7	30,2	29,4	28,7	24,3	25,6

Таблица 2. Значение коэффициентов: А,В,С, А+В, В+С, С+А, А+В+С при критических погодных условиях

№ п/п	Культура	А	В	С	А+В	В+С	С+А	А+В+С
1	Кукуруза сахарная	0,4581	0,9030	1,7489	1,3611	2,6519	2,2007	2,4360
2	Картофель	0,7930	1,3115	1,4856	2,1080	2,7965	2,2780	3,6000
3	Перец сладкий	1,3985	0,7526	1,6518	2,1511	2,4041	3,0503	3,8029
4	Томаты	1,6456	1,2888	1,9696	2,9344	3,2584	3,6152	4,9004
5	Дайкон	0,6818	1,0040	0,7365	1,6858	1,7405	1,4183	2,4223
6	Морковь	0,6684	1,4440	1,5466	2,1124	2,2152	2,9906	3,6590
7	Соя	0,4511	1,5540	1,5466	2,0065	3,1006	1,9977	3,5517
8	Средние значения	0,8709	1,1797	1,5264	2,0513	2,5952	2,5072	3,4817

После получения расчетных коэффициентов мы получили сроки и поливные нормы. При величине коэффициента $A \leq 0,9$ выполняют капельный полив нормой $150 - 200 \text{ м}^3/\text{га}$ с 22 часов вечера до двух часов ночи, до снижения температуры почвы $18...22^\circ\text{C}$. При значениях коэффициента $B \geq 1,2$ с 11 до 15 часов выполняют увлажнение приземного слоя воздуха распылом частичек воды диаметром $10 - 15 \text{ мкм}$ сменными насадками. При величине коэффициента $C \geq 1,5$ выполняют дополнительное увлажнение листьев и стеблей растений каплями воды с диаметром $200 - 800 \text{ мкм}$ в течении 3 -4 часов, а при суммарной величине коэффициента $A+B \geq 2,1$ выполняют капельный полив и увлажняют приземный слой воздуха до снижения температуры почвы до $22...26^\circ\text{C}$ и увеличивают относительную влажность воздуха до $50...70\%$. При величине $B+C \geq 2,5$ производят увлажнение листьев сельскохозяйственных культур и приземного слоя воздуха распылом оросительной воды в течении 0,5 часа с интервалами 1 час, а при $A+C \geq 2,5$ выполняют капельный полив в течение 2 – 3 часов и увлажнение листьев сельскохозяйственных растений, к тому же при суммарной величине коэффициентов $A+B+C \geq 3,5$ капельное орошение выполняют в течение 6 часов и увлажнение воздуха и листьев растений в течение 30 – 40 минут с интервалами 2 часа.

Для реализации выше изложенного способа, нами была разработана и запатентована стационарная система орошения для осуществления комбинированных поливов, т.е. капельное орошение в сочетании с мелкодисперсным дождеванием (рис. 1).

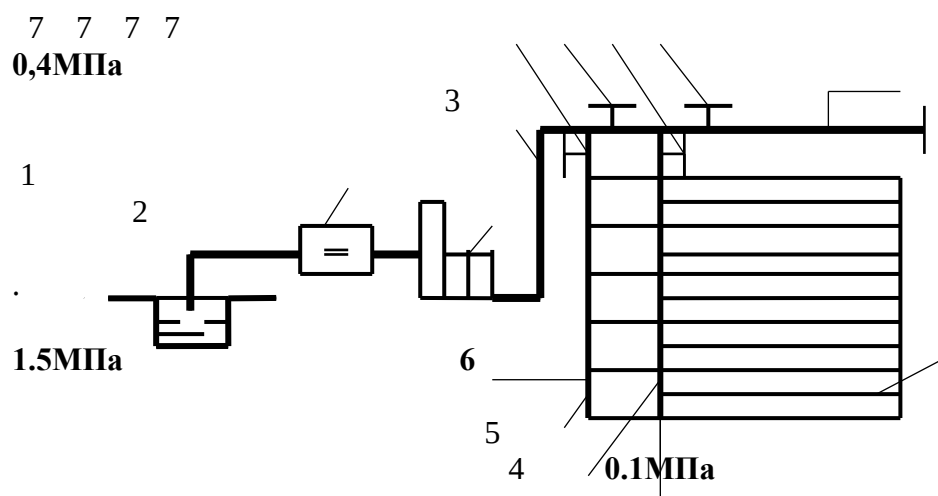


Рис. 1. Условная схема системы комбинированного орошения

Устройство предложенной системы комбинированного орошения состоит из следующих конструктивных элементов: 1- насосная станция; 2 - блок фильтров грубой и тонкой очистки; 3 - транспортирующий или подводящий трубопровод; 4 –распределительный трубопровод для подсоединения капельных линий; 5 - распределительный трубопровод для подсоединения комбинированных линий капельного орошения в сочетании с МДД; 6 – капельные линии; 7 – запорная арматура (рис. 1).

Принцип работы системы комбинированного орошения заключается в следующем. Поливная вода из водоисточника подается насосной станцией в блок фильтров, и пройдя водоочистку подается в распределительные трубопроводы. Для осуществления капельного полива вода поступает в капельные и комбинированные линии. Посредством компенсированных капельниц осуществляется поддержание поливных порогов почвы. Для полива мелкодисперсным дождеванием в распределительном трубопроводе с подсоединёнными к нему толькокомбинированными поливными линиями поднимают давление до 0,15...0,02 Мпа и в работу вступают распылительные насадки.

Заключение. Сведения, подтверждающие возможность реализации способа регулирования гидротермического режима в агрофитоценозах при капельном орошении в сочетании с мелкодисперсным дождеванием включают периодическое орошение корнеобитаемого горизонта подачей оросительной воды из гибких поливных трубопроводов системы капельного орошения также периодическое увлажнение растений методом мелкодисперсного дождевания распылителями, расположенными на стойках. В агрофитоценозах в период суховея инструментально определяют температуру приземного слоя воздуха, температуру листьев, относительную влажность приземного слоя воздуха, температуру почвы в слое 0...10 см, влажность почвы в корнеобитаемом горизонте, скорость и направление приземного ветра. Затем на основе многолетних наблюдений для каждой культуры устанавливают оптимальные и фактические значения указанных выше параметров. По полученным данным рассчитывают безразмерные величины коэффициентов А, В, С по выше представленным формулам.

Библиографический список

1. Бородычев В.В. Оптимальное управление поливами на основе современных вычислительных алгоритмов / В.В. Бородычев, М.Н. Лытов, А.С. Овчинников, В.С. Бочарников // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015-№4 – С. 21-28.

2. Бородычев В.В. Научные разработки ВФ ВНИИГиМа / В.В. Бородычев, Конторович И.И., Лытов М.Н. // Мелиорация и водное хозяйство. 2014. № 5-6 С.8-10.
3. Бочарников В.С. Новые приемы возделывания овощных культур в системе водосберегающего орошения / В.С. Бочарников, М.П. Мещеряков // Овощеводство и тепличное хозяйство. 2014 г. № 4 – с.54.
4. Васильев С.М. Технические средства капельного орошения / С. М. Васильев, Т.В. Коржова, В.Н. Шкура // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, 2017.- с. 159.
5. Добрачев Ю.П. Модели роста и развития растений и задача повышения урожайности / Ю.П. Добрачев, А.П. Соколов // Природоустройство. 2016 - № 3. С. 90-96.
6. Дубенок Н.Н. Разработка систем комбинированного орошения для полива сельскохозяйственных культур / Дубенок Н.Н. Майер А.В. // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. С. 9-19.
7. Дубенок Н.Н., Майер А.В. Комбинированная гидромелиоративная система для орошения садовых насаждений // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование.-2018. С. 43-51.
8. Кизяев Б.М. Эффективность минерального питания овощных культур при капельном орошении / В.И. Кременской, В.В. Бородычев.// Плодородие, 2016. № 5. С. 18-21.
9. Курбанов С.А., Майер А.В. Исследование системы капельного орошения и мелкодисперсного дождевания // Проблемы развития АПК региона. № 3. 2012. С. 5-9.
10. Майер, А.В. Разработка технических средств и метод определения интервала времени между увлажнениями в системе комбинированного орошения/ А.В. Майер, В.С Бочарников, Е.А. Долгополова // Известия Нижеволжского агроуниверситетского комплекса // Наука и профтехобразование , № 1. 2012 – С. 150-155.
11. Майер А. В. Технические средства и технология комбинированного орошения / А.В. Майер, В.С Бочарников // Известия Нижеволжского агроуниверситетского комплекса // Наука и профтехобразование № 2. 2012 – С. 3-8
12. Овчинников А.С. Перспективная система управления водным режимом почвы и микроклиматом [Текст]/ А.С. Овчинников, В.В. Бородычев, М.Ю. Храбров, В.М. Гуренко.// Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. –С. 6-12.
13. Angold, Ye. Spezial features of drip-sprinkler irigazion technology/ Ye. V. Angold, V.A. Zarkov, Water Supplu, issue 14-15-P. 841-849.
14. Pross S., Sutton B., Batamm M/ Komplentingmikro - irigazion technology with ivprjvtdirigazion management based on krop and soil parameters // Inter Water irrigate. 2008. Vol. 23 №4. – P. 300-330.
15. Brunamonti S., Jorge T., Oelsner P., Hanumanthu S., Singh B., Ravi Kumar K., Peter T. (2018). Balloon-borne measurements of temperature, water vapor, ozone and aerosol backscatter on the southern slopes of the himalayas during StratoClim 2016-2017. Atmospheric Chemistry and Physics, 18- P.21-29. 15937-15957. doi:10.5194/acp-18-15937-2018.

**К МЕТОДИКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА
ВЫПОЛНЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ НА АГРОЛАНДШАФТАХ**

**Зинковская Т.С., к.с.-х.н., Зинковский В.Н., к.с.-х.н.,
Анциферова О.Н., к.с.-х.н., Сорокина В.А., Шахпаронян Л.А., Подолян Е.А.
ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (ВНИИМЗ),
г. Тверь, Россия**

Аннотация. Проведён анализ возможных экологических нарушений при выполнении различных мелиоративных мероприятий по блоку водных мелиораций. Показано, что зачастую нарушается технология их выполнения и в итоге снижается ожидаемая результативность этих работ, а иногда получается и отрицательный эффект. На примере блока водных мелиораций предложен методический подход к экологической оценке выполнения ряда мелиоративных мероприятий, проводимых на осушаемых полях и используемых в системах земледелия для их адаптации к агроландшафтным условиям. Основным критерием оценки этих мероприятий является мера их воздействия на динамику гумусовых показателей. В основу разработки системы экологических оценок мелиоративных и агромелиоративных мероприятий блока водных мелиораций, положен принцип нормирования объёмов гумусового горизонта, нарушаемого в процессе проведения этих мероприятий.

Ключевые слова: агроландшафты, водный режим, гумус, оптимизация, переуплотнение, смывость почвы, экологический ущерб.

Введение. Различные мелиоративные мероприятия, проводимые на сельскохозяйственных полях и угодьях, обеспечивают оптимизацию основных показателей среды возделывания растений и значительно повышают урожайность культур. К примеру, грамотно выполненные планировочные работы на землях с развитым микрорельефом повышают урожай до 20%, ускорение снеготаяния и весеннего поспевания почвы в Нечернозёмной зоне путём бороздования склонов способствует повышению урожайности до 20-40%, прибавки урожая при глубоком рыхлении тяжёлых почв составляют 18-25% и т.д. В соответствии с экологическими требованиями все мелиоративные мероприятия должны регламентироваться определёнными пределами допустимых изменений свойств почв и ландшафтов [1]. Но зачастую при проведении различных мелиоративных работ нарушается технология их выполнения и в итоге снижается ожидаемая результативность, а иногда получается и отрицательный эффект.

При разработке адаптивных ландшафтно-мелиоративных систем земледелия на осушаемых площадях, в первую очередь возникает необходимость экологической оценки агромелиоративных работ в составе блока водных мелиораций, выполняемых в целях оптимизации водно-воздушного режима почв. Водные мелиорации оптимизируют водно-воздушный режим

почв, исходя из требований создания в корнеобитаемом слое нормального соотношения содержания продуктивной влаги и воздуха, которого в порах пахотного горизонта должно быть не менее 18...20 % от их объёма [2,3].

Непременное условие оптимизации водно-воздушного режима почв - достижение равномерности увлажнения поверхности каждого поля, занимаемого конкретной культурой. В связи с проявляющимися в Нечернозёмной зоне РФ засушливыми периодами мелиоративные системы, наряду с осушением земель, должны предусматривать и возможность их орошения [4].

Основная часть. На примере блока водных мелиораций предлагается методический подход к экологической оценке выполнения ряда мелиоративных мероприятий, проводимых на осушаемых полях и используемых в системах земледелия для их адаптации к агроландшафтным условиям. Эти мероприятия можно классифицировать по негативному воздействию на отдельные структуры агроландшафта следующим образом (таблица 1):

- по ухудшению гумусовой составляющей почвенного покрова, на что оказывают влияние: планировка, профилирование, бороздование, гребневание поверхности; выборочное бороздование; узкозагонная вспашка; строительство дренажа; глубокое рыхление; рыхление подпахотного горизонта;
- по переуплотнению почвы ходовыми системами машин и ухудшению в связи с этим общей порозности, порозности аэрации, влагоёмкости почвы: пескование (землевание, глинование), планировочные работы.

Таблица 1. Возможные экологические нарушения при проведении мелиоративных мероприятий по блоку водных мелиораций

Мелиоративные работы	Возможные нарушения технологий	Рекомендации по устранению нарушений
Работы, негативно воздействующие на состояние гумуса		
Планировка капитальная Планировка послеосадочная Планировка эксплуатационная	Игнорирование буртования плодородного слоя, превышение допустимых норм срезки гумусового слоя, малые дозы органики на местах срезки	При больших объёмах – буртование плодородного слоя; допустимые нормы срезки: а) не >25%, если $A_{\text{пах}}$ до 20 см б) не >30-50% при $A_{\text{пах}} > 20$ см; на 1 см срезки а) 10-12 т, б) 3-4 т/га навоза
Строительство осушительной сети	Засыпка траншей и просадок на трассах дренажа грунтом, превышение норм срезки гумусового слоя	Верхний слой засыпки - плодородной почвой; соблюдать допустимые нормы срезки почвы и дозы органики
Бороздование (грядование) сплошное Бороздование выборочное Узкозагонная вспашка	Нарезка борозд (гряд) и водосбросной сети вдоль эрозионно опасных уклонов	Оптимальные уклоны нарезки до 0,01; при уклонах >0,01 нарезку проводить под углом к склону

Работы, вызывающие переуплотнение почвы		
Планировочные работы Пескование, землевание	Игнорирование рыхления почвы после завершения основных работ	Обязательное рыхление почвы после окончания ме- лиоративных работ

С агрономической точки зрения критерием оценки мелиоративных мероприятий, проводимых на сельскохозяйственных полях, в первую очередь должна служить мера воздействия этих мероприятий на динамику гумусовых показателей (содержание гумуса, количество гумуса, мощность гумусового горизонта). Эти показатели являются определяющими в понятии плодородия почв и, как известно, на склоновых почвах, полностью лишённых гумусового слоя (сильная степень эродированности почв), потери урожая достигают 70-90 % [5, 6]. Показатели почв с разной степенью смывости и проценты ущерба урожая представлены в таблицах 2, 3.

Таблица 2. Удельные показатели почв различной степени смывости [1]

Свойства и показатели	Степень смывости почвы		
	слабая	средняя	слабая
Мощность горизонтов: А	0,5	0,5 – 0,0	-
В	1,0	1,0	0,9 – 0,0
Содержание гумуса	0,95 – 0,75	0,75 – 0,50	0,50 – 0,30
Объёмная масса	1,03 – 1,06	1,05 – 1,12	1,10 – 1,23
Влажность завядания	0,98 – 0,96	0,90 – 0,85	0,75 – 0,65
Порозность	1,00 – 0,95	0,96 – 0,90	0,80 – 0,75
Полная влагоёмкость	0,98 – 0,95	0,95 – 0,80	0,80 – 0,70
Водопроницаемость	-	0,72 – 0,64	0,49 – 0,43
Ср. урожайность культур:			
зерна	1,00 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60 – 0,30
зелёной массы	1,00 – 0,90	0,90 – 0,70	0,65 – 0,45

Примечание: за единицу приняты показатели несмытой почвы

В основу разработки системы экологических оценок мелиоративных и агромелиоративных мероприятий блока водных мелиораций, применяемых в ландшафтно-мелиоративных системах земледелия, положен принцип нормирования объёмов гумусового горизонта, нарушаемого в процессе проведения этих мероприятий. При расчётах в качестве отправной максимальной величины отчуждения гумусового горизонта (100 % потерь) принят показатель сильносмытой почвы, условно оценённый в 10 баллов экологического ущерба [7].

Таблица 3. Урожайность культур на почвах разной степени эродированности [2]

Культура	Урожайность в зависимости от степени эродированности почвы		
	сильная	средняя	слабая
Рожь озимая	85 - 90	55 - 65	35 - 40
Пшеница яровая	70 - 80	40 - 50	15 - 20
Ячмень яровой	80 - 85	45 - 55	30 - 40
Овёс	80 - 85	55 - 60	30 - 45
Кукуруза	80 - 85	60 - 70	15 - 25
Горох, вика	85 - 95	60 - 70	50 - 60
Сахарная свекла, картофель	80 - 90	30 - 40	10 - 15
Подсолнечник	70 - 80	40 - 50	20 - 30
Вика + овёс	85 - 90	65 - 70	35 - 45
Суданка	80 - 90	55 - 60	30 - 40
Мн. травы	90 - 95	85 - 90	60 - 75

Примечание: дан % к несмытой почве

Если для дерново-подзолистых почв принять среднюю мощность гумусового горизонта 0,2 м при средней плотности 1,2, то масса гумусового слоя на площади 1 га составит: $M = 0,2 \times 1,2 \times 10000 = 2400$ т/га. При среднем содержании гумуса 2 %, масса гумуса в слое 0,2 м составит 48 т.

На примере планировочных работ и строительства дренажных систем в таблице 4 приводятся расчёты экологического ущерба, связанного с потерями гумуса на сельскохозяйственных полях для двух вариантов выполнения работ – I (максимум) – при нарушениях технологии и II (минимум) – при соблюдении прописанного технологического процесса. Периодичность проведения эксплуатационной планировки принята через 5 лет.

Таблица 4. Показатели экологического ущерба, связанного с потерями гумуса на полях при проведении некоторых мелиоративных работ

Мелиоративные работы	Объёмы работ		Потери гумусового слоя (A_2), т/га		Потери гумуса (2 % от A_2), т/га		Балл экологического ущерба (суммарный)		Потери в урожайности культур, %	
	м³/га	т/га	I - максимум	II - минимум	I - максимум	II - минимум	I	II	I	II
Планировка капитальная	3000	3600	1800	360	36	7,2	7,5	1,5	52,5	10,5
	2000	2400	1200	240	24	4,8	5,0	1,0	35,0	7,0
	1000	1200	600	120	12	2,4	2,5	0,5	17,5	3,5
Планировка эксплуатационная	500	600	-	60	-	1,20	-	0,3	-	2,1
	300	360	-	36	-	0,72	-	0,2	-	1,4
	150	180	-	18	-	0,36	-	0,1	-	0,7
Строительство осушительной сети	-	-	240	20	4,8	0,4	1,0	0,1	7,0	0,6

Из данных таблицы 4 видно, что при нарушениях в технологии проведения капитальных планировочных работ, когда при сильно пересечённом микрорельефе гумусовый горизонт не буртуется, а стихийно перераспределяется на засыпку различных понижений и смешивается с подстилающей породой, потери гумуса могут достигать 36 т/га (при его исходном содержании 48 т/га). По максимальной величине экологического ущерба за счёт потерь гумуса (принятая оценка максимума 10 баллов) в этом случае ущерб оценивается в 7,5 балла. В то же время, при соблюдении технологического процесса балл ущерба может быть снижен в 5 раз.

По многочисленным литературным данным при качественной планировке полей урожайность возделываемых культур в среднем повышается на 15-20%. Данные таблицы 4 показывают, что при нарушениях технологического регламента при проведении капитальных планировочных работ, потери гумуса могут достигать 50% и не компенсируются прибавками урожая, полученными за счёт планировок. Но при качественном выполнении работ даже при больших объёмах перемещения почвогрунта, прибавки урожая за счёт выполнения приёма значительно превышают их потери при снижении гумусового запаса. К тому же, если учесть, что капитальная планировка рассчитана на десятки лет, в перспективе при соблюдении соответствующей агротехники предоставляется возможность полного восстановления потерянного гумусового потенциала.

При экологической оценке приёмов, представляющих опасность водной эрозии почв на повышенных уклонах полей, рекомендуется использовать шкалу критериев годового смыва почвы [8] – таблица 5.

Таблица 5. Критерии смывости почв (ГОСТ 77/258.17.4.2.02-83)

Интенсивность смыва	Среднегодовая величина смыва, т/га	Степень остроты
Слабая	менее 5	удовлетворительная
Средняя	5 - 10	удовлетворительная
Сильная	10 - 20	напряжённая
Очень сильная	20 - 50	критическая
Чрезвычайно сильная	более 50	катастрофическая

При сопоставлении данных таблицы 5 с критериями интенсивности смыва почвы, предлагаемыми ВНИИЗиЗПЭ [9] и в увязке с сопутствующими уклонами (i), представляется возможным рассчитать величину экологического ущерба для ряда агромелиоративных приёмов, имеющего место при нарушении технологических требований к величине уклона (табл. 6).

Таблица 6. Экологическая оценка мелиоративных приёмов, способных вызвать водную эрозию почвы

Показатели	Интенсивность смыва почвы, т/га в год				
	отсутствует ($i < 1^0$)	слабая до 5 ($i 2-3^0$)	средняя до 15 ($i 3-5^0$)	сильная до 25 ($i 5-8^0$)	очень сильная до 50 ($i > 8^0$)
Бороздование сплошное					
- потери гумуса в горизонте А, т/га/год	0,0	0,1	0,3	0,5	1,0
- балл экологического ущерба	0	0,62	1,88	3,12	6,25
Грядование сплошное					
- потери гумуса в горизонте А, т/га/год	0,0	0,05	0,15	0,25	0,5
- балл экологического ущерба	0	0,31	0,94	1,56	3,12
Бороздование выборочное, узкозагонная вспашка, профилирование					
- потери гумуса в горизонте А, т/га/год	0,0	0,01	0,03	0,05	0,10
- балл экологического ущерба	0	0,06	0,19	0,31	0,62

В целом, возможное негативное влияние отдельных мелиоративных мероприятий блока водных мелиораций на гумусовую характеристику почв по принятой выше 10-балльной шкале, показано в таблице 7.

Таблица 7. Оценка возможного экологического ущерба при нарушениях технологии выполнения отдельных агромелиоративных мероприятий

Мелиоративные приёмы	Объёмы работ, м ³ /га	При соблюдении технологии		При нарушении технологии	
		потери гумуса, т/га/год	балл экологического ущерба в среднем за год	потери гумуса, т/га/год	балл экологического ущерба в среднем за год
Планировка	3000	0,24	1,5	1,2	7,5
капитальная	2000	0,16	1,0	0,8	5,0
(расчётный срок 30 лет)	1000	0,08	0,5	0,4	2,5
Планировка	500	0,23	1,5	-	-
эксплуатационная	300	0,14	0,9	-	-
(расчётный срок 5 лет)	150	0,08	0,5	-	-
Бороздование сплошное	-	0 - 0,10	0,6	1,0	6,2
Грядование сплошное	-	0 - 0,05	0,3	0,5	3,1
Бороздование выборочное, узкозагонная вспашка	-	0 - 0,01	0,1	0,1	0,6

Определённый экологический ущерб, заключающийся в ухудшении водно-физических свойств почв, снижении плодородия корнеобитаемого слоя и продуктивности возделываемых культур, наносят земледелию агро-мелиоративные приёмы, технология проведения которых предполагает многократные проходы тяжёлых транспортных средств по полям, вызывая чрезмерное переуплотнение минеральных почв. К таким приёмам относятся пескование, землевание, глинование (для оптимизации гранулометриче-

ского состава почвы), внесение высоких доз органических удобрений (для повышения плодородия или влагоёмкости почв), внесение каменистого материала (в составе блока тепловых мелиораций). Зависимость урожайности культур от плотности пахотного слоя иллюстрируется данными табл. 8, 9.

Таблица 8. Влияние плотности дерново-подзолистой почвы на урожай сельскохозяйственных культур [9]

Культуры	Урожай при плотности, г/сосуд и %				
	1,10	1,20	1,35	1,50	1,60
Ячмень (зерно)	40,1/95	42,4/100	35,3/83	22,4/53	-
Яровая пшеница (зерно)	26,5/100	25,7/97	23,8/90	13,4/51	-
Овёс (зерно)	12,7/100	10,5/83	9,5/75	7,5/59	2,7/21
Лён (семена)	6,0/71	8,4/100	8,1/96	4,8/57	-
Бобы (зелёная масса)	149/100	141/95	87/58	-	-
Горох (зелёная масса)	108/100	94/87	88/81	73/67	-
Кукуруза (зелёная масса)	1533/100	-	1227/80	1036/76	630/41
Картофель (клубни), ц/га	384/100	353/92	273/71	250/65	-
Среднее, %	95,8	93,4	79,3	61,1	31,0

Таблица 9. Плотность почвы и урожай [10, 11]

Плотность, г/см ³	Горох (зерно), г/м ² /%	Просо (зерно), г/м ² /%	Кукуруза (воздушно-сухая масса), г/м ² /%	Кормовые бобы (воздушно-сухая масса), г/м ² /%	Сахарная свекла (1 корень), г/%	Картофель (клубни 1 гнезда), г/%
1,0	143,0/ 92	118,5/ 63	223,0/ 95	408,0/100	362,4/100	355,0/ 87
1,2	155,5/100	188,5/100	234,0/100	384,0/ 94	330,2/ 91	409,9/100
1,3	129,5/ 83	154,0/ 82	172,0/ 74	354,0/ 87	265,0/ 73	230,2/ 56
1,4	93,5/ 60	112,0/ 59	130,0/ 56	336,0/ 82	128,8/ 36	110,0/ 27

Из данных последних таблиц видно, что переуплотнение почвы до 1,40-1,60 г/см³ снижает урожайность культур на 40% и более. Особенно чувствительны к чрезмерной плотности почвы корнеплоды и клубнеплоды, урожайность которых при переуплотнении почвы составляет лишь 27-65% в сравнении с оптимальной плотностью. Поэтому после переуплотнения почвы ходовыми системами транспорта рекомендуется обязательное рыхление пахотного и подпахотного слоёв почвы.

Заключение. С агрономической точки зрения критерием оценки мелиоративных мероприятий, проводимых на сельскохозяйственных полях, в первую очередь должна служить мера воздействия этих мероприятий на динамику гумусовых показателей (содержание гумуса, количество гумуса, мощность гумусового горизонта). Эти показатели являются определяющими в понятии плодородия почв. Поэтому в основу разработки системы экологических оценок мелиоративных и агромелиоративных мероприятий блока водных мелиораций, применяемых в ландшафтно-мелиоративных

системах земледелия, положен принцип нормирования объёмов гумусового горизонта, нарушаемого в процессе проведения этих мероприятий. Необходимо учитывать и другие факторы, приводящие к экологическому ущербу (водная эрозия, переуплотнение почвы и т.д.) тех или иных структур агроландшафта.

Библиографический список

1. Кирюшин В.И. Экологические основы проектирования сельскохозяйственных ландшафтов. Санкт-Петербург: Квадро, 2018. 566 с.
2. Кирюшин В.И. Агрономическое почвоведение. М.: Колос, 2010. 687 с.
3. Кирюшин В.И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов. М.: Колос, 2011. 443 с.
4. Дубенок Н.Н. Обоснование необходимости страхового орошения сельскохозяйственных культур в Нечерноземной зоне РФ /Н.Н.Дубенок, М.В. Климахина //Достижения науки и техники АПК, №4, 2010. С. 46-47.
5. Лопырев М.И., Рябов Е.И. Защита земель от эрозии и охрана природы. - М.: Агропромиздат, 1989. 240 с.
6. Методическое пособие и нормативные материалы для разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия. - Курск, 2001. 259 с.
7. Ковалев Н.Г., Зинковская Т.С. Экологические ограничения на агромелиоративные приемы в адаптивно-ландшафтных системах земледелия Нечерноземной зоны РФ. //Вестник РАСХН. 2006. №2. С. 31-36.
8. Методика ресурсно-экологической оценки эффективности земледелия на биоэнергетической основе. - Курск, 1999. 47 с.
9. Ландшафтное земледелие (ч.2). Методические рекомендации по разработке ландшафтных систем земледелия в многоукладном сельском хозяйстве. - Курск: ВНИИЗиЗПЭ, 1993. 264 с.
10. Жученков А.А. Реакция растений на плотность дерново-подзолистой глееватой почвы /В сб. "Теоретические вопросы обработки почвы". - Л., Гидрометеиздат, 1969. 214-216 с.
11. Наумов С.А. Оптимальная плотность серой лесной почвы для полевых культур и роль механической обработки в её регулировании. /В сб. "Теоретич. вопросы обработки почвы". - Л., Гидрометеиздат, 1969. 427 с.

УДК 631.671.1:626.83

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НОВОГО МЕТОДА УТИЛИЗАЦИИ ВАЛОВ ДКР

Анженков А.С., к.т.н., доцент, Шкутов Э.Н., к.т.н.,

Иванов В.П., к.т.н., Свиридович Т.Г., к.т.н.

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

Введение

На сегодняшний день мелиорированные земли в Республике Беларусь составляют 2,9 млн.га (в Российской Федерации в три раза больше), в том числе около 1 млн. га торфяных почв различных стадий трансформации. Основной период мелиоративного строительства пришелся на 60-70 гг. прошлого столетия. Стратегия мелиоративных работ в Беларуси сов-

падает со стратегией принятой в развитых странах Западной Европы, Балтии – новой мелиорации практически не ведется. Работы сосредоточены на поддержании работоспособности уже созданных систем, значительная часть которых в соответствии с проектными нормативами исчерпали срок эксплуатации и нуждаются в реконструкции.

По состоянию на 2020 г. в Беларуси в реконструкции нуждаются 353,6 тыс. га, по областям потребность приведена в таблице 1 [1].

Таблица 1. Площадь реконструкции по областям

Область	Площадь реконструкции, тыс.га
Брестская	95,3
Витебская	63,0
Гомельская	51,1
Гродненская	37,2
Минская	61,8
Могилевская	45,2
Итого:	353,6

Условия, методы проведения исследований

На примере нескольких реконструируемых объектов были проведены обследования, включающие замеры площадей занятых валами древесно-кустарниковой растительности (ДКР), их размеры, состав включающих наполнителей (%почва + %древесины).

По литературным данным [2]-[4] потеря площадей под валами древесно-кустарниковой растительности может достигать до 8%. Проведенные обследования реконструированных мелиоративных объектов показали меньшую величину потерь, в среднем равную 1,2 % (0,8-1,5%) (табл. 2).

Таблица 2. Площадь, занимаемая валами древесно-кустарниковой растительности

Район	Мелиоративные системы	Площадь, га	Площадь, занимаемая ДКР, га	Площадь, занимаемая ДКР, %
Дзержинский	«Олеховка»	270	2,79	1,03
Узденский	«Олеховка»	649	6,1	0,9
Березинский	«Богушевичи-1»	340	5,4	1,5
	«Богушевичи-2»	350	5,6	
Борисовский, (ПМК-16)	«Борки-Агро»	300	3,4	0,8
Любанский	«Гаврильчицы» «Дубинец»	297	2,5	0,8

В 2019 г. обследованы мелиоративные системы в Лунинецком, Борисовском, Березинском, Дзержинском, Любанском районах. На этих объектах были проведены обмеры и подсчитано количество валов ДКР. Пло-

щадь, занимаемая ими, варьировалась от 2,5 до 6,1 га (табл. 2), количество валов на системах колебалось от 2 до 26 единиц, менялись и размеры валов по длине от 25 до 70 м и высотой в среднем 2,0-2,5 м. В состав валов входят кустарники, корчи, мелколесье лиственных пород. В общем объеме свободно лежащая (не присыпанная) древесно-кустарниковая растительность составляет до 20 % (80 % приходится на смесь почвы и погребенных кустов).

Экономические и экологические воздействия при утилизации валов ДКР

При сведении и утилизации ДКР, на площадях реконструкции мелиоративных систем, оказывается значительное воздействие на окружающую среду:

1) Снижение биологической продуктивности реконструируемых площадей.

Согласно результатам проведенных обследований реконструированных мелиоративных систем в пяти районах Минской области, площадь, занимаемая валами ДКР, составляет до 1,5 % от всей площади системы. С учетом необрабатываемой и прилегающей к валу территории, площадь доходит до 1,5% (табл.1). В среднем составляет 1,2%. По литературным источникам величина занятой площади под ДКР может достигать до 8 % от всего объекта реконструкции [4].

После обследования и обмера валов ДКР было установлено, что средняя высота их составляет 2,5 м. При этом выделяются два горизонта: нижний горизонт, состоящий из почвы с частью нагребенной растительности, занимающей до 80% общего объема ДКР; верхний горизонт, состоящий из мелколесья, кустарников и листьев, занимающий до 20 % объема валов. Проведенные расчеты показали, что в среднем объем вала ДКР, подлежащий вывозу, составляет 300 м³ с одного га или 3 см плодородной почвы. Это соответствует 10 % мощности пахотного горизонта для торфяных почв и 15 % - для минеральных. Полученная информация показывает значительные потери плодородной почвы при вывозе валов ДКР за пределы реконструируемого объекта.

2) Загрязнение атмосферы.

Негативное воздействие на экологию оказывают выхлопные газы механизмов, работающих на вывозе валов ДКР на полигоны временного складирования (табл.3). Для вывоза 300 м³ вала ДКР требуются два трактора МТЗ-82 (8 м³), погрузчик Амкодор 332 и 12 часов рабочего времени.

Тракторам потребуется 38 рейсов [5]. В итоге для вывоза 300 м³ ДКР на полигон временного хранения требуется 523 л дизтоплива, т.е. выброс выхлопных газов автомобилей (табл. 3).

Таблица 3. Химический состав выхлопных газов автомобилей

Компонент	Объемная доля в дизельном двигателе, %	Токсичность
Азот N ₂	76 – 78	Нетоксичен
Кислород O ₂	2 – 18	Нетоксичен
Водяной пар H ₂ O	0,5 – 4	Нетоксичен
Двуокись углерода CO ₂	1 – 10	Нетоксичен
Оксид углерода CO	0,01 – 5	Токсичен
Углеводороды C _x H _y	0,009 – 0,5	Токсичен
Альдегиды	0,001 – 0,009	Токсичен
Диоксид серы SO ₂	0 – 0,03	Токсичен
Сажа, г/м ³	0,1 – 1,1	Канцероген
Бензаперен, г/м ³	0 – 0,01	Канцероген

Методы утилизации валов ДКР

Известно пять основных способов утилизации валов ДКР

1. *Захоронение древесно-кустарниковой растительности в котлованы.* К его положительным сторонам относятся малые затраты на транспортировку, но в то же время наблюдается возрастание объемов земляных работ при захоронении древесных остатков, со временем на месте захоронений образуются западины, мешающие ведению сельскохозяйственного производства, снижается плодородие за счет внесения в почву неплодородного грунта при его разравнивании.

2. *Сжигание древесно-кустарниковой растительности* снижает транспортные расходы, но наносит вред экологии, не всегда и не везде применим из-за угрозы возникновения пожаров на торфяниках. Этот метод утилизации ограниченно применяется на минеральных почвах.

3. *Вывоз ДКР на полигоны* требует больших расходов на погрузочные работы, транспортировку и дальнейшую утилизацию. Кроме того при погрузке происходит частичный захват плодородной почвы, снижается плодородие мелиорированных земель.

4. *Использование дробилок древесных отходов* не всегда целесообразно в связи с их невысокой производительностью, надежностью и техническими возможностями. В основном имеющиеся технические устройства могут перерабатывать отходы сечением до 100 мм. Зарубежные образцы по ценам на порядок выше, что доступно не каждому предприятию.

5. *Складирование древесно-кустарниковой растительности в валах на 2 – 3 года* с целью дальнейшего перегнивания растительных остатков и их разравнивания по площади. На наш взгляд это наиболее оптимальный способ минимизации затрат на утилизацию. Однако за этот срок крупные древесные остатки не успевают разлагаться.

Эффективность применяемых методов утилизации валов ДКР оценивалась по двум критериям:

- 1) затраты на деструктуризацию древесины;
- 2) скорость деструктуризации древесины.

В таблицах 4-8 приведены расчеты затрат в белорусских рублях на утилизацию валов ДКР с одного условного гектара, с оценкой плодородия 30 баллов, различными способами.

Таблица 4. Расчет затрат на вывоз валов ДКР с 1 га

Площадь	Прибыль	Расчет затрат на вывоз ДКР с 1 га
Общая – 1га	Стоимость одного балло-гектара – 24,84 руб.	Объем вала ДКР на 1 га площадью 0,012 га высотой 2,5м $120 \text{ м}^2 \times 2,5\text{м} = 300 \text{ м}^3$
Полезная 98,8 % (100% – 1,2%) = 98,8% 98,8% = 0,988 га	30 баллов x 24,84 руб. = 745,2 руб. (год)	Стоимость одного часа работы трактора с прицепом – 35 руб./час Погрузчик час работы – 50 руб. Объем прицепа – 8 м ³
Площадь валов ДКР 1,2% (0,012 га)	Потери прибыли на 120 м ² площади вала – 8,94 руб./год	Расстояние в оба конца до полигона – 5 км $300 \text{ м}^3 : 8 \text{ м}^3 = 38$ рейсов $38 \text{ рейсов} \times 0,6 \text{ час} = 23 \text{ час}$ 23 часа это 3 маш/смены
	Прибыль: 745,2 – 8,94 = 736,3 руб.	Работа погрузчика: 12 час x 50 руб/час = 600 руб.
	Убыток от валов ДКР 0,012 га x 24,84 x 30 = 8,94 руб. (год)	Работа двух тракторов: 23 час x 35руб.= 805 руб.
		$600 + 805 = 1405$ (руб.) вывоз ДКР с 1 га на полигон на расстоянии 2,5 км.
		ИТОГО: Вывоз вала ДКР составит 1405 руб./га

К высокой стоимости вывоза ДКР на полигон временного хранения следует добавить отрицательное воздействие на экологию.

Для минимизации экономического и экологического ущерба нами предложен новый способ утилизации.

Новизна состоит в разработке и опробовании методики применения биологических препаратов и усовершенствовании существующих способов утилизации валов ДКР.

Обработка валов ДКР препаратом Флебиопин ускоряет деструкцию древесины и образует органический субстрат пригодный для разравнивания на участке реконструкции [6].

В РУП «Институт мелиорации» в 2019 г. заложен микрополевой опыт по ускорению деструкции древесины воздействием препарата «Флебиопин». Первые испытания, проведенные через три месяца, показали изменение твердости обработанных образцов на 8-10% по сравнению с образцами, не обработанными флeбиопином.

Таблица 5. Расчет затрат на захоронение валов ДКР с 1 га

Объем и вид работ	Рабочие механизмы	Затраты
Котлован 300 м ³	экскаватор (ковш 0,8 м ³)	Маш/смена 440 руб.
Захоронение ДКР 300 м ³	бульдозер (75 руб./час)	75 руб./час × 6 час = 450 руб.
Разравнивание отвала и засыпка котлована ДКР	бульдозер (75 руб./час)	75 руб./час × 6 час = 450 руб. ИТОГО: 1340 руб.

Примечание: в сумму затрат не вошли стоимость транспортировки к объекту экскаватора и бульдозера. Не учтены потери плодородного слоя от разравнивания 300 м³ грунта слоем 10 см на площади 3 000 м².

Таблица 6. Расчет затрат на дробление валов ДКР с 1 га
(по данным «Зеленстроя») на 2019 г.

Объем работ	Рабочие механизмы	Стоимость работ
300 м ³ × 0,4 = 120 м ³ 40% - содержание древесины, 60% - содержание почвы Выход щепы из 1 м ³ ДКР 0,5 м ² 120 м ³ ДКР = 60 м ³	МРН-1 ДДО (8 - 9 м ³ /час)	Стоимость перевода ДКР в щепу с 1 га: по данным «Зеленстроя» 1 м ³ щепы – 27 руб. затрат 60 м ³ × 27 руб./ м ³ = =1 620 руб.

Таблица 7. Затраты на утилизацию валов ДКР, обработанных препаратом «Флебиопин» с последующим разравниванием

Виды и объем работ	Рабочий механизм	Затраты
Обработка ДКР препаратом «Флебиопин» площадь поверхности вала ДКР 270 м ² : 270 м ² / 7 м ² = 39 ампл., где для обработки 7 м ²	Ранцевый распылитель	Стоимость одной ампулы «Флебиопина» - 3 руб. Стоимость препарата всего: 3 руб. × 39 ампл. = 117 руб. Оплата за 4 часа работы – 15 руб.

необходима 1 ампула препарата ВСЕГО: 39 ампул для обработки поверхности вала ДКР 270 м ²		Потери прибыли от площади, занятой валами ДКР за 3 года – 34 руб., согласно расчета ниже. ВСЕГО: 117 + 15 + 34 = 166 (руб.)
Разравнивание вала ДКР 300 м ³ с перемещением грунта на 20 м	Бульдозер мощностью 59(80) кВт (л.с.)	Работа машиниста и механизмов 147 руб.
Обработка «Флебиопином» с последующим разравниванием	Ранцевый распылитель, бульдозер мощностью 59(80) кВт (л.с.)	166 руб. + 147 руб. = 313 руб.

Таблица 8. Стоимость затрат на утилизацию ДКР с 1 га различными способами

Способ утилизации ДКР	Стоимость, руб./га
Вывоз на полигон	1405,0
Захоронение в котлован	1340,0
Дробление на щепу	1620,0
Обработка препаратом «Флебиопин» с последующим разравниванием	313

Расчет затрат на утилизацию валов ДКР, обработанных препаратом «Флебиопин»:

Стоимость площади, занятых валами ДКР для перегнивания, на 1 га:

- средняя площадь валов ДКР на 1 га – 1,2% (0,012 га);
- стоимость одного балло-гектара в год – 24,84 руб., 30 балло-гектаров x 24,84 руб. = 745,2 руб. в год.

Итого потери прибыли от площади, занятой валами ДКР на 3 года для перегнивания составят:

0,012 га x 745,2 руб. x 3 = 26,7 руб. (27 руб.)

Снижение расходов на утилизацию ДКР на 1 га по сравнению с их вывозом: 1405 руб. – (166 руб. + 147 руб.) = 1092 руб.

Примечание: в расчет не включена прибыль от дополнительно образовавшейся органики после утилизации валов ДКР.

Из приведенных расчетов следует, что наиболее эффективным является метод утилизации ДКР с применением препарата «Флебиопин» с последующим разравниванием.

Результаты исследований

Из проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Наиболее затратными способами утилизации ДКР являются дробление (его применимость дополнительно ограничена величиной диаметра перерабатываемых стволов) и вывоз на полигоны твердых бытовых отходов.
2. Разложение (деструкция) биологическим методом, при обработке «Флебиопином», ускоряется до 11 % за три месяца и до 55 % за одиннадцать месяцев по сравнению с естественной.
3. Наиболее предпочтительным с точки зрения экономики и экологии является применение биологических методов для утилизации, например препаратом «Флебиопин», при которых величина затрат составляет порядка 313 руб/га.

Библиографический список

1. О государственной программе развития аграрного бизнеса в Республики Беларусь на 2016-2020 гг.: постановление Совета Министров Республики Беларусь от 16 марта 2016г., № 315.
2. Окультуривание связных почв на объектах реконструкции осушительных систем: рекомендации / П. Ф. Тиво [и др.]. – Минск, 2008. – 24 с.
3. Методики определения агрономической и экологической эффективности минеральных и органических удобрений / И.М. Богдевич [и др.]. – Минск, 2010. – 24 с.
4. Дьяконов, Н. Н. Мелиоративная география / Н. Н. Дьяконов, В. С. Аношко. – М.: МГУ, 1995. – 252 с.
5. Нормативы расхода ресурсов в натуральном выражении (НРР 8.03.101-2017, НРР 8.03.371-2017). Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск, 2016.
6. Савицкий, А. В. Направления биоутилизации порубочных остатков / А. В. Савицкий // Микробные биотехнологии. Фундаментальных и прикладных аспектов : тезисы докладов X Междунар. конф. ; Институт микробиологии НАН Беларуси. – Минск, 2017. – С. 168 –170.

УДК 502/504:631.311.5

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЛАНИРОВОЧНЫХ РАБОТ МЕЛИОРАТИВНЫМ КЛИН-ПЛАНИРОВЩИКОМ

Насонов С. Ю., ассистент

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, г. Москва, Россия

Подготовка сельскохозяйственных полей к поливу для эффективного их использования включает значительный комплекс различных мероприятий, в частности такие работы как планировка поверхности орошаемых земель. Высококачественная планировка поверхности рисовых чеков – обязательное условие для получения наибольшей урожайности этой культуры и значительного уменьшения расхода поливной воды [1, 2]. В настоящее время в Краснодарском крае, – рисовой житнице России, получает распро-

странение сравнительно новая землеройно-мелиоративная машина, – клин-планировщик, используемая в составе единого технологического комплекса планирующих машин. Клин-планировщик – перспективная производительная машина, позволяющая за 8-ми часовую рабочую смену выровнять 10...12 га поверхности чека. Средняя рабочая скорость достигает 10 км/ч, [3, 4]. Кроме высокой производительности клин-планировщик имеет ещё одно достоинство, – после его прохода по чеку предметно определяются места необходимой подсыпки грунта, что даёт возможность значительно улучшить качество и точность планировочных работ с использованием последующих планирующих машин, в особенности, скреперов. Ряд рисоводческих хозяйств Краснодарского края, ООО «Нивелир», ООО СФ «Венета», ЗАО «ЗК «Новопетровское», ООО «Россельхозпром», освоив процесс планировки с применением клин-планировщика, успешно выполняют ими большие объёмы земляных работ на чеках.

Полевые испытания и наблюдения за работой клин-планировщика на планировке рисовых чеков в хозяйстве ЗАО «ЗК «Новопетровское» (Славянского района), проведённые автором, показали его высокую эффективность. Во время работы проводилось фотографирование рабочего дня клин-планировщика на различных этапах работы.

На чеках со значительными деформациями микрорельефа поверхности эта машина, как показали испытания, довольно хорошо их выравнивает. На рис. 1 показан процесс производства работы клин-планировщиком.

При выравнивании чека одним из наиболее трудных мест являются его углы (рис. 2а, б) и места разворота. Клин-планировщик обеспечивает в таких местах качественную спланированную поверхность, в некоторых случаях за несколько проходов.



а



б

Рис. 1. Клин-планировщик в работе при выравнивании чека со значительными неровностями: а – общий вид машины; б – в агрегате с трактором К-744Р1



а



б

Рис. 2. Выравнивания угла чека клин-планировщиком

Натурные испытания также показали, что применение клин-планировщика позволяет снизить сроки сдачи рисовых чеков в эксплуатацию.

Технология работы с использованием клин-планировщика включает следующие этапы. Подготовительные работы по проектированию планировочных работ: вертикальная съёмка микрорельефа чека, получение рабочих картограмм, вынос плановой отметки в натуру на чеке [4]. Далее следует сам процесс планировки. Клин-планировщик, перемещаясь по чеку, срезает все возвышения на нём под проектную отметку (работая в автоматическом режиме управления двухотвальным клиновидным рабочим органом с помощью лазерной системы), оставляя в местах срезов насыпные валики грунта по краям от двухотвального рабочего органа (рис. 3). Чек планируется полностью, по всей площади. Затем в работу вступают скреперы, обеспечивающие подбор и перемещение объёма всего срезанного грунта из насыпных валиков в места понижений (относительно проектной отметки) на чеке (рис. 4, скрепер показан на заднем плане).

Следует отметить, что спланированная клин-планировщиком поверхность (в местах возвышенностей) чека является своего рода ориентиром заглабления ступенчатого ножа скрепера, что позволяет использовать скрепер без лазерной системы управления.



Рис. 3. Образование насыпных валиков после прохода клин-планировщика



Рис. 4. Подбор насыпных валиков скрепером и транспортировка их в места микропонижений на чеке

После перераспределения всего объёма грунта (из мест срезок в места подсыпок), производится чистовая (отделочная) планировка длинно- или короткобазовыми ковшовыми планировщиками с лазерной системой автоматического управления ковшовым рабочим органом для окончательной сдачи чека в эксплуатацию. Производственные испытания машин этого комплекса позволили установить органическую связь всего комплекса машин, практически исключая простои. На рис. 5 показана технологическая схема планировки участка чека с местами возвышений и впадин на нём.

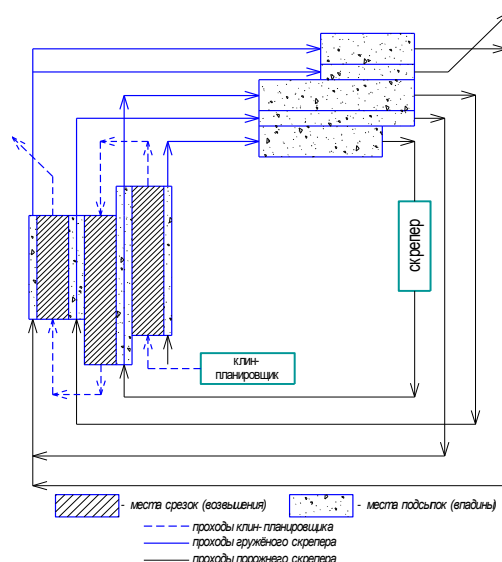


Рис. 5. Взаимосвязанная технологическая схема планировки чека клин-планировщиком и скрепером

Рассмотренная технология производства работы с использованием клин-планировщика довольно эффективно обеспечивает заданную точность планировки.

Библиографический список

1. Величко Е. Б., Шумаков Б. Б. Технология получения высоких урожаев риса. – М.: Колос, 1984. – 84 с.
2. Ефремов А. Н. Планировка земель с применением лазерных систем. – М.: ООО «Литера Принт», 2014. – 130 с.
3. Насонов С. Ю. Применение автоматизированных клин-планировщиков на орошаемых землях // Матер. междунаро. н.-практ. конф. «Транспорт, логистика, природопользование-2013» Ереван: Изд-во: Ассоциация Арменпак, 2013. С. 114-120.
4. Насонов С. Ю. Особенности работы мелиоративного клин-планировщика с удлиненной колёсной базой. // Строительные и дорожные машины. 2012. № 6.

УДК 504.064

ИСТОЧНИКИ ДАННЫХ И ФУНКЦИИ ГИС, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В МЕЛИОРАЦИИ

Цыркунова Ю.С., ассистент

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь*

В настоящее время при решении вопросов планирования и организации гидромелиоративных мероприятий все более широкое применение находят компьютерные технологии. Это прежде всего связано с необходимостью оперативного учета гидромелиоративного фонда и мелиоративных систем и оценки их состояния. В гидромелиоративной практике наиболее широкое применение компьютерные системы находят в топографических работах, проектировании осушительных систем, расчете объема земляных работ, строительстве каналов и сооружений, разработке электронных карт. Последнее напрямую связано с реализацией идей ГИС (геоинформационных систем)[1].

Целью исследования было изучить источники данных и встроенные функции ГИС и возможности их использования в мелиорации.

Концепция ГИСТехнологийсостоит в создании многослойной электронной карты, опорный слой которой описывает географию территории, а каждый из остальных слоев – один из аспектов состояния территории [2].

Для формирования структуры мелиоративных сельскохозяйственных объектов (МСХО) в ГИС необходимы следующие тематические слои:

- 1) подсистема мелиоративная сеть;
- 2) мелиорированные земли,
- 3) сельскохозяйственная растительность,
- 4) изменяемая окружающая среда.

Хранение и обработка информации может осуществляться в различных типах информационных систем: геоинформационных системах, специализированных базах данных под управлением различных СУБД, электронных таблицах, но все должно быть увязано в единую систему [3].

Источниками информации об изменениях картографической ситуации служат: результаты топографических съемок, аэрофотосъемок, космосъемок [2].

Наиболее надежным и точным является формирование структуры МСХО по аэрокосмоснимкам достаточного уровня разрешения, так как на них непосредственно представлены все реально существующие на данный момент объекты и пространственно-топологические отношения подсистем и элементов МСХО. Тогда как на картах, схемах и планах могут присутствовать запланированные, но не построенные каналы и, наоборот, отсутствовать дополнительно прорытые для реконструкции и т.д. [3].

Применение GPS-технологий при сборе информации позволит собирать не только пространственную (картографическую) информацию в цифровом виде, но и связанные с ней семантические данные. Помимо сбора и обновления информации GPS-технологии позволяют создать жесткую координатную основу цифровой подложки [2].

Геопривязка космоснимков в ГИС может быть осуществлена, используя GPS-позиционирование на местности хорошо распознаваемых на них характерных объектов. При последующем формировании тематических слоев векторизацией снимка, его привязка по умолчанию определяет общую для всех векторных тем координатную систему [3].

Для идентификации в ГИС структуры всей мелиоративной сети Республики Беларусь достаточно разового дешифрирования набора космоснимков требуемого разрешения на всю территорию, с осуществлением последующего редактирования в соответствии с проводимой реконструкцией.

При редактировании существующих тематических слоев – нанесении новых объектов они могут наноситься либо в абсолютных координатах, получаемых в результате их GPS съемки, либо в относительных координатах, принимая за начало отсчета уже имеющиеся точечные или линейные объекты.

Источниками данных по параметрам и переменным процессов в различных подсистемах МСХО являются результаты регулярного мониторинга, туров обследований, инвентаризаций, изысканий и т.п., осуществляемых различными учреждениями. В частности, часть необходимых для ГИС

МСХО характеристик (мелиоративные каналы, почвы и т.п.) имеется в некоторых тематических слоях, сформированной Госкомитетом по имуществу в ГИС-оболочке для районов Республики Беларусь, так называемой земельно-информационной системы (ЗИС). Однако, для удовлетворения информационных потребностей конкретных мелиоративных задач они нуждаются в редактировании и дополнении данными. Ввод данных в систему и хранение целесообразно осуществлять по месту осуществления мониторинга.

Для информационного обеспечения принятия решений по планированию уходных и ремонтных работ на каждом конкретном мелиоративном объекте, контроля их реализации необходима своя информационная система на основе ГИС с данными по проектному и текущему состоянию сети, осуществляемых ежегодных мелиоративных мероприятиях. При наличии данной системы информация по техническому состоянию и эксплуатационным мероприятиям по отдельным объектам может автоматизировано генерализироваться средствами ГИС до районного, областного и республиканского уровня, в том числе для заполнения реестра мелиоративных объектов [3].

Помимо структуры системы, представляемой графически на электронных картах тематическими слоями, в соответствующих им атрибутивных таблицах ГИС может храниться информация о параметрах (ширина, глубина канала и т.п.) этих объектов, а также по переменным протекающим в них процессам. Однако атрибутивная таблица ГИС оптимизирована на хранение данных по объектам с сосредоточенными параметрами – одного значения любого параметра, относящегося к объекту в целом, а в реальности линейные и площадные объекты МСХО имеют распределенные, непрерывно изменяющиеся в пространстве естественно-природные и искусственно созданные параметры (мощность водоносного пласта, коэффициенты фильтрации, шероховатости, ширина и глубина каналов и т.п.), к тому же изменяющиеся во времени.

Информационно правильным является организация в ГИС тематических слоев для хранения данных исходных точечных наблюдений с автоматизированным расчетом по ним средствами ГИС агрегированных параметров объектов, для заполнения атрибутивных таблиц тематических слоев структуры МСХО. Однако при их отсутствии неизбежным является «ручной» расчет агрегированных данных для внесения в атрибутивные таблицы [3].

В связи с этим важное значение приобретают работы касающиеся автоматизации обработки пространственных данных и представление их в географических информационных системах (ГИС)[4].

Основные функции ГИС: ввод и редактирование данных, хранение данных и преобразование моделей пространственных данных, преобразование систем координат и проекций, растрово-векторные операции, ведение СУБД, операции аналитической геометрии (измерительные и вычислительные), пространственный анализ, пространственное моделирование (геомоделирование), построение цифровых моделей рельефа, вывод данных.

Для решения задач проектирования в мелиорации наибольшее значение имеют функции: картометрические или операции аналитической геометрии (измерительные и вычислительные); пространственный анализ; пространственное моделирование (геомоделирование); построение цифровых моделей рельефа.

Картометрические функции. К данной группе программных функций ГИС относят различного рода операции измерений по цифровым картам: вычисление длин отрезков прямых и кривых линий, площадей, периметров, объемов, характеристик рельефа (уклонов, углов наклона и экспозиций).

Пространственный анализ чаще всего проводится в целях выявления следующих отношений:

- тенденций развития явлений в пространстве и во времени (например, изучение процессов абразии в условиях малых равнинных водохранилищ Беларуси);
- выбор решения с учетом пространственных характеристик (например, выбор колодца-поглотителя на мелиоративном объекте в зависимости от типа почвы, количества осадков и рельефа местности).

Пространственное моделирование должно быть дополнено методами, которые позволяют решать задачи пространственного характера. Оно позволяет автоматизировать процесс выработки управленческих решений в составе информационных систем города или региона, рассмотрения большого количества альтернативных проектных целей и поиска оптимальных вариантов с применением различных функций пространственного анализа и моделирования.

Наиболее применяемыми функциями пространственного моделирования являются: генерация буферных зон, зонирование или районирова-

ние, построение пространственных статических моделей, построение пространственных динамических моделей, сетевое моделирование или сетевая оптимизация.

Генерация буферных зон - это расчет и построение областей, ограниченных эквидистантными линиями, построенными относительно множества точечных, линейных и площадных объектов; то есть это зоны, границы которых удалены на известное расстояние от любого объекта на карте (например, построение прибрежных полос и водоохраных зон вокруг водных объектов);

Зонирование или районирование применяется для группировки объектов по определенным принципам с последующей дифференциацией всей их совокупности по тем же критериям. Зонирование означает «разбиение» территории на части (зоны), объединяемые взаимными связями или общими свойствами.

Статическое пространственное моделирование применяется для исследования состояния территории, сложившегося на какой-то момент времени, на основе координатно-локализованной информации. Например, изменение экологического состояния территории с вводом в эксплуатацию на ней промышленного объекта или прокладки транспортной магистрали и т.д. В частности, генерацию буферных зон можно рассмотреть как наиболее простой способ получения пространственной статической модели [5].

Динамическое пространственное моделирование имитирует распространение различных явлений и процессов, протекающих во времени, на заданной территории. Типичным примером применения пространственных динамических моделей является также пространственно-временное прогнозирование затопления территории во время паводков, прорыва дамбы или заполнения водохранилища ГЭС [2].

Цифровые модели рельефа находят применение при проектировании различных инженерных сооружений, подборе участков с заданными характеристиками (например, определение водных потоков (водотоков) на поверхности (их направления и объемы) водоразделов (контуры и площади), точек водозабора водных потоков. Полученную информацию можно использовать при проектировании коллекторно-дренажных, ирригационных сетей, уточнении (корректировки) существующих сетей), а также создания реалистичных анимационных моделей с моделированием на них различных процессов (например, работу шлюза-регулятора, на котором имеется обводной канал с гидротурбиной) [5].

Заключение. Перспективы применения геоинформационных систем в мелиорации достаточно широки. Используя специализированные ГИС-приложения, возможна реализация автоматизированного проектирования мелиоративной сети на электронной карте, построение продольных и поперечных профилей, возможность формирования и распечатки на бумажном носителе чертежно-графической проектной документации и др. Использование современных информационных технологий, обеспечивает повышение интеллектуализации проектных работ, оперативность проектирования.

Библиографический список

1. Бабилов Б. В., Пахучий В. В. Гидротехнические мелиорации (осушение лесных земель): учебное пособие / Сыкт. лесн. ин-т. Сыктывкар: СЛИ, 2014. 160 с.
2. Применение геоинформационных технологий (ГИС) в РУП «Гомельэнерго» при эксплуатации ВЛ 35кВ и выше [Электронный ресурс] <https://www.gomelenergo.by/conf/pdf> (дата обращения: 18.07.2020).
3. Вахонин Н.К., Принципы организации пространственно распределенных данных мелиоративных сельскохозяйственных объектов в системе информационного обеспечения принятия решений ГИС «МСХО» // Мелиорация. – 2010 № 2(64). С.5-18.
4. Яроцкая Е.В., Применение геоинформационных систем в землеустройстве и кадастре для управления земельными ресурсами на муниципальном уровне в Карачаево-Черкесской Республике [Электронный ресурс] // URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/primeneniye-geoinformatsionnyh-sistem-v-zemleustroystve-i-kadastre-dlya-upravleniya-zemelnyimi-resursami-na-munitsipalnom-urovne-> (дата обращения: 10.05.2020).
5. Функции ГИС [Электронный ресурс] // учебный курс: [сайт]. (2014). URL: https://studopedia.ru/5_40668_funktsii-prostranstvennogo-analiza-i-modelirovaniya.html (дата обращения: 12.06.2020).